

Relationes Annuae Instituti Geologici Publici Hungarici

A Magyar Állami Földtani Intézet

Évi Jelentése

---

2011

---

Annual Report

of the Geological Institute of Hungary



Budapest, 2013

© Copyright Magyar Földtani és Geofizikai Intézet (Geological and Geophysical Institute of Hungary), 2013  
Minden jog fenntartva! All rights reserved!

*Lektorok — Reviewers:*

LENKEY LÁSZLÓ, MAROS GYULA, NÁDOR ANNAMÁRIA, SZÉKVÖLGYI KATALIN, SZŐCS TEODÓRA  
SZÚCS PÉTER

*Szakszerkesztő — Scientific editor:*

NÁDOR ANNAMÁRIA

*Műszaki szerkesztő — Technical editor:*

PIROS OLGA

*Számítógépes nyomdai előkészítés — DTP:*

PIROS OLGA

*Borítóterv — Cover design:*

SIMONYI DEZSŐ

Kiadja a Magyar Földtani és Geofizikai Intézet — Published by the Geological and Geophysical Institute of Hungary

*Felelős kiadó — Responsible editor:*

FANCSIK TAMÁS  
*Igazgató — Director*

HU ISSN 0368–9751

## Tartalom — Contents

### Működési jelentés — Activity report

FANCSIK T.: Igazgatói előszó. . . . .	7
TURCZI G., BALÁZS R.: Beszámoló a Magyar Állami Földtani Intézet 2011. évi tevékenységéről. . . . .	9



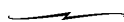
### Szakcikkek — Scientific publications

NÁDOR A.: Bevezető. . . . .	43
FODOR L., UHRIN A., PALOTÁS K., SELMECZI I., TÓTHNÉ MARR Á., RIZNAR, I., TRAJANOVA, M., RIFELJ, H., JELEN, B., BUDAI T., KOROKNAI B., MOZETIČ, S., NÁDOR A., LAPANJE, A.: A Mura–Zala-medence vízföldtani elemzést szolgáló földtani-szerkezetföldtani modellje. — <i>Geological and structural model of the Mura–Zala Basin and its rims as a basis for hydrogeological analysis.</i> . . . . .	47
JUHÁSZ I., BÁNYAI P., TÓTH L., HAMZA I., RMAN, N., KUMELJ, Š., MOZETIČ, S., NÁDOR A.: Hévízhasznosítási helyzetkép a Mura–Zala-medence területén a 2009. december 31-i állapotra. — <i>State-of-the-art of thermal water utilization in the Mura–Zala Basin as of December 31, 2009.</i> . . . . .	93
RAJVER, D., MURÁTI J., TÓTH GY., NÁDOR A., LAPANJE, A.: A Mura–Zala-medence geotermikus viszonyai. — <i>Geothermal conditions of the Mura–Zala Basin.</i> . . . . .	103
SZŐCS T., RMAN, N., TÓTH GY., LAPANJE, A., PALCSU L.: A Mura–Zala-medence felszín alatti vizeinek geokémiája. — <i>Hydro-geochemistry of the groundwater in the Mura–Zala Basin.</i> . . . . .	123
TÓTH GY., MURÁTI J., RMAN, N., KRIVIC, J., BIZJAK, M.: A Mura–Zala-medence numerikus áramlási modellje. — <i>Numerical flow model of the Mura–Zala Basin.</i> . . . . .	145
PRESTOR, J., NÁDOR A., SZŐCS T., TÓTH GY., RMAN, N., ROTÁRNÉ SZALKAI Á., LAPANJE, A.: Ajánlások a határon átnyúló közös termálvízkezelés-gazdálkodáshoz. — <i>Recommendations for joint management strategies of transboundary thermal groundwater resources.</i> . . . . .	167

# Működési jelentés — Activity report

## Igazgatói előszó

FANCSIK TAMÁS  
*igazgató*



Az előző években nehéz helyzetbe került Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI) 2011-ben rendezett gazdálkodási környezetben kezdhetette meg munkáját. A Kormány 2010. december 30-ával módosította a 267/2006.(XII. 20.) rendeletét, visszaállítva az állami földtani intézményrendszer egységét. A rendelet 6A.§-a szerint a Magyar Állami Földtani Intézet önállóan működő költségvetési szerv, alaptevékenysége alapján kutatóintézet, az államháztartási törvény szerinti felügyeletét a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (NFM) vezetője látja el, a szakmai irányítási jogokat a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal (MBFH) elnöke gyakorolja.

Új fejezet indult a MÁFI éves kutatási rendjében, hosszú évek után e rendelet alapján közvetlenül vesz részt az állam földtani feladatainak ellátásában. A Magyar Bányászati és Földtani Hivatallal (MBFH) külön együttműködési megállapodásban rögzítésre kerültek a feladatok és a finanszírozási rend, s e közreműködési témák beépültek az éves kutatási munkaprogramba. Az éves tervet az MBFH elnökének beterveztetünk, melyet a MÁFI éves költségvetési keretének ismeretében jóváhagyott.

2011. előre vetítette a kutatóintézeti háttér, a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (ELGI) és a MÁFI működésének racionalizálását, a két intézet összevonását, így az intézet kutatási tervét az ELGI-vel szoros együttműködésben, az erőforrások lehető legjobb kihasználása mentén készítettük el.

A MÁFI-nak számos kiemelt és sikeres kutatási tevékenysége volt az elmúlt időszakban, többek között a radioaktív hulladék-elhelyezés földtani megalapozása, a vízgyűjtő gazdálkodási terv készítése és a különféle geotermiával foglalkozó projektek. A bányászati tevékenységhez, koncessziós feladatokhoz, nyersanyagokhoz és egyéb erőforrásokhoz kapcsolódó szakértői tevékenység komoly erőfeszítést okozó, új kihívást jelentett a szakemberek számára. A kollégák kitűnő szakmai felkészültsége, az új helyzethez való alkalmazkodás, az ismeretek gyors átrendezése, újrágondolása sikeres évet eredményezett. A kihívások között meg kell említeni az MBFH-val való együttműködésben már jelentős tapasztalatokkal rendelkező ELGI projektjeivel való közös munkát, a projektekbe való beilleszkedést, melynek során körvonalazódott az összevonásban rejlő jelentős szakmai potenciál.

Az év teljesítése során továbbra is, jelentős szerepe volt a sikeres pályázatokban végzett szakmai tevékenységnek. Külön ki kell emelni többek között a geotermia, a földtani veszélyforrások és az adatharmonizáció témaköreit. Alapkutatási tevékenységünkben a korábbi évek országos jelentőségű és sikeres területeire (Magyarország földtani térmodelljének kialakítása, a természeti környezet fenntartható hasznosítása, közszolgálati feladatok ellátása) építettük munkánkat.



## Beszámoló a Magyar Állami Földtani Intézet 2011. évi tevékenységéről

TURCZI GÁBOR, BALÁZS REGINA

### KÖLTSÉGVETÉSI ÉS KÖZSZOLGÁLATI FELADATOK

#### *Magyarország 3D földtani modelljének építése*

*Témavezető: MAROS Gyula*

*A kutatás célja:* olyan országos, digitális térmodell létrehozása, amelyen térinformatikai alapú tematikus adatbázisok összefüggő, korrelált rendszerét értjük. Alap-építőkövei az ország területét vagy annak nagy részét lefedő digitális földtani térképek, az ország területén mélyült sekély- és mélyfúrások digitális adatbázisai, valamint a regionális földtani szelvények egyeztetett, összehangolt vonalművei. Az országos modell információsűrűsége átlagosan 1:500 000, raszteres és vektoros elemeket egyaránt tartalmaz. A bemenő adatok vonalas elemek (fúrások), térképek, szelvények, ferde, hajlott felületek (szerkezeti elemek), 3D testek, voxel információk.

*Előzmények:* A megelőző évek szoftver-tesztelési és -kiválasztási munkálatai után 2010-ben Az intézetben licenzzel rendelkező Rockworks szoftverrel a modellezés módszerének kidolgozása céljából egy kísérleti modellt építettünk fel a Nyugat-Dunántúl, azaz a geotermikus T-JAM projekt területére. Tektonikai térképi adatbázist készítettünk az ország legjelentősebb lineamenseiről, töréseiről, takaróhatáiról. Megkezdtük a mélyfúrások és a térképszelvények konzisztencia-elemzését.

Kiadtuk Magyarország 1:500 000-es prekainozoos földtani térképét, folytattuk Magyarország prekvarter földtani térképe és domborzatának (1:250 000) szerkesztési munkálatait.

A Bátaapáti kutatás terhére továbbfejlesztettük az ImaGeo CoreDump szoftverünket, amely 3D megjelenítő eszközökkel és sztereogrammetrikus, pixel-szintű 3D felvételi technikával bővült.

Egy gerescei pilot területre Autocad szoftverrel modell készült. Olyan segédprogramot (TVAC) fejlesztettünk, amely a térképezés során képződő adatokat automatikusan a modellezéshez használható adatformátumba alakítja.

*A 2011. évben elvégzett feladatok:* a Transenergy EU-projekt segítségével beszereztük a Kingdom Suite Core szeizmikus szoftvert szeizmikus értelmezési, és modellezési feladatokra, valamint a Jewel Suite modellező szoftvert.

— Megszerkesztettük Magyarország új 1: 500 000 méretarányú felszíni földtani térképét, az 1:200 000-es földtani térkép alapján.

— Magyarország 3D modelljébe integráltuk a különböző EU-pályázatok során, az ország nyugati, északnyugati részéről szerkesztett következő szinttérképeket: presenon, prekainozoos, pre-alsó-miocén, prebadeni, preszarmata, pre-alsó-pannóniai, pre-felső-pannóniai, prekvarter

*Együttműködő partnerek:* Geoinformatikai Osztály

*Termék:* Magyarország 1:500 000-es méretarányú felszíni földtani térképének nyers vonalmű változata. Az ország nyugati, északnyugati részéről szerkesztett, harmonizált szinttérképek sorozata.

*Kapcsolódó nemzetközi pályázat:* T-JAM, Transenergy, európai uniós projektek

#### *A Gerecse hegység 1:50 000-es földtani térképének szerkesztése*

*Témavezető: FODOR László*

*A kutatás célja:* A feladat elsősorban terepi felvételezést, reambulációs térképezést, valamint az adott területre kiterjedően a kvarter képződmények komplex ártérképezését (felszínfejlődés meghatározása, kormeghatározások, sekélyfúrások mélyítése), szerkezeti elemzéseket, a meglévő fúrások ártérképezésének felülvizsgálatát, illetve a régi felvételek térinformatikai feldolgozását jelenti.

*Előzmények:* 2010-ben térképező felvétel a Dunaszentmiklós L-34-1-D-d-1, 2, a Süttő L-34-1-C-b, Naszály L-34-1-D-c (1 db teljes, 2 db részleges 1:25 000-es lap) lapokon, térképszerkesztés a Nyergesújfalú L-34-2-C-a, Tata L-34-13-B-a, Lábatlan L-34-2-C-c lapokon történt.

Lumineszcens kormeghatározásokat végeztünk 18 db homok- és löszmintán, elsősorban teraszfelszínekről.

*A 2011. évben elvégzett feladatok:* 2011-ben a felvételi lapok a következők voltak: Dunaszentmiklós L-34-1-D-c, Kocs L-34-13-A-b, Naszály, Süttő L-34-1-D-a. Ezek területén reambulációs térképezés, térképszerkesztés, fúrások átértékelése, térinformatikai előkészítés, negyedidőszaki képződmények áttekintése, értelmezése, OSL kormeghatározások, szerkezeti mérések, szerkezetelemzés, prekvarter szinttérkép szerkesztése folyt. A terepi feladatok részleges teljesítése ellenére, az intézet anyagi problémái és a nagy leterhelést jelentő MBFH projektfeladatok miatt a terepi feladatok elvégzése jórészt elmaradt.

A Transenergy projekthez kapcsolódóan elkészült a Gerecse környezete prekvarter térképének vonalműve, 1:100 000-es méretarányban. Ez a terepi felvételek alapjául szolgálhat. A nyugati előtérben a pannóniai képződmények elterjedését szerkesztéssel pontosítottuk a negyedidőszaki képződmények alatt. Szerkezeti mérések kiértékelése, feszültségmező-meghatározás folyt a Gerecse nyugati előtérben. Földtani észlelések történtek az ELTE geológus hallgatóinak terepgyakorlathoz kötődően (Dunaszentmiklós L-34-1-D-c).

*Termék:* A Tata és Lábatlan 1:25 000 térképszelvény alapadat-dokumentációja, a térkép vonalművének első változata. A terepi felvételek dokumentációja (szöveg, kép, rajz, észlelési térkép – hálózati könyvtárban rendezetten).

Gerecse észlelési adatbázisa (GÉSA). A terepi szerkezeti mérések dokumentációja, feszültségmező-elemzés beépítve a GÉSA-projektbe. Pannóniai képződmények pontosított felszín alatti térképe. Kormeghatározások negyedidőszaki képződményekből. Fúrások átértékelése (excel állomány).

*Együttműködő partnerek:* ELTE

*Kapcsolódó OTKA pályázat:* 81530 számú Miocén–pliocén deformáció és üledékképződés a Pannon-medencében: új adatok szerkezetföldtani, szedimentológiai és geokronológiai vizsgálatok alapján OTKA-kutatás.

*Nemzetközi pályázat:* Transenergy, európai uniós projekt.

### *Budapest földtani tudásbázis és modell*

*Témavezető:* MAROS Gyula

*A kutatás célja:* A tágabb értelemben vett földtan részéről egységes és egyenletes felbontású alapadatrendszer, alaptérképeket, 3D modellt, emellett vízföldtani, környezetföldtani, építésföldtani, természetvédelmi stb. adatbázist biztosítunk Budapest fenntartható és emberközpontú fejlődéséhez. A térképek és fúrások alapján 3D földtani modellt hozunk létre a felső 50 méteres térrészre. Ugyanitt talajvíz-áramlási és sekély geotermikus hőáramlási modellt szolgáltatunk.

A projekt megvalósítása több részprojekt keretében történt. A budai oldalon rendszeres földtani térképezést, illetve

reambulációt tervezünk. A projekt végterméke egy, az Interneten is szolgáltatható 1: 10 000-es méretarányú, térképekből, fúrási adatokból, foltleírásokból és 3D modellekből álló téradatrendszer, valamint a Budai-hegység vagy Budapest 1:25 000-es földtani atlasza, a Budai-hegység 1:50 000-es tájegységi földtani térképe és magyarázója.

*Előzmények:* Budai-hegység térképezésében 2010-ben megkezdjük a térképezéshez szükséges, a területre vonatkozó földtani adatbázis építését és terepbejárásokat végeztünk.

A vízföldtani és hőáramlás modell tekintetében összegyűjtöttük a világ nagyvárosaira készült regionális geológiai és hidrogeológiai értékeléseket. Előzetes regionális áramlási modellt készítünk a pesti oldal, (Duna-balpart) talajvízrendszerének teljes vízgyűjtőjére. Elkészítettük a példaként kiválasztott nagyvárosok szakirodalmi adatainak összefoglaló értékelését. A területen mélyült összes fúrás GIS adatbázisba szerveztük (30 450 db), ebből földtani vonatkozásban átértékelünk 7083 db-ot.

*A 2011. évben elvégzett feladatok:* A Budai-hegység rendszeres terepi térképezése az intézet anyagi problémái és a nagy leterhelést jelentő MBFH projektfeladatok miatt jórészt elmaradt. Helyette elkezdjük a Budapest Földtani Atlasza kiadvány elkészítését, amelynek váza (témák összegyűjtése) elkészült, az 1:50 000-es térkép szerkesztése archív térképekből folyamatban van. Beadtunk egy pályázatot: „A Nagy Vízválasztó” címmel (KEOP – 6.1.0/ C/09-11), amely biztosíthatja a kiadvány szponzorok nélküli kiadását.

A vízföldtani és hőáramlás modell terén 2011-ben a korábbi lokális és szubregionális modellezéseink tapasztalatait, valamint az előző pontban említett földtani és alkalmazott földtani adatbázist felhasználva, elkészítettük a pesti oldal déli részének talajvízeire vonatkozó regionális, összekapcsolt, (coupled) áramlási és geotermikus modelljének első változatát.

*Termék:* A pesti oldal összekapcsolt regionális talajvíz-áramlási és hőtranszport-modelljének első változata, és az eredmények tapasztalatainak értékelése a lokális hasznosítások szempontjából.

*Együttműködő partnerek:* Vízföldtani Osztály, Környezetföldtani Osztály

*Kapcsolódó nemzetközi pályázat:* ThermoMap európai uniós pályázat, PanGeo európai uniós pályázat

### *Az országos földtani jelkulcs folyamatos karbantartása, aktualizálása*

*Témavezető:* GYALOG László

*A kutatás célja:* Az országos földtani jelkulcs folyamatos karbantartása, aktualizálása a jelkulcs elkészülte (1996) óta. A magyar rétegtan változásait követve naprakészen tartjuk az egységességet. Ez biztosítja az intézetben a fúrások és földtani térképek harmonizációjának lehetőségét, méretaránytól függetlenül. Közben folyamatosan fejlesztjük az intranetes/internetes elérhetőségeket, kereshetőségeket.

*Előzmények:* A projekt alapítása óta a címében megfogalmazott szolgáltatási feladatot lát el.



A 2011. évben elvégzett feladatok: A hagyományos jelek és a hivatalos nemzetközi rétegtani táblázat alapján készült jelek párhuzamosítását elvégeztük (pannoniai: felső-miocén, ill. pliocén (pl. kPa1–2 – kM3 Kisbéri Kavics), egyéb miocén – csak alsó és középső a jelekben (pl. gMo – gM1 Garábi Slír), kréta – kétszatltság háromszatltság helyett (pl. uK3–uK2 Ugodi Mészke), perm – háromszatltság kétszatltság helyett. Technikai feltételek elkészítése külső alvállalkozóval. TransEnergy nemzetközi projekt felszíni térképe számára egységesített jelkulcs a résztvevő országok (Szlovákia, Ausztria és Szlovénia) szakértőinek bevonásával. A jelkulcs kibővítése a szinttérképek és a fúrások számára.

**Termék:** Új és módosított jelkulcsi elemek (MÁFI Intranet: Földtani egységek / Fúrási adatbázis; MÁFI Internet: Földtani egységek / Fúrási adatbázis törzsadatok).

### Országos víz-geokémiai modellfejlesztés

*Témavezető: Szócs Teodóra*

**A kutatás célja:** A projekt távlati célja egy egységes víz-geokémiai adatbázis fejlesztése a felszín alatti rezervoárok fluidumaira vonatkoztatva. Úgy az állami feladatok teljesítése, mint a hozzájuk kapcsolódó egyéb feladatok: MBFH-s, szerződéses és pályázati feladatok teljesítéséhez folytattuk a víz-geokémiai adatok folyamatos gyűjtését, rögzítését, harmonizálását és elsődleges értékelését.

A folyamatosan bővülő adatbázisok, értékelések és víz-geokémiai koncepcionális modellek elősegítik a koncessziós területek kijelölését, a koncessziós területek adatcsomagjainak előkészítését, az érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálatokat, valamint hozzájárulnak a rezervoárokat érintő geotermikus feladatok megoldásához, illetve a felszín alatti CO<sub>2</sub> elhelyezés kutatási munkáihoz.

A koncepcionális víz-geokémiai modellek célja a hidrogeológiai modellezés elősegítése is.

A fentiekben túlmenően a munka eredményeként hozzá tudunk járulni mind a hideg vizes, mind a termálvizes víztartók/víztestek fenntartható gazdálkodásával kapcsolatos kérdések megválaszolásához, és teljesíteni tudjuk a VKI feladatainak végrehajtásához illeszkedő, 30/2004. (XII. 30.) KvVM rendelet 2. §-a szerint a MÁFI-ra háruló feladatokat.

**Előzmények:** A kutatási téma előzményeként két tanulmány készült 2007 folyamán, melyek elkészítésére a KvVM bízta meg a MÁFI-t. (Összefoglaló tanulmány a „Felszín alatti vizek jellemzéséhez szükséges határértékrendszer kidolgozása” című KvVM megbízás teljesítéséről; Összefoglaló tanulmány a „Felszín alatti víztestek kémiai állapota értékelésének megalapozása” című KvVM megbízás teljesítéséről). Ezek keretében elvégeztük a korábbi víztest kijelölések alapján a háttérérték meghatározásokat. 2008-ban meghatároztuk az egyes víztest-csoportok 2007. december végén kijelölt új víztestbontás szerinti háttér értékeit, illetve javasolt küszöbértékeit.

Folyamatosan fejlesztettük és javítottuk a víz-geokémiai adatbázist, mely tevékenység háttérrel biztosított a „Víz-

gyűjtő-gazdálkodási tervek készítése” című KEOP-2.5.0. A kódszámú projekthez kapcsolódó pályázati szerződésben meghatározott tevékenységek megvalósításához. A következő főbb feladatokat végeztük el:

— Meghatároztuk a felszín alatti víztestek különböző csoportjaira vonatkozó kémiai küszöbértékeket, illetve véleményeztük a meghatározott határértékeket;

— Közreműködtünk az országos előzetes terv háttéranyagának elkészítésében;

— A felszín alatti víztestek mennyiségi állapotának értékelése keretében összefoglaltuk a vízkivételeknek tulajdonítható vízminőség-változásokat;

— Elvégeztük a felszín alatti víztestek kémiai állapotának értékelését.

— A határokkal osztott felszín alatti víztestek állapotának és a Magyarországon javasolt intézkedéseket bemutató rövid összefoglalók készítésével, szükség esetén konzultációkkal segítettük az albizottsági egyeztetéseket és az ICPDR (International Commission for the Protection of the Danube River) feladatokat.

**2011-ben elvégzett feladatok:** 2011-ben folytattuk a víz-geokémiai adatok begyűjtését (adattár, MÁFI vízföldtani naplók, Vituki stb.) és rögzítését, illetve fejlesztettük és javítottuk a víz-geokémiai adatbázist, mely tevékenység háttérrel biztosított az egyes feladatok (MBFH-s, pályázati) teljesítéséhez.

2011-ben elsősorban az Észak- és Nyugat-Dunántúl területeire vonatkozó vízminőségi adatokat aktualizáltuk és harmonizáltuk. Ezen adatok egyben segítettek a T-JAM és a Transenergy projektek feladatait is. Utóbbi pályázatok feladatait is szem előtt tartva, koncepcionális víz-geokémiai modellt készítettünk a Zalai-medencére.

A felszín alatti CO<sub>2</sub> elhelyezés (MBFH-ELGI-MÁFI) témához kapcsolódva a rendelkezésre álló adatok alapján értékeltük a Szolnoki Formáció nagyalföldi részére vonatkozó vízminőségi adatokat.

A 30/2004. (XII. 30.) KvVM rendelet 2. §-a szerint a MÁFI-ra háruló feladatok teljesítéséhez kapcsolódóan is, közreműködtünk a Zalai-medence határmenti, felszín alatti hideg- és termálvizei állapotértékelésének aktualizálásában, valamint egy határral osztott felszín alatti termálvíztest kijelölésében. Részt vettünk és előadást tartottunk az állandó magyar-szlovén Vízgazdálkodási Bizottság XVII. ülésén.

**Együttműködő partnerek:** Geoinformatikai Osztály, ELGI, VM, VKKI, KÖVIZIG-ek.

**Termék:** Bővített adatbázis, javított vízminőségi adatok az Észak- és Nyugat-Dunántúlra.

Koncepcionális víz-geokémiai modell a Zalai-medencére. Jelentés a T-JAM projekt keretében.

Víz-geokémiai értékelés a rendelkezésre álló adatok alapján a Szolnoki Formáció nagyalföldi részére. Részjelentés „A szén-dioxid földalatti elhelyezésével kapcsolatos feladatok — A szén-dioxid-tárolás magyarországi megvalósítási lehetőségeinek vizsgálata” című MBFH téma keretében.

**Kapcsolódó egyéb téma:** Hidrogeológiai modellfejlesztések, 2011 (Tóth Gy.)

*Kapcsolódó OTKA pályázat:* A talajvíz nagy arzén tartalmának eredete fiatal medencékben (Szócs T.).

*Nemzetközi pályázat:* T-JAM, Transenergy

### *Hidrogeológiai modellfejlesztések*

*Témavezető:* TÓTH György

*A kutatás célja:* az eredeti terv szerint az MBFH által előírt, szerződésben rögzített feladatok részére alapotó modellezési munkák és fejlesztések végzése. A 2011. évi tevékenységek leírásánál éppen ezért jeleztük, hogy azokat célszerű az adott évben jelentkező konkrét feladatokhoz illeszteni.

*Előzmények:* A Vízföldtani osztály modellezési csapata legfőképpen a különböző geotermikus energia- és szénhidrogén-hasznosítással, a szén-dioxid földtani környezetbe való elhelyezésével, a felszín alatti vizekkel való gazdálkodással kapcsolatos MBFH-s, és MÁFI-ELGI-s feladatokhoz szakvélemények készítésével, — koncepciók kidolgozásával, — koncepcionális és regionális vízáramlási és hőtranszport modellek kialakításával és működtetésével foglalkozik. Ezen munkák döntő része az intézmények részére jogszabályban megfogalmazott, — esetenként újabb jogszabályban tervezett, — előírásokhoz, feladatokhoz, vagy korábbi jogszabályok módosításához kapcsolódott és kapcsolódik.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A geotermikus védőidom kialakításához kapcsolódó szakértői anyagok készítése, a tárcaközi tárgyalásokhoz, illetve a jogszabály előkészítéséhez.

*Együttműködő partnerek:* ELGI

*Termék:*

— Tanulmány készítése „A geotermikus energiahasznosításhoz kapcsolódó vízviasszatáplálásokra alkalmas földtani formációk és köztípusok” címmel az NFM-VM közötti szakértői egyeztetésekhez.

— Programvázlat készítése a földtani közeg viasszatáplálásokkal kapcsolatos alkalmasságának vizsgálatára, (a geotermikus energiahasznosítások esetében), a fenti tanulmány következtetéseinek érvényre juttatása érdekében.

— Szakanyag készítése a Bányatörvény tervezett végrehajtási rendelkezések előkészítésére a geotermikus védőidommal kapcsolatos jogszabályi rész megalapozására és az MBFH és a VM közötti szakértői konzultációk előkészítésére.

— Előadás tartása a „Geotermikus védőidom kialakításának szakmai alapjai” tárgykörben a „Bányászat és Geotermia, 2001” konferencia” keretében.

### *Az Országos Felszín Alatti Vízmelegfigyelő Hálózat működtetése, az adatok értékelése*

*Témavezető:* ROTÁRNÉ SZALKAI Ágnes

*A kutatás célja:* A MÁFI Országos Felszín Alatti Vízmelegfigyelő Hálózata az ország legfontosabb régióiban (Alföld, Dunántúli-középhegység, Dunántúl, Pilis–Gerecse) szolgáltat információt a felszín alatti vizek mennyiségi állapotáról.

Az észlelőhálózat kútjai az EU Víz Keretirányelv által

megkövetelt operatív monitoringrendszer, illetve 81 megfigyelőkútja a jelentési monitoringrendszer részét képezi. A mennyiségi monitoring megfigyelések célja a kijelölt 108 víztest állapotának és a változások jellemzéséhez adatszolgáltatás az EU felé küldendő rendszeres jelentési kötelezettség teljesítéséhez.

*Előzmények:* A monitoringrendszer kialakítása az 1970-es években kezdődött, elsősorban a földtani alapfúrásokból kialakított megfigyelőkutak kialakításával. Ezt követően a megfigyelési hálózat a különböző igényekhez igazodva változott. Az 1980-as években a monitoringkutak száma a földtani térképezés során mélyített fúrások megfigyelőkutakká alakításával bővült, elsősorban a Kisalföld és a Szigetköz térségében. Az 1990-es években a bányabezárásokhoz kapcsolódva a Dunántúli-középhegység területén megszűnő bányavállalatoktól átvett megfigyelőkutak jelentették a megfigyelőhálózat további bővítését, amelyek célja a karsztvízszint regenerálódásának nyomon követése a dunántúli-középhegységi fő-karsztvíztároló egész területén. A megfigyelő-hálózat üzemeltetése révén közel 40 éves felszín alatti vízszint-idősorokkal rendelkezünk az ország szinte teljes területén.

*A 2011. évben elvégzett feladatok:* Folytattuk az ország területét behálózó észlelő kutakból álló vízföldtani megfigyelő-hálózat működtetését és értékelését. A működtetés magába foglalja az észleléseket, az adatfeldolgozást, valamint az adatszolgáltatást. Az észlelőhálózat kútjainak karbantartására, felújítására 2011. év során a KEOP-2.2.2/09-2009-0003 sz. pályázat keretében került sor.

Az adatok értékelését elsősorban a MÁFI Vízföldtani Osztályán végzett projektekhez kapcsolódva végeztük. Részt vettünk a T-JAM és a Transenergy projektekben, ahol az észlelőhálózat alapadatokat szolgáltatott a modellezési munkákhoz, a termálvíz-gazdálkodás részét képező közös határ menti monitoring tervezéséhez.

Részt vettünk a Környezet és Energia Operatív Program támogatási rendszerének, ezen belül a „Víz Keretirányelv végrehajtásához kapcsolódó monitoringrendszerek fejlesztése” konstrukcióhoz keretében az „Országos felszín alatti vízmelegfigyelő-hálózat fejlesztése” c. KEOP-2.2.2/09-2009-0003 azonosítási számú pályázat megvalósításában. A projekt célja a MÁFI felszín alatti vízmelegfigyelő-hálózatának fejlesztése. A pályázat keretében az észlelőkutak felújítására, távadás vízszintregisztráló műszerek beszerzésére és beüzemelésére került sor.

*Együttműködő partnerek:* KvVM, VKKI, KÖVIZIG-ek, Környezetvédelmi Felügyelőségek, VITUKI.

*Termék:* Észlelési adatok adatbázisa, adatok szolgáltatása a Vízrajzi Évkönyv számára, KEOP pályázati dokumentáció.

### *Geokémiai transzportmodellezés*

*Témavezető:* JORDÁN Győző

*A kutatás célja:* A geokémiai vizsgálatok célja módszertani fejlesztés, a geokémiai folyamatok numerikus leírása (terepi mérések, laborkísérletek, térbeli és időbeni

vizsgálatok) és modellezése kvantitatív kockázatelemző, döntéselőkészítő környezetben. A téma egyik legfrissebb terméke, az Európa Bizottság nemzetközi Bányászati Hulladék Direktíva 'Inventory Working Group' (Felmérési Munkacsoport) tagjaként az MBFH-val együttműködve társszerzőként kidolgoztuk az Európai Bányászati Felmérés Kézikönyvét (Guidance Document).

*Előzmények:* A téma az „Érzékeny vízgyűjtők geokémiai kockázat-alapú szennyeződés transzport modellezése” című Norvég Alap — OTKA Projekt eredményeire épül.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A projekt keretében elvégzett terepi, labor és modellezési eredmények feldolgozását és publikálását végeztük el. Az Európai Bányászati Felmérés Kézikönyvében foglalt irányelvek (Guidance Document) hazai végrehajtásával kapcsolatos geokémiai vonatkozásokat (természetes geokémiai háttér, ásványvagyron szennyeződés potenciál, hulladéklerakó kockázat stb.) vizsgáltuk meg. 2011-ben a GEMAS Európai Geokémiai Térképezés Projekt eredményeinek értékelése történt (2009-ben volt a mintázás, 2010-ben a laborvizsgálatok történtek meg).

A Duna-vízgyűjtő Geokémiai Atlasza résztémában az internetes felület teljes feltöltését és tesztelését végeztük el.

*Termék:* Publikációk az érzékeny vízgyűjtők transzportmodellezésével kapcsolatos eredményekről. A Duna-vízgyűjtő terület feltöltött internetes felülete.

### *Magyarország integrált geokémiai térképe*

*Témavezető: FÜGEDI Ubul*

*A kutatás célja:* Az egységes atlasz nagyítható-kicsinyítható változata.

*Előzmények:* Magyarország a MÁFI honlapján elérhető geokémiai atlasza az országos felvétel [1] eredményein alapul. Ezeket az azóta végzett vizsgálatok alapján többször, alkalmilag korrigáltuk, de az azóta elkészült komplett kutatások: hegyvidéki felvétel [2], martonyi felvétel [3], Sajó-Hernád árterének mintázása [4], Maros árterének mintázása (publikálatlan), Európa Geokémiai Atlasza [5], A Gyöngyös-patak árterének mintázása [6], A Zagyva árterének mintázása (publikálatlan), GEMAS program eredményeit nem építettük be. A szoftverfejlesztés időközben lehetővé tette, hogy a honlapon a térképsorozatot többféle léptékben jeleníthessük meg.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Az új térképsorozat alapjának tervezett, egységes adatbázist nem sikerült létrehozni:

— egyrészt a feladatot jelentősen alulterveztük: nem készültünk fel arra, hogy a különböző térképi alapokon, illetve koordináta-rendszerekben nyilvántartott adatok összehangolása ennyi problémával jár,

— másrészt a kolontári munkák rendkívül megnehezítették az egyes részfeladatokat elvégző FÜGEDI U. és VATAI J. eredményeinek egyeztetését,

— harmadrészt a Parádi-Tarna vízgyűjtőjének mintázását pénzühiány miatt nem sikerült befejeznünk.

A fenti problémák miatt a munka az eredetileg tervezett módon nem végezhető el, így az adatbázis és a térkép-rendszer fejlesztése helyett a korábban nyert eredmények tudományos feldolgozására, illetve megismertetésére összpontosítottunk.

### *Magyarország földtani értékei*

*Témavezető: SZENTPÉTERY Ildikó*

*A kutatás célja:* Hazánk földtani értékeiről korszerű, naprakész adatbázis működtetése.

*Előzmények:* 2010-ben a KvVM-től megkaptuk az Országos Földtani Alapszervény Adatbázist azért, hogy térképi megjelenítését a 200 000-es földtani térképen megoldjuk, illetve, hogy javításainkat az adatbázisban megtegyük.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Ez évben az adatbázisnak a Magyar Rétegtani Bizottsággal összehangolt javítása volt a cél annak érdekében, hogy elősegítsük a Vidékfejlesztési Minisztériumnak a földtani értékek jogszabályi védelem alá helyezésére irányuló munkáját. Az eredeti feladat, hogy a 496 db-ról első körben 429 db-ra redukált mennyiségű alapszervény prioritási sorrendjét meghatározzuk, újragondoljuk az egyes alapszervények jelentőségének besorolását (országos, regionális, kivételes esetben globális jelentőség).

Az adatbázisból készült excel táblázatban javításokat végeztünk és sorrendi javaslatokat tettünk. A Rétegtani Bizottsággal felvettük a kapcsolatot annak érdekében, hogy további szakemberek vizsgálják meg a javasolt változtatásokat és egészítsék ki az ismerethiányt.

Szükségesnek tartjuk a továbbiakban az alapszervények dokumentációjának bővítését a legfontosabb irodalmi hivatkozásokkal, és fotóanyaggal. Célunk, hogy az alapszervényekre vonatkozó legtöbb ismeretet beépítsük az adatbázisba.

Amennyiben a fontossági sorrendről a Rétegtani Bizottsággal egyetértésben döntés születik, a javított és kiegészített adatbázist átadjuk a Vidékfejlesztési Minisztérium Barlang- és Földtani Osztályának.

### *Agrogeológiai kutatások*

*Témavezető: KUTI László*

*A kutatás célja:* A talaj-alapkőzet-talajvíz rendszer agrogeológiai törvényszerűségeinek feltárása, folyamatainak kutatása, a földtani és a biológiai közeg kapcsolatainak kutatása, a talajtani kutatások földtani megalapozása, a gyakorlati mezőgazdaság ellátása információkkal, és problémái megoldásának keresése, a tájtermesztés és az agrárkörnyezet-védelem földtani tényezőinek vizsgálata.

Az EU Talaj Keretirányelvhez kapcsolódó feladatokhoz rendszerezett adatbázis kialakítása.

*Előzmények:* Az agrogeológiai térképsorozat keretében már elkészültek az Alföld teljes területére, a balatoni térség-

re, a Kisalföldre és a Dunántúli-dombvidék egy részére az 1:100 000-es méretarányú térképek. A sorozat egyes térképi tematikáit 1:500 000-es méretarányban is megszerkesztettük az ország teljes területét lefedően, illetve a laza üledékes sík- és dombvidéki területekre. E térképek alapját képezik többek között a Magyarország felszín alatti vizeinek érzékenységét meghatározó környezetvédelmi jogszabályoknak.

1983 óta folytatjuk az agrogeológiai alap és módszertani kutatásokat, melynek során többek közt a különféle termékenységátló tényezők, a mezőgazdasági katasztrófák, a talajdegradáció földtani okait kutatjuk. E kutatásaink kiterjednek a tájba illő mezőgazdaság, a területhasználat és a tájértékelés földtani megalapozására is. Alap- és módszertani kutatásainkat döntően az agrogeológiai mintaterületek vizsgálatával végezzük. E feladat szerves része volt a talajvizek kémiája változásának folyamatos nyomon követése különböző mezőgazdasági hasznosítású területeken. 1995 óta végzünk folyamatos észleléseket.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A 2010. évi megalapozó kutatás eredményeire építve folytattuk az aszály és sivatagosodás földtani összefüggéseinek, a földtani környezetre gyakorolt hatásának és a termőhelyeket módosító hatásainak a vizsgálatát a Tiszántúl területén. Megszerkesztettük a még hiányzó területek (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye) szükséges kiegészítő térképeit 1:100 000-es méretarányban. Ezek a legelső vízzáró képződményeinek felszíntől való távolsága, valamint e képződmények vastagsága, a talajvíztükör felszín alatti mélysége. A kiegészítő térképek adatbázisának feldolgozásával megkezdtük a Tiszántúl veszélyeztetettségi térképének a szerkesztését.

A mikroelemeknek talaj-alapkőzet-talajvíz rendszerben történő viselkedésének vizsgálata keretében folytattuk a Balaton környéki szőlőgazdaságokba telepített kis mintaterületek adatainak feldolgozását, különös tekintettel a különböző kivonószerekkel föltárt minták összehasonlító értékelésére. Az adatok földolgozása során több mintaterképeket szerkesztettünk a különböző BFK szintekben. Megkezdttük a nyírségi futóhomokra telepített Fülöpi-mintaterület geokémiai feldolgozását.

Az öko-geológiai kutatások keretében megkezdttük a Bugaci-mintaterületen a talaj-alapkőzet-talajvíz rendszer és a növényzet kapcsolatának vizsgálatát, különös tekintettel az agrogeológiai rendszer tápanyagszolgáltató képességére, a terület mikroelem térképeinek megszerkesztésével a különböző BFK szintekben.

A kisméretű vízgyűjtőkben történő katasztrófális árvizek földtani és környezeti kockázatának módszertani megalapozása feladathoz mintaterületet jelöltünk ki a Cserhát déli részén: a Sápi-patak vízgyűjtőjét. E feladat keretében elvégeztük az előzetes terepbejárást, s összegyűjtöttük, rendszereztük a szükséges földtani, morfológiai, hidrológiai adatokat.

Elvégeztük a „Sekély talajvízű területeken telepített ültetvények által a talajban és altalajban okozott sófelhalmozódás statisztikai és hidrológiai modellezése” fel-

adat szükséges földtani előkészítését a vizsgálandó területek kiválasztásához.

Részt vettünk a EuroGeoSurveys szervezésében 2008-ban kezdődött GEMAS (Európai Mezőgazdasági és Legelő Területek Geokémiai Térképezése) Programban (2008–2011), amely az Európa Bizottság, illetve az Európai Bányászati Szövetség felkérésére indult. 2011-ben elvégeztük a korábban begyűjtött adatok laboratóriumi vizsgálati eredményeinek feldolgozását, a magyarországi szántók és legelők geokémiájának összehasonlító értékelését.

Folytatjuk az agrogeológiai mintaterületeken telepített talajvízmegfigyelő kutak adatainak kiértékelését, különös tekintettel a talajvíz nitráttartalmának eredetére, változásaira és mobilitására. Ugyanakkor az 1995. óta havonta észlelt kútjaink folyamatos mintavételezésével le kellett állnunk.

*Együttműködő partnerek:* A GEMAS programban részt vevő európai földtani intézetek. TAKI, Ny-Magyarországi Egyetem, SZIE.

*Kapcsolódó pályázatok, szerződések:* EuroGeoSurveys Geochemistry Expert Group: Geochemical Mapping of European Agricultural and Grazing Lands Project (GEMAS) (2009–2011). Sekély talajvízű területeken telepített ültetvények által a talajban és altalajban okozott sófelhalmozódás statisztikai és hidrológiai modellezése” (OTKA feladat).

#### *Budapest XV. kerület településgeológiai térképsorozata*

*Témavezető: SZURKOS Gábor*

*2011-ben elvégzett feladatok:* A már korábban kidolgozott módszertan alkalmazásával akartuk elkészíteni a térképsorozatot. A különböző MBFH-s megbízások miatt a terület feldolgozása 70%-os készültéggel maradt.

#### *Ásványi nyersanyagok kutatása*

*Témavezető: SCHAREK Péter*

*A kutatás célja:* Áttekintés készítése a nyersanyag témában korábban készült MÁFI anyagokról.

*Előzmények:* Az elmúlt évtizedek során a MÁFI fokozatosan felhagyott a közvetlen nyersanyagkutatással. Közvetlenül 2006 (a végső megszűnés) előtt adatmentő munka folyt a Régiógeológiai Osztályon.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A Régiógeológiai Osztály keretében készült megyei térképek és excel adattáblák áttekintését végeztük el, az egyes nyersanyagok potenciális előfordulásait ArcGIS adatbázisba rendeztük.

*Együttműködő partnerek:* Geoinformatikai Osztály

*Termék:* Magyarország 1:100 000 méretarányú nem fém nyersanyag-potenciál térképe.

*Kapcsolódó szerződések, kutatási témák, pályázatok:*

MBFH Szabad területek adatbázisa kialakítása, EuroGeoSource Projekt

## Informatikai szolgáltatás

*Osztályvezető: TURCZI Gábor*

Az osztály alaptevékenysége a MÁFI informatikai igényeinek kielégítése. Ide tartoznak az alapszolgáltatások, a rendszer fenntartása és a projektek célirányos kiszolgálása. Utóbbi az alapadatok szolgáltatásától (fűrésleválogatás, alaptérképek előállítás) a geoinformatikai elemzéseken keresztül a nyomdakész térképek előállításáig terjed.

Alapszolgáltatások: szkennelés (450 m), nyomtatás (500 m), digitalizálás, archiválás, kollégák informatikai-technikai segítése (> 500 alkalommal)

Rendszerüzemeltetés:

— 143 db PC és laptop, 14 db szerver, + nyomtatók, + hálózat.

— Levelezőrendszer kezelése és működtetése.

— Informatikai balesetek gyors kezelése.

— Meglévő gépek bővítése, új gépek és szerver(ek) beszerzése.

— Központi hardver- és szoftverleltár kialakítása.

— A könyvtári informatikai rendszer támogatása (Hun-téka).

Projektfeladatok:

— Bakony hegység földtani térképe 1:50 000.

— Dunántúli-középhegység bauxitföldtani térképe 1:50 000.

— Geotermikus koncessziós feladatokhoz kapcsolódó érzékenységi vizsgálatok

— Az országos és regionális, valamint helyi területrendezési tervek földtani veszélyforrás övezeteinek kijelölése.

— Bányászati mélyművelés-technológiai eredetű földtani bányatérsegek, illetve ebből származó földtani üregek, vagy feltételezhető üregek geofizikai azonosítására irányuló technológiák vizsgálata.

— Felszíni deformációk vizsgálatához kapcsolódó térképi és adatrendszerek harmonizációja.

— Felszínmozgásos területek földtani térképezése és geofizikai reambulációja a Balatoni-magaspartok térségében (Kenese–Fonyód).

— Lidl projekt (áruházak földtani veszélyeztetettsége).

— Magraktár projekt.

— Bauxitkutatási adatbázis egységesítése.

— A Gerecse hegység 1:50 000-es földtani térképének szerkesztése (tatai lap).

Külön kiemelő az a négy EU-projekt, melyben munkacsoport vezetőként vagy résztvevőként vagyunk jelen. Az alábbi lista a projekteken belül ellátott informatikai feladatokat tartalmazza:

TransEnergy

— 3D földtani felületek készítése, harmonizálása: a részfeladat teljes szakmai felügyelete, ellenőrzése, megoldási javaslatok, új technológiák bevezetése,

— metaadat szerkesztés,

— topográfiai alap összeállítás,

— digitalizálás,

— munkatérképek gyártása.

T-JAM

— A projekt adatbázisának végelegesítése.

— Földtani szelvények egységesített, végleges változatainak elkészítése.

— Felszíni és prekainozoos földtani térkép webes publikálása.

— Földtani szelvények webes publikálása.

EuroGeoSource

— WP3 közreműködés (magyar vezetéssel),

— projektvezetés,

— adatszervezés,

— térképi adatbázis építés,

— adatkonvertálás (MGE–ArcGIS).

ThermoMap

— webes publikálás.

Az osztály kezeli a MÁFI stratégiaileg kiemelt fontosságú adatbázisait. A *geobank* fejlesztése keretében 2011-ben az alábbi mérföldköveket tettük le:

— Fűrészek minősítése.

— Duplikátumkeresés elméletének kidolgozása.

— Tetszőleges pontszerű objektum tárolása.

— Tetszőleges paraméter tárolása.

— A „MOL-os”, a Térképezési Osztály által átértékelt, fűrészek adatbázisba töltése.

— A kútataszter (kutkat) objektumainak feldolgozása: 75 978 beazonosítás, 15 132 új objektum.

— Virtuális adattörlés 2 emberhónapnyi adatjavítás.

30 térképi adatbázist (SDE) tartunk karban, ezekre több mint 250 térkép (mxd) épül. Üzemeltetjük a MÁFI térkép-szerverét (mafi-loczy), melyen 13 webtérkép tekinthető meg és biztosítja egyúttal a hozzájuk tartozó WMS szolgáltatást is.

Egyéb jelentős tevékenység:

— Verzióváltás: ArcGIS 9.3.1-ről ArcGIS 10-re.

— ArcGIS szerver telepítése.

— Geoinformatikai oktatás: ELTE, MBFH, MÁFI.

— Szakmai népszerűsítés általunk megoldott térképi környezeten keresztül: RenExpo, GeoForagtag).

— Metaadat kezelő portál (geo-portal.mafi.hu) működtetése Az osztály látja vendégül 2012-ben a nemzetközi Földtudományos Információs Konzorcium (Geoscience Information Consortium) éves gyűlését. Ennek szervezését teljes mértékben az osztály végzi.

## Laboratórium

*Osztályvezető: BARTHA András*

**Anyagvizsgálati szolgáltatások végzése:**

— Közreműködés az intézet által vállalt külső szerződésekben (Kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék elhelyezése, Kolontár, Transenergy, T-JAM, MBFH stb.);

— Laboratórium saját külső szerződésai (40 darab külső megrendelő).

— 1 db OTKA szerződés.

— A MÁFI osztályainak végzett szolgáltatások.

— Az Intézet kutatói által elnyert OTKA és TÉT pályázatok anyagvizsgálati feladatainak teljesítése.

## 2011-ben megrendelt és teljesített vizsgálatok:

Megnevezés	Igényelt	Elkészült	Áthúzóó
	db		
Törés	530	530	0
Kőzetkémia	627	441	186
Víz kémia	574	566	8
ICP-MS kőzet	280	241	39
ICP-MS víz	281	281	0
Hg kőzet	562	527	35
Hg víz	70	70	0
Szerves geokémia	192	182	10
Csiszolat készítés	223	223	0
Fázisanalízis	67	67	0
Szediment vizsgálat	122	113	9
Őslénytani előkészítés	100	100	0
OSL kormeghatározás	29	24	5
<b>Összesen</b>	<b>3657</b>	<b>3220</b>	<b>437</b>

## Egyéb tevékenységek:

— Szekvenciális kioldások pontosságának növelése; mérési paraméterek optimalizálása P-OES és ICP-MS módszerekkel. Ebben a témában folyamatosan végzünk elemzéseket és módszerfejlesztést több projekt számára is. (A talajvíz nagy arzéntartalmának eredete fiatal medencékben c. OTKA pályázat mintáinál, ill. a vörösiszapminták esetében is végzünk ilyen méréseket).

— Laboratóriumi vizsgálatok eredményeinek értelmezése és feldolgozása a MÁFI projektek igényei alapján. Ezt a tevékenységet folyamatosan végezzük.

— 2011-ben is részt vettünk a „QualcoDuna Interkalibráció” jártassági vizsgálatokban: felszín alatti vízminták, talajminták, és iszapminták körelemzésében, melynek eredményeit elfogadták.

— „A talajvíz nagy arzéntartalmának eredete fiatal medencékben c. OTKA” pályázatot folytatjuk.

— A begyűjtött és leadott minták elemzése mellett fontos módszerfejlesztési kérdéseket is meg kell oldanunk. Különösen a terepi oxidációs állapot tartósítása tekinthető kulcskérdésnek. Fontos feladat a sorozatos kioldások eredményeinek értékelése is. A mérések, a módszerfejlesztések és az értékelések folytatódnak.

— Az Omninvest számára vakcinák mérését végezzük Hg- és Al-tartalom meghatározásra.

— A British Geological Survey számára rendszeresen végzünk higanyelemzéseket talaj, ill. stream sediment mintákból.

— Részt veszünk a „Nanoezüst bevonatú csípőprotézis vizsgálata állatmodellen” című kutatásban (a Semmelweis Egyetemmel közös projekt). Feladatunk állati szövetminták ezüsttartalmának meghatározása.

— A Golder Zrt-vel kötött szerződés keretén belül Bátapátiban végzett nyomjelzéshez végeztünk analitikai méréseket ICP-MS, ICP-OES és IC technikákkal.

— A laboratórium dolgozói részt vettek a „Geokémiai transzportmodellezés érzékeny vízgyűjtők szennyeződés kockázatvizsgálatára” című Norvég Alap – OTKA projektben. Módszertani fejlesztéseket, elemzéseket végeznek, publikációkban működnek közre.

— A kolontári katasztrófával kapcsolatban az első perctől kezdve aktívan részt veszünk a vörösiszapminták elemzésében, értékelésében. Együttműködés a USGS szakembereivel.

— A laboratórium elkészítette a mintavétellel, ill. szennyvíz és hulladékelemzéssel kibővített új minőségirányítási kézikönyvét, és 2011 végén beadta a NAT-ba. Elbírálás várható időpontja: 2012. február.

## Pályázati tevékenység:

— Részt veszünk „A talajvíz nagy arzéntartalmának eredete fiatal medencékben” c. OTKA pályázatban. Méréseket végeztünk és az értékelésekbe is bedolgoztunk.

— Részt vettünk a „Geokémiai transzportmodellezés érzékeny vízgyűjtők szennyeződés kockázatvizsgálatára” című Norvég Alap – OTKA projektben.

— Vietnami–magyar TÉT pályázatot adtunk be még 2009-ben „A magyarországi és a dél-vietnami arzénos vizek hidrogeológiájának, genetikájának összehasonlító vizsgálata” címmel. A pályázat nyert, szerződés-kötés 2011 végén várható.

— Marokkói–magyar TÉT pályázatot adtunk be még 2009-ben „Nehézfémmobilitás térbeli modellezése bányászati vízgyűjtőkben az Európai Unió és szomszédai különböző klimatikus területein. Összehasonlító vizsgálatok Magyarország és Marokkó területéről” címmel. A pályázat nyert, szerződés-kötés 2011 végén várható.

## Együttműködő partnerek:

— Együttműködés a MÁFI kutatási egységeivel anyagvizsgálati feladataik megvalósítása érdekében.

— Együttműködés a Földtani OTKA Műszerközpont tagintézeteivel (ELTE, SZE, VITUKI Rt., ATOMKI, MTA FKK GKL), Debreceni Egyetem Ásvány-Földtani Tanszék, Izotópkémiai Tanszék, Szegedi Egyetem Ásványtani Geokémiai Tanszék, USGS, ELGI, GKL, Bálint Analitika, Smaragd Kft.; Hydrosys Kft., British Geological Survey

A Laboratórium munkatársai egyetemen oktattak (Debreceni Egyetem); egyetemi hallgatók számára előadásokat és laborbemutatókat tartottak (ELTE, Miskolci Egyetem, Budapesti Műszaki Egyetem); pályázatokat bíráltak, folyóiratcikkek lektoráltak, részt vettek különböző szakmai szervezetek vezetőségi munkájában.

## Országos Földtani Szakkönyvtár

## Osztályvezető: PIROS Olga

Megoldott feladatok: A könyvtárral szemben megfogalmazott elvárásoknak eleget téve a könyvtár a teljesség igényével gyűjti a Kárpát-medence földtani és a határterületek irodalmát, melyet állományába épített, megőr-

zött, feltárt és az olvasók kérésének megfelelően szolgáltatott. Katalógusának egy része a Huntéka könyv adatbázison keresztül elektronikus úton is hozzáférhető. Szakirodalmi tájékoztatást nyújt a GeoRef, CD-n megjelenő adatbázisából, az EISZ-en keresztül elérhető adatbázisokból, illetve az előfizetések révén hozzáférhető on-line folyóiratokból.

— Kutatóink és olvasóink szakirodalmi ellátását segítjük olvasótermeinkben. Diákoknak segítséget nyújtunk témakeresésben, szakirodalmi kutatásban, bibliográfia összeállításban, a földtudományi szakirodalom elektronikus és manuális adatbázisainak megismerésében. Felhívjuk figyelmüket a módszeres irodalomkutatásra.

— Közzolgálati feladatként a könyvtár muzeális anyagainak referálását befejeztük a Mokka-R könyvtári program keretében. A 303 muzeális (1850 előtt megjelent könyvekről van szó) tétel megjelenik a nemzeti adatbázisban. Az adatbázis elérhető a [www.eruditio.hu/lectio/mokka-r](http://www.eruditio.hu/lectio/mokka-r) címen.

— 2011-ben saját és társintézményeink (MÁFI, ELGI, MBFH) munkatársain kívül a külső olvasók száma 216 fő, ebből a budapesti és vidéki egyetemekre járók száma 108 fő. Az olvasók száma az előző évhez képest 21 fővel gyarapodott. A beiratkozott diák olvasóknak ingyenesen másolt oldalak száma 1007.

— Olvasótermeinkben a helyben használt dokumentumok mennyisége 1047 szöveges leltári egység és 409 térkép. A kikölcsonzótt szöveges dokumentumok száma 672 leltári egység, a térképeké 818 leltári egység.

— Könyvtárunkhoz 116 írásos könyvtárközi kérés érkezett, melyet másolat vagy elektronikus, ill. postai küldés formájában teljesítettük (540 oldal). A kérések száma csökkent. Mi 23 esetben kértünk segítséget.

— Adatbázisainkban 96 fő részére 167 témakörben végeztünk keresést. A találatok száma 6192 volt. A témakörök száma nőtt, a találatok száma csökkent, ami annak lehet az eredménye, hogy az olvasók speciális témákat kerestek. A keresések 22%-a Georef adatbázisból 11%-a az EISZ adatbázisaiból történt. Mivel az EISZ adatbázis az intézet minden gépéről elérhető, ez az adat csak a külsős olvasók használatára vonatkozik.

— Az állomány védelme érdekében kutatóinknak, olvasóinknak 11761 oldalt másoltunk.

— Az év folyamán 282 darabbal emelkedett a könyvek száma, ezek közül csere 16% hagyaték vagy ajándék 78%, saját kiadvány 6 tétel, vétel 9 tétel volt, ezeket többnyire OTKA témák terhére vásárolták. A folyóiratok közül októberben visszamenőlegesen 11 félélt volt lehetőségünk megrendelni. Intézeti kiadványokért cserébe összesen több mint 300 különböző folyóiratot kapunk. A leltározott térképek száma 106 egységgel gyarapodott. A CD, DVD, videónyilvántartásba 9 új egységet jegyeztünk be.

— A Huntéka adatbázisa 1043 tétellel gyarapodott. Amely majdnem háromszorosa az előző évének. Ennek nagy részét a nyári zárás alatt történő intenzív feldolgozás alatt sikerült bevinni. A rendszerben jelenleg kereshető dokumentumok száma: 14 881.

— Aktualizáltuk számítógépes adatbázisainkat és a

retrospektív állományellenőrzés folyamán javítottuk manuális katalógusainkat is.

— A nyári zárás idején különös hangsúlyt fektettünk a leltári számsorrendi és személyi ellenőrzésre. Ennek eredményeképpen 537 esetben pótoltuk a hiányzó állományt. Ehhez hozzájárult a nyugdíjba vonuló kollégák által a könyvtárnak adományozott dokumentummennyiség.

— Cserés partnereink adatbázisát változó adataikkal frissítettük. 2011. év végén 381 partnerrel állunk cserés kapcsolatban. Ez évben befejeztük a cserés kapcsolatok felülvizsgálatát, az inaktív cserés partnerek kiszűrését. A partneri kapcsolatok aktivizálásával számos cserés kapcsolat újult meg, ennek eredményeképpen új folyóiratokkal fejleszthettük az állományt. Ebben az évben nem volt lehetőségünk az összes cserésnek kiküldeni az új kiadványokat, de a reklamálásokra rendszerint postáztunk.

— A duplum anyagokból május elején és novemberben 3-3 napos vásárt rendeztünk, melynek során jelentős mennyiségű duplum anyagot értékesítettünk. Ezzel helyet nyertünk az új kiadványok elhelyezésére.

— Konferenciákhoz, földtani rendezvényekhez kötődően 8 alkalommal árusítottunk a könyvtáron kívül (pl. Budapest, Nagykanizsa, Pécs, Miskolc stb.).

— Az intézeti kiadványokat tartalmazó kiadványtárból 1293 db könyvet, 123 db térképet, és 39 CD-t értékesítettünk. A könyvek jelentős részét a 200 000-es atlasz kötetei tették ki.

— Együttműködési munkaanyagként 248 könyv, 39 térkép került kiadásra.

— A magyar földtani irodalom feldolgozását 2011-ben is folytattuk. 95 bibliográfiai egységet küldtünk a GeoRef adatbázisa számára, eleget téve a szerződési kötelezettségünknek.

— A könyvtár és térképtár dokumentumainak elektronikus archiválása során 150 dokumentum 9704 oldalát szkenneltük be.

*Együttműködő partnerek:* A Földtani gyűjtőkörű könyvtárak. A Könyvtárosok Egyesülete, Műszaki szekciójának tagja a könyvtár.

### *Országos Földtani Múzeum*

*Osztályvezető: KORDOS László*

*2011-ben elvégzett feladatok:*

Gyűjteményfejlesztés: 2011-ben. A Gyarapodási Napló adatai szerint 12 tétellel (közettel és különböző ősmaradványokkal gyarapodott a múzeum állománya).

Leltározás: Az év során 149 új leltári tétellel gyarapodott, és így a múzeum leltári állománya 2011. december 31-én 184 428 tétel. A felújított Ariadne rendszerű számítógépes nyilvántartás (10 953 tétel) a rendszer felújítása és további használhatatlansága miatt nem gyarapodott. A 2011-ben leltári tételbe vett tárgyak adatait hitelesített listákon az adott leltárkönyvekben elhelyeztük.

Revízió: Az Ásvány-Teleptani gyűjtemény revíziója (PÉTERDI Bálint irányításával, SOMOGYI Éva, TÓTVÁRADI Enikő, TÓTH Enikő, PETRÓCZINÉ GECSE Zsuzsanna segít-

ségével) során a MÁFI Stefánia úti épületében őrzött 10 szekrénynyi tétel felülvizsgálatával (a leltárkönyvi és alátétcedulán szereplő adatok szinkronba hozása; elhelyezési adatok ellenőrzése és pontosítása) megtörtént. Továbbá megkezdődött a Triász Gyűjtemény revíziója; a Rákóczi-telepen tárolt leltározott tárgyak közül elvégeztük a Magyarország agyagja, vasérci, szenei, valamint a külföldi összehasonlító bauxitgyűjtemények revízióját.

Múzeumi szolgáltatás: A gyűjtemény anyagának vizsgálata érdekében a tárgyévben 68 külföldi és 89 hazai kutató kereste fel a múzeumot. Kölcsönzésre 40 esetben került sor. A fűrési magmintaraktárak anyagainak vizsgálatát 23 esetben igényelték (70 fűrás). Az intézetet és kiállításait 3121 fő látogatta meg (661 felnőtt, 1275 diák és nyugdíjas, 1185 fő diákcsoportban, valamint a nyitott Kulturális Örökség Napjain ingyenesen). Iskolai ásvány- és kőzetgyűjteményt 5 igénylő iskolának adtunk át. A múzeum szervezte és biztosította a MÁFI Dísztermének és Lábnyomos termékének hasznosítását (40 nap).

Működési engedély és egyéb jogi kérdések: Az Országos Földtani Múzeum kérelmére 2005. augusztus 30-án egy év időtartamra ideiglenes működési engedélyt kapott a Nemzeti Kulturális Örökség Minisztériumától. Az előírt hiánypótlások igazolásával ellátott, a végleges engedély megadásához szükséges okmányokat 2008-ban megküldtük, majd az NMFI Közgyűjteményi Főosztálya 2010 októberében további adatokat és újraindított eljárást kért. Ugyanakkor 2010-ben a minisztérium részéről elrendelt szakfelügyeleti vizsgálat, valamint annak ismételt felülvizsgálata 2011-ben lezajlott. A jegyzőkönyvek hiányosságokat nem tártak fel. További fejlemény, hogy 2010 októberében a Kulturális Örökségvédelmi Hivatal eljárást kezdeményezett az Országos Földtani Múzeum állományának védetté nyilvánítása érdekében, amelyhez 2011-ben szekrényleltár pótlását kérte, amit megküldtünk.

A GriffSoft konzulense és a MBFH Pénzügyi osztályának vezetője 2011-ben tájékozódott arról a lehetőségről, hogy a gyűjtemény teljes állományát miként lehetne chipalkalmazással, a múzeumi tárgyak értékének meghatározásával elektronikus leltárba venni.

2011-ben a MÁFI-n belül munkacsoport kezdte meg a magmintaraktárak állományának tételes újrafelvételét.

#### *Kutatás:*

— KORDOS László, PAZONYI Piroskával (PhD, MTM-MTA) nyomdakész formában elkészítette a „Magyar ősgérinces típusok atlasza. (Arvicolidae)” c. kiadványt.

— 2011-ben több, rendszerint sokszerzős nemzetközi tanulmány készült a rudabányai lelőhely különböző szempontú értékeléséről.

— HÁLA József tudománytörténeti kutatásai kiterjedtek az intézet, a magyar geológiai és bányászat történetére és néprajzára, valamint JÓKAI Mór, SZABÓ József, CSÍKY Gábor, KALECSINSZKY Sándor, báró NOPCSA Ferenc és TORDAY Emil életére és munkásságára.

— PAPP Péter a Magyarhoni Földtani Társulatban, az EMT-ben (Kolozsvár) és a XIII. Székelyföldi Geológus Találkozón tartott tudománytörténeti előadásokat.

— PÉTERDI Bálint 2011-ben beadta „Szerszámkövek és

csiszolt kőszerszámok archeometriai vizsgálatának eredményei (Balatonöszöd – Temetői dűlő lelőhely, késő rézkor, bádeni kultúra) címmel PhD értekezését.

— SZEGŐ Éva az intézeti külső megbízásokhoz kapcsolódva őslénytani, biosztratigráfiai szakvéleményeket készített különböző lelőhelyekről származó minták (Bp. XII. ker. Apór Vilmos tér és Bán utca; szíriai Quar Kapte és Margat; a horvátországi Bodolya és Darázs) mikrofaunájáról.

*Oktatás:* KORDOS László egyetemi tanári kinevezéssel geográfus MSc hallgatókat tanít a Nyugat-magyarországi Egyetem szombathelyi természettudományi karán, továbbá diplomamunkák és PhD hallgatók témavezetője és külső konzulense a Debreceni Egyetemen és az ELTE-n. Meghívott előadó a Miskolci Egyetem Bölcsészettudományi Karán.

## **MBFH együttműködési feladatok**

### *Az MBFH–MÁFI közreműködési megállapodásban végzett feladatok*

**Bányatelekkel le nem fedett, de nyilvántartott, megkutatott ásványinyersanyag-lelőhelyek térinformatikai rendszerbe helyezése, hiányzó adataik pótlása**

*Témavezető: SCHAREK Péter, MÁELGI felelős: LENDVAY Pál*

*A kutatás célja:* A jelenleg ismert, 1565 db szabad területről csak település szintű adatok vannak az Országos Ásványvagyon Mérlegben. A korszerű információs rendszer kiépítéséhez szükség van a kutatási terület, ill. a készletszámítási egységek sarokpont-koordinátáira, egységes EOV rendszerben, digitális topográfiai alapon. Ugyancsak hiányzik a nyersanyagot tartalmazó földtani képződmény pontos kőzettani típusa és sztratigráfiai helye, mely alapján az adatbázis összekapcsolható a MÁFI digitális földtani térképével, ill. fűrési adatbázisával.

A végső cél az eddigi szabad területek olyan minősítése, mely alapján eldönthető a területek nyilvántartásban történő tartása, vagy az onnan történő törlésük. Ezek alapján kialakulhat egy tényleges kép az ország ismert és hasznosítható ásványvagyon készleteiről.

*Előzmények:* A Magyar Bányászati és Földtani Hivatal (MBFH) 2008-ban kért először ajánlatot az Országos Ásványvagyon Nyilvántartásban szereplő ún. szabad területek adatai térinformatikai rendszerbe helyezéséről. A MÁFI és az MÁELGI elkészítette a feladat lehetséges munkatervét. Ennek alapján az MBFH 2010-ben az MÁELGI-nek adott megbízást a munka megkezdésére, 2011-ben pedig mindkét intézet feladata lett a folytatás és a nemérces előfordulások adatbázisának befejezése párhuzamosan két projektben (E3 és M1).

*2011-ben elvégzett feladatok:* Az elfogadott munkaterv szerint, a projekt keretében 559 szabad terület kutatási jelentéseit néztük át, az adatokat Excel táblázatokban gyűjtöttük



össze, értékeltük és a fellelt koordináták alapján, térképen ábrázoltuk. Elkezdjük a Borsodi-medence szén szabad területei kigyűjtését, adattári kutatást végeztünk Miskolcon és Budapesten, megalapozva a tervezett 2012-es munkát.

*Termék:* A munka végeztével, június 30-án jelentést adtunk le és CD-n csatoltuk a digitális állományt.

*Együttműködő partnerek:* Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (MÁELGI), Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, MBFH Bányakapitányságok Földtani és Adattári osztályai.

### Geotermikus koncessziós feladatokhoz kapcsoló érzékenységi vizsgálatok

*Témavezető:* GYURICZA György, MÁELGI felelős: ZILÁHI-SEBESS László

*A kutatás célja:* Környezeti érzékenységi-terhelhetőségi vizsgálat a kijelölt geotermikus koncessziós területekre.

*Előzmények:* A Bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvény 2010. év eleji módosítása alapján a geotermikus energia vonatkozásában zárt területnek minősült az ország egész területén a természetes felszíntől mért 2500 m alatti földkéregész. Emellett a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal Hivatalos Értesítőjének 2010. évi 91. számában megjelentek értelmében a szénhidrogének, a szén-dioxid, a széntelepekben leköttött metán, a feketeszén, az ércek (beleértve a bauxitot is) vonatkozásában a Magyar Köztársaság egész területe zárt területnek minősül. A zárt területeken a rendelkezésre álló földtani adatok, valamint a vállalkozói kezdeményezések alapján a miniszter koncessziós pályázatot hirdethet meg azokon a területekrészen, ahol — a külön jogszabály szerinti érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálatok figyelembevételével —, az ásványi nyersanyag bányászata, illetve a geotermikus energia kinyerése energetikai célra kedvezőnek ígérkezik.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Szilvágy, Zalalövő, Körmen, Jászberény, Nagykanizsa és Gödöllő geotermikus területek érzékenységi-terhelhetőségi vizsgálata.

*Együttműködő partnerek:* VKKI

*Termék:* 6 db vizsgálati jelentés, ebből 4 továbbfejlesztve jelentés tervezetté, internetes közlésre.

### A kutatások során keletkezett magmintaállomány kezelése

*Témavezető:* MAROS Gyula

*A kutatás célja:* A mélyfúrások magmintaraktárakban őrzött kőzetanyaga az ország egyedülálló, pótolhatatlan földtani értéke, mivel a mélyből származó minták mindegyike egyedi, felbecsülhetetlen tudományos értéket képvisel. Pótlásuk a jelenlegi gazdasági helyzetben lehetetlen. Gazdasági jelentőségük az ország földtani felépítéséhez kapcsolódó jelenlegi és jövőbeni projektek kivitelezésében (pl. megújuló energiaforrások kutatása, nyersanyagprognózis és -bányászat, mélységi vizek hasznosítása) meghatározó.

A szerződés végrehajtásának célja a magmintaraktárakban tárolt anyagok új működési rendjének kialakítása, a mintaanyagok felmérése, állapotuk vizsgálata valamint a

releváns információk korszerű, web-alapú adatbázisba vitele.

*Előzmények:* Az intézet anyagi lehetőségeinek folyamatos romlásával a mintaraktárak és a bennük tárolt mintaanyagok állapota leromlott, szükségessé vált a működés és a leltár felülvizsgálata.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Felülvizsgálati ütemterv elkészítése. A magraktárak igénybevitelét igazoló dokumentumok összegyűjtése (5 év), éves statisztika elkészítése. A magmintaraktárakban őrzött anyag leltárának és mintaanyagának felmérése, a tételes felülvizsgálat megkezdése, számítógépes adatbázisának elkészítése. Szükség esetén leletmentés és magszkenneléssel összekötött dokumentálás megkezdése. A menthetetlen anyagok körültekintő selejtezésének megkezdése, a selejtezés szabályzatának elkészítése.

*Együttműködő partnerek:* MBFH

*Termék:* Az éves munkákat bemutató, nemzetközi felmérést is tartalmazó, állapotfelmérő jelentés: M3\_A MÁFI Mintaraktárainak felülvizsgálata, 2011.pdf. Ezen kívül a mintaanyagok felmérésének téradatbázisa, valamint a mintaanyagok leltárának egyesített adatbázisa.

### Az országos és regionális, valamint helyi területrendezési tervek földtani veszélyforrás övezeteinek kijelölésében, illetve az adatok előírt (internetes) közzétételében való közreműködés

*Témavezető:* SZURKOS Gábor

*A kutatás célja:* Elsőként a koncessziós területeken lévő települések területrendezési tervekhez kapcsolható potenciális földtani veszélyforrásainak felmérése és prognosztikus vizsgálata, illetve az adott területek minősítése a tervben szereplő területhasználat földtani közeget veszélyeztető, illetve az adott földtani közegnek az adott területhasználat befolyásoló prognosztizálható hatása alapján. Külön kell vizsgálni az adott térségben a tényleges és tervezett lakó-, az ipari, az üdülő- és a mezőgazdasági övezeteket. A prognosztikus vizsgálatnak ki kell terjednie arra is, hogy mi történhet a terület átminősítése (pl. üdülőövezetből lakóövezetbe) után. Módszertani kutatásként el kell végezni a feladatot egy nagyváros (vagy egy budapesti kerület) és egy község területére.

*Előzmények:* Az 1970-es években készült Budapest Építésalkalmassági térkép felhasználása, reambulálása, aktualizálása, illetve az önkormányzatoknál található adatok felhasználása.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Az első félévben Budapest III. kerület, területrendezési tervekhez kapcsolható potenciális földtani veszélyforrásainak felmérése és prognosztikus vizsgálata. A kerület területének felosztása a területhasználat veszélyeztető földtani veszélyforrások szerint. Leányfalu, mint új terület földtani veszélyforrás felvételezésének beindítása a Budapest, III. kerület tapasztalatai alapján.

*Együttműködő partnerek:* Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (MÁELGI), Magyar Bányászati és Földtani, Hivatal.

A különböző hulladéktípusok (kommunális, ipari, bányászati, veszélyes, radioaktív) elhelyezésének szükséges természetes (földtani) védelem követelményeinek meghatározása

*Témavezető: JORDÁN Győző*

*A kutatás célja:* Az MBFH elnöke által közzétett inert bányászathulladék-lista szükséges geokémiai dokumentációjának elkészítése.

*Előzmények:* A bányászati hulladékok elhelyezése földtani követelményrendszerének jogszabályi áttekintése, különös tekintettel a hazai földtani viszonyokra, illetve BAT és más nemzetközi iránymutató dokumentumok alapján. A legújabb tudományos eredmények és korszerű technológiák ismeretében a követelményrendszer szakmai áttekintése. Az inert bányászathulladék-listában szereplő hulladékok inert minősítésének geokémiai dokumentációja adattári áttekintéssel, terepi mintázással a hulladékból, illetve a környezettől esetleges szennyeződések megismerésére, a kidolgozott mintavételi stratégia alapján. A kiválasztott hulladékminták laboratóriumi vizsgálata teljes feltárással és kioldási tesztekkel, ICP-MS (geokémiai összetétel) és XRD (ásványtani összetétel) vizsgálattal.

*2011-ben elvégzett feladatok:* BAT és más nemzetközi iránymutató dokumentumok alapján dokumentációs listát állítottunk össze a bányászati hulladékok elhelyezése földtani követelményrendszerének jogszabályi áttekintéséhez. Az inert bányászathulladék-listában szereplő hulladékok inert minősítése geokémiai adatainak összesítését elvégeztük. A bányászati hulladékok elhelyezése földtani követelményrendszerének jogszabályi áttekintése megtörtént. Inert bányászathulladék-lista geokémiai dokumentációjának elkészítése megtörtént.

*Termék:* Összefoglaló jelentés az inerthulladék-lista geokémiai dokumentációjáról.

A környezeti és hatásvizsgálatokhoz, valamint a hulladék-elhelyezéshez kapcsolódó környezeti adottságok felmérése és közreműködés egyes hulladéktípusok minősítésében

*Témavezető: FÜGEDI Ubul*

*A kutatás célja:* Magyarország litológiai egységei geokémiai alapszint értékeinek meghatározása, néhány kiválasztott koncessziós területen.

A Magyarországon toxikus elemeket határérték fölötti mennyiségben tartalmazó kőzetek számbavétele, elterjedési területük lehatárolása.

Egyes hulladéktípusok minősítéséhez szükséges laboratóriumi feltételek biztosítása.

*Előzmények:* FÜGEDI P. U. et al.: Földtani formációk elemtartalom adatbázisának összeállítása. Jelentés. Kézirat, KBFH Adattár. Ter: 21163.

*2011-ben elvégzett feladatok:*

- Adatfeltöltés két geotermikus koncessziós területre.
- Földtani veszélyforrás adatbázis bővítése.
- Akkreditált talajminta-vételi rendszer kialakítása.
- A MÁFI Laboratórium akkreditációjának kiterjesztése.

— A határértékek rendszerének kvantitatív, szakmai felülvizsgálata.

*Termék:* A környezeti és hatásvizsgálatokhoz, valamint a hulladék-elhelyezéshez kapcsolódó környezeti adottságok felmérése és közreműködés egyes hulladéktípusok minősítésében. MÁFI-MBFH Együttműködés, Kutatási jelentés, 2011.

*Együttműködő partnerek:* MÁELGI

Téradatok egységes, térkép alapú lekérdező és megjelenítő rendszerbe foglalása

*Témavezető: TURCZI Gábor*

*A kutatás célja:* Az intézményrendszeren belüli adat-hozzáférés természetes, sőt elvárt követelmény. A projekt a térinformatika azon alapelehetőségét használja ki, hogy a térbeliség az egymástól független információkat összekapcsolja, a különféle nyilvántartások objektumait egységes rendszerbe foglalja. Ez lehetővé teszi a hatósági munka, a kutatási tevékenység egységes rendszerben történő támogatását. Alapvető cél a földtani intézményrendszer adathozzáféréseinek technikai megalapozása, az adatok együttes kezelésének kidolgozása.

2011-ben a projekt célkitűzése az volt, hogy elkészül egy tesztelhető részadatbázis.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A megfogalmazott cél érdekében felépítettünk egy térképszervert. Az optimális sebességviszonyok elérése érdekében a MÁFI ezen gépe egy külső, széles sávot biztosító „szerverfarmon” üzemel. Jelentős előkészítést igényelt a munka, mert egyszerre három lényeges szoftver cseréje is megtörtént. Az operációs rendszer, az SQL Server és az ArcGIS Server esetében nagyságrendi verzióváltást hajtottunk végre. A hangolást követően a következő szolgáltatásokat indítottuk el:

*Térkép:*

- Topográfiai térkép 1:50 000–1:200 000 méretarány számára,
- 1:100 000 Magyarország földtani térképe,
- Magyarország fúráspon téréképe, a fúrások alapvető törzsadataival,
- Alábányászott területek (földtani veszélyforrások),
- Magyarország szeizmikus nyomvonalai,
- Magyarország nyersanyagkészlete — bauxit,
- Bányászati szabad területek,

*Adatbázis:*

- Fúrási adatbázis (180 000 db),
  - Magyarország földtani egységeinek kódszótára,
  - Litológiai kódszótár,
  - Fácies/genetika kódszótár,
  - Geológiai korok kódszótár,
- Az adatsorokon belső (MÁFI) és külső (MBFH, MÁELGI) tesztekkel folytattunk.

— *Mintaadatbázisok:* A projekt két konkrét adatbázison keresztül tervezte bemutatni az alkalmazott technológiát. A munka során azonban több olyan projekt eredményét is sikerrel integráltuk, amelyek más munkafolyamatokban szerepeltek.

— *Szeizmikus nyomvonalak:* Az MÁFGB Adattár átadta SHP formátumban a nyomvonalakat (6487 db). Felépítettük az SDE adatbázist a Földtani-, geofizikai objektumkataszter kategóriában. Vizsgáltuk a nyomvonalak topológiai rendjét (önmagát keresztező, vagy önmagával átfedő vonalak). A 2 db topológiai hibás nyomvonalról tájékoztattuk az MÁFGB Adattárat.

Összehasonlítás céljából elkértük a MÁELGI által kezelt nyomvonalakat is (801 db), melyek — a darabszámok alapján — az adattári nyilvántartásnak csak egy részhalma. A részhalmoz új nyomvonalat nem tartalmazott. A két adatbázis geometriai összehasonlítása változó mértékű nyomvonal eltérést mutat (átlag 30 m).

— *Fúrás adatbázis:* A fúrás adatbázis webes szolgáltatása a fúrások törzsadataival már egy régóta üzemelő MÁFI szolgáltatás. Ez egy ArcGIS-től független WEB alkalmazás. A projekt keretében tesztelési céllal hozzáférhetővé tettük a rétegsoradatokat is. A projekt keretében olyan fúráspontra térkép ArcGIS szolgáltatását indítottuk el, amely közvetlenül a fúrás adatbázist használja (event theme). Ez lehetővé teszi a területi megkutatottság vizsgálatát, illetve a fúrásponatok más térképpel való kombinálását. A fúrás törzsadatai az ArcGIS környezetben is lekérdezhetők.

*Termék:* A projektről zárójelentés készült.

*Együttműködő partnerek:* Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (MÁELGI), Magyar Bányászati és Földtani Hivatal

#### *Az MBFH–MÁELGI 2010. évi közreműködési megállapodásban tervezett feladatok*

Az ajkai vörösiszap-katasztrófa földtani környezetének vizsgálata a módszertan kialakítása céljából, a hatósági munka elősegítésére téma

*Témavezető:* TÖRÖS Endre (MÁELGI), MÁFI felelős: VATAI József

*A kutatás célja:* Cél az ajkai vörösiszap-katasztrófa hatására megváltozott földtani környezet vizsgálata a módszertan kialakítása céljából, a hatósági munka és a jogszabály-előkészítési feladatok elősegítésére.

Komplex földtani kutatás tervezése és kivitelezése a kolontári területen az előzetes földtani-geofizikai és hidrogeológiai modell felállítására és a módszertan kialakítására. Szeizmikus, geoelektromos szelvények mérése, és fúrás kiértékelés a telephely megismerése az esteleges földtani veszélyforrások feltárása céljából.

*Előzmények:* Az ajkai vörösiszap-katasztrófa nyomán szükségessé váló földtani-geofizikai vizsgálatok, és a Bányakapitányságok részére a bányászati és ipari hulladékok tárolására szolgáló létesítmények fenntartásához, létesítéséhez kapcsolódó információk összegyűjtése és átadása fontos szakmai feladat.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Elkészült a MÁELGI koordinálásával egy olyan módszertani jelentés, ami tartalmazza a műtárgy veszélyeztetettségét feltárni képes vizsgálatok fajtáit, alkalmazhatóságát és korlátait.

A gyakorlatban a földtani-geofizikai tudományág eredményei, kiegészülve a geotechnikával, egymásra épülnek. A zagyatárolók és környezetük vizsgálatához mindhárom módszerre szükség van, az érintett szakembereknek együtt, több szempont alapján kell elkészíteniük a terület értékelését, az adott helyen felmerülő konkrét kérdésekre kell megadniuk a választ.

*Együttműködő partnerek:* Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (MÁELGI), Magyar Bányászati és Földtani Hivatal

#### **Geotermikuspotenciál-felmérés, a koncesszióba vonható területek előzetes kijelölése**

*Témavezető:* NÁDOR Annamária, MÁELGI témavezető: ZILAHY-SEBESS László

*A kutatás célja:* A megújuló energiákról szóló közösségi politika és jog előirányzatainak való megfelelés, a hazai energiafüggettség csökkentése, a diverzifikáció növelése érdekében; a geotermikus koncesszióra való felkészülés feladatainak megkezdése.

*Előzmények:* A bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvény (a továbbiakban Bt.) módosításáról szóló 2010. évi IV. törvény — többek között — a geotermikus energia kutatásával, kinyerésével, hasznosításával összefüggő feladatokat szabályozta újra, melyek a bányafelügyelet részére új, ill. részben új feladatot jelentenek. Tekintettel a Bt. 8–14. §, 22/B §, 25. §-ainak módosításaira, a feladat a geotermikus energia kinyerésére kijelölt potenciális rezervoárok területén belül koncessziós pályázatra alkalmas területek lehatárolása, a korábbi perspektivikus kezdeményezések területére vonatkozó földtani és geofizikai adatok összegyűjtése.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A téma keretén belül meghatároztuk a geotermikus koncessziós területek szakmai szempontrendszerét. Kijelöltünk 5 koncessziós területet. Javaslatot tettünk a koncessziós adatsomag tartalmára. Meghatároztuk a koncessziós tanulmányok adatszerkezetét. Adatgyűjtés történt 3 kijelölt területre.

*Együttműködő partnerek:* MÁELGI

#### **Geotermikus környezeti értékelés műszaki tartalmának meghatározása, a koncessziós feladatokra való felkészülés**

*Témavezető:* GYURICZA György, MÁELGI: ZILAHY-SEBESS László

*A kutatás célja:* Az előterjesztés alatt álló érzékenységi és hatásvizsgálatokat szabályozó kormányrendeletben javasolt vizsgálatok meghatározásához szükséges feladatok tartalmi és formai követelményeinek pontosítása, lehatárolása és módszertanának felállítása a bányászati koncessziós pályázatok kiírásához.

*Előzmények:* Az érzékenységi-terhelhetőségi vizsgálatokat szabályozó Kormányrendelet tervezete kidolgozás alatt állt, ehhez készült segédanyagként a „komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálat”-nak a földtan, vízföldtan, környezet-, táj- és természetvédelem, vízgazdálkodás és vízvédelem, kulturális örökségvédelem, talaj- és földvédelem, közegészségügy és egészségvédelem, nemzetvédelem,

területfejlesztés és ásványvagyon-gazdálkodás szempontjait figyelembe vevő vizsgálati terv.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A koncessziós kiírást megelőző érzékenységi–terhelhetőségi vizsgálatok módszertanának meghatározása a Kormányrendelet tervezet előírásainak megfelelően.

*Termék:*

Zilahi-Sebess L., Tóth Gy., Gyuricza Gy.: A geotermikus koncessziós pályázatokhoz kapcsolódó érzékenységi–terhelhetőségi vizsgálatok módszertanának kidolgozása a Korm. rendelet tervezetben megfogalmazott szempontok alapján. Tanulmány, kézirat (MFGBA)

### Előzetes felmérés Magyarország ritkaföldfém-potenciáljának kutatásához

*Témavezető: JORDÁN Győző*

*A kutatás célja:* A magyarországi ritkaföldfém-potenciált újravizsgálni és újraértékelni.

*Előzmények:* A ritkaföldfémek nélkülözhetetlenek a modern elektronikai iparban (számítógépek, LCD-monitorok, televíziók, energiatakarékos izzók), a katonai felszerelés gyártásában, valamint szélerőművek turbinájához és hibrid meghajtású autók motorjának gyártásában.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Elkészült a magyarországi földtani képződmények, ipari hulladékok (kohósalak, vörösiszap, erőműi pernye stb.), bányameddők ritkaföldfém-potenciáljának felmérése és értékelése. Magyarországi földtani képződményeken végzett korábbi kutatások eredményeinek összefoglalása és újraértékelése. Az újrarahasznosítás szempontjából előzetesen szóba jöhető ipari hulladékok, bányameddők ritkaföldfém-potenciáljának felmérése egy perspektivikusnak ítélt mintaterületen végzett elemzések értékelésével.

*Termék:* Összefoglaló jelentés.

### A földtani, geofizikai és bányászati adatrendszerek harmonizációja

*Témavezető: TURCZI Gábor, MÁELGI témavezető: VÉRTESY László*

*A kutatás célja:* A felmérés szempontrendszerének kidolgozása és intézményrendszeren belül való egyeztetése, a felmérés végrehajtása. A gyűjtött adatok alapján a meta-adatbázis összeállítás és dokumentálása. A következtetések megfogalmazása és a harmonizáció tervének elkészítése.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Kidolgoztuk a felmérés 12 elemű szempontrendszerét. Összeállítottuk intézményenkénti bontásban az adatrendszerek 142 elemű listáját. A kidolgozott szempontrendszer mentén elvégeztük az adatgyűjtést a lista minden elemére, összesen 142 tételre. A gyűjtött adatokat egy 3 munkalapból (intézményenként 1-1 db) álló Excel táblázatban foglaltuk össze. Ezt nevezzük az intézményrendszer adatrendszer meta-adatbázisának. A meta-adatbázis alapján jellemeztük az adatvagyon feltöltöttség, a digitalizáltság aránya és a rendezettség szempontjából.

Az állam földtani feladatainak ellátása érdekében szük-

séges a fejlesztés, erre koncepcióvázlatot állítottunk össze.

### Felszíni deformációk és egyéb földtani veszélyforrások vizsgálatához kapcsolódó térképi és adatrendszerek harmonizációja

*Témavezető: TURCZI Gábor, MÁELGI témavezető: RÁDI Károly*

*A kutatás célja:* A felmérés eredményeképpen aktualizáljuk a felszíni deformációk, földrengés veszélyeztetettség és településgeológia kutatási adatokra épülő adatmodellt és elvégezzük az adatrendszer bővítését. A különböző forrásból származó adatok harmonizációját, szükségessé váló korrekciókat két mintaterület kb. 50 objektumán valósítjuk meg, aminek alapján az országos adatrendszer harmonizációja is tervezhetővé válik. A munka megalapozza az országos és regionális, valamint helyi településrendezési tervek földtani veszélyforrás övezeteinek kijelölését.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Adatkör felmérés: A MÁFI által összegyűjtött, a földtani veszélyforrásokhoz kapcsolódó releváns információk körének felmérése.

*Adatmodell aktualizálása:* A felszíni deformációk kataszterét leíró adatmodell bővítése a kapcsolódó releváns információk integrálásához: Adatkörök, adatkapcsolatok definiálása.

*Adatrendszer bővítése:* Az összegyűjtött információk integrálása a térinformatikai adatrendszerbe: Adatok feltöltése térinformatikai rendszerbe.

*Tartalmi harmonizáció mintaterületeken:* A kataszteri adatbázisban szereplő információk (földtani, vízföldtani) ellenőrzése (harmonizálása) az összegyűjtött és integrált adatrendszerekkel: Adatellenőrzés, térinformatika.

*Felszíni deformációk adatbázisának bővítése az elérhető földtani, vízföldtani és egyéb releváns térképekkel és fúrási adatbázissal.* Hollóháza és Rácalmás–Dunaújváros mintaterületekre eső eseményeknél elvégeztük a földtani információk tartalmi harmonizációját, vagyis összevetettük a kataszteri lap földtani leírásait a földtani térkép információival.

*Termék:* Összefoglaló jelentés.

### Bányászati eredetű földalatti üregekről, bányatérsegekről készült adatbázisok áttekintése és továbbfejlesztése

*Témavezető: TURCZI Gábor, MÁELGI témavezető: TÖRÖS Endre*

*A kutatás célja:* A bányászati eredetű földtani üregek térinformatikai adatbázisának tartalmi és szerkezeti meghatározása, adatfeltöltés közbeni ellenőrzése, fejlesztése. Az adatbázis feltöltése két mintaterületre Győr-Moson-Sopron és Vas megyében.

*2011-ben elvégzett feladatok:*

- adatgyűjtés és feltöltés,
- nyilvántartások, térképek kigyűjtése a Veszprémi Bányakapitányságon,
- a térképek ellenőrzése, egyéb információk összegyűjtése,

— egységes adatbázisséma módosítása az aktuális feladatoknak megfelelően,  
 — adatfeltöltés, az adatrendszer megbízhatóságának ellenőrzése.

Bányászati üregek térinformatikai rendszerbe állítása Győr-Moson-Sopron és Vas megye területén.

Az adatfeltöltéssel az adatrendszer működésének ellenőrzése, szükség esetén továbbfejlesztése.

Adatbázis-struktúra elkészítése.

Térkép alapú adatbázis felállítása: [http://mafi-loczy.mafi.hu/ab\\_ter/](http://mafi-loczy.mafi.hu/ab_ter/)

Az objektumok veszélyességi besorolása a felállított veszélyességi kategóriák alapján az alábbi területekre:

— Győr-Moson-Sopron megye: Bakonyszentlászló bauxit,

— Győr-Moson-Sopron megye: Sopron uránérc kutatás, Új-hegy

— Győr-Moson-Sopron megye: Sopron barnaszén

— Vas megye: Felsőcsatár talkum

— Vas megye: Torony lignit

— Vas megye: Velem vasérc kutatás.

*Együttműködő partnerek:* Veszprémi Bányakapitányság

*Termék:* Összefoglaló jelentés elkészítése 2011. június 30-ig, megtörtént.

#### Felszínmozgásos területek földtani térképezése és geofizikai reambulációja a balatoni magaspартok térségében (Kenese–Fonyód)

*Témavezető:* VATAI József, *MÁELGI témavezető:* TÖRÖS Endre

*A kutatás célja:* A felszínmozgásos területek jellemzője, hogy akár külső, akár belső folyamatok eredményeképpen megbomlik az anyag mechanikai állapota és az összlet egy új egyensúlyi állapot elérésére törekszik. A balatoni magaspартok térségében előforduló, zömében löszös összletek mechanikai szempontból instabilak.

Célunk a balatoni magaspартok térségének mozgásveszélyes területeinek földtani és geofizikai felmérése, reambulálása. Olyan típusú térképet szeretnénk létrehozni, amely felhasználható a településrendezési terveknel is a veszélyességi övezetek kijelölésekor.

*Előzmények:* A felszínmozgásos folyamatokat az elmúlt évek csapadékos időjárása felgyorsította, egyben elősegítette az ilyen jellegű folyamatok kialakulását.

A felszínmozgások Kenese–Fonyód térségében mintegy 11 települést, azok infrastruktúráját közvetlenül is érintik, ezért szükségessé vált e veszélyeztetett térségek aktuális földtani állapotának felvétele és rögzítése, valamint veszélyeztetettség szerinti minősítése.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Elkészült a Balatonakarttya mintaterületen egy módszertani összefoglaló, amely tartalmazza a reambulálás eredményeit.

Elkészült egy 1:5000 méretarányú veszélyeztetettség térkép.

*Együttműködő partnerek:* Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (MÁELGI)

#### Nyilvántartott ásványnyersanyag-készletek térinformatikai adatbázisba rendezése és megjelenítése (lehatárolt bauxittelemek térinformatikai megjelenítése)

*Témavezető:* TURCZI Gábor, *MÁELGI témavezető:* GULYÁS Ágnes

*A kutatás célja:* Az MBFH kiemelt feladata a megkutatott ásványnyersanyag-készletek nyilvántartása, melyet eddig táblázatos és elkülönült térképi állományokban kezelt a központi nyilvántartásban. A korszerű, egységes szerkezetű adatrendszerek kiépítésének egyik fontos eleme, hogy ez az ásványvagyon-nyilvántartási rendszer térinformatikai megjelenítésben is elérhető legyen, és az adatokat, készletváltozásokat a bányakapitányságok közvetlenül is használhassák.

A bauxitkutatással és -bányászattal kapcsolatos adatállományok rendezése céljából MBFH a következő állományokat bocsátotta a MÁFI rendelkezésére:

— Bauxit készletszámítási területek.

— Felhagyott bauxitbányászati területek.

— Bauxittestek.

— Bauxit bányaterületek.

Mivel a fenti témák közül, a jelenlegi nyersanyag-kutatási stratégia figyelembe vételével, a megkutatott bauxittestek tekinthetők időben állandónak, ezért az MBFH útmutatása szerint az első feladat a bauxit bányaterületek (d) kiemelt attribútumainak a bauxittestekre (c) való öröklítése volt.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Meghatároztuk a feladat megoldásához illeszkedő technológiát. Az MBFH kezelésében lévő állományok formátuma ESRI *Shape*. Az „M7. Tér adatok egységes térkép alapú lekérdező és megjelenítő rendszerbe foglalása” c. project ajánlása, az ESRI tér adatok tekintetében iránymutató fejlesztése, az SDE technológiát részesíti előnyben. Ezt a technológiát alkalmazza a MÁFI is, így kellő tapasztalat áll rendelkezésre. Az SDE technológia azon kívül, hogy az ArcGIS teljes funkcionalitását támogatja, kaput nyit a jogosultsági szintek kezelésére, a több felhasználós igények kielégítésére és a WEB alapú technológiák felé is.

Elkészült az ArcGIS alapokra épülő térinformatikai adatbázis definíciója és dokumentációja, az alkalmazott munkamenetek technológiai leírása.

Megtörtént az adatbázis feltöltése, a hiányok felmérése.

Elkészült a térképi elemek tiszta vonalműve (topológiájának ellenőrzése és javítása). Megtörtént a térképi objektumok és a táblázatos adatok ellenőrzött rendezése és összekapcsolása. A térképi adatbázis a <http://mafi-loczy.mafi.hu/bauxit> oldalon tekinthető meg. Az alkalmazás elindításakor a képernyőn az alsó szintű bauxittestek és a hozzájuk tartozó alsó szintű bauxit bányaterületek jelennek meg, a bauxittestek a *PROBLEMA* mező szerinti jelkulccsal színezve, és a Dunántúli-középhegység viszonylag sűrűbb részére nagyítva.

Alkalmaztuk az egységes topográfiai hátteret.

*Együttműködő partnerek:* Magyar Bányászati és Földtani Hivatal

*Az MBFH–MÁELGI 2011. évi közreműködési megállapodásban tervezett feladatok*

Földtani és geofizikai feladatok megalapozása  
Magyarország szénhidrogén-potenciál  
felméréséhez a koncessziós feladatok támogatására

*Témavezető: MAROS Gyula, MÁELGI: KOVÁCS Attila Csaba*

*A kutatás célja:* Az 1950-es évektől kezdődően az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt szakemberei ötvenként elkészítették az ország szénhidrogén prognózisát, a hazai kőolaj- és földgáz kutatás helyzetének áttekintésével, a még felfedezésre váró szénhidrogénkészletek becslésével. 1997-ben ennek szerves folytatásaként megszületett a Magyar Állami Földtani Intézet és a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet közös projektje keretében, a Magyar Geológiai Szolgálat közreműködésével a „Magyarország szénhidrogén potenciálja az 1995. december 31-i állapotra” c. tanulmány és jelentés.

Az MBFH birtokában lévő hazai szénhidrogén-kutatási eredmények, a hozzá kapcsolódó földtani–geofizikai és egyéb adatokkal együtt szolgáltatják a koncessziós kiírásokhoz szükséges alapadatokat, melyek feldolgozásával és újraértékelésével az állam földtani ásványvagyonának értékelését és a koncesszióhoz kapcsolt feladatokat látjuk el. A szénhidrogén-potenciál és a koncessziós feladatoknak való megfelelés három pillérré épül, melyek a projekt feladatait is meghatározzák. Az alapfeladatok a medencekutatást, szerkezeti felépítést és tároló rendszerek lehatárolását, valamint az ismert és potenciális szénhidrogén anyagok elterjedését a háromdimenziós földtani térben képezik. A projekt célja a konvencionális szénhidrogén-potenciál felmérésén túl a nem konvencionális szénhidrogén-előfordulások felmérése is.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A „Magyarország szénhidrogén potenciálja az 1995. december 31-i állapotra” című tanulmány és jelentés során felhasznált földtani–geofizikai adatok begyűjtése, ArcGIS rendszerbe konvertálása.

Vállalkozói kezdeményezések területén előzetes szakmai állásfoglalás készítése abból a célból, hogy a vállalkozó(k) által felterjesztett terület alkalmas-e koncesszióra való kijelölésre, a Bt. 9. § (1) szerinti előterjesztésre, felhívva a figyelmet azokra a „tisztázandó kérdésekre”, bizonytalanságokra, amelyek az esetleges kiírást befolyásolhatják. A vállalkozói kezdeményezések értékelése a vállalkozó által bemutatott dokumentumok és az MBFH által biztosított, a területre eső, korábbi kutatások eredményei alapján hozzáférhető adatok, térképek, dokumentációk alapján.

Szakmai együttműködés az MBFH-val a nem konvencionális ásványinyersanyag-kutatáshoz kapcsolódó készletszámítási feladatok módszertanának összegyűjtésében, áttekintésében és a nem konvencionális szénhidrogén ásványvagyon számítás módszertanának szakmai kialakításában.

Egységes adatkezelési rendszer tervezése és kialakítása a hozzá tartozó számítástechnikai háttér fejlesztésével. Az adatok és térképek Landmark rendszerben történő meg-

jelenítése. Az adatbázis-szerkezet és -tartalom kialakítása. Az előzetes adattartalom feltöltésének megkezdése. A földtani adattartalom értelmező-rendszerbe helyezése.

A korábban elkészült medencealjzat térkép domborzatának és szerkezeti térmodelljének felülvizsgálata, és új domborzati térkép szerkesztésének megkezdése a Dél-Alföld területére a korábbi kutatások szeizmikus adatainak újra feldolgozásával, értelmezésével.

Szakmai egyeztetés folytatása az ásványvagyon-számítási munkacsoportban. A 2011-ben javasolt módszerek rögzítése és alkalmazhatóságának vizsgálata összefoglaló jelentésben.

A szénhidrogén koncessziós tevékenységhez kapcsolódó érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálatok elvégzése.

Az adattartalom összegyűjtése és konvertálása Arc/Gis rendszerbe.

Az adatbázis-rendszer koncepciójának kialakítása.

Szakmai állásfoglalások készítése vállalkozói kezdeményezésekhez,

Ásványvagyon-számítási rendszer koncepciójának kialakítása a nem konvencionális szénhidrogén-készletek meghatározásához.

A földtani adattartalom értelmező rendszerbe helyezése (Landmark).

Dél-Alföld területén a korábbi kutatások szeizmikus adatainak újra feldolgozásával, értelmezésével előzetes medencealjzat domborzati térkép készítése.

Az ásványvagyon-számítási munkacsoport által 2011-ben javasolt módszerek rögzítése és alkalmazhatóságának vizsgálata összefoglaló jelentésben.

A szénhidrogén koncessziós tevékenységhez kapcsolódó érzékenységi és terhelhetőségi tanulmányok készítése.

*Együttműködő partnerek:* MBFH, VKKI

**Geotermikus rezervoárok vizsgálata, potenciális területek lehatárolása és koncessziós pályázatra alkalmas területek kijelölése**

*Témavezető: NÁDOR Annamária, MÁELGI témavezető: ZILÁHI-SEBESS László*

*A kutatás célja:* A geotermikus kutatások tudományos hátterének biztosítása, olyan feladatok végzése, amelyek eredményei közvetlenül hasznosulnak a geotermikus koncessziós feladatokban, azok ellátásához naprakész szakmai alapot jelentenek. Az egész éves tevékenység legfőbb súlypontjai az alábbiak:

1. geotermikus rezervoárok vizsgálata, a potenciális területek lehatárolásával kapcsolatos módszertani kutatások,

2. szakmai közreműködés a geotermikus védőidom kijelölésével kapcsolatos eljárásokban: adott terület hidrogeológiai értékelése, hőtani számítások és hidrogeológiai modellezés alapján,

3. az energiavagyon-hasznosítás bányahatósági felügyeletének támogatása tudományos tanulmányokkal, értékelésekkel, szakvéleményekkel,

4. a geotermikus koncessziós adatcsomag összeállítása és az ahhoz kapcsolódó érzékenységi–terhelhetőségi vizs-

gálatok módszertani hátterének kidolgozása annak tökéletesítése.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Módszertan kidolgozása védőidom méretezéséhez áramlási és hőtranszport-modellezés segítségével Zalalövő pilot területre: hőtani számítások, hidrogeológiai modellezés. Védőidom méretezés MODFLOW-program használatával a zalalövői mélykarsztos pilot területre. A terület egy része a Hévízi-tó vízhozamát, hőhozamát és oldottanyag-tartalmát alapvetően meghatározó Déli-Bakony–Zalai-medence termális karsztrendszer aktív áramlási zónájába esik, míg másik része, az aktív résszel közvetlen hidraulikai kapcsolatban lévő, stagnáló zónához tartozik.

Az értékelés alapjául a gravitációsan vezérelt geotermikus rendszer regionális modellezése, illetve a regionális rendszerben elhelyezett lokális hasznosítások előzetes modellezése szolgál. A háromnegyed éves munka során az adatokat az e modellezések által megkövetelt rendben gyűjtöttük és készítettük elő.

A további modellekhez rendelkezésre áll:

- az egyszerűsített földtani térmodell, (a főbb hidrostratigráfiai és geotermikus-sztratigráfiai egységek hidraulikai és hőtani paramétereinek előzetes értékeivel);
- a beszivárgási területek és vonalak térbeli helyzete, (a beszivárgási értékekkel);
- a megcsapolási helyszínek térbeli helyzete, (ideértve az ottani vízszintek elevációját);
- a termálvizek kutas megcsapolási helyei, (átlagos évi termelési adatokkal); továbbá
- a területen mélyített fúrások és kutak egy részéből származó hőmérsékleti-, szalinitási- vízminőségi- és sztatikus nyomásadatok gyűjteménye.

*Hőtranszport modellezés fúrások környezetére*

Mélyfúrás-geofizikai adatok alapján becsültük a Zalalövő területre jellemző hővezető-képesség- és hőkapacitás profilt, mely profil alapján hőtanilag homogén rétegeket definiáltunk. Az így keletkezett rétegszerkezetre egy egyszerű vertikális hőárammodellt számoltunk. Ebből a modellből kiindulva a 2500 méter alatti részre egyszerűsített háromdimenziós hidrogeológiai modellt építettünk a HST3D program segítségével. Ebben a modellben vízszintes rétegszerkezetet feltételeztünk, melyben egy triász mészkőre jellemző jó permeabilitású vízáadó réteg is szerepel. A modellel vizsgáltuk egy feltételezett termelő–visszasajtoló kútpár termikus és hidrológiai hatását, azon belül a termikus védőidom nagyságát és a konduktív úton történő hőutánpótlódás nagyságát.

A tszf. –2500 m-es horizont földtani térképéhez Zala és Vas megye területének egy részére adatgyűjtés történt a T-JAM magyar–szlovén határmenti együttműködés keretében rendelkezésre álló fúrásanyag alapján.

A harmadik negyedév folyamán további hat eseti szakvélemény készült a vállalkozói kezdeményezésben megjelölt területekre. Gödöllő, Nagykanizsa, Battonya, Ferencszállás, Kecskemét és Oroszlány területekre.

Az eseti szakvéleményeket követően adatgyűjtés történt Nagykanizsa és Gödöllő, területekre. Az MBFH-nak át-

adásra került Zalalövő, Szilvágy, Körmend területek és Jászberény koncessziós terület komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati tanulmánya.

*Geotermikus gradiens változása* a mélység függvényében törvényszerűségeinek vizsgálata medenceüledékekre: résztermében eddig adatgyűjtés történt 3 zalai koncessziós területre (Szilvágy, Zalalövő, Körmend), már vannak adatok Jászberény területről is.

*Recens vetőmozgások kutatása* — adatgyűjtés történt Battonya területre is.

Összeszámláltuk a szeizmikus vonalak mentén található tektonikai indikációkat. A vetősűrűséget az egymás után következő távolságokkal adtuk meg. A vetőtávolságok eloszlásáról hisztogram készült.

A *geotermikus koncessziós adatsomagok* összeállítására eddigi ismereteink szerint sehol nincs általános gyakorlat, jelenleg az eddig elvégzett munka alapján készül egy, az MBFH–ELGI Közreműködési Megállapodás Geotermikus téma III/2 és III/3 2011. 1. negyedéves részjelentés 4. és 5. fejezetén alapuló bővített tanulmány, amihez figyelembe vesszük a nemzetközi gyakorlatot is. Év közben kiadták a 103/2011. (VI. 29.) Kormányrendelet melynek értelmében a koncessziók kiírását megelőzően a kijelölt területre komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati tanulmányt kell készíteni.

Ennek megfelelően kialakult a koncessziós adatsomagok tartalma, amely három részből áll: I. az adott területre elkészített érzékenységi és terhelhetőségi tanulmány nyilvánosságra hozható része. II. A tanulmányt véleményező hatósági szervek felsorolása. III. A véleményező levelek alapján a területre vonatkozó tiltások, szabályozások.

*Együttműködő partnerek:* MBFH, VKKI

**Felszíni deformációk detektálása, térképezése és előrejelzése modern távérzékelési és földi módszerekkel; közreműködés országos, regionális és helyi településrendezési tervek földtani veszélyforrás övezeteinek kijelölésében**

*Témavezető:* FÜSI Balázs (MÁELGI), MÁFI felelős: SZURKOS Gábor

*A kutatás célja:* A felszínmozgásokat Magyarországon kiemelt fontosságú földtani veszélyforrásnak tekinthetjük. Az érintett területek feltárása, a veszélyeztetett területek lehatárolása, nyilvántartása, a veszélyt jelentő mechanizmusok és feltételek megismerése közcélú feladat. A felszínmozgások eredete lehet természetes vagy mesterséges. Az ország területe földrengések által viszonylag kevésbé érintett mindazonáltal egy terület földtani eredetű veszélyeztetésének jellemzése során a földrengésekkel számolni kell. A munkában elért eredmények nyilvános elérhetőségét meg kell teremteni. Mind az eredményesség mind a hatékonyság szempontjából hangsúlyt kell fektetni a legkorszerűbb eszközök és technológiák alkalmazására. A földtani veszélyforrásokkal kapcsolatos bányafelügyeleti felelősséget a Bt. 44. § (1) q) pontja, illetve a 267/2006. (XII. 20.) Korm. rendelet 30/C § (1) bekezdése határozza meg, az ellenük való védelem hatósági-szakhatósági eljárási feladatait a

2003. évi XXVI., a 2000. évi CXII. és az 1997. évi LXXVIII. törvény, valamint a 282/2009. (XII. 11.) Korm. rendelet jelöli ki.

*Előzmények:* A bányakapitányságoknál, adattárakban stb. található földtani veszélyforrások leírásainak begyűjtése, az azokat ábrázoló térképek számbavétele, felhasználhatóságuk értékelése.

Az adatok modern adatbázisba rendezése. Adatkör felmérés, adatgyűjtés és digitalizálás: korábban készült elérhető megyei szintű felszínmozgás-veszélyességi térképek és kapcsolódó jelentések körének felmérése, összegyűjtése az adattárakból (Bányakapitányságok, MÁFI stb.). A térképek szkennelése és térinformatikai rendszerbe illesztése.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A mintaterületek kataszteri lapjainak reambulációja (a 2010-ben elkezdett reambuláció befejezése: Dunaszekcső mintaterületre eső 7 esemény reambulálása). A feladatot az MBFH munkatársai hatósági ellenőrzés keretében végzik a MÁFI munkatársaival. Az összegyűjtött adatok rögzítése az adatbázisban, melyet a MÁELGI munkatársai végeznek. Az adatbázis feltöltése az Országos Felszínmozgásos Kataszter lapjainak információival (a 2010-ben elkezdett digitalizálási feladat véglegesítése, az 1205 kataszteri lapból fennmaradó 600 lap teljes digitalizálása).

A felszínmozgással érintett területeken végzendő kiegészítő geofizikai mérések és monitoring vizsgálatok tervezése.

A II. félévben Fejér megye, mint mintaterület teljes reambulálása, az eredmények összegzése, térképre vitele.

A kataszterben nem szereplő (1980–1990 utáni) felszínmozgásokról adatgyűjtési terv kidolgozása (Bányakapitányságok kataszteren kívüli nyilvántartásai, vis major helyszínek listája, Katasztrófavédelem nyilvántartásaiban elérhető adatok, érintett önkormányzatok felkeresése stb.), kapcsolatfelvétel, elérhető adatok körének felmérése.

*Együttműködő partnerek:* Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (MÁELGI), Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, MBFH Bányakapitányságok Földtani és Adattári osztályai

### Bányászathulladék-kezelő létesítmények felmérése és kockázati besorolása

*Témavezető:* JORDÁN Győző, MÁELGI témafelelős: KISS János

*A kutatás célja:* A kutatás közvetlen célja egy olyan világhálón is megjelentetett, ArcGIS alapú térinformatikai rendszer létrehozása, amely a bezárt és elhagyott bányászati hulladékkezelő létesítményekről tartalmaz információkat, és lehetővé teszi az egyes létesítmények kockázati alapú minősítését, azaz annak az eldöntését, hogy szükség van-e további intézkedésekre.

*Előzmények:* Az elhagyott és bezárt bányászathulladékkezelő létesítmények (meddőhányók, ásvány-előkészítési zagyártározók, fűrészpapor-tárolók) potenciális veszélyforrások a környezetükre nézve, ezért felmérésük és környezeti kockázati valamint felszínmozgás-veszély szempontú mino-

sításuk, különös tekintettel az élet, az egészség és a környezet — ideértve az épített környezetet is — védelmére, elengedhetetlen. Korábban a Központi Földtani Hivatal (KFH), jelenleg az MBFH rendszeres feladatának tekinti a bányászati hulladékok megfelelő kezelését. Az Európai Parlament és a Tanács 2006/21/EK irányelve összeurópai szinten fogalmaz meg elvárásokat. A bizottság által létrehozott munkacsoport előminősítési rendszert dolgozott ki (GUIDE, Risk-based Pre-Selection Protocol, for the, Inventory of Closed Waste Facilities According to Directive 2006/21/EC), amely a tervezett munka alapját képezi.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A téma első félévében a munka megszervezése és az állandó egyeztetések a munkafázisok között rendkívül fontosak és elengedhetetlenek voltak.

— Adatgyűjtés történt a meglévő külső források alapján, további objektumokat azonosítottunk és tettünk be a meglévő adatokhoz.

— Objektumlista kiegészítése adattárakból (MBFH digitális állomány), más adatbázisokból (DTA-50, Corine stb.).

— Veszélyesség szempontjából rangsoroltuk az objektumokat.

— Objektumok topográfiai térképen, távérzékelési felvételen elvégzett beazonosítása megtörtént. Duplikátumokat eltávolítottuk.

— A bányadokumentációk alapján a megmaradó objektumok még hiányzó, de veszélyességi besoroláshoz szükséges paramétereit gyűjtöttük össze, a rangsorolt objektumlista alapján, többféle forrásból.

— Az adatrendszerbe feltöltöttük a térinformatikai háttérrendszerből származtatható topológiai paramétereket (pl. vizek, települések, „Natura 2000” és mezőgazdasági területektől mért távolság).

— A 2006/21/EK irányelv alapján a minősítéshez szükséges paraméterek leválogatása és az objektumok minősítése megtörtént.

— Az alaptábla adatainak (a veszélyességi szűrés eredményének) megjelenítése (ArcGIS rendszer feltöltése, Google Earth környezet kialakítása) megtörtént.

*Termék:* Lezárt objektumlista táblázat. Ellenőrzött objektumlista, objektumhitelesítés, összegyűjtött paraméterek (irodai). Véglegesített objektum- és paraméterlista (terepi), térinformatikai minősítő paraméterek, veszélyes objektumok, alaptábla. MWF internetes felület, jelentés.

### A szén-dioxid föld alatti elhelyezésével kapcsolatos feladatok — A szén-dioxid-tárolás magyarországi megvalósítási lehetőségeinek vizsgálata

*Témavezető:* SZÜCS Andrea, MÁELGI témafelelős: FALUS György

*A kutatás célja:* A szén-dioxid föld alatti elhelyezés témakörében a 2011. évben a MÁFI feladata volt a tárolásra alkalmas területek zárttá nyilvánításra való előkészítésében és koncessziós csomag előkészítésében való részvétel az MBFH-val és a MÁELGI-vel együttműködve. 2011-ben



feladatul tűztük ki a Szolnoki Formáció dunántúli elterjedés-térképének elkészítését a tárolókapacitás meghatározása céljából; a CO<sub>2</sub> geológiai tárolásával kapcsolatos, felszín alatti vizekre vonatkozó jogszabályok kigyűjtését; a Szolnoki Formáció alföldi területéhez kapcsolódó hidrogeokémiai jellemzők összesítését; a hidrogeokémiai viszonyok értékelési protokolljának kidolgozását a szén-dioxid-tárolással potenciálisan érintett területeken.

*Előzmények:* A Klíma- és Energiacsomag részeként elfogadott 2009/31/EK uniós Irányelvől fakadóan Európában prioritásként szerepel a szén-dioxid-leválasztás és föld alatti elhelyezés (CCS) technológiai lehetőségeinek vizsgálata, a tárolás földtani feltételeinek kialakítása a mélybeli elhelyezés hosszú távú biztonságossága céljából. Az előzetes felmérések alapján hazánkban igen jelentős tárolási potenciál áll rendelkezésre leművelt szénhidrogén telepeken valamint regionális elterjedésű sós vizes rezervoárookban. Az alkalmas tárolók meglete olyan földtani potenciál, amely a hazai energia ellátásbiztonság egyik pillére lehet. A feladat hazai kiindulási alapja 77/2011. (X. 14) OGY határozata.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Megkezdtük a vastagságtérkép készítését a Szolnoki Formáció, kevésbé ismert, dunántúli előfordulásról, összeállítottuk az ehhez szükséges fúrások listáját. A Magyar Bányászati és Földtani Hivatal kezelsében lévő, a feladat elkészítéséhez szükséges szeizmikus szelvények és mélyfúrás-geofizikai adatok alapján a Dunántúl területére elkészítettük a Szolnoki Formáció fekvő, fedő- és vastagság-térképének első változatát (digitalizált adatok átvétele, feldolgozása, értelmezése) a tárolásra alkalmas formáció térbeli lehatárolása érdekében. Elkészítettük a CO<sub>2</sub> föld alatti elhelyezésére és a felszín alatti vizekre vonatkozó jogszabályok szakmai háttérének értékelését, a jogi szabályozásokból következő szakmai kutatási feladatok ismertetését.

Hidrogeokémiai értékelést végeztünk a MÁFI-ban rendelkezésre álló adatok alapján a Szolnoki Formáció, mint potenciális tárolókörzet alföldi részére. A Szolnoki Formáció hidrogeokémiai viszonyainak értékelésére programot dolgoztunk ki a teljes magyarországi területre. A program tartalmazza a víz-geokémiai adatbázis tervét, a kiegészítő víz-geokémiai és izotóp-geokémiai felvételezés tervét, valamint az országos értékelés módszertanát.

*Együttműködő partnerek:* MBFH, MÁELGI.

*Termék:* 2011. évi Kutatási Jelentés (MÁELGI-MBFH-MÁFI együttműködés).

## Külső szerződések

### NRHT, Nagyhurok

*Témavezető:* BALLA Zoltán (2011. júniusig), GYALOG László (2011. júniustól)

*A kutatás célja:* A Bábaapátiban létesítendő Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló (NRHT) létesítésének keretében a Nagyhurok vágatainak kihajtása, ezek dokumentálása.

*Előzmények:* 2010. év folyamán az NRHT létesítéséhez

az ún. Nagyhurok kihajtása befejeződött. Ennek dokumentálásáról jelentés is készült, amelynek földtani-tektonikai (szöveges és rajzos) részeit a MÁFI szakemberei írták, illetve szerkesztették.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A Nagyhurok vágataiból az utolsó 23,4 m (a Nagyhurok ÉNy-i sarkából É felé, 2010. decemberében kihajtott, ún. Haváriazsomp) földtani-tektonikai dokumentálási anyagainak, jelentésrészének, valamint tisztázati rajzos anyagainak elkészítése a jelentés megfelelő részeivel és a korábbi gyakorlattal összhangban.

*Együttműködő partnerek:* Mecsekérc Zrt., Kőmérő Kft.

*Termék:* A kihajtott vágat földtani-tektonikai jelentésrészének, valamint rajzos dokumentációjának átadása pizskozati és tisztázati formában a Mecsekércnek, hogy a 2010-ben elkészült Nagyhurok-jelentés függelékeként abba beépíthető legyen.

### NRHT, az 1–2. tárolókamra kialakítása

*Témavezető:* BALLA Zoltán (2011. júniusig), GYALOG László (2011. júniustól)

*A kutatás célja:* A Bábaapátiban létesítendő Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló (NRHT) létesítésének keretében két kamra kihajtása, ezek dokumentálása.

*Előzmények:* Bábaapáti térségében 2005-ben kezdődött el a kis és közepes radioaktivitású hulladékok tárolójának létesítése. 2005–2008-ban 2 db, kb. 1700 m-es lejtőszakna, majd 2008–2010-ben az alapvágat-rendszer (Kishurok és Nagyhurok) készült el. Valamennyi vágat földtani-tektonikai dokumentálását a kihajtás során a MÁFI végezte. Valamennyi vágathomlokról elsődleges dokumentáció készült Fotorobot segítségével, a feldolgozást CoreDump szoftverrel végeztük, végterméke 1:100-as homloktérkép volt. Ezután a vágatok palástjáról 1:100-as, illetve később 1:200-as palásttérképet, a vágatok felülnézeti képében 1:200-as vágattérképet, illetve kisebb (1:1000 és 1:5000) méretarányokban átnézetes földtani térképeket készítettünk.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Kihajtásra került 2 db, 96 m<sup>2</sup> homloktérületű, kb. 100 m hosszú tárolókamra földtani-tektonikai dokumentálása, dokumentálási anyagainak, jelentésrészének, valamint tisztázati rajzos anyagainak elkészítése a jelentés megfelelő részeivel és a korábbi gyakorlattal összhangban. A kamrákat 2 vagy 3 szeletben hajtották ki, először a felső részt 1 vagy 2 szeletben, utána a talprészt.

A kamrahajtás során keletkezett valamennyi vágathomlokról elsődleges dokumentáció készült Fotorobot segítségével, a feldolgozást CoreDump szoftverrel végeztük, végterméke 1:100-as homloktérkép lett. Ezután a kamrák palástjáról 1:200-as palásttérképet, a vágatok felülnézeti képében 1:200-as vágattérképet, illetve kisebb (1:1000 és 1:5000) méretarányokban átnézetes földtani térképeket készítettünk. Az egységes jelentés földtani-tektonikai részét elkészítettük.

A vágathajtáshoz kis mennyiségű anyagvizsgálat is tartozott. A terület tektonikai viszonyairól külön jelentést

készítettünk. A vízföldtani kérdésekben MÁFI-szakértő állt a megrendelő rendelkezésére.

*Együtműködő partnerek:* Mecsekérc Zrt., Kőmérő Kft.

*Termék:* A kihajtott kamrák földtani-tektonikai jelentésrészének, valamint rajzos dokumentációjának átadása piszkozati és tisztázati formában a Mecsekérc Zrt.-nek. Jelentés a terület tektonikai viszonyairól.

### NRHT Monitoring

*Témavezető:* BALLA Zoltán, ROTÁRNÉ SZALKAI Ágnes

*A kutatás célja:* Az atomerőművi kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére irányuló kutatási program keretében végzett bányászati beavatkozások és a felszíni kiszolgáló létesítmények kialakítása jelentősen megváltoztatták a természetes környezetet, beleértve a felszíni és a felszín alatti vizek rendszerét, a térség vízháztartását. A vízföldtani monitoring célja a földtani környezetben lejátszódó természetes, és a föld alatti üregrendszer kialakítása következtében létrejövő folyamatok térben és időben lejátszódó változásainak regisztrálása, a folyamatok megismerése és jellemzése.

*Előzmények:* A monitoring-rendszer működtetése 1997–1998 folyamán, a telephelykutatás részeként kezdődött, majd a felszíni és a felszín alatti kutatások részét képezte. A monitoring rendszer a kutatás előrehaladásával, a mindenkori kutatási fázisok céljának megfelelően, folyamatosan bővült. Az NRHT létesítési időszakában (2009-től) a monitoring tevékenység az elkészült és a környezetvédelmi hatóság által elfogadott Hosszú távú monitoring terv alapján történt.

A MÁFI és a Mecsekérc ZRT. között létrejött V-0220/2009 számú, Üh-30/2009 azonosító kóddal nyilvántartott szerződés alapján vett részt a felszíni vízföldtani monitoring munkákban.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A Vízföldtani Monitoring felszínen található monitoring objektumainak (észlelőkutak, bukók, foglalt források) üzemeltetéséből származó adatokat gyűjtöttük, feldolgoztuk és értelmeztük. Víz-geokémiai vizsgálatokat végeztünk felszíni és felszín alatti vizekből (4 telephelyi észlelőkútból, 7 telephely tágabb térségében elhelyezkedő észlelőkútból, foglalt forrásokból, valamint üzemelő vízmű kutakból. 4 felszíni vízfolyásból, valamint a telephely feletti 3 vízfolyás szakaszán). Feladatunk volt továbbá vízfolyások hozamváltozásának, ezáltal a felszín alatti vízkilépések változásának nyomon követése a felszín alatti térkialakítás hatásával érintett területre eső völgyekben.

*Együtműködő partnerek:* Golder Kft., Mecsekérc Zrt.

*Termék:* Mérési adatok adatbázisa. Jelentés a monitoringmérések értékeléséről.

### A LIDL Magyarország Bt. Áruházainak földtani veszélyeztetettségi vizsgálata

*Témavezető:* SZURKOS Gábor

*Megoldott feladatok:* A LIDL Magyarország Bt. megbízásából a Magyar Állami Földtani Intézet elkészítette „A

LIDL Magyarország Bt. áruházainak földtani veszélyeztetettségi vizsgálata” című tanulmányt. A tanulmány célja az volt, hogy meg vizsgáljuk az áruházlánc telkekre lebontott földtani veszélyeztetettségeit, országos szinten kategorizáljuk azokat.

Összegezve a tanulmány eredményeit, 134 teleknél nincs földtani veszélyforrás, 70 teleknél 1. kategóriájú a földtani veszélyforrás, vagyis magas talajvíz és/vagy belvízveszélyes a környezet. 7 teleknél 2. kategóriájú a földtani veszélyforrás, míg ugyancsak 7 teleknél 3. kategóriájú a földtani veszélyforrás.

Véleményünk szerint csak a 2. és 3. kategóriájú földtani veszélyforrásokhoz sorolt telkeknél lehet probléma. Megfelelő szakemberekkel való személyes konzultációval, az építési dokumentációk áttekintésével és terepbejárással eldönthető, hogy melyik telkekhez kell geológiai, talajmechanikai vagy statikai kiegészítő szakvélemény.

A 3. kategóriájú telkeknél elsődleges az ajánlott vizsgálatok elvégzése, míg a 2. kategóriájúknál nem fontos az azonnali intézkedés.

### EU pályázatok

#### *Geotermikus hasznosítások számbavétele, a hévízadók értékelése és a közös hévízgazdálkodási terv előkészítése a Mura–Zala-medencében (T-JAM-projekt)*

*Témavezető:* NÁDOR Annamária

*A kutatás célja:* A közös szlovén–magyar kutatás célja a Mura–Zala-medence hévízadóinak értékelése, különös tekintettel a határon átnyúló, eddig hivatalosan nem lehatárolt porózus felszín alatti termálvíztest kijelölésére és ennek részletes, földtani, vízföldtani és geotermikus modellezése alapján a hévízkészlettel való fenntartható gazdálkodásra történő javaslatok kidolgozása.

*Előzmények:* A Szlovénia–Magyarország Határon Átnyúló Együtműködési Program 2007–2013 keretében elnyert projekt 2009-ben indult és 2011 októberében zárul. A térség felszín alatti termálvízkészletét a határmenti régióban mindkét ország intenzíven hasznosítja harmonizált hévízgazdálkodási stratégia nélkül. A túltermelés okozta kedvezőtlen negatív határon átnyúló hatások megelőzése, illetve a geotermikus hasznosítások további fejlesztésének megalapozásához szükséges a térség hévízföldtani viszonyainak pontos ismerete, a kitermelhető vízkészlet, az áramlási irányok meghatározása.

*A 2011. évben elvégzett feladatok:* Véglegesítettük a projekt szlovéniai és magyarországi részterületeire korábban összegyűjtött, a modellalkotás szempontjából fontos földtani, vízföldtani, geotermikus, geokémiai és hasznosítási adatokat (792 magyar és 404 szlovén fúrás), amelyeket szakértői adatbázisba rendeztünk. A reprezentatív, és a termálvíz-hasznosítók, illetve a szélesebb közvélemény érdeklődésére is számot tartó fúrások adatait egy nyilvános adatbázisba rendeztük (158 magyar és 99 szlovén fúrás egyes adatai), amely egy felhasználó-barát web-es alkalmazáson

keresztül a projekt honlapján is elérhető ([www.t-jam.eu](http://www.t-jam.eu)). A projekt eredményeit zárójelentésekben összegeztük és ezeket CD-n adtuk közre, amelyet a projekt záró-rendezvényén a nyilvánosság számára is bemutattunk. A projekt szakmai eredményeit jelen kötet ismerteti.

*Együttműködő partnerek:* Szlovén Földtani Szolgálat, Nyugat-Dunántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság, Sinergija Fejlesztési Ügynökség (Szlovénia), LEA-Pomurje (Szlovénia)

*Termék:* Zárójelentések (magyar, angol és szlovén nyelven): Közös háromnyelvű geotermikus adatbázis, Földtani- szerkezetföldtani koncepcionális modell, Vízföldtani koncepcionális modell, Víz-geokémiai koncepcionális modell, Geotermikus koncepcionális modell, Numerikus áramlási modell, Határon átnyúló vízkészlet-gazdálkodás, ajánlások. Valamennyi elkészült eredmény a projekt honlapjáról érhető el: <http://www.t-jam.eu>

### *Szlovénia, Ausztria, Magyarország és Szlovákia határokkal osztott geotermikus erőforrásai (TransEnergy projekt)*

*Témavezető:* NÁDOR Annamária

*A kutatás célja:* A TransEnergy projekt fő célja a Panon-medence nyugati része geotermikus erőforrásaival történő fenntartható gazdálkodás komplex szakmai megalapozása. A döntéshozók, jelenlegi és jövőbeli hasznosítók, felhasználók, potenciális befektetők számára egy web-alapú, interaktív döntés-előkészítő rendszer kialakítása a teljes projektterületre, illetve a kiválasztott öt határmenti pilot-területre: Esztergom-párkányi termálkarszt (HU–SK), Kisalföld/Duna-medence (A–SK–HU), Lutzmannsburg– Zsira (A–HU), Bécsi-medence (SK–A) Bad Radkersburg – Hodoš – Dél-Zala (A–SLO–HU).

*Előzmények:* A Közép-Európai Program keretében finanszírozott pályázat 2010. április 1-től 2013. március 31-ig tart. Vezetője a MÁFI, így a szakmai feladatok ellátása mellett jelentős adminisztratív-koordinációs feladatokat is végzünk. A projekt a határokkal osztott természeti erőforrások (felszín alatti termálvízkészlet, geotermikus energia) fenntartható hasznosításához, illetve a szomszédos országok által közösen kialakított, harmonizált gazdálkodási stratégiák kialakításához járul hozzá földtudományi értékelések alapján.

*A 2011. évben elvégzett feladatok:*

— a magyar geotermikus energiahasznosítók és a hasznosítási paraméterek adatbázisának összeállítása (104 hasznosító 184 kút), és az adatok megjelenítése 12 hasznosítási térképen,

— a geotermikus energiahasznosítás és az egyes engedélyeztetési folyamatok magyar jogszabályi háttérnek áttekintése,

— a földtani, vízföldtani és geotermikus modellezéshez felhasznált magyarországi fúrások (kb. 1700 db, ebből 742 db a nyilvános adatbázis számára) adatainak begyűjtése, fúrási rétegsorok átértékelése, adatharmonizáció és az adatbázisba való feltöltése (438 paraméter 12 fő paramétercsoport),

— kiegészítő vízmintavétel és vízgeokémiai vizsgálatok végzése 31 termálkútból és 1 forrásból (a fő és nyomelemek elemzése a MÁFI laboratóriumban, a speciális izotóp- és gázelemzések alvállalkozók által), illetve 14 kút kiválasztása kútgeofizikai mérésekhez (természetes gamma, hőmérséklet, lyukátmérő),

— a szupra-regionális terület földtani modelljének elkészítése fúrási adatbázis adatai, illetve az osztrák partner által készített gridek alapján (harmonizált jelkulcs, domborzat és földtani térkép az alábbi szintekre: presenon, prekainozoos, pre-alsó-miocén, prebadeni, preszarmata, pre-alsó-pannóniai, pre-felső-pannóniai, prekvarter, felszíni földtani térkép,

— adatelőkészítés, koncepcionális modell kidolgozása a szupra-regionális vízföldtani modell számára,

— adatelőkészítés a szupra-regionális geotermális modell számára,

— a Lutzmannsburg–Zsira és a Komarno–Sturovo pilot-területek földtani modelljének elkészítése (a szurpa-regionális területnél felsorolt szintek pontosítása, földtani szelvények szerkesztése).

*Együttműködő partnerek:* Szlovén Földtani Szolgálat, Szlovák Földtani Szolgálat, Osztrák Földtani Intézet

*Termék:* Zárójelentések: Közös termálvíz-gazdálkodás jogszabályi áttekintése, Felhasználók és hasznosítási paraméterek adatbázisa, Harmonizált adatbázisok értékelése, Kiegészítő mérések értékelése; valamint projekt előrehaladási jelentések (2. és 3. periódus). Valamennyi elkészült eredmény a projekt honlapjáról érhető el: <http://transenergy-ue.geologie.ac.at>

### *EuroGeoSource\_2011*

*Témavezető:* SCHAREK Péter, OROSZ László

*A kutatás célja:* Az EU által finanszírozott, 250532 számú, és „EU Information and Policy Support System for Sustainable Supply of Europe with Energy and Mineral Resources, EuroGeoSource” című projektben való részvétellel, ennek eredményeként egy közös európai nyersanyag-adatbázis létrehozása és működtetése.

*Előzmények:* A projekt, előzetes egyeztetések és programkészítés után, 2010 áprilisában indult, a befejezési határidő: 2013. március. A munka 11 munkabizottságban (WP) folyik, ezekben a MÁFI tagként, a WP3-as bizottságban témavezetőként vesz részt. Feladatait a projekt dokumentációja tartalmazza.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A projekt munkatervének megfelelően, az év során részt vettünk 4 bizottsági ülésen (Budapest, Brüsszel, Tallin, Zaragoza), ebből egyet Budapesten meg is szerveztünk. A WP3 munkacsoport keretében elvégeztük a kiértékelést a résztvevő országok nyersanyag-adatbázisainak helyzetéről és jelentést készítettünk.

Folyamatosan részt vettünk a többi munkacsoport munkájában is, magyar anyagokat gyűjtöttünk össze és továbbítottuk partnereink kérésére.

2011. március 10-én tartotta a projekt első nyilvános

workshopját, mintegy 100 résztvevővel, Budapesten, a Gellért Szállóban. Házigazdaként részt vettünk a szervezésben, lebonyolításban és előadásokat is tartottunk.

2011. május 17-én volt Brüsszelben a projekt első évének technikai beszámolója. Az EU bíráló bizottság a projekt beszámolóját és a pénzügyi beszámolót elfogadta.

Év közben kapcsolatot tartottunk a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal (MBFH) Földtani és Adattári Főosztályával, mint a projekt Tanácsadó Testületének tagjával, elsősorban a hazai nyersanyag-adatbázis tartalmával és konvertálási lehetőségeivel kapcsolatban. A tallini ülésre az MBFH képviselője is eljött, ahol az egyik téma a tervezett közös adatbázis tartalma és szerkezete volt.

A projekt eredményei a <http://www.eurogeosource.eu> honlapon meg található.

*Együttműködő partnerek:* EuroGeoSource konzorcium tagjai (Holland, Dán, Észt, Lengyel, Belga, Szlovén, Román, Portugál Földtani Szolgálat/Intézet, Zaragozai Egyetem, GEODAN Ltd., Bolgár Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium), Magyar Bányászati és Földtani Hivatal

### *ThermoMap*

*Témavezető: JORDÁN Győző*

*A kutatás célja:* A ThermoMap projekt célja egy európai sekély geotermikus információs környezet kialakítása, a felszíni geotermikus erőforrások megjelenítése a földfelszín legfelső 10 méterében közepes és nagy méretarányban (1:10 000, 1:25 000) Magyarországon és még számos EU tagországban.

*Előzmények:* A projekt megoldást keres a geotermikus források területi vizualizációjára meglévő archív sekély földtani adatok alapján.

*2011-ben elvégzett feladatok, termék:* Elkészült a tesztterületek (Budapest XVIII. kerület és Zalakoppány) GIS adatbázisa, valamint az országos GIS adatbázis, összhangban a nemzetközi konzorcium tevékenységével.

*Együttműködő partnerek:* European Geothermal Energy Council, Friedrich-Alexander Universitaet Erlangen-Nuernberg, EHAU AG+CO, Paris-Lodron University of Salzburg PLUS, Centre for Geoinformatics Z\_GIS, BGS, BRGM, IGME, ISOR, IGR, RBINS-GSB

### **Hazai pályázatok**

#### *Vízmelegfigyelő hálózat fejlesztése — KEOP*

*Témavezető: ROTÁRNÉ SZALKAI Ágnes*

*A kutatás célja:* Az NFÜ által meghirdetett meghívásos „A Víz Keretirányelv végrehajtásához kapcsolódó monitoring rendszer fejlesztése, KEOP-2.2.2/09-2009-0003.” pályázat célja a MÁFI felszín alatti vízmelegfigyelő hálózatának fejlesztése, az észlelő kutak felújítása, távadós vízszintregisztráló műszerrel történő felszerelése.

*Előzmények:* A MÁFI 1970-es években kialakított, majd folyamatosan bővített felszín alatti vízszintmegfigyelő hálózata az akkor jó technikai színvonalat képviselő komplex mérő-, regisztráló-, leolvasó-, adatfeldolgozó- és archiváló rendszer üzembe helyezésével alakult ki. Az észlelőhálózat az ország különböző területein a regionális vízszintváltozásokról szolgáltat információt.

Az egykoron jó színvonalú hálózat folyamatosan elhasználódott, a rendszerből kinyerhető adatok megbízhatósága romlott. A hálózatot alkotó 180 db kútból a 2007. decemberben kialakított VKI monitoringrendszerbe ezért csak 81 db kút került bevonásra.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A pályázat megvalósítása során 2011. évben a MÁFI Országos Felszín Alatti Vízmegfigyelő-hálózatának 138 db észlelőkútjába, az elavult papírregisztrátumos műszerek helyére, távadó egységgel ellátott, elektronikus regisztrálóműszerek kerültek telepítésre. A fejlesztés keretében a kútfejek átalakítására, a műszer-egyes elhelyezésére és biztonságos védelmére alkalmas kútfej kialakításra, egységes kútfejek kiépítésére került sor.

A felszín fölé emelkedő vízszintek mérését korábban lehetővé tevő, de mára a tartós rétegvízszint csökkenés hatására már jelentősen lecsökkent vízszintű felcsövezések és rácsos tornyok elbontása, illetve a csövezés magasságának szükség szerinti csökkentése szintén a fejlesztés részét képezte. A felújítási munkák részeként a csongrádi, mindsenti, és raposkai kútcsoportnál az észlelőtornyok lebontásával, összesen 11 kút felcsövezése, illetve hagyományos kúttá történő átalakítása történt.

Az átalakított észlelőkutakban az új távadós regisztráló egység által szolgáltatott mérésekhez megfelelő fogadófelület kialakítása megtörtént. A négy hónapos próbaüzem 2011. december 5-én sikeresen lezárult.

*Együttműködő partnerek:* Energia Központ NKft., DataFlov Konzorcium, VIDRA Kft., Vámház-Baja Bt.

*Termék:* Az Országos Felszín Alatti Vízmegfigyelő-hálózat 138 db észlelőkútjának felújított és távadós regisztrálóműszerekkel felszerelt észlelőhálózatának beüzemelése.

*Kapcsolódó szerződések, kutatási témák, pályázatok:* Országos Felszín Alatti Vízmegfigyelő-hálózat működése

#### *Triász platform- és medencefáciések — OTKA*

*Témavezető: BUDAI Tamás*

*A kutatás célja:* A Pilis triász képződményeinek részletes rétegtani és szedimentológiai vizsgálata. Ennek keretében finomítottuk a rétegsor litosztratigráfiai tagolását, pontosítottuk az egyes formációk települési viszonyait. A platformkarbonátok biosztratigráfiai tagolását a Dasycladacea-flóra és foraminifera-fauna részletes elemzésével végeztük el. A platformok és az egykorú medencék kapcsolatának jellegét szedimentológiai, a platformkarbonátok dolomitosisát és a diagenézis jellegét izotóp-geokémiai módszerekkel vizsgáltuk.

Az újabb adatok alapján rekonstruáltuk a platformok és medencék fejlődéstörténetét és ősföldrajzi helyzetét, amelyhez a Dunántúli-középhegység, valamint az Északi- és a Déli-Alpok triász kifejlődéseivel történő korrelációt is felhasználtuk.

*Előzmények:* 2007–2010: terepi felvételezés, szelvényezés és mintázás (Keszölc, Kétágú-hegy, Pilisszántó, Klastrompuszta, Fekete-hegy, Pilisszentlélek), anyagvizsgálatok, a részeredmények közreadása.

*Együttműködő partnerek:* MTA–ELTE Geológiai Kutatócsoport

*2011-ben elvégzett feladatok:* A kutatás eredményeinek összefoglalása cikkek és előadások formájában, a projekt lezárása.

#### *A talajvíz nagy arzéntartalmának eredete fiatal medencékben — OTKA*

*Témavezető:* Szócs Teodóra

*A kutatás célja:* A kutatás célja az arzénos talajvizek eredetének tisztázása. A kutatás várhatóan feltárja, hogy a fiatal alluviális medencékben milyen földtani-geokémiai fázisekben számíthatunk arzéntartalmú ásványok és közetek kialakulására és hogy azokból milyen hidrogeológiai feltételek mellett várhatók olyan kioldódások, melyek magas arzéntartalmú talaj- és rétegvizek kialakulásához vezetnek.

*Előzmények:* A projekt 2007-ben indult. A lokális áramlási rendszerekhez kapcsolódó bepárlódó zónák vizsgálata keretében havi rendszerességgel mintázzuk és vizsgáljuk a Duna–Tisza köze térségében a szappanosszéki tó és közvetlen környéke, valamint a Kecskemét térségében feltárt sekély, felszín alatti vizeket. A vizsgálatok alátámasztották az előzetes feltevéssünket, miszerint a szappanosszéki tó medrében található sekély, felszín alatti víz nemcsak a párolgás hatására bekövetkező arzéndúsulást tükrözi, hanem egyéb geokémiai, mikrobiológiai folyamatok eredménye.

Az arzénspeciációs vizsgálatok analitikai célja egy olyan módszer kidolgozása volt, amelynek eredményeként a költség- és eszközigényes csatolt technikák helyett, terepi tartóssítást követően, az arzén módosulat-analitikai feladat közönséges arzén meghatározásra vezethető vissza.

Sorozatos kioldások alkalmazásával megvizsgáltuk a lokális áramlási rendszerekhez kapcsolódó bepárlódó zónák és a gyevasércecs kifejlődések fúrásmintáiban a különböző fázisokhoz kötött fémformák koncentrációinak megoszlását.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Kiegészítő vízmintavételek és ezek vízkémiai és izotóp vizsgálata. Összefoglaló jelentés készítése. Konferencia előadások, publikáció benyújtása az Applied Geochemistry című nemzetközi folyóiratba.

*Együttműködő partnerek:* MTA Geokémiai Kutatóintézet, Hydrosys Labor Kft., Bálint Analitika Kft.

*Termék:* Összefoglaló értékelés. Az eredmények idegen nyelvű publikálása.

*Kapcsolódó szerződések, kutatási témák, pályázatok:* A projekt kapcsolódott az Országos víz-geokémiai modell-fejlesztések témához.

#### *Érzékeny vízgyűjtők geokémiai kockázat-alapú szennyeződés transzportmodellezése — Norvég alap – OTKA*

*Témavezető:* JORDÁN Győző

*A kutatás célja:* A geokémiai vizsgálatok célja módszertani fejlesztés, a geokémiai folyamatok numerikus leírása (terepi mérések, laborkísérletek, térbeli és időbeni vizsgálatok) és modellezése kvantitatív kockázatelemző, döntéselőkészítő környezetben.

*Előzmények:* A téma az „Érzékeny vízgyűjtők geokémiai kockázat-alapú szennyeződés transzport modellezése” című Norvég Alap – OTKA projekt a háromhavi 2011. évi munka a március végén záródó projektben intenzív adatértelmezést foglalt magába környezet-geokémiai döntéselőkészítő modellezés céljából.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A projekt keretében elvégzett terepi, labor és modellezési eredmények feldolgozását és publikálását végeztük el. Lezártuk az ajkai vörösiszap-katasztrófa vizsgálatainak (például a gátanyag geokémiai vizsgálata) feldolgozását.

*Termék:* Publikációk előkészítése és lezárása.

#### *Mexikói–magyar Tét együttműködés*

*Témavezető:* SCHAREK Péter

*A kutatás célja:* Közvetlen szakmai együttműködés a környezetföldtan területén hasznosítva a mexikói fél talajtani és a magyar fél földtani kutatási tapasztalatait. Közös kongresszusi anyagok és publikációk összeállítása, a laboratóriumi vizsgálatok módszereinek fejlesztése az eredmények alapján a műszerek kalibrálása. Az aktuális pályázati periódus befejezéseként workshop tartása Budapesten.

*Előzmények:* A projekt 1996 februárja óta kis megszakításokkal tart. A Mexikói Autonóm Egyetem (UNAM) Földtani Intézete és a Queretaro államban, Juriquillában létesített új campus (Centro de Geociencias) együttműködésével az egyes folyóvölgyek (Río Turbio, Río Guanajuato) talajainak nehézfém-szennyeződését vizsgáltuk, előadásokat tartottunk, publikációt készítettünk. A legutolsó projekt a Queretaro államban, San Joaquin környékén korábban feltárt archeológiai központok (Ranas és Toliquilla) környéki higany (cinnabarit) -bányászat nyomait rögzítette, és vizsgálta a földtani környezetet, az ércartalmú formációkat. A projekt keretében meghatároztuk a képződmények összes higanytartalmát, statisztikai kiértékelést végeztünk és térképet szerkesztettünk. 2010-ben a projekt workshopot tartott Budapesten, ahol 15 előadásban áttekintettük a magyar–mexikói földtani együttműködés és a mostani projekt keretében elért eredményeket.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Mivel a tervezett magyar kiutazás a mexikói fél anyagi problémái miatt 2010-ben

elmaradt, szerződés hosszabbítást kértünk és kaptunk, így a látogatásra ez évben került sor.

A kiutazás során lehetőség volt az időközben elnyert újabb pályázat feladatainak áttekintésére, az új mexikói partnerekkel való első személyes találkozóra. Megtekinítettük az új projekt területétől kiválasztott két bányaterületet és egyeztettük a feladatokat.

Elkészítettük a projekt zárójelentését és a tervezett közös publikációt.

*Együttműködő partnerek:* Mexikói partnerek: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Arqueología e Historia, Universidad Autónoma de Querétaro, Centro de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico de Querétaro

Magyar partnerek: Miskolci Egyetem, Szent István Egyetem (Gödöllő), Magyar Nemzeti Múzeum

*Délkelet-dunántúli és kelet-horvátországi,  
valamint Adria parti lösz/paleotalaj szelvények  
korrelálása — magyar–horvát TÉT*

*Témavezető:* KOLOSZÁR László

*A kutatás célja:* A bilaterális projekt célja horvát és magyar löszszelvények dokumentálása, párhuzamosítása volt.

*Előzmények:* A korábbi TÉT szerződés keretén belül elvégzett munkákat folytatva, ezek eredményei részben jelen TÉT szerződés időtartama alatt készültek el és így módunk nyílt ezek publikálására.

*2011-ben elvégzett feladatok:* 2011 júniusában négy horvát kutató érkezett Magyarországra, egy hétre és délkelet-dunántúli lösz/paleotalaj rétegsorokkal ismerkedtek. A löszösszlet tefraszintek alatti és feletti részéből mintákat vettünk IRSL vizsgálatokra (Mórág, Dunaszekcső). Ez az új kormeghatározó módszer reményeink szerint lehetőséget ad a tefraszintek korának pontosítására.

2011 júliusában két magyar kutató utazott Horvátországba, Susak szigetére. A szigeten töltött négy nap alatt a horvát projektvezetővel együtt végig térképezték a sziget partvonalát, különös tekintettel a negyedidőszaki képződményekre. Újabb helyeken mintázták meg a szigetet felépítő alaphegységi képződmények karsztos üregeibe, repedéseibe betelepült vörös agyagot és a lösz alapú mediterrán típusú, pleisztocén korú vörös agyagokat, paleotalajokat.

*Együttműködő partnerek:* HGI–CGS, Horvát Geológiai Intézet

*Termék:* A horvátországi dél-baranyai területen dokumentált és molluszka-vizsgálatokra begyűjtött 3 új szelvény

(Sarengrad, Ilok homokbánya, Ilok téglagyár) közül a sarengrádi szelvény malacológiai eredményeit publikáltuk nemzetközi folyóiratban és a 4. Horvát Földtani kongresszuson. Az iloki eredményeinket az előző TÉT lezárásaként már publikáltuk a Loessfest'09 konferencián Novi Sadban. Ezekon kívül egy további, már leírt szelvény (Zmajevac) molluszka-vizsgálata készült el, melynek eredményeit is publikáltuk.

*A baranyai régió földtani  
térképezési eredményeinek egységesítése  
magyar–horvát TÉT*

*Témavezető:* CHIKÁN Géza

*A kutatás célja:* A bilaterális projekt célja, hogy a határmenti területeken egységes, teljes térképszelvények készüljenek a terület földtani képződményeiről.

*Előzmények:* A korábbi TÉT szerződés keretén belül elvégzett munkákat folytatva, ezek eredményei részben jelen TÉT szerződés időtartama alatt készültek el és így módunk nyílt ezek publikálására

*2011-ben elvégzett feladatok:* Folytattuk a Báni-hegység (Bansko Brdo) területén a terepbejárást, illetve az 1:25 000-es léptékű földtani térképezést. Ennek során új információkat nyertünk a miocén korú képződmények települési, rétegtani és szerkezeti viszonyairól. A térképezés során gyűjtött minták egy részén különböző őslénytani vizsgálatokat végeztünk (makro- és mikrofauna), továbbá egyes, kérdéses kifejlődésű üledékek esetében szedimentológiai vizsgálatokra került sor. Az eredmények beépítésre kerülnek a 2012 elején szerkesztésre kerülő 1:100 000-es léptékű Mohács jelű térképlap anyagába, amelynek szerkesztéséhez felhasználtuk a jugoszláv időkben készült, 1:100 000-es térképezés vajdasági adatait is. A vizsgálati eredmények alapján új rétegoszlop és szelvények készültek a Báni-hegységről.

*Együttműködő partnerek:* HGI–CGS, Horvát Geológiai Intézet

*Termék:* Habár a bilaterális projekt költségkeretéből nem volt lehetőségünk rá, részt vettünk a 4. Horvát Földtani Kongresszuson, ahol poszteren és előadás keretében mutatuk be a projekt addig elért eredményeit.

*A Magyar Állami Földtani Intézet 2011-ben megjelent kiadványai*

— BARDOSSY Gy.: The Nyirád-east bauxite deposits 118 p.

— MÁRIA FÖLDVÁRI: Handbook of thermogravimetric system of minerals and its use in geological practice 180 p.

**A MAGYAR ÁLLAMI FÖLDTANI INTÉZET MUNKATÁRSAI 2011-BEN****Az Intézet vezető beosztású munkatársai**

Fancsik Tamás Dr.	igazgató
Nádor Annamária Dr.	stratégiai és nemzetközi kapcsolatok igazgatóhelyettes
Hatvani Istvánné	gazdasági igazgató
Bartha András Dr.	osztályvezető
Jordán Győző Dr.	osztályvezető 2010. április 1-jétől
Kordos László Dr.	osztályvezető
Maros Gyula Dr.	osztályvezető
Piros Olga Dr.	osztályvezető
Szöcs Teodóra Dr.	osztályvezető
Turczi Gábor Dr.	osztályvezető
Vukánné Tolnai Judit	minőségirányítási vezető

**Az Intézet munkatársai**

Ádámné Incze Szilvia	Héjjas János	Petrócziné Gecse Zsuzsanna
Albert Gáspár Dr.	Hermann Viktor	Rezessy Attila
Angyal Jolán	Hlogyik Józsefné	Rotárné Szalkai Ágnes
Babinszki Edit	Horváth Zsolt	Sárkány Lászlóné
Balázs Regina	Jerabek Csaba	Scharek Péter Dr.
Balla Zoltán Dr.	Jordánné Szűcs Andrea	Selmeczi Ildikó Dr.
Ballók Istvánné	Katona Gabriella	Síkhegyi Ferenc Dr.
Balóné Lehmayer Judit	Kercsmár Zsolt Dr.	Simon Lászlóné
Barczikayné Szeiler Rita	Király Edit Dr.	Simonyi Dezső
Bátori Miklósné	Klement László	Solt Péter
Beke Barbara	Kókai András	Dr. Sonfalviné Szeibert Ildikó
Beke Zsuzsanna	Koloszár László Dr.	Szabadosné Sallay Enikő
Bertalan Éva Dr.	Komlós Lászlóné	Szabó Árpádné
Branner Lászlóné	Kónya Péter Dr.	Szabó Lászlóné
Budai Ferenc	Koroknai Balázs Dr.	Szalka Edit
Budai Tamás Dr.	Kovács Pálffy Péter Dr.	Szegő Éva
Chikán Géza Dr.	Kutasi Géza	Szekér András
Csillag Gábor Dr.	Laczkóné Őri Gabriella	Szentpétery Ildikó Dr.
Demény Krisztina	Lajtos Sándor	Szlepák Tímea
Don György	Lantos Zoltán Dr.	Szurkos Gábor
Dudás A. Imre	Magyar Árpád Dr.	Tamás Gábor
Fenesi Ferenc	Maigut Vera Dr.	Thamóné Bozsó Edit Dr.
Fodor László Dr.	Marsi István Dr.	Tihanyiné Szép Eszter
Földvári Mária Dr.	Matyikó Mónika	Tóth György
Fügedi Péter Ubul Dr.	Melisek Szilvia	Tóthné Makk Ágnes Dr.
Galambo Csilla Dr.	Muráti Judit	Treszné Szabó Margit
Gál Nóra Edit Dr.	Müller Tamás	Tullner Tibor Dr.
Gáspár Anita	Nagy Péter	Ujháziné Kerék Barbara Dr.
Gellér Péterné	Németh András	Vad Altanceceg
Göcz István	Novák Brigitta	Varga Renáta
Gulácsi Zoltán	Orosz László	Vargáné Barna Zsuzsanna
Gyalog László Dr.	Pálfi Éva	Vatai József
Gyuricza György Dr.	Palotás Klára	Vácsi Blanka
Hála József Dr.	Papp Péter	Végh Hajnalka
Dr. Hála Józsefné	Partényi Zoltánné	Viktor Zsuzsanna
Hartyányi Zita	Pentelényi Antal	Zsámbok István
Hegyiné Rusznyák Éva	Péterdi Bálint	

## A Magyar Állami Földtani Intézet 2011. évi publikációs tevékenysége

### Nyomtatásban megjelent munkák 2011

- ALBERT J. 2011: Marosfő „Maros — forrás”. — *13. Székelyföldi geológus találkozó. A Ditrői szienit masszívum, Gyergyószentmiklós, Földrajz — Turizmus Kollégium — Babes–Bolyai Tudományegyetem Földrajz Kara, 22–25/09/2011.*, pp. 7–10.
- ALBERT J., JORDÁN GY. 2011: Studiul contaminărilor în rețeaua hidrografică a zonei Băiuț (jud. Maramureș), cauzate de exploatarea minereurilor neferoase. — *Simpozionul Național Contribuții științifice în tehnologii și echipamente pentru evaluarea și protecția mediului, ediția VII. — a, Arcalia (Bistrița — Năsăud)*, 23 — 25/09/2011. *Caiet de rezumete*, p. 24.
- ALBERT J., JORDÁN GY., FÜGEDI U., KALMÁR J., HORVÁTH É., VALDMAN L., DAMIAN GH., CHIRA I. 2011: A színesfémérc bányászat okozta szennyeződések vizsgálata Erzsébetbánya (Băiuț, Máramaros megye) vízhálózatában. — *Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT), XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia. Gyergyószentmiklós, 2011. március 31. — április 3. BKF előadásai*, pp. 34–37.
- BADICS B., UHRIN A., VETŐ I., BARTHA A., SAJGÓ CS. 2011: Medenceközponti földgáz-előfordulás elemzése a Makói — árokban. — *Földtani Közlöny* 141 (1), pp. 23–40.
- BADICS, B., UHRIN, A., VETŐ, I., BARTHA, A., SAJGÓ, CS. 2011: Basin-centred gas in the Makó Trough, Hungary: a 3D basin and petroleum system modelling investigation. — *Petroleum Geoscience* 17, pp. 405–416.
- BALLA Z., MÁRTONNÉ SZALAY E., GULÁCSI Z. 2011: A Dél-Dunántúl kréta szubvulkáni testeinek koráról paleomágneses mérések alapján. — *Földtani Közlöny* 141 (3), pp. 233–250.
- BARAC, M., KUTI L., KALMÁR, I. 2011: Depozite loessoide, date hidrologice și stabilitatea terenurilor — studiu de mediu și de geologie urbană în perimetrul model din Municipiul Galați. — *Ecoterra, VIII, 25, 1–8., Bistrița, Cluj Napoca*.
- BRADÁK, B., THAMÓ-BOZSÓ, E., KOVÁCS, J., MÁRTON, E., CSILLAG, G., HORVÁTH, E. 2011: Characteristics of Pleistocene climate cycles identified in Cérna Valley loess–paleosol section (Vértesacska, Hungary). — *Quaternary International* 234, pp. 86–97.
- BREZSNYÁNSZKY K. 2011: „És mégis mozog a Föld”. — *História*, 33 (4), pp. 24–25.
- BREZSNYÁNSZKY K., SÍKHEGYI F. 2011: Földtan [M=kb. 1: 2 300 000]. — In: KOCIS K., SCHWEITZER F. (szerk.): *Magyarország térképekben*. Magyar Tudományos Akadémia Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, p. 36. 18. ábra.
- CHIKÁN G., NÉMETH T., FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I., VATAI J., JÓZSA J., BARANYA S., MARSÍ I. 2011: A kolontári baleset geológus szemmel. — *XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia, Gyergyószentmiklós, 2011. március 31. — április 3. Konferenciakötet. Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság. BKF előadásai*, pp. 11–15.
- DUDICH E. 2011: Miért van Papp Ferenc tér Zebegényben? — In: GÁLOS M., KÜRTI I. (szerk.): *Papp Ferenc élete és munkássága. „Feri bácsi” a műegyetem legendás professzora*. Magyarhoni Földtani Társulat, Budapest, pp. 71–73.
- FÖLDVÁRI, M. 2011: *Handbook of thermogravimetric system of minerals and its use in geological practice*. — A Magyar Állami Földtani Intézet 213. alkalmi kiadványa, 180 p.
- FÜGEDI U., KUTI L., VATAI J. 2011: A króm Magyarország felszíni képződményeiben. — *MTA Környezetgeokémiai Albizottság és az MTA Geokémiai Kutató Intézet: „A króm környezetgeokémiája” ankét. MTA Kutatóház, Budapest, XI. Budaörsi út, május 11.* p. 2.
- FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I., VARGA R. 2011: Miért szakadt át? A kolontári baleset földtani okai. — *Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT), XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia. Gyergyószentmiklós, 2011. március 31. — április 3. BKF*
- FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I., KALMÁR J., KOVÁCS-PÁLFFY P., KÓNIA P., VATAI J. 2011: Geokémiai és ásványtani folyamatok a kolontári gátban. A környezetgeokémia eredményei az ezredfordulón hazánkban. — *Az MTA Földtudományok Osztálya Geokémiai, Ásvány- és Kőzettani Tudományos Bizottsága Környezetgeokémiai Albizottságának jubileumi ülése, 2011. december 1.* p. 4.
- GÁBRIS GY., KROLOPP E., UJHÁZY K. 2011: Késő-pleisztocén (késő glaciális) – holocén környezetváltozás Duna menti homokbuckák komplex vizsgálata alapján. — *Földtani Közlöny* 141 (1), pp. 57–72.
- GYÓRI O., POROS ZS., MINDSZENTY A., MOLNÁR F., FODOR L., SZABÓ R. 2011: Budai-hegységi paleogén karbonátos kőzetek diagenesztörténete. — *Földtani Közlöny* 141 (4), pp. 341–361.
- GYURICZA GY., VÉGH ZS. 2011: A Baradla barlangkutató csoport által végzett kutatások 1975–2009. — In: TÓTH Á., BÁRTH M. J. (szerk.): *Karszt, történelem, helynevek: Köszöntők és tanulmányok a 88 éves Dénes György tiszteletére*. Meteor Természetbarátok Turista Egyesülete, Budapest, pp. 73–79.
- HAAS, J., BUDAI, T. 2011: Tectonic, eustatic and climatic control on the Dachstein platform development in the Transdanubian Range, Hungary. — *Geophysical Research Abstracts* 13, EGU2011 — 2444, Wien.
- HAAS J., PIROS O., BUDAI T., GÖRÖG Á., MANDL, G. W., LOBITZER, H. 2011: Transition between the massive reef–backreef and cyclic lagoon facies of the Dachstein Limestone in the southern part of the Dachstein Plateau, Northern Calcareous Alps, Upper Austria. — *Geophysical Research Abstracts* 13, EGU2011 — 2437, Wien.
- HAAS J., KOVÁCS S., PELIKÁN P., KÖVÉR SZ., GÖRÖG Á., OZSVÁRT P., JÓZSA S., NÉMETH N. 2011: A Neotethys-óceán akkréciós komplexumának maradványai Észak-Magyarországon. — *Földtani Közlöny* 141 (2), pp. 167–196.
- HABLY L., SELMECZI, I. 2011: Új felső oligocén ősnövénylelőhely Tatabányán. — *Tatabányai Múzeum Évkönyve* 2010 (1), pp. 7–13.
- HÁLA J. 2011: Pongrácz Lajos és leírása a Baradla-barlangról 1840-ből. — In: TÓTH Á., BÁRTH M. J. (szerk.): *Karszt, történelem, helynevek: Köszöntők és tanulmányok a 88 éves Dénes György tiszteletére*. Meteor Természetbarátok Turista Egyesülete, Budapest, pp. 81–84.
- HERNANDEZ-SILVA, G., SCHAREK, P., BREZSNYÁNSZKY, K. 2011: Mercury in the mineralized zone in San Joaquín, Querétaro, México. — *Simposio Dr. Zoltan de Cserna: Sesenta anos Geologizando en México, 14-15/06/2011, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)*, p. 125.
- JORDAN, G., SZUCS, A. 2011: Geochemical Landscape Analysis: Development and Application to the Risk Assessment of Acid Mine Drainage. — A Case Study in Central Sweden. — *Landscape Research* 36, pp. 231–261.
- JORDAN, GY., FÜGEDI, U., BARTHA, A., VATAI, J., TÓTH, GY., MURATI, J., SZENTPÉTERY, I., KÓNIA, P., GABURI, I., TOLMÁCS, D., MÜLLER T. 2011: The red mud catastrophe in Kolontár, Hungary: applying geology. — *European Geologist* 32, pp. 9–13.



- KALMÁR J., BARAC, M., KUTI L., PETRARU, I. 2011: Talajvíz és szennyvíz Galac (Galați) paneljei alatt. — *Hidrológiai Közlemény* 91 (2), pp. 50–54.
- KALMÁR, J., KUTI, L., SZENDREINÉ KOREN, E. 2011: Forest soil and water capacity studies in Bükk oak and beech forest area, Hungary. — *Jabno Preduzetlje Šumarstva, Dvina. 2011 godine, II., Srebrenica*, pp. 23–30.
- KALMÁR J., MACOVEI, GH. 2011: Lithology, sequences and geochemical background in Upper Oligocene outcrops from Râpa Malului–Rogoz (Maramureș County, Romania). — *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 6 (2), pp. 303–312.
- KATONA L. T., KÓKAY J., BERTA T. 2011: A várpalotai Faller utcai badeni korú üledék molluszka faunája. — *Földtani Közlemény* 141 (1), pp. 3–22.
- KERCSMÁR ZS. 2011: Korallzátony-kifejlődés az É-i Vértes középső-eocén rétegsorában. — *Abstract, XIII. Bányászati, Kohászati és Földtan konferencia, EMT, Gyergyószentmiklós, 2011. március 31 – április 4*, p. 297.
- KERCSMÁR ZS. (szerk.), FODOR L., LESS GY., PÁLFALVI S., BUDAI T. 2011: Eocén rétegsorok és medencefejlődés a Vértes és a Gerecse hegység területén. — *Kirándulásvetető. Földtani kirándulás az MTA Szedimentológiai Bizottsága, az MFT Budapesti Területi Szervezete és a Magyar Rétegtani Bizottság Eocén Rétegtani Albizottsága szervezésében, 7–8/10/2011*. 32 p.
- KERÉK B. 2011: Ökogeológiai vizsgálatok a bugaci mintaterületen. — *XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia kiadványa, Gyergyószentmiklós*, pp. 210–213.
- KERÉK, B., FUGEDI, U. JORDAN, GY. 2011: Environmental Geochemical Problems in Hungary. *GeoMed 2011. — 4th International Conference on Medical Geology, Italy. Bari, 2011. szeptember 23*. p. 67.
- KERÉK, B. FUGEDI, U., JORDAN, G. VATAI, J., MULLER T. 2011: Environmental geochemistry and health issues in Hungary. — *Ecoterra X*, 29, pp. 33–36. ([www.ecoterra-online.ro/files/1330971169.pdf](http://www.ecoterra-online.ro/files/1330971169.pdf))
- KERÉK B., FÜGEDI U., JORDÁN GY., KUTI L., VATAI J., MÜLLER T. 2011: A környezetgeokémia és az egészség kapcsolata Magyarországon. — *Az MTA Földtudományok Osztály Geokémiai, Ásvány- és Kőzettani Tudományos Bizottsága Környezetgeokémiai Albizottságának jubileumi ülése, 2011. december 1. MTA Kutatóház, Budapest*, p. 5
- KERÉK, B., VATAI, J., SZENTPÉTERI, I., KUTI, L., FÜGEDI, U. 2011: Nitrate vulnerability and concentration of groundwaters in Hungary. — *Ecoterra VIII*, 26, pp. 61–68.
- KERESZTURI, G., NÉMETH K., CSILLAG G., BALOGH K., KOVÁCS J. 2011: The role of external environmental factors in changing eruption styles of monogenetic volcanoes in a Pliocene continental volcanic field in western Hungary. — *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 201, 227–240. doi:10.1016/j.jvolgeores.2010.08.018 IF: 1,941
- KORDOS L. 2011: A Dénes Gyurka-jelenség. — In: TÓTH Á., BÁRTH M. J. (szerk.): *Karszt, történelem, helynevek: Köszöntők és tanulmányok a 88 éves Dénes György tiszteletére*. Meteor Természetbarátok Turista Egyesülete, Budapest, pp. 49–50.
- KOVÁCS S., BREZSNYÁNSZKY K., HAAS J., SZEDERKÉNYI T. 2011: A Cirkum-Pannon régió tektonostratigráfiai terrénum- és ökoszisztémái térképsorozata. — *Földtani Közlemény*, 141 (2), pp. 123–140.
- KOVÁCS, S., BUDA, GY., HAAS, J., BREZSNYÁNSZKY, K., HARANGI, SZ. 2011: Tectonostratigraphic terranes and zones juxtaposed along the Mid-Hungarian Line: their contrasting evolution and relationships. — *Central European Geology* 53 (2–3), pp. 165–180.
- MAGYARI Á., KERCSMÁR ZS., UNGER Z., THAMÓ BOZSÓ E. 2011: Negyedidőszaki képződmények neotektonikai és üledékföldtani vizsgálata az Ér-völgyben. — *Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia. Gyergyószentmiklós, 2011. márc. 31. – ápr. 3. Abstract* p. 298.
- MAGYARI Á. MARS I., THAMÓ BOZSÓ E. 2011: Üledékföldtani és tektonikai megfigyelések az M6 autópálya Paks környéki szelvényeiben. — *Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia. Gyergyószentmiklós, 2011. márc. 31. – ápr. 3. Abstract* p. 237.
- MAGYARI, Á., MARS I., THAMÓ-BOZSÓ, E. 2011: Indications of Late Pleistocene neotectonic and paleoseismic activity in the middle part of the Danube Valley (Pannonian Basin). — *XVIII INQUA Congress, 21–27 July 2011, Bern, Switzerland, Abstract Details ID: 2886*.
- MARS I., MAGYARI, I., ZILAHÍ-SEBESS, L. 2011: Correlation of loess sequences in Southeastern Transdanubia based on field observations, well-log interpretations and laboratory investigations (Hungary). — *Konferenciakötet, Quaternary sciences — the view from the mountains. XVIII INQUA Congress, 21–27 July 2011 in Bern, Switzerland*. 3291
- MARS I., HEĆIMOVIĆ, I., BANAK, A., CHIKÁN G., FERIC, P., GRIZELI, A., HORVAT, M. KOLOSZÁR L., MAGYARI Á. 2011: Negyed- és harmadidőszaki képződmények korrelációja a Dráva mentén – a Sellye–Slatina 1:100 000 méretarányú földtani térkép lap horvát–magyar reambulációja. — *XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia, Gyergyószentmiklós, 2011. március 31. – április 3. Konferenciakötet. Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság*, p. 299.
- NÁDOR A., BABINSZKI E. 2011: Energia határok nélkül. — *Élet és Tudomány* 66 (15), pp. 454–457.
- NÁDOR, A., SINHA, R., MAGYARI, Á., TANDON, S. K., MEDZIHRADESKY, ZS., BABINSZKI, E., THAMÓ-BOZSÓ, E., UNGER, Z. 2011: Late Quaternary (Weichselian) alluvial stratigraphic development and regional — scale neotectonic history of the southern Körös plains, Hungary. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 299, pp. 1–14.
- NADOR, A., LAPANJE, A., TOTH, GY., RMAN, N., SZOCS, T., PRESTOR, J., UHRIN, A., RAJVER, D., FODOR, L., MURATI, J., SZEKELY, E. 2011: Transboundary geothermal resources of the Mura–Zala basin: joint thermal aquifer management of Slovenia and Hungary. — *Journal of Mechanical Engineering*. <http://en.sv-jme.eu>
- NÉMETH, T., NÉMÉNYI, M., KOVÁCS, A., LAKATOS, E., MILICS, G., SMUK, N., BIRO, T., TOMOR, T., BURAI, P., LÉNÁRT, CS., KOZMABOGNÁR, V., BERKE, J., KOVÁTS, L., NAGY, T., JÓZSA, J., BARANYA, S., KRÁMER, T., ANTON, A., GRUIZ, K., JORDÁN, GY., FÜGEDI, U., BARTHA, A., FENYVESI, L., DEÁRVÁRI, J., SZALAY, K., TOLNER, I., CSORBA, Á., FECZKÓ, T., MAY, Z., NAGY, V., VLASTA, Š., SZÉPVÖLGYI, J. 2011: Short Term Consequences of the Red Mud Spill in Kolontár (Hungary). — *Disasters Journal* (DISA-May-11-0719)
- PAPP P. 2011: „Mert megfordul a vizek folyása...”. (Példák a Természet és az Ember kapcsolatára a Székelyföld múltjában és jelenében) — *13. Székelyföldi geológus találkozók. A Ditrói szienit masszívum, Gyergyószentmiklós, Földrajz–Turizmus Kollégium Babes-Bolyai Tudományegyetem Földrajz Kara, 22–25/09/2011*, pp. 42–45.
- PELIKÁN P. 2011: Szempontok a Bükk karsztvízföldtani modelljéhez. — In: TÓTH Á., BÁRTH M. J. (szerk.): *Karszt, történe-*

- lem, helynevek: *Köszöntők és tanulmányok a 88 éves Dénes György tiszteletére*. Meteor Természetbarátok Turista Egyesülete, Budapest, pp. 139–144.
- REIMANN, C., DE CARITAT, P., EuroGeoSurveys GEMAS Project Team and NGS Project Team 2011: *New soil composition data for Europe and Australia: Demonstrating comparability, identifying continental-scale processes and learning lessons for global geochemical mapping*. *Science of the Total Environment*. — Elsevier B.V. doi:10.1016/j.scitotenv.
- RMAN, N., SZOCS, T., LAPANJE, A. 2011: Identification of trans-boundary geothermal aquifers by hydrogeochemistry. — *Goldschmidt Conference Abstracts, Praga, 2011*, p. 48.
- ROTÁRNÉ SZALKAI Á., ČERNÁK R., GÁL N., GÖTZL G., KOVÁČOVÁ E., LAPANJE A., MAROS GY., NÁDOR A., SCHUBERT G., SZŐCS T., TÓTH GY. 2011: TRANSENERGY — Szlovénia, Ausztria, Magyarország és Szlovákia határokkal osztott geotermikus erőforrásainak vizsgálata. — *XVIII. Konferencia a felszín alatti vizekről, Siófok, 2011. április 5–6., pp. 8–9*. [www.fava.hu/Siofok2011/program.pdf](http://www.fava.hu/Siofok2011/program.pdf)
- ROTÁRNÉ SZALKAI Á., ČERNÁK R., GÁL N., GÖTZL G., KOVÁČOVÁ E., LAPANJE A., MAROS GY., MIKITA S., NÁDOR A., RAJVER D., RMAN N., SCHUBERT G., SVASTA J., SZŐCS T., TÓTH GY. 2011: Harmonizált termálvíz-, és geotermikus energiagazdálkodás megalapozása a Pannon-medence nyugati részén. — VIII. Kárpát-medence Ásvány- és Gyógyvízei Konferencia. Termálvíz–bor–víz–egészség. — *Geotudományok. Miskolci Egyetem Közleménye, A sorozat, Bányászat* 81, pp. 125–131.
- RUSZKICZAY-RÜDIGER, ZS., BRAUCHER, R., CSILLAG, G., FODOR, L. I., DUNAI, T. J., BADA, G., BOURLÉS, D., MÜLLER, P. 2011: Dating Pleistocene aeolian landforms in Hungary, Central Europe, using in situ produced cosmogenic <sup>10</sup>BE. — *Quaternary Geochronology*, 6, 515–529. doi:10.1016/j.quageo.2011.06.001, IF: 3,238.
- SEBE K., CSILLAG G., THAMÓNÉ BOZSÓ E. 2011: Platóhelyzetű eolikus üledékek és formák az Agár-tető bazaltfennsíkján (Déli-Bakony). — *Földtani Közöny* 141 (4), pp. 393–399.
- SEBE, K., CSILLAG, G., RUSZKICZAY-RÜDIGER, ZS., FODOR, L., THAMÓ-BOZSÓ, E., MÜLLER, P., BRAUCHER, R. 2011: Wind erosion under cold climate: A Pleistocene periglacial megaradgang system in Central Europe (Western Pannonian Basin, Hungary). — *Geomorphology* 134, pp. 470–482.
- SELMECZI I., SZEGŐ É., SZUROMINÉ KORECZ A., KÓKAY J., SÜTŐ Z.-NÉ 2011: Újabb őslénytani-rétegtani adatok a kolontári vörösiszap katasztrófa területének miocén képződményeiből. — *14. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Szeged, 2–4/06/2011. Program, előadaskivonatok, kirándulásvezető*, pp. 35–36.
- SELMECZI I., KERCSMÁR ZS., SZUROMINÉ KORECZ A., SÜTŐ Z.-NÉ, THAMÓNÉ BOZSÓ E., MAGYARI Á. 2011: Felső-miocén előfordulás Neszmély környékén (Gerecse hegység). — *14. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Szeged, 2–4/06/2011. Program, előadaskivonatok, kirándulásvezető*, pp. 36–37.
- SZOCS, T., BARTHA, A. 2011: Arsenic speciation and sequential extraction studies. — *Goldschmidt Conference, Abstracts 2011, Praga*, 94 p.
- SZŐCS, T., RMAN, N., SÜVEGES, M. 2011: Radiocarbon age study of Slovenian–Hungarian transboundary groundwater. — *Isotope Workshop 11, 4–8/07/2011, Budapest, Hungary, European Society for Isotope Research*. — *Central European Geology* 54 (1–2), p. 149.
- SZOCS, T., RMAN, N., SÜVEGES, M., PALCSU, L. 2011: Isotope studies in the survey of thermal and cold transboundary groundwater in the Mura–Zala basin, NE Slovenia and SW Hungary. — In: OTERO, N., SOLER, A., AUDÍ, C. (eds): *Book of Abstracts. 9th International Symposium on Applied Isotope Geochemistry. Tarragona, Spain. 19–23 September 2011*. p. 132.
- SZOCS, T., BARTHA, A., HORVATH, I. 2011: Arsenic and  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta\text{D}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ , and  $^3\text{H}$  isotope studies in the Danube–Tisza interfluvial, Hungary. — In: OTERO, N., SOLER, A., AUDÍ, C. (eds): *Book of Abstracts. 9th International Symposium on Applied Isotope Geochemistry. Tarragona, Spain. 19–23 September 2011*. p. 131.
- SZURKOS G., LACZKÓNÉ ŐRI G., ZSÁMBOK I. 2011: Építésföldtani és környezetföldtani adottságok Budapesten. — *Az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferenciája, Gyergyószentmiklós, 2011*. pp. 266–269.
- THAMÓNÉ BOZSÓ E., NAGY A. 2011: Késő-negyedidőszaki üledékek betemetődési korának meghatározása kvarcscemcsék lumineszcens (OSL) vizsgálatával. — *Földtani Közöny* 141 (1), pp. 41–56.
- THAMÓNÉ BOZSÓ E., FIEBIG, M., PREUSSER, F., STEFFEN, D., GRABNER, M., LAIR, G. J., GERZABEK, M. H. 2011: Duna menti fiatal üledékképződés és egy kikötő 16. századbeli feltöltődése a lumineszcens és dendrokronológiai koradatok tükrében. — In: KÁZMÉR M. (szerk.): *Környezettörténet 2: Környezeti események a honfoglalástól napjainkig történelmi és természet-tudományi források tükrében*, Hantken Kiadó, Budapest, pp. 195–202.
- THAMÓ-BOZSÓ, E., MAGYARI, Á., CSILLAG, G., FODOR, L., NAGY, A. 2011: New luminescence age data of Late Pleistocene sediments in the border areas of the Great Hungarian Plain. — *13th International Conference on Luminescence and Electron Spin Resonance Dating (LED 2011), 10–14 July 2011, Toruń, Poland, Book of abstracts* p. 202.
- THAMÓ-BOZSÓ E., MAGYARI Á., MARSÍ I. 2011: Heavy mineral composition of some loess and loess-like sediments in Hungary. — *XVIII INQUA Congress, 21–27 July 2011, Bern, Switzerland, Abstract Details ID: 2362*.
- UHRIN A. 2011: A Pannon-tó só- és vízháztartásának számítása. — *Földtani Közöny* 141 (4), pp. 383–392.
- UHRIN A., SZTANÓ O., CSILLAG G., HÁMORI Z. 2011: Késő-miocén–pliocén folyók rekonstrukciója a Vértes délkeleti előterében — *Földtani Közöny* 141 (4), pp. 363–381.
- UHRIN, A., SZTANÓ, O. 2011: Water-level changes and their effect on deepwater sand accumulation in a lacustrine system: a case study from the Late Miocene of western Pannonian Basin, Hungary — *International Journal of Earth Sciences*, doi: 10.1007/s00531-011-0741-4.
- UNGER Z., BREZSNYÁNSZKY K. 2011: The first agrogeological map (1909) of the Romanian Kingdom, today after 100 years. — [http://studiacrescent.com/abstracts/issue-nr.-9-\(1-2010\)](http://studiacrescent.com/abstracts/issue-nr.-9-(1-2010))
- VETŐ, I., PALCSU, L., FUTÓ, I., VODILA, G., PAPP, L., MAJOR, Z. 2011: Isotopic constraints on genesis of the multistacked CO<sub>2</sub>–CH<sub>4</sub>–N<sub>2</sub> Répcelak gas field (Pannonian Basin System, W Hungary). — *Isotope Workshop 11, 4–8/07/2011, Budapest, Hungary, European Society for Isotope Research*. — *Central European Geology* 54 (1–2), p. 110.
- VICZIÁN I. 2011: Ásványokat hozó-vívó erdélyi vándordiakok a 18. század végén (kivonat). — *13. Székelyföldi geológus találkozó. A Ditrői szienit masszívum, Gyergyószentmiklós, Földrajz–Turizmus Kollégium Babes–Bolyai Tudományegyetem Földrajz Kara, 22–25/09/2011.*, pp. 77–79.
- VICZIÁN, I. 2010: History of climatic change during Pliocene and Lower Quaternary according to the study of fossil soils. —

Támpop — Humboldt Colleg for Environment and Climate Protection, 2010. October 21<sup>st</sup> in Sopron, University of West Hungary 27–30.

- VICZIÁN, I. 2011: Hungarian contribution to the mineralogy and geology of clays. Commemorating the 50th anniversary of the Hungarian Clay Minerals Group founded in 1960. — *Földtani Közlemény* 141 (3), pp. 313–319.
- VICZIÁN, I. 2010: Letters of German naturalists to Domokos Teleki, first president of the Jena Mineralogical Society (dated 1796 to 1798) (Német természetvizsgálók levelei Teleki Domokoshoz, a jénai Ásványtani Társaság első elnökéhez az 1796–1798. években). — *Acta GGM Debrecina, Geology, Geomorphology, Physical Geography* (4–5), 75–87.
- VICZIÁN, I., KÓNYA, P., KOROKNAI, B., KOVÁCS-PÁLFFY, P., MAROS, GY., BALOGH, K., PÉCSKAY, Z. 2011: Mineralogy and K-Ar geochronology of illite-rich fault gouges in the Mórógy Granite, Hungary (abstract). — In: KARAKAS, Z., KADIR, S., TÜRKMEENOGLU, A. G. (eds): *European Clay Conference — EUROCLAY, Antalya, Turkey, 26/06–01/07/2011, Book of Abstracts. Oral and Poster Sessions*, p. 36.
- VIKOR Zs. 2011: ArcGIS 10.0. Budapest, 2011 Az Észak-borsodi régió szennyezés-érzékenységi térképsorozata. — Internetes publikáció. [http://mafi—loczy.mafi.hu/korny\\_elterjedes/](http://mafi—loczy.mafi.hu/korny_elterjedes/)
- Kézirat, jelentés*
- FALUS GY., SZAMOSFALVI Á., SZÓCS T., SZÜCS A., TÓTH GY., UHRIN A. 2011. A szén-dioxid földalatti elhelyezésével kapcsolatos feladatok – a szén-dioxid tárolás magyarországi megvalósítási lehetőségeinek vizsgálata. — *Kézirat*, Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, Budapest.
- PRESTOR J., NÁDOR A., ROTÁRNÉ SZALKAI Á., SZÓCS T., TÓTH GY., RMAN N., LAPANJE A. 2011: Határon átnyúló vízkészlet-gazdálkodás ajánlások. — Geotermikus hasznosítások számbavétele, a hévízadók értékelése és a közös hévízgazdálkodási terv előkészítése a Mura–Zala medencében. T-JAM. Operational Programme Slovenia–Hungary. 2007–2013. — *Kézirat*, Budapest.
- PRESTOR, J., NADOR, A., ROTAR–SZALKAI, A., SZOCS, T., TOTH, GY., RMAN, N., LAPANJE A. 2011: Cross-border management recommendations. — Screening of the geothermal utilization, evaluation of the thermal groundwater bodies and preparation of the joint aquifer management plan in the Mura–Zala basin. T-JAM. Operational Programme Slovenia–Hungary. 2007–2013. — *Kézirat*, Ljubljana–Budapest.
- RMAN, N., SZOCS, T. 2011: Hydrogeochemical conceptual model. — Screening of the geothermal utilization, evaluation of the thermal groundwater bodies and preparation of the joint aquifer management plan in the Mura–Zala basin. T-JAM. Operational Programme Slovenia–Hungary. 2007–2013. — *Kézirat*, Ljubljana–Budapest.
- ROTÁRNÉ SZALKAI Á., MURÁTI J., NAGY P., SZÓCS T., SZÜCS A. 2011: Az Üveghutai felszíni vízföldtani monitoring összefoglaló jelentése. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- SCHAREK P. TULLNER T. 2011: D3.1 Political and organisational aspects of geo-energy and mineral resources data management in the participating countries v.3.0. — *Kézirat*, EuroGeoSouce projekt Adattár.
- SZÓCS T., RMAN N. 2011: Vízgeokémiai koncepcionális modell. — Geotermikus hasznosítások számbavétele, a hévízadók értékelése és a közös hévízgazdálkodási terv előkészítése a Mura–Zala medencében. T-JAM. Operational Programme Slovenia–Hungary. 2007–2013. — *Kézirat*, Budapest.
- TILDY P., VATAI J., KOLOSZÁR L., MARSÍ I., TÖRÖS E., GÁL N. 2011: Felszínmozgások területek földtani térképezése a Balatonmagaspartok térségében (Kenese-Fonyód). — *Kézirat*, Kutatási jelentés, Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, Budapest
- ZILÁHI-SEBESS L., GYURICZA GY., BARCZIKAYNÉ SZEILER R., BUDAI T., FODOR L., GÁL N., GULYÁS Á., HEGYI R., KOVÁCS G., KOVÁCS Zs., LANTOS Z., LENDVAY P., MÜLLER T., PALOTÁS K., PASZERA GY., SELMECZI I., SZENTPÉTERY I., SZÓCS T., TAHY Á., TÓTH GY., TÓTHNÉ MAKK Á., UHRIN A., UJHÁZINÉ KERÉK B., VERES I., ZSÁMBOK I. 2011: Körömend terület. Komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati tanulmány. — *Kézirat*, Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, Budapest.
- ZILÁHI-SEBESS L., GYURICZA GY., BARCZIKAYNÉ SZEILER R., BUDAI T., GULYÁS Á., HEGYI R., JENCSEL H., KOVÁCS G., KOVÁCS Zs., KUMMER I., LENDVAY P., PASZERA GY., SZÓCS T., TAHY Á., TÓTH GY., TÓTHNÉ MAKK Á., UJHÁZINÉ KERÉK B., VERES I. 2011: Szilvágy terület. Komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati tanulmány. — *Kézirat*, Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, Budapest.
- ZILÁHI-SEBESS L., GYURICZA GY., BARCZIKAYNÉ SZEILER R., GÁL N., GÁSPÁR E., GULYÁS Á., HEGYI R., JENCSEL H., KERÉKGYÁRTÓ T., KOVÁCS G., KOVÁCS Zs., KUMMER I., LAJOS S., LENDVAY P., MÜLLER T., PALOTÁS K., PASZERA GY., SZÓCS T., TAHY Á., TÓTH GY., TÓTHNÉ MAKK Á., UJHÁZINÉ KERÉK B., VERES I., ZSÁMBOK I. 2011: Nagykanizsa terület. Komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati tanulmány. — *Kézirat*, Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, Budapest.
- ZILÁHI-SEBESS L., GYURICZA GY., BARCZIKAYNÉ SZEILER R., GÁL N., GULYÁS Á., HEGYI R., HORVÁTH Z., JENCSEL H., KERÉKGYÁRTÓ T., KOVÁCS G., KOVÁCS Zs., KUMMER I., LAJOS S., LENDVAY P., MÜLLER T., PALOTÁS K., PASZERA GY., SZÓCS T., TAHY Á., TÓTH GY., TÓTHNÉ MAKK Á., UJHÁZINÉ KERÉK B., ZSÁMBOK I., VERES I. 2011: Jászberény terület. Komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati tanulmány. — *Kézirat*, Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, Budapest.
- ZILÁHI-SEBESS L., GYURICZA GY., BARCZIKAYNÉ SZEILER R., GÁL N., GULYÁS Á., HEGYI R., HORVÁTH Z., JENCSEL H., KOVÁCS G., LENDVAY P., MÜLLER T., PASZERA GY., SZENTPÉTERY I., SZÓCS T., TAHY Á., TÓTH GY., TÓTHNÉ MAKK Á., UJHÁZINÉ KERÉK B., VERES I., ZSÁMBOK I. 2011: Zalalövő terület. Komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati tanulmány. — *Kézirat*, Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, Budapest.
- Előadások, posztterek*
- ALBERT J. 2011: Marosfő „Maros-forrás”. — *13. Székelyföldi geológus találkozó. A Ditrói szienit masszívum, Gyergyószentmiklós, Földrajz-Turizmus Kollégium – Babes–Bolyai Tudományegyetem Földrajz Kara, 22–25/09/2011.*
- BREZSNYÁNSZKY K. 2011: Búcsú Rajetczky Máriától. — *Fiumei úti Sírkert szőró parcella, 2011/03/23.*
- BREZSNYÁNSZKY K., SZARKA L. 2011: Beszélgetés a Mindentudás Egyeteme „Meddig ér a takarónk?” előadásról. — *Magyar Televízió, Ma Reggel, műsorvezető Süveges Gergő, 2011/04/17.*
- BREZSNYÁNSZKY K. 2011: Ásványi nyersanyagaink és termőföldünk jövője. — *Jövőkép — Környezetvédelmi fórum, Sopron, Pannónia szálló, 2011. június 3., Szervező: STKH Sopron és Térsége Környezetvédelmi és Hulladék-gazdálkodási Kft., 2011/06/03.*

- BREZSNYÁNSZKY K. 2011: 160 éve született Szontagh Tamás a Földtani Intézet igazgatója. — *Szontagh Tamás emlékülés, MFT Tudománytörténeti Szakosztály, Nógrádi Geopark Egyesület, MÁFI, 2011/06/06.*
- BREZSNYÁNSZKY K. 2011: Az IUGS 50 évének jelentősége a hazai földtan szempontjából. — *Magyar Tudomány Ünnepe 2011, „Földtudományos Forгатag”, 50 éves az International Union of Geological Sciences, Miskolc, MTA Miskolci Területi Bizottsága, 2011/11/06.*
- DEÁK J., SZŐCS T., TÓTH GY. 2011: Felszín alatti vizeink nitrát-szennyezettsége. — *XVIII. Konferencia a felszín alatti vizekről. Siófok, 2011. április 5–6.*
- FALUS GY., SZAMOSFALVI Á., SZŐCS T., SZÚCS A., TÓTH GY., UHRIN A. 2011: A szén-dioxid elhelyezés esélyei Magyarországon. — *Bányászat és Geotermia 2011 Konferencia, Hajdúszoboszló, 2011. november 16–17.*
- FÜGEDI U. 2011: Az aranymosás. Elmélet és gyakorlati bemutató. — *Kutatók Éjszakája. Petőfi Irodalmi Múzeum, szeptember 23.*
- FÜGEDI U. 2011: Magyarország geokémiai nagytípusai és geokémiai jellegű környezeti problémái. — *Nemzeti Tankönyvkiadó Panoráma természettudományi pedagógusklubja, Budapest, április 12.*
- FÜGEDI U., KUTI L. 2011: Elszigetelt víztest egy kunhalomban. — *Magyar Hidrológiai Társaság. Budapest, 2011. május 24.*
- FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I. 2011: A gát szakadásának ásványtani-geokémiai-szedimentológiai okai. — *Téli Ásványtudományi Iskola, Az MTA Geokémiai és Ásvány-Kőzettani Tudományos Bizottságának Nanoásványtani Munkabizottsága és az MFT Ásványtan-Geokémiai Szakosztálya közös rendezvénye, Balatonfüred, 2011. január 21–22.*
- FÜGEDI U., JORDÁN GY., KUTI L. 2011: Mikroelemek szántók és legelők alatt. — *Agrogeológia előadóiülés, 2011. november 14.*
- FÜGEDI U., KUTI L., VATAI J. 2011: A króm Magyarország felszíni képződményeiben. — *„A króm környezetgeokémiája” ankét az MTA Geokémiai Kutatóintézet és az MTA Geokémiai és Ásvány-kőzettani Tudományos Bizottságának Környezetgeokémiai Albizottsága szervezésében. Budapest, 2011. május 11.*
- FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I., VARGA R. 2011: Miért szakadt át? A kolontári baleset földtani okai. — *MSZP VII. kerületi szervezete, Budapest, április 16.*
- FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I., VARGA R. 2011: Miért szakadt át? A kolontári baleset földtani okai. — *Szkeptikus Társaság, Budapest, április 19.*
- FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I., VARGA R. 2011: Miért szakadt át? A kolontári baleset földtani okai. — *MSZP tudományos tagozat, Budapest, május 1.*
- FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I., VARGA R. 2011: Miért szakadt át? A kolontári baleset földtani okai. — *Budapest Science Meetup, Tűzraktér, Budapest, május 18.*
- FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I., VARGA R. 2011: Miért szakadt át? A kolontári baleset földtani okai. — *Bemutató a MAL Zrt. vezetésének, MÁFI, május 24.*
- FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I., VATAI J., VARGA R., MAIGUT V. 2011: Miért szakadt át? A kolontári baleset földtani okai. — *Magyar Tudományos Akadémia KFKI Atomenergia Kutatóintézet, Budapest, december 9.*
- FÜGEDI U., JORDÁN GY., KUTI L., KERÉK B. 2011: Mi az ásványvíz? Adatok a magyarországi palackozott vizek kémiájához. — *A Magyar Hidrológiai Társaság előadóiülése, Budapest, január 18.*
- FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I., VARGA R. 2011: Miért szakadt át? A kolontári baleset földtani okai. — *Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT), XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia. Gyergyószentmiklós, 2011. március 31. – április 3.*
- FÜGEDI U., VARGÁNÉ BARNA ZS., VATAI J. 2011: A környezeti és hatásvizsgálatokhoz, valamint a hulladék-elhelyezéshez kapcsolódó környezeti adottságok felmérése és közreműködés egyes hulladéktípusok minősítésében. — *Döntéstámogató Környezetföldtani Kutatás előadóiülés. MÁFI, Budapest, október 11.*
- GALOVIC, L., WACHA, L., FRECHEN, M., KOLOSZÁR, L., CHIKÁN, G. MAGYARI, Á., MARSÍ, I. 2011: Correlation of two loess sections from Sarengrad, eastern Croatia. — *2. znanstveni skup Geologija Kvartara u Hrvatskoj s međunarodnim sudjelovanjem, Zagreb, (poster)*
- GYURICZA Gy. 2011: Éltető elemünk: a víz. — *Ismeretterjesztő előadássorozat általános iskolásoknak. Második Kerületi Pedagógiai Szolgáltató Központ. A Mozgás Napja, szeptember 28.*
- GYURICZA Gy. 2011: Geotermikus koncessziós feladatokhoz kapcsolódó érzékenységi vizsgálatok. — *Jelentés a 2011-ben, MBFH megrendelésre végzett munkákról. Budapest, MÁFI, október 4.*
- GYURICZA Gy., HÁMORNÉ VIDÓ M., NÁDOR A., TÓTH GY., ZILAHISEBESS L. 2011: Koncessziós területek kijelölésének földtani és környezetvédelmi szempontjai. — *Új utak a földtudományban. Előadássorozat szakértőknek és laikusoknak. Magyar Geofizikusok Egyesülete, Budapest, ELGI, május 18.*
- JORDÁN GY., FÜGEDI U., KUTI L. 2011: Mikroelemek szántók és legelők alatt. — *MFT Mérnökgeológiai szakosztály előadóiülése Budapest.*
- JORDÁN GY., FÜGEDI U. 2011: Ritkaföldfém potenciál vizsgálata a magyarországi vörösiszap tározókban, mint lehetséges másodlagos nyersanyagforrásokban. — *Döntéstámogató Környezetföldtani Kutatás MÁFI, október 11.*
- KERÉK B., FÜGEDI U. 2011: Magyarország mellékhatásai. — *Budapest Science Meetup, Budapest, 10. 19.*
- KERÉK B., KUTI L. 2011: A szárazodás földtani összefüggéseinek vizsgálata a Duna–Tisza közén. — *Mérnökgeológiai és Környezetföldtani Szakosztály, Agrogeológiai előadóiülés, november 14.*
- KERÉK B., ZACHÁRY D. 2011: Beszámoló a GEOMED 2011 konferenciáról. — *Agyagásványtani Szakosztály, Ásványtani-Geokémiai Szakosztály „Őszi konferencialevek” című előadóiülése, Budapest, december 12.*
- KERÉK B., KUTI L., MÜLLER T. 2011: Agrogeological effects of drought vulnerability. — *EGU General Assembly, április, Bécs.*
- KERÉK B., FÜGEDI U., JORDÁN G., VATAI J., MÜLLER T. 2011: Environmental geochemistry and health issues in Hungary. — *Simpozionul National, Contributii stiintifice in tehnologii si echipamente pentru evaluarea si protectia mediului, Editia a VII-a, Caiet de rezumate, 23–25 September 2011, Beszterce.*
- KUTI L. 2011: A homoktalajok viselkedése, különös tekintettel az erdővegetációra. — *Országos Erdészeti Egyesület Kaposvári Helyi Csoportja, Marcali, március 22.*
- KUTI L.: Településgeológia a nagyvárosokban. — *„Város a terepszint alatt” a Levegő Munkacsoport előadóiülése, Budapest, március 28.*
- KUTI L., KERÉK B. 2011: The effect of aridity on the soil-parent material-groundwater system in the Danube–Tisza Interfluve. — *EGU General Assembly, 2011. április, Bécs.*

- KUTI L., KERÉK B., FÜGEDI U. 2011: Talajvizek nitrát-tartalmának természetes változékonysága. — *A Magyar Hidrológiai Társaság előadói ülés, Budapest, május 24.*
- MARSI I., VATAI J., SZENTPÉTERY I. 2011: Földtani térképezés és környezet (gondolatok a kolontári katasztrófa kapcsán). — *Téli Ásványtudományi Iskola, Balatonfüred, 2011. január 21–22.*
- MÜLLER T., KUTI L., KERÉK B., KISS L. 2011: Az aszályveszélyeztetettség földtani okainak vizsgálata Csongrád megyében. — *Mérnökgeológiai és Környezetföldtani Szakosztály, Agrogeológiai előadói ülés, 2011. november 14.*
- NÁDOR A., OROSZ L., MAIGUT V., TURCZI G. 2011: Országhatáron átnyúló geotermikus kutatások és térinformatikai hátterük. — *XVI. ESRÍ Magyarországi Felhasználói Konferencia, Budapest, október 6.*
- PAPP P. 2011: „Mert megfordul a vizek folyása...” (Példák a Természet és az Ember kapcsolatára a Székelyföld múltjában és jelenében). — *13. Székelyföldi geológus találkozó. A Ditrói szienit masszívum, Gyergyószentmiklós, Földrajz-Turizmus Kollégium – Babes–Bolyai Tudományegyetem Földrajz Kara, 22–25/09/2011.*
- PRESTOR J., SZŐCS T. 2011: A határon átnyúló közös hévízhasznosítás és monitoring lehetőségei, feladatai. T-JAM projekt. — *Geotermikus hasznosítások számbavétele, a hévízadók értékelése és a közös hévízgazdálkodási terv előkészítése a Mura–Zala medencében zárókonferenciája, Zalaegerszeg, szeptember 16.*
- RMAN, N., SZŐCS, T., LAPANJE, A. 2011: Identification of transboundary geothermal aquifers by hydrogeochemistry. — *Goldschmidt Conference 2011, Praga, 2011. augusztus 14–19. (poster)*
- ROTÁRNÉ SZALKAI Á., ČERNÁK, R., GÁL N., GÖTZL, G., KOVÁČOVÁ, E., LAPANJE, A., MAROS GY., NÁDOR A., SCHUBERT, G., SZŐCS T., TÓTH GY. 2011: Transenergy — Szlovénia, Ausztria, Magyarország és Szlovákia határokkal osztott geotermikus erőforrásainak vizsgálata. — *XVIII. Konferencia a felszín alatti vizekről, Siófok, április 5–6.*
- SCHAREK P. 2011: Beszámoló az EFG Budapesten tartott éves meetingjéről. — *Magyarhoni Földtani Társulat, december 05.*
- SCHAREK P. 2011: A talajvíz utánpótlódásának változása a Rajka – Szap Duna szakaszon a MÁFI hidrogeológiai vizsgálatai alapján. — *MTA Szigetközi Munkacsoport, Beszámoló, március 23.*
- SCHAREK, P. 2011: WP3 report: Political and organisational aspects of geo-energy and mineral resources data management in the participating countries. — *EuroGeoSouce projekt ülés, Brüsszel, május 17.*
- SELMECZI I., SZEGŐ É., SZUROMINÉ KORECZ A., KÓKAY J., SÜTŐ Z.-NÉ 2011: Újabb őslénytani-rétegtani adatok a kolontári vörösiszap katasztrófa területének miocén képződményeiből. — *14. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Szeged, 2–4/06/2011. Poszter.*
- SELMECZI I., KERCSMÁR ZS., SZUROMINÉ KORECZ A., SÜTŐ Z.-NÉ, THAMÓNÉ BOZSÓ E., MAGYARI Á. 2011: Felső-miocén előfordulás Neszmély környékén (Gerecse hegység). — *14. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Szeged, 2–4/06/2011. Poszter.*
- SZŐCS T. 2011: Víz-választón — Magyarország felszíni és felszín alatti vizei. — *Riportfilm. Mindentudás Egyeteme, ME 2.0, május 17.*
- SZŐCS, T., BARTHA, A., HORVATH I., 2011: Arsenic and  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta\text{D}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$  and  $^3\text{H}$  isotope studies in the Danube–Tisza interfluvial, Hungary. — *9th International Symposium on Applied Isotope Geochemistry. Tarragona, Spain. 19–23. September 2011. (poster)*
- SZŐCS, T., RMAN, N., SÜVEGES, M. 2011: Radiocarbon age study of Slovenian–Hungarian transboundary groundwater. — *Isotope Workshop 11, 4–8/07/2011, Budapest, Hungary, European Society for Isotope Research.*
- SZŐCS, T., NADOR, A., ROTAR-SZALKAI, A., TOTH GY. 2011: Transboundary thermal groundwater; Transenergy project. — *European Commission, 20th Groundwater Working Group C Plenary Meeting, Budapest, Hungary, 27–28. April 2011.*
- SZŐCS, T., NADOR, A., ROTAR-SZALKAI, A., TOTH, GY., LAPANJE, A., PRESTOR, J., RMAN, N., SEKELY, E., TOTH, L., HAMZA I., 2011: T-JAM — Thermal Joint Aquifer Management. — *Geotermikus hasznosítások felmérése, a hévízadók értékelése és közös hévízgazdálkodási terv előkészítése a Mura–Zala medencében. Sümeg, Állandó Magyar–Szlovén Vízgazdálkodási Bizottság XVII. ülése. Sümeg, október.13.*
- SZŐCS T., ROTÁRNÉ SZALKAI Á., ČERNÁK, R., GÁL N., GÖTZL, G., KOVÁČOVÁ, E., LAPANJE, A., MAROS GY., MIKITA, S., NÁDOR A., RAJVER, D., RMAN, N., SCHUBERT, G., SVASTA, J., TÓTH GY. 2011: Harmonizált termákvíz-, és geotermikus energiagazdálkodás megalapozása a Pannon-medence nyugati részén. — *VIII. Kárpát-medence Ásvány- és Gyógyvizei Konferencia. Termákvízbor-víz-egészség. Egerszalók, 2011. augusztus 31–szeptember 2.*
- SZŐCS, T., RMAN, N., SÜVEGES, M., PALCSU, L. 2011: Isotope studies in the survey of thermal and cold transboundary groundwater in the Mura–Zala basin, NE Slovenia and SW Hungary. — *9th International Symposium on Applied Isotope Geochemistry. Tarragona, Spain. 19–23 September 2011. (poster)*
- SZŐCS T., RMAN, N., TÓTH GY., LAPANJE, A. 2011: Vízgeokémiai módszerek alkalmazása határmenti közös hévízgazdálkodás megalapozásához. A környezetgeokémia eredményei az ezredfordulón hazánkban. — *MTA Környezetgeokémiai Albizottság – MTA Geokémiai Kutatóintézet, december 1.*
- SZŐCS, T., TOTH, GY., GAL, N. 2011: Transboundary groundwater bodies in Hungary. — *Workshop on Transboundary Water Resources, Management in Western and Central Europe. Budapest 8–10. February.*
- SZŐCS T., TÓTH GY., MURÁTI J., NÁDOR A., LAPANJE, A., RMAN, N., SZÉKELY E. 2011: A magyar–szlovén határmenti régió geotermikus hasznosítóinak számbavétele és a hévízadók értékelése közös termákvíz gazdálkodási terv előkészítése érdekében. — *XVIII. Konferencia a felszín alatti vizekről. Siófok. április 5–6.*
- SZŐCS T., TÓTH Gy., MURÁTI J., NÁDOR A., LAPANJE, A. RMAN, N., SZÉKELY E. 2011: Közös termákvíz gazdálkodási terv megalapozása a magyar–szlovén határmenti régióban. — *Magyar Hidrológiai Társaság, XXIX. Országos Vándorgyűlés. Eger, 2011. július 6–8.*
- SZŐCS, T., TOTH, GY., ROTAR-SZALKAI, A., NADOR, A., 2011: Hungarian groundwater bodies and proposals for common management plans of transboundary groundwaters in the Western part of the Pannonian Basin. — *2nd Workshop on Groundwater Bodies in Europe. Berlin, Germany. 15–16 December (poster)*
- SZURKOS G. 2011: Beszámoló az M4 és E6 MBFH– ELGI– MÁFI feladatokról. — *Jelentés a 2011-ben, MBFH megrendelésre végzett munkákról. MÁFI Környezetföldtani Osztály beszámolója. Budapest, MÁFI, október 4.*
- SZURKOS G. 2011: Budapest építésföldtani adottságai. — *Levegő Munkacsoport MÁFI-ban megrendezett előadásorozatán. Budapest, MÁFI, április 07.*
- SZURKOS G. 2011: Építésföldtani és környezetföldtani adottságok Budapesten. — *Erdélyi Magyar, Műszaki Tudományos Társaság XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferenciája. Gyergyószentmiklós, 2011. március 31. – április 03.*

- TÓTH Gy., MURÁTI J. 2011: Hidrogeológia: kapcsolat a bányászat és a környezet között. — *Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, „Ásványkincseink” rendezvény, Budapest, 2011. szeptember 27–28.*
- TULLNER, T. 2011: National, political and organizational aspects of geo-energy and mineral resources data management. — *EuroGeoSource 2<sup>nd</sup> Public Workshop, Budapest, március 10.*
- TURCZI G., OROSZ L. 2011: Tér adatok egységes, szabványos, távoli és házon belüli elérésének lehetőségei a napi gyakorlatban. — *MBFH–ELGI együttműködés, szeminárium, Budapest, ELGI, április 13.*
- VATAI J., FÜGEDI U. 2011: A talajok és felszínközeli üledékek ásványtani-geokémiai jellegzetességei. — *Téli Ásványtudományi Iskola, Az MTA Geokémiai és Ásvány-Kőzettani Tudományos Bizottságának Nanoásványtani Munkabizottsága és az MFT Ásványtan-Geokémiai Szakosztálya közös rendezvénye, Balatonfüred, 2011. január 21.*
- VERRASZTÓ Z., SCHAREK P. 2011: Határon átnyúló komplex Ipoly kutatás eredményei különös tekintettel az Alsó-Ipoly-völgyre. — *A Börzsöny vizei konferencia, Szob, június 25.*
- VICZIÁN, I., KÓNYA, P., KOROKNAI, B., KOVÁCS-PÁLFY, P., MAROS, Gy., BALOGH, K., PÉCSKAY, Z. 2011: Mineralogy and K-Ar geochronology of illite-rich fault gouges in the Mórággy Granite, Hungary (abstract). — *European Clay Conference – EUROCLAY, Antalya, Turkey, 26/06–01/07/2011.*
- VIKOR Zs., MAIGUT V. 2011: Transenergy: felszíni földtani térkép / Transenergy: surface geological map. — *XVI. ESRI Magyarország Felhasználói Konferencia, Budapest.*
- ZILÁHI-SEBESS L., GYURICZA Gy., NÁDOR A., HÁMORNÉ VIDÓ M., GULYÁS Á., TÓTH Gy., SZŐCS T., HORVÁTH Z., KOVÁCS Zs. 2011: A koncessziós pályázatok kiírását megelőző érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálatok szakmai tartalma, tapasztalatok a társ-hatóságok közreműködésével kapcsolatosan. — *Bányászat és Geotermia 2011 Konferencia. Hajdúszoboszló, november 16–17.*

## Beszámoló a Magyar Állami Földtani Intézet 2011. évi tevékenységéről

TURCZI GÁBOR, BALÁZS REGINA

### KÖLTSÉGVETÉSI ÉS KÖZSZOLGÁLATI FELADATOK

#### *Magyarország 3D földtani modelljének építése*

*Témavezető: MAROS Gyula*

*A kutatás célja:* olyan országos, digitális térmodell létrehozása, amelyen térinformatikai alapú tematikus adatbázisok összefüggő, korrelált rendszerét értjük. Alap-építőkövei az ország területét vagy annak nagy részét lefedő digitális földtani térképek, az ország területén mélyült sekély- és mélyfúrások digitális adatbázisai, valamint a regionális földtani szelvények egyeztetett, összehangolt vonalművei. Az országos modell információsűrűsége átlagosan 1:500 000, raszteres és vektoros elemeket egyaránt tartalmaz. A bemenő adatok vonalas elemek (fúrások), térképek, szelvények, ferde, hajlott felületek (szerkezeti elemek), 3D testek, voxel információk.

*Előzmények:* A megelőző évek szoftver-tesztelési és -kiválasztási munkálatai után 2010-ben Az intézetben licenzzel rendelkező Rockworks szoftverrel a modellezés módszerének kidolgozása céljából egy kísérleti modellt építettünk fel a Nyugat-Dunántúl, azaz a geotermikus T-JAM projekt területére. Tektonikai térképi adatbázist készítettünk az ország legjelentősebb lineamenseiről, töréseiről, takaróhatáiról. Megkezdtük a mélyfúrások és a térképszelvények konzisztencia-elemzését.

Kiadtuk Magyarország 1:500 000-es prekainozoos földtani térképét, folytattuk Magyarország prekvarter földtani térképe és domborzatának (1:250 000) szerkesztési munkálatait.

A Bátaapáti kutatás terhére továbbfejlesztettük az ImaGeo CoreDump szoftverünket, amely 3D megjelenítő eszközökkel és sztereogrammetrikus, pixel-szintű 3D felvételi technikával bővült.

Egy gerecsei pilot területre Autocad szoftverrel modell készült. Olyan segédprogramot (TVAC) fejlesztettünk, amely a térképezés során képződő adatokat automatikusan a modellezéshez használható adatformátumba alakítja.

*A 2011. évben elvégzett feladatok:* a Transenergy EU-projekt segítségével beszereztük a Kingdom Suite Core szeizmikus szoftvert szeizmikus értelmezési, és modellezési feladatokra, valamint a Jewel Suite modellező szoftvert.

— Megszerkesztettük Magyarország új 1: 500 000 méretarányú felszíni földtani térképét, az 1:200 000-es földtani térkép alapján.

— Magyarország 3D modelljébe integráltuk a különböző EU-pályázatok során, az ország nyugati, északnyugati részéről szerkesztett következő szinttérképeket: presenon, prekainozoos, pre-alsó-miocén, prebadeni, preszarmata, pre-alsó-pannóniai, pre-felső-pannóniai, prekvarter

*Együttműködő partnerek:* Geoinformatikai Osztály

*Termék:* Magyarország 1:500 000-es méretarányú felszíni földtani térképének nyers vonalmű változata. Az ország nyugati, északnyugati részéről szerkesztett, harmonizált szinttérképek sorozata.

*Kapcsolódó nemzetközi pályázat:* T-JAM, Transenergy, európai uniós projektek

#### *A Gerecse hegység 1:50 000-es földtani térképének szerkesztése*

*Témavezető: FODOR László*

*A kutatás célja:* A feladat elsősorban terepi felvételezést, reambulációs térképezést, valamint az adott területre kiterjedően a kvarter képződmények komplex ártérképezését (felszínfejlődés meghatározása, kormeghatározások, sekélyfúrások mélyítése), szerkezeti elemzéseket, a meglévő fúrások ártérképezésének felülvizsgálatát, illetve a régi felvételek térinformatikai feldolgozását jelenti.

*Előzmények:* 2010-ben térképező felvétel a Dunaszentmiklós L-34-1-D-d-1, 2, a Süttő L-34-1-C-b, Naszály L-34-1-D-c (1 db teljes, 2 db részleges 1:25 000-es lap) lapokon, térképszerkesztés a Nyergesújfalú L-34-2-C-a, Tata L-34-13-B-a, Lábatlan L-34-2-C-c lapokon történt.

Lumineszcens kormeghatározásokat végeztünk 18 db homok- és löszmintán, elsősorban teraszfelszínekről.

*A 2011. évben elvégzett feladatok:* 2011-ben a felvételi lapok a következők voltak: Dunaszentmiklós L-34-1-D-c, Kocs L-34-13-A-b, Naszály, Süttő L-34-1-D-a. Ezek területén reambulációs térképezés, térképszerkesztés, fúrások átértékelése, térinformatikai előkészítés, negyedidőszaki képződmények áttekintése, értelmezése, OSL kormeghatározások, szerkezeti mérések, szerkezetelemzés, prekvarter szinttérkép szerkesztése folyt. A terepi feladatok részleges teljesítése ellenére, az intézet anyagi problémái és a nagy leterhelést jelentő MBFH projektfeladatok miatt a terepi feladatok elvégzése jórészt elmaradt.

A Transenergy projekthez kapcsolódóan elkészült a Gerecse környezete prekvarter térképének vonalműve, 1:100 000-es méretarányban. Ez a terepi felvételek alapjául szolgálhat. A nyugati előtérben a pannóniai képződmények elterjedését szerkesztéssel pontosítottuk a negyedidőszaki képződmények alatt. Szerkezeti mérések kiértékelése, feszültségmező-meghatározás folyt a Gerecse nyugati előtérben. Földtani észlelések történtek az ELTE geológus hallgatóinak terepgyakorlathoz kötődően (Dunaszentmiklós L-34-1-D-c).

*Termék:* A Tata és Lábatlan 1:25 000 térképszelvény alapadat-dokumentációja, a térkép vonalművének első változata. A terepi felvételek dokumentációja (szöveg, kép, rajz, észlelési térkép – hálózati könyvtárban rendezetten).

Gerecse észlelési adatbázisa (GÉSA). A terepi szerkezeti mérések dokumentációja, feszültségmező-elemzés beépítve a GÉSA-projektbe. Pannóniai képződmények pontosított felszín alatti térképe. Kormeghatározások negyedidőszaki képződményekből. Fúrások átértékelése (excel állomány).

*Együttműködő partnerek:* ELTE

*Kapcsolódó OTKA pályázat:* 81530 számú Miocén–pliocén deformáció és üledékképződés a Pannon-medencében: új adatok szerkezetföldtani, szedimentológiai és geokronológiai vizsgálatok alapján OTKA-kutatás.

*Nemzetközi pályázat:* Transenergy, európai uniós projekt.

### *Budapest földtani tudásbázis és modell*

*Témavezető:* MAROS Gyula

*A kutatás célja:* A tágabb értelemben vett földtan részéről egységes és egyenletes felbontású alapadatrendszer, alaptérképeket, 3D modellt, emellett vízföldtani, környezetföldtani, építésföldtani, természetvédelmi stb. adatbázist biztosítunk Budapest fenntartható és emberközpontú fejlődéséhez. A térképek és fúrások alapján 3D földtani modellt hozunk létre a felső 50 méteres térrészre. Ugyanitt talajvíz-áramlási és sekély geotermikus hőáramlási modellt szolgáltatunk.

A projekt megvalósítása több részprojekt keretében történt. A budai oldalon rendszeres földtani térképezést, illetve

reambulációt tervezünk. A projekt végterméke egy, az Interneten is szolgáltatható 1: 10 000-es méretarányú, térképekből, fúrási adatokból, foltleírásokból és 3D modellekből álló téradatrendszer, valamint a Budai-hegység vagy Budapest 1:25 000-es földtani atlasza, a Budai-hegység 1:50 000-es tájegységi földtani térképe és magyarázója.

*Előzmények:* Budai-hegység térképezésében 2010-ben megkezdtük a térképezéshez szükséges, a területre vonatkozó földtani adatbázis építését és terepbejárásokat végeztünk.

A vízföldtani és hőáramlás modell tekintetében összegyűjtöttük a világ nagyvárosaira készült regionális geológiai és hidrogeológiai értékeléseket. Előzetes regionális áramlási modellt készítettünk a pesti oldal, (Duna-balpart) talajvízrendszerének teljes vízgyűjtőjére. Elkészítettük a példaként kiválasztott nagyvárosok szakirodalmi adatainak összefoglaló értékelését. A területen mélyült összes fúrás GIS adatbázisba szerveztük (30 450 db), ebből földtani vonatkozásban átértékelünk 7083 db-ot.

*A 2011. évben elvégzett feladatok:* A Budai-hegység rendszeres terepi térképezése az intézet anyagi problémái és a nagy leterhelést jelentő MBFH projektfeladatok miatt jórészt elmaradt. Helyette elkezdtük a Budapest Földtani Atlasza kiadvány elkészítését, amelynek váza (témák összegyűjtése) elkészült, az 1:50 000-es térkép szerkesztése archív térképekből folyamatban van. Beadtunk egy pályázatot: „A Nagy Vízválasztó” címmel (KEOP – 6.1.0/ C/09-11), amely biztosíthatja a kiadvány szponzorok nélküli kiadását.

A vízföldtani és hőáramlás modell terén 2011-ben a korábbi lokális és szubregionális modellezéseink tapasztalatait, valamint az előző pontban említett földtani és alkalmazott földtani adatbázist felhasználva, elkészítettük a pesti oldal déli részének talajvízeire vonatkozó regionális, összekapcsolt, (coupled) áramlási és geotermikus modelljének első változatát.

*Termék:* A pesti oldal összekapcsolt regionális talajvíz-áramlási és hőtranszport-modelljének első változata, és az eredmények tapasztalatainak értékelése a lokális hasznosítások szempontjából.

*Együttműködő partnerek:* Vízföldtani Osztály, Környezetföldtani Osztály

*Kapcsolódó nemzetközi pályázat:* ThermoMap európai uniós pályázat, PanGeo európai uniós pályázat

### *Az országos földtani jelkulcs folyamatos karbantartása, aktualizálása*

*Témavezető:* GYALOG László

*A kutatás célja:* Az országos földtani jelkulcs folyamatos karbantartása, aktualizálása a jelkulcs elkészülte (1996) óta. A magyar rétegtan változásait követve naprakészen tartjuk az egységességet. Ez biztosítja az intézetben a fúrások és földtani térképek harmonizációjának lehetőségét, méretaránytól függetlenül. Közben folyamatosan fejlesztjük az intranetes/internetes elérhetőségeket, kereshetőségeket.

*Előzmények:* A projekt alapítása óta a címében megfogalmazott szolgáltatási feladatot lát el.



A 2011. évben elvégzett feladatok: A hagyományos jelek és a hivatalos nemzetközi rétegtani táblázat alapján készült jelek párhuzamosítását elvégeztük (pannoniai: felső-miocén, ill. pliocén (pl. kPa1–2 – kM3 Kisbéri Kavics), egyéb miocén – csak alsó és középső a jelekben (pl. gMo – gM1 Garábi Slír), kréta – kétszatltság háromszatltság helyett (pl. uK3–uK2 Ugodi Mészke), perm – háromszatltság kétszatltság helyett. Technikai feltételek elkészítése külső alvállalkozóval. TransEnergy nemzetközi projekt felszíni térképe számára egységesített jelkulcs a résztvevő országok (Szlovákia, Ausztria és Szlovénia) szakértőinek bevonásával. A jelkulcs kibővítése a szinttérképek és a fúrások számára.

*Termék:* Új és módosított jelkulcsi elemek (MÁFI Intranet: Földtani egységek / Fúrási adatbázis; MÁFI Internet: Földtani egységek / Fúrási adatbázis törzsadatok).

### Országos víz-geokémiai modellfejlesztés

*Témavezető:* Szócs Teodóra

A kutatás célja: A projekt távlati célja egy egységes víz-geokémiai adatbázis fejlesztése a felszín alatti rezervoárok fluidumaira vonatkoztatva. Úgy az állami feladatok teljesítése, mint a hozzájuk kapcsolódó egyéb feladatok: MBFH-s, szerződéses és pályázati feladatok teljesítéséhez folytattuk a víz-geokémiai adatok folyamatos gyűjtését, rögzítését, harmonizálását és elsődleges értékelését.

A folyamatosan bővülő adatbázisok, értékelések és víz-geokémiai koncepcióanalízis modellek elősegítik a koncessziós területek kijelölését, a koncessziós területek adatcsomagjainak előkészítését, az érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálatokat, valamint hozzájárulnak a rezervoárokat érintő geotermikus feladatok megoldásához, illetve a felszín alatti CO<sub>2</sub> elhelyezés kutatási munkáihoz.

A koncepcióanalízis víz-geokémiai modellek célja a hidrogeológiai modellezés elősegítése is.

A fentiekben túlmenően a munka eredményeként hozzá tudunk járulni mind a hideg vizes, mind a termálvizes víztartók/víztestek fenntartható gazdálkodásával kapcsolatos kérdések megválaszolásához, és teljesíteni tudjuk a VKI feladatainak végrehajtásához illeszkedő, 30/2004. (XII. 30.) KvVM rendelet 2. §-a szerint a MÁFI-ra háruló feladatokat.

*Előzmények:* A kutatási téma előzményeként két tanulmány készült 2007 folyamán, melyek elkészítésére a KvVM bízta meg a MÁFI-t. (Összefoglaló tanulmány a „Felszín alatti vizek jellemzéséhez szükséges határértékrendszer kidolgozása” című KvVM megbízás teljesítéséről; Összefoglaló tanulmány a „Felszín alatti víztestek kémiai állapota értékelésének megalapozása” című KvVM megbízás teljesítéséről). Ezek keretében elvégeztük a korábbi víztest kijelölések alapján a háttérérték meghatározásokat. 2008-ban meghatároztuk az egyes víztest-csoportok 2007. december végén kijelölt új víztestbontás szerinti háttér értékeit, illetve javasolt küszöbértékeit.

Folyamatosan fejlesztettük és javítottuk a víz-geokémiai adatbázist, mely tevékenység háttérrel biztosított a „Víz-

gyűjtő-gazdálkodási tervek készítése” című KEOP-2.5.0. A kódszámú projekthez kapcsolódó pályázati szerződésben meghatározott tevékenységek megvalósításához. A következő főbb feladatokat végeztük el:

— Meghatároztuk a felszín alatti víztestek különböző csoportjaira vonatkozó kémiai küszöbértékeket, illetve véleményeztük a meghatározott határértékeket;

— Közreműködtünk az országos előzetes terv háttéranyagának elkészítésében;

— A felszín alatti víztestek mennyiségi állapotának értékelése keretében összefoglaltuk a vízkivételeknek tulajdonítható vízminőség-változásokat;

— Elvégeztük a felszín alatti víztestek kémiai állapotának értékelését.

— A határokkal osztott felszín alatti víztestek állapotának és a Magyarországon javasolt intézkedéseket bemutató rövid összefoglalók készítésével, szükség esetén konzultációkkal segítettük az albizottsági egyeztetéseket és az ICPDR (International Commission for the Protection of the Danube River) feladatokat.

*2011-ben elvégzett feladatok:* 2011-ben folytattuk a víz-geokémiai adatok begyűjtését (adattár, MÁFI vízföldtani naplók, Vituki stb.) és rögzítését, illetve fejlesztettük és javítottuk a víz-geokémiai adatbázist, mely tevékenység háttérrel biztosított az egyes feladatok (MBFH-s, pályázati) teljesítéséhez.

2011-ben elsősorban az Észak- és Nyugat-Dunántúl területeire vonatkozó vízminőségi adatokat aktualizáltuk és harmonizáltuk. Ezen adatok egyben segítették a T-JAM és a Transenergy projektek feladatait is. Utóbbi pályázatok feladatait is szem előtt tartva, koncepcióanalízis víz-geokémiai modellel készítettünk a Zalai-medencére.

A felszín alatti CO<sub>2</sub> elhelyezés (MBFH-ELGI-MÁFI) témához kapcsolódva a rendelkezésre álló adatok alapján értékeltük a Szolnoki Formáció nagyalföldi részére vonatkozó vízminőségi adatokat.

A 30/2004. (XII. 30.) KvVM rendelet 2. §-a szerint a MÁFI-ra háruló feladatok teljesítéséhez kapcsolódóan is, közreműködtünk a Zalai-medence határmenti, felszín alatti hideg- és termálvizei állapotértékelésének aktualizálásában, valamint egy határral osztott felszín alatti termálvíztest kijelölésében. Részt vettünk és előadást tartottunk az állandó magyar-szlovén Vízgazdálkodási Bizottság XVII. ülésén.

*Együttműködő partnerek:* Geoinformatikai Osztály, ELGI, VM, VKKI, KÖVIZIG-ek.

*Termék:* Bővített adatbázis, javított vízminőségi adatok az Észak- és Nyugat-Dunántúlra.

Koncepcióanalízis víz-geokémiai modell a Zalai-medencére. Jelentés a T-JAM projekt keretében.

Víz-geokémiai értékelés a rendelkezésre álló adatok alapján a Szolnoki Formáció nagyalföldi részére. Részjelentés „A szén-dioxid földalatti elhelyezésével kapcsolatos feladatok — A szén-dioxid-tárolás magyarországi megvalósítási lehetőségeinek vizsgálata” című MBFH téma keretében.

*Kapcsolódó egyéb téma:* Hidrogeológiai modellfejlesztések, 2011 (Tóth Gy.)

*Kapcsolódó OTKA pályázat:* A talajvíz nagy arzén tartalmának eredete fiatal medencékben (Szócs T.).

*Nemzetközi pályázat:* T-JAM, Transenergy

### *Hidrogeológiai modellfejlesztések*

*Témavezető:* TÓTH György

*A kutatás célja:* az eredeti terv szerint az MBFH által előírt, szerződésben rögzített feladatok részére alapotó modellezési munkák és fejlesztések végzése. A 2011. évi tevékenységek leírásánál éppen ezért jeleztük, hogy azokat célszerű az adott évben jelentkező konkrét feladatokhoz illeszteni.

*Előzmények:* A Vízföldtani osztály modellezési csapata legfőképpen a különböző geotermikus energia- és szénhidrogén-hasznosítással, a szén-dioxid földtani környezetbe való elhelyezésével, a felszín alatti vizekkel való gazdálkodással kapcsolatos MBFH-s, és MÁFI-ELGI-s feladatokhoz szakvélemények készítésével, — koncepciók kidolgozásával, — koncepcionális és regionális vízáramlási és hőtranszport modellek kialakításával és működtetésével foglalkozik. Ezen munkák döntő része az intézmények részére jogszabályban megfogalmazott, — esetenként újabb jogszabályban tervezett, — előírásokhoz, feladatokhoz, vagy korábbi jogszabályok módosításához kapcsolódott és kapcsolódik.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A geotermikus védőidom kialakításához kapcsolódó szakértői anyagok készítése, a tárcaközi tárgyalásokhoz, illetve a jogszabály előkészítéséhez.

*Együttműködő partnerek:* ELGI

*Termék:*

— Tanulmány készítése „A geotermikus energiahasznosításhoz kapcsolódó vízviasszatáplálásokra alkalmas földtani formációk és köztípusok” címmel az NFM-VM közötti szakértői egyeztetésekhez.

— Programvázlat készítése a földtani közeg viasszatáplálásokkal kapcsolatos alkalmasságának vizsgálatára, (a geotermikus energiahasznosítások esetében), a fenti tanulmány következtetéseinek érvényre juttatása érdekében.

— Szakanyag készítése a Bányatörvény tervezett végrehajtási rendelkezéneket előkészítésére a geotermikus védőidommal kapcsolatos jogszabályi rész megalapozására és az MBFH és a VM közötti szakértői konzultációk előkészítésére.

— Előadás tartása a „Geotermikus védőidom kialakításának szakmai alapjai” tárgykörben a „Bányászat és Geotermia, 2001” konferencia” keretében.

### *Az Országos Felszín Alatti Vízmelegfigyelő Hálózat működtetése, az adatok értékelése*

*Témavezető:* ROTÁRNÉ SZALKAI Ágnes

*A kutatás célja:* A MÁFI Országos Felszín Alatti Vízmelegfigyelő Hálózata az ország legfontosabb régióiban (Alföld, Dunántúli-középhegység, Dunántúl, Pilis–Gerecse) szolgáltat információt a felszín alatti vizek mennyiségi állapotáról.

Az észlelőhálózat kútjai az EU Víz Keretirányelv által

megkövetelt operatív monitoringrendszer, illetve 81 megfigyelőkútja a jelentési monitoringrendszer részét képezi. A mennyiségi monitoring megfigyelések célja a kijelölt 108 víztest állapotának és a változások jellemzéséhez adatszolgáltatás az EU felé küldendő rendszeres jelentési kötelezettség teljesítéséhez.

*Előzmények:* A monitoringrendszer kialakítása az 1970-es években kezdődött, elsősorban a földtani alapfúrásokból kialakított megfigyelőkutak kialakításával. Ezt követően a megfigyelési hálózat a különböző igényekhez igazodva változott. Az 1980-as években a monitoringkutak száma a földtani térképezés során mélyített fúrások megfigyelőkutakká alakításával bővült, elsősorban a Kisalföld és a Szigetköz térségében. Az 1990-es években a bányabezárásokhoz kapcsolódva a Dunántúli-középhegység területén megszűnő bányavállalatoktól átvett megfigyelőkutak jelentették a megfigyelőhálózat további bővítését, amelyek célja a karsztvízszint regenerálódásának nyomon követése a dunántúli-középhegységi fő-karsztvíztároló egész területén. A megfigyelő-hálózat üzemeltetése révén közel 40 éves felszín alatti vízszint-idősorokkal rendelkezünk az ország szinte teljes területén.

*A 2011. évben elvégzett feladatok:* Folytattuk az ország területét behálózó észlelő kutakból álló vízföldtani megfigyelő-hálózat működtetését és értékelését. A működtetés magába foglalja az észleléseket, az adatfeldolgozást, valamint az adatszolgáltatást. Az észlelőhálózat kútjainak karbantartására, felújítására 2011. év során a KEOP-2.2.2/09-2009-0003 sz. pályázat keretében került sor.

Az adatok értékelését elsősorban a MÁFI Vízföldtani Osztályán végzett projektekhez kapcsolódva végeztük. Részt vettünk a T-JAM és a Transenergy projektekben, ahol az észlelőhálózat alapadatokat szolgáltatott a modellezési munkákhoz, a termálvíz-gazdálkodás részét képező közös határ menti monitoring tervezéséhez.

Részt vettünk a Környezet és Energia Operatív Program támogatási rendszerének, ezen belül a „Víz Keretirányelv végrehajtásához kapcsolódó monitoringrendszerek fejlesztése” konstrukcióhoz keretében az „Országos felszín alatti vízmelegfigyelő-hálózat fejlesztése” c. KEOP-2.2.2/09-2009-0003 azonosítási számú pályázat megvalósításában. A projekt célja a MÁFI felszín alatti vízmelegfigyelő-hálózatának fejlesztése. A pályázat keretében az észlelőkutak felújítására, távadás vízszintregisztráló műszerek beszerzésére és beüzemelésére került sor.

*Együttműködő partnerek:* KvVM, VKKI, KÖVIZIG-ek, Környezetvédelmi Felügyelőségek, VITUKI.

*Termék:* Észlelési adatok adatbázisa, adatok szolgáltatása a Vízrajzi Évkönyv számára, KEOP pályázati dokumentáció.

### *Geokémiai transzportmodellezés*

*Témavezető:* JORDÁN Győző

*A kutatás célja:* A geokémiai vizsgálatok célja módszertani fejlesztés, a geokémiai folyamatok numerikus leírása (terepi mérések, laborkísérletek, térbeli és időbeni

vizsgálatok) és modellezése kvantitatív kockázatelemző, döntéselőkészítő környezetben. A téma egyik legfrissebb terméke, az Európa Bizottság nemzetközi Bányászati Hulladék Direktíva 'Inventory Working Group' (Felmérési Munkacsoport) tagjaként az MBFH-val együttműködve társszerzőként kidolgoztuk az Európai Bányászati Felmérés Kézikönyvét (Guidance Document).

*Előzmények:* A téma az „Érzékeny vízgyűjtők geokémiai kockázat-alapú szennyeződés transzport modellezése” című Norvég Alap — OTKA Projekt eredményeire épül.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A projekt keretében elvégzett terepi, labor és modellezési eredmények feldolgozását és publikálását végeztük el. Az Európai Bányászati Felmérés Kézikönyvében foglalt irányelvek (Guidance Document) hazai végrehajtásával kapcsolatos geokémiai vonatkozásokat (természetes geokémiai háttér, ásványvagyron szennyeződés potenciál, hulladéklerakó kockázat stb.) vizsgáltuk meg. 2011-ben a GEMAS Európai Geokémiai Térképezés Projekt eredményeinek értékelése történt (2009-ben volt a mintázás, 2010-ben a laborvizsgálatok történtek meg).

A Duna-vízgyűjtő Geokémiai Atlasza résztemában az internetes felület teljes feltöltését és tesztelését végeztük el.

*Termék:* Publikációk az érzékeny vízgyűjtők transzportmodellezésével kapcsolatos eredményekről. A Duna-vízgyűjtő terület feltöltött internetes felülete.

### *Magyarország integrált geokémiai térképe*

*Témavezető: FÜGEDI Ubul*

*A kutatás célja:* Az egységes atlasz nagyítható-kicsinyítható változata.

*Előzmények:* Magyarország a MÁFI honlapján elérhető geokémiai atlasza az országos felvétel [1] eredményein alapul. Ezeket az azóta végzett vizsgálatok alapján többször, alkalmilag korrigáltuk, de az azóta elkészült komplett kutatások: hegyvidéki felvétel [2], martonyi felvétel [3], Sajó-Hernád árterének mintázása [4], Maros árterének mintázása (publikálatlan), Európa Geokémiai Atlasza [5], A Gyöngyös-patak árterének mintázása [6], A Zagyva árterének mintázása (publikálatlan), GEMAS program eredményeit nem építettük be. A szoftverfejlesztés időközben lehetővé tette, hogy a honlapon a térképsorozatot többféle léptékben jeleníthessük meg.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Az új térképsorozat alapjának tervezett, egységes adatbázist nem sikerült létrehozni:

— egyrészt a feladatot jelentősen alulterveztük: nem készültünk fel arra, hogy a különböző térképi alapokon, illetve koordináta-rendszerekben nyilvántartott adatok összehangolása ennyi problémával jár,

— másrészt a kolontári munkák rendkívül megnehezítették az egyes részfeladatokat elvégző FÜGEDI U. és VATAI J. eredményeinek egyeztetését,

— harmadrészt a Parádi-Tarna vízgyűjtőjének mintázását pénzühiány miatt nem sikerült befejeznünk.

A fenti problémák miatt a munka az eredetileg tervezett módon nem végezhető el, így az adatbázis és a térkép-rendszer fejlesztése helyett a korábban nyert eredmények tudományos feldolgozására, illetve megismertetésére összpontosítottunk.

### *Magyarország földtani értékei*

*Témavezető: SZENTPÉTERY Ildikó*

*A kutatás célja:* Hazánk földtani értékeiről korszerű, naprakész adatbázis működtetése.

*Előzmények:* 2010-ben a KvVM-től megkaptuk az Országos Földtani Alapszervény Adatbázist azért, hogy térképi megjelenítését a 200 000-es földtani térképen megoldjuk, illetve, hogy javításainkat az adatbázisban megtegyük.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Ez évben az adatbázisnak a Magyar Rétegtani Bizottsággal összehangolt javítása volt a cél annak érdekében, hogy elősegítsük a Vidékfejlesztési Minisztériumnak a földtani értékek jogszabályi védelem alá helyezésére irányuló munkáját. Az eredeti feladat, hogy a 496 db-ról első körben 429 db-ra redukált mennyiségű alapszervény prioritási sorrendjét meghatározzuk, újragondoljuk az egyes alapszervények jelentőségének besorolását (országos, regionális, kivételes esetben globális jelentőség).

Az adatbázisból készült excel táblázatban javításokat végeztünk és sorrendi javaslatokat tettünk. A Rétegtani Bizottsággal felvettük a kapcsolatot annak érdekében, hogy további szakemberek vizsgálják meg a javasolt változtatásokat és egészítsék ki az ismerethiányt.

Szükségesnek tartjuk a továbbiakban az alapszervények dokumentációjának bővítését a legfontosabb irodalmi hivatkozásokkal, és fotóanyaggal. Célunk, hogy az alapszervényekre vonatkozó legtöbb ismeretet beépítsük az adatbázisba.

Amennyiben a fontossági sorrendről a Rétegtani Bizottsággal egyetértésben döntés születik, a javított és kiegészített adatbázist átadjuk a Vidékfejlesztési Minisztérium Barlang- és Földtani Osztályának.

### *Agrogeológiai kutatások*

*Témavezető: KUTI László*

*A kutatás célja:* A talaj-alapkőzet-talajvíz rendszer agrogeológiai törvényszerűségeinek feltárása, folyamatainak kutatása, a földtani és a biológiai közeg kapcsolatainak kutatása, a talajtani kutatások földtani megalapozása, a gyakorlati mezőgazdaság ellátása információkkal, és problémái megoldásának keresése, a tájtermesztés és az agrárkörnyezet-védelem földtani tényezőinek vizsgálata.

Az EU Talaj Keretirányelvhez kapcsolódó feladatokhoz rendszerezett adatbázis kialakítása.

*Előzmények:* Az agrogeológiai térképsorozat keretében már elkészültek az Alföld teljes területére, a balatoni térség-

re, a Kisalföldre és a Dunántúli-dombvidék egy részére az 1:100 000-es méretarányú térképek. A sorozat egyes térképi tematikáit 1:500 000-es méretarányban is megszerkesztettük az ország teljes területét lefedően, illetve a laza üledékes sík- és dombvidéki területekre. E térképek alapját képezik többek között a Magyarország felszín alatti vizeinek érzékenységét meghatározó környezetvédelmi jogszabályoknak.

1983 óta folytatjuk az agrogeológiai alap és módszertani kutatásokat, melynek során többek közt a különféle termékenységátló tényezők, a mezőgazdasági katasztrófák, a talajdegradáció földtani okait kutatjuk. E kutatásaink kiterjednek a tájba illő mezőgazdaság, a területhasználat és a tájértékelés földtani megalapozására is. Alap- és módszertani kutatásainkat döntően az agrogeológiai mintaterületek vizsgálatával végezzük. E feladat szerves része volt a talajvizek kémiája változásának folyamatos nyomon követése különböző mezőgazdasági hasznosítású területeken. 1995 óta végzünk folyamatos észleléseket.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A 2010. évi megalapozó kutatás eredményeire építve folytattuk az aszály és sivatagosodás földtani összefüggéseinek, a földtani környezetre gyakorolt hatásának és a termőhelyeket módosító hatásainak a vizsgálatát a Tiszántúl területén. Megszerkesztettük a még hiányzó területek (Szabolcs-Szatmár-Bereg megye) szükséges kiegészítő térképeit 1:100 000-es méretarányban. Ezek a legelső vízzáró képződményeinek felszíntől való távolsága, valamint e képződmények vastagsága, a talajvíztükör felszín alatti mélysége. A kiegészítő térképek adatbázisának feldolgozásával megkezdtük a Tiszántúl veszélyeztetettségi térképének a szerkesztését.

A mikroelemeknek talaj-alapkőzet-talajvíz rendszerben történő viselkedésének vizsgálata keretében folytattuk a Balaton környéki szőlőgazdaságokba telepített kis mintaterületek adatainak feldolgozását, különös tekintettel a különböző kivonószerekkel föltárt minták összehasonlító értékelésére. Az adatok földolgozása során több mintaterképeket szerkesztettünk a különböző BFK szintekben. Megkezdttük a nyírségi futóhomokra telepített Fülöpi-mintaterület geokémiai feldolgozását.

Az öko-geológiai kutatások keretében megkezdttük a Bugaci-mintaterületen a talaj-alapkőzet-talajvíz rendszer és a növényzet kapcsolatának vizsgálatát, különös tekintettel az agrogeológiai rendszer tápanyagszolgáltató képességére, a terület mikroelem térképeinek megszerkesztésével a különböző BFK szintekben.

A kisméretű vízgyűjtőkben történő katasztrófális árvizek földtani és környezeti kockázatának módszertani megalapozása feladathoz mintaterületet jelöltünk ki a Cserhát déli részén: a Sápi-patak vízgyűjtőjét. E feladat keretében elvégeztük az előzetes terepbejárást, s összegyűjtöttük, rendszereztük a szükséges földtani, morfológiai, hidrológiai adatokat.

Elvégeztük a „Sekély talajvízű területeken telepített ültetvények által a talajban és altalajban okozott sófelhalmozódás statisztikai és hidrológiai modellezése” fel-

adat szükséges földtani előkészítését a vizsgálandó területek kiválasztásához.

Részt vettünk a EuroGeoSurveys szervezésében 2008-ban kezdődött GEMAS (Európai Mezőgazdasági és Legelő Területek Geokémiai Térképezése) Programban (2008–2011), amely az Európa Bizottság, illetve az Európai Bányászati Szövetség felkérésére indult. 2011-ben elvégeztük a korábban begyűjtött adatok laboratóriumi vizsgálati eredményeinek feldolgozását, a magyarországi szántók és legelők geokémiájának összehasonlító értékelését.

Folytatjuk az agrogeológiai mintaterületeken telepített talajvízmegfigyelő kutak adatainak kiértékelését, különös tekintettel a talajvíz nitráttartalmának eredetére, változásaira és mobilitására. Ugyanakkor az 1995. óta havonta észlelt kútjaink folyamatos mintavételezésével le kellett állnunk.

*Együttműködő partnerek:* A GEMAS programban részt vevő európai földtani intézetek. TAKI, Ny-Magyarországi Egyetem, SZIE.

*Kapcsolódó pályázatok, szerződések:* EuroGeoSurveys Geochemistry Expert Group: Geochemical Mapping of European Agricultural and Grazing Lands Project (GEMAS) (2009–2011). Sekély talajvízű területeken telepített ültetvények által a talajban és altalajban okozott sófelhalmozódás statisztikai és hidrológiai modellezése” (OTKA feladat).

#### *Budapest XV. kerület településgeológiai térképsorozata*

*Témavezető: SZURKOS Gábor*

*2011-ben elvégzett feladatok:* A már korábban kidolgozott módszertan alkalmazásával akartuk elkészíteni a térképsorozatot. A különböző MBFH-s megbízások miatt a terület feldolgozása 70%-os készültéggel maradt.

#### *Ásványi nyersanyagok kutatása*

*Témavezető: SCHAREK Péter*

*A kutatás célja:* Áttekintés készítése a nyersanyag témában korábban készült MÁFI anyagokról.

*Előzmények:* Az elmúlt évtizedek során a MÁFI fokozatosan felhagyott a közvetlen nyersanyagkutatással. Közvetlenül 2006 (a végső megszűnés) előtt adatmentő munka folyt a Régiógeológiai Osztályon.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A Régiógeológiai Osztály keretében készült megyei térképek és excel adattáblák áttekintését végeztük el, az egyes nyersanyagok potenciális előfordulásait ArcGIS adatbázisba rendeztük.

*Együttműködő partnerek:* Geoinformatikai Osztály

*Termék:* Magyarország 1:100 000 méretarányú nem fém nyersanyag-potenciál térképe.

*Kapcsolódó szerződések, kutatási témák, pályázatok:*

MBFH Szabad területek adatbázisa kialakítása, EuroGeoSource Projekt

## Informatikai szolgáltatás

*Osztályvezető: TURCZI Gábor*

Az osztály alaptevékenysége a MÁFI informatikai igényeinek kielégítése. Ide tartoznak az alapszolgáltatások, a rendszer fenntartása és a projektek célirányos kiszolgálása. Utóbbi az alapadatok szolgáltatásától (fűrésleválogatás, alaptérképek előállítás) a geoinformatikai elemzéseken keresztül a nyomdakész térképek előállításáig terjed.

Alapszolgáltatások: szkennelés (450 m), nyomtatás (500 m), digitalizálás, archiválás, kollégák informatikai-technikai segítése (> 500 alkalommal)

Rendszerüzemeltetés:

— 143 db PC és laptop, 14 db szerver, + nyomtatók, + hálózat.

— Levelezőrendszer kezelése és működtetése.

— Informatikai balesetek gyors kezelése.

— Meglévő gépek bővítése, új gépek és szerver(ek) beszerzése.

— Központi hardver- és szoftverleltár kialakítása.

— A könyvtári informatikai rendszer támogatása (Hun-téka).

Projektfeladatok:

— Bakony hegység földtani térképe 1:50 000.

— Dunántúli-középhegység bauxitföldtani térképe 1:50 000.

— Geotermikus koncessziós feladatokhoz kapcsolódó érzékenységi vizsgálatok

— Az országos és regionális, valamint helyi területrendezési tervek földtani veszélyforrás övezeteinek kijelölése.

— Bányászati mélyművelés-technológiai eredetű földtani bányatérsegek, illetve ebből származó földtani üregek, vagy feltételezhető üregek geofizikai azonosítására irányuló technológiák vizsgálata.

— Felszíni deformációk vizsgálatához kapcsolódó térképi és adatrendszerek harmonizációja.

— Felszínmozgásos területek földtani térképezése és geofizikai reambulációja a Balatoni-magaspartok térségében (Kenese–Fonyód).

— Lidl projekt (áruházak földtani veszélyeztetettsége).

— Magraktár projekt.

— Bauxitkutatási adatbázis egységesítése.

— A Gerecse hegység 1:50 000-es földtani térképének szerkesztése (tatai lap).

Külön kiemelő az a négy EU-projekt, melyben munkacsoport vezetőként vagy résztvevőként vagyunk jelen. Az alábbi lista a projekteken belül ellátott informatikai feladatokat tartalmazza:

TransEnergy

— 3D földtani felületek készítése, harmonizálása: a részfeladat teljes szakmai felügyelete, ellenőrzése, megoldási javaslatok, új technológiák bevezetése,

— metaadat szerkesztés,

— topográfiai alap összeállítás,

— digitalizálás,

— munkatérképek gyártása.

T-JAM

— A projekt adatbázisának végelegesítése.

— Földtani szelvények egységesített, végleges változatainak elkészítése.

— Felszíni és prekainozoos földtani térkép webes publikálása.

— Földtani szelvények webes publikálása.

EuroGeoSource

— WP3 közreműködés (magyar vezetéssel),

— projektvezetés,

— adatszervezés,

— térképi adatbázis építés,

— adatkonvertálás (MGE–ArcGIS).

ThermoMap

— webes publikálás.

Az osztály kezeli a MÁFI stratégiaileg kiemelt fontosságú adatbázisait. A *geobank* fejlesztése keretében 2011-ben az alábbi mérföldköveket tettük le:

— Fűrészek minősítése.

— Duplikátumkeresés elméletének kidolgozása.

— Tetszőleges pontszerű objektum tárolása.

— Tetszőleges paraméter tárolása.

— A „MOL-os”, a Térképezési Osztály által átértékelt, fűrészek adatbázisba töltése.

— A kútataszter (kutkat) objektumainak feldolgozása: 75 978 beazonosítás, 15 132 új objektum.

— Virtuális adattörlés 2 emberhónapnyi adatjavítás.

30 térképi adatbázist (SDE) tartunk karban, ezekre több mint 250 térkép (mxd) épül. Üzemeltetjük a MÁFI térkép-szerverét (mafi-loczy), melyen 13 webtérkép tekinthető meg és biztosítja egyúttal a hozzájuk tartozó WMS szolgáltatást is.

Egyéb jelentős tevékenység:

— Verzióváltás: ArcGIS 9.3.1-ről ArcGIS 10-re.

— ArcGIS szerver telepítése.

— Geoinformatikai oktatás: ELTE, MBFH, MÁFI.

— Szakmai népszerűsítés általunk megoldott térképi környezeten keresztül: RenExpo, GeoForagtag).

— Metaadat kezelő portál (geo-portal.mafi.hu) működtetése Az osztály látja vendégül 2012-ben a nemzetközi Földtudományos Információs Konzorcium (Geoscience Information Consortium) éves gyűlését. Ennek szervezését teljes mértékben az osztály végzi.

## Laboratórium

*Osztályvezető: BARTHA András*

**Anyagvizsgálati szolgáltatások végzése:**

— Közreműködés az intézet által vállalt külső szerződésekben (Kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék elhelyezése, Kolontár, Transenergy, T-JAM, MBFH stb.);

— Laboratórium saját külső szerződésai (40 darab külső megrendelő).

— 1 db OTKA szerződés.

— A MÁFI osztályainak végzett szolgáltatások.

— Az Intézet kutatói által elnyert OTKA és TÉT pályázatok anyagvizsgálati feladatainak teljesítése.

## 2011-ben megrendelt és teljesített vizsgálatok:

Megnevezés	Igényelt	Elkészült	Áthúzóó
	db		
Törés	530	530	0
Kőzetkémia	627	441	186
Víz kémia	574	566	8
ICP-MS kőzet	280	241	39
ICP-MS víz	281	281	0
Hg kőzet	562	527	35
Hg víz	70	70	0
Szerves geokémia	192	182	10
Csiszolat készítés	223	223	0
Fázisanalízis	67	67	0
Szediment vizsgálat	122	113	9
Őslénytani előkészítés	100	100	0
OSL kormeghatározás	29	24	5
<b>Összesen</b>	<b>3657</b>	<b>3220</b>	<b>437</b>

## Egyéb tevékenységek:

— Szekvenciális kioldások pontosságának növelése; mérési paraméterek optimalizálása P-OES és ICP-MS módszerekkel. Ebben a témában folyamatosan végzünk elemzéseket és módszerfejlesztést több projekt számára is. (A talajvíz nagy arzéntartalmának eredete fiatal medencékben c. OTKA pályázat mintáinál, ill. a vörösiszapminták esetében is végzünk ilyen méréseket).

— Laboratóriumi vizsgálatok eredményeinek értelmezése és feldolgozása a MÁFI projektek igényei alapján. Ezt a tevékenységet folyamatosan végezzük.

— 2011-ben is részt vettünk a „QualcoDuna Interkalibráció” jártassági vizsgálatokban: felszín alatti vízminták, talajminták, és iszapminták körelemzésében, melynek eredményeit elfogadták.

— „A talajvíz nagy arzéntartalmának eredete fiatal medencékben c. OTKA” pályázatot folytatjuk.

— A begyűjtött és leadott minták elemzése mellett fontos módszerfejlesztési kérdéseket is meg kell oldanunk. Különösen a terepi oxidációs állapot tartósítása tekinthető kulcskérdésnek. Fontos feladat a sorozatos kioldások eredményeinek értékelése is. A mérések, a módszerfejlesztések és az értékelések folytatódnak.

— Az Omninvest számára vakcinák mérését végezzük Hg- és Al-tartalom meghatározásra.

— A British Geological Survey számára rendszeresen végzünk higanyelemzéseket talaj, ill. stream sediment mintákból.

— Részt veszünk a „Nanoezüst bevonatú csípőprotézis vizsgálata állatmodellen” című kutatásban (a Semmelweis Egyetemmel közös projekt). Feladatunk állati szövetminták ezüsttartalmának meghatározása.

— A Golder Zrt-vel kötött szerződés keretén belül Bátapátiban végzett nyomjelzéshez végeztünk analitikai méréseket ICP-MS, ICP-OES és IC technikákkal.

— A laboratórium dolgozói részt vettek a „Geokémiai transzportmodellezés érzékeny vízgyűjtők szennyeződés kockázatvizsgálatára” című Norvég Alap – OTKA projektben. Módszertani fejlesztéseket, elemzéseket végeznek, publikációkban működnek közre.

— A kolontári katasztrófával kapcsolatban az első perctől kezdve aktívan részt veszünk a vörösiszapminták elemzésében, értékelésében. Együttműködés a USGS szakembereivel.

— A laboratórium elkészítette a mintavétellel, ill. szennyvíz és hulladékelemzéssel kibővített új minőségirányítási kézikönyvét, és 2011 végén beadta a NAT-ba. Elbírálás várható időpontja: 2012. február.

## Pályázati tevékenység:

— Részt veszünk „A talajvíz nagy arzéntartalmának eredete fiatal medencékben” c. OTKA pályázatban. Méréseket végeztünk és az értékelésekbe is bedolgoztunk.

— Részt vettünk a „Geokémiai transzportmodellezés érzékeny vízgyűjtők szennyeződés kockázatvizsgálatára” című Norvég Alap – OTKA projektben.

— Vietnami–magyar TÉT pályázatot adtunk be még 2009-ben „A magyarországi és a dél-vietnami arzénos vizek hidrogeológiájának, genetikájának összehasonlító vizsgálata” címmel. A pályázat nyert, szerződés-kötés 2011 végén várható.

— Marokkói–magyar TÉT pályázatot adtunk be még 2009-ben „Nehézfémmobilitás térbeli modellezése bányászati vízgyűjtőkben az Európai Unió és szomszédai különböző klimatikus területein. Összehasonlító vizsgálatok Magyarország és Marokkó területéről” címmel. A pályázat nyert, szerződés-kötés 2011 végén várható.

## Együttműködő partnerek:

— Együttműködés a MÁFI kutatási egységeivel anyagvizsgálati feladataik megvalósítása érdekében.

— Együttműködés a Földtani OTKA Műszerközpont tagintézezeivel (ELTE, SZE, VITUKI Rt., ATOMKI, MTA FKK GKL), Debreceni Egyetem Ásvány-Földtani Tanszék, Izotópkémiai Tanszék, Szegedi Egyetem Ásványtani Geokémiai Tanszék, USGS, ELGI, GKL, Bálint Analitika, Smaragd Kft.; Hydrosys Kft., British Geological Survey

A Laboratórium munkatársai egyetemen oktattak (Debreceni Egyetem); egyetemi hallgatók számára előadásokat és laborbemutatókat tartottak (ELTE, Miskolci Egyetem, Budapesti Műszaki Egyetem); pályázatokat bíráltak, folyóiratcikkek lektoráltak, részt vettek különböző szakmai szervezetek vezetőségi munkájában.

## Országos Földtani Szakkönyvtár

## Osztályvezető: PIROS Olga

Megoldott feladatok: A könyvtárral szemben megfogalmazott elvárásoknak eleget téve a könyvtár a teljesség igényével gyűjti a Kárpát-medence földtani és a határterületek irodalmát, melyet állományába épített, megőr-

zött, feltárt és az olvasók kérésének megfelelően szolgáltatott. Katalógusának egy része a Huntéka könyv adatbázison keresztül elektronikus úton is hozzáférhető. Szakirodalmi tájékoztatást nyújt a GeoRef, CD-n megjelenő adatbázisából, az EISZ-en keresztül elérhető adatbázisokból, illetve az előfizetések révén hozzáférhető on-line folyóiratokból.

— Kutatóink és olvasóink szakirodalmi ellátását segítjük olvasótermeinkben. Diákoknak segítséget nyújtunk téma-keresésben, szakirodalmi kutatásban, bibliográfia összeállításban, a földtudományi szakirodalom elektronikus és manuális adatbázisainak megismerésében. Felhívjuk figyelmüket a módszeres irodalomkutatásra.

— Közszolgálati feladatként a könyvtár muzeális anyagainak referálását befejeztük a Mokka-R könyvtári program keretében. A 303 muzeális (1850 előtt megjelent könyvekről van szó) tétel megjelenik a nemzeti adatbázisban. Az adatbázis elérhető a [www.eruditio.hu/lectio/mokka-r](http://www.eruditio.hu/lectio/mokka-r) címen.

— 2011-ben saját és társintézményeink (MÁFI, ELGI, MBFH) munkatársain kívül a külső olvasók száma 216 fő, ebből a budapesti és vidéki egyetemekre járók száma 108 fő. Az olvasók száma az előző évhez képest 21 fővel gyarapodott. A beiratkozott diák olvasóknak ingyenesen másolt oldalak száma 1007.

— Olvasótermeinkben a helyben használt dokumentumok mennyisége 1047 szöveges leltári egység és 409 térkép. A kikölcsonzótt szöveges dokumentumok száma 672 leltári egység, a térképeké 818 leltári egység.

— Könyvtárunkhoz 116 írásos könyvtárközi kérés érkezett, melyet másolat vagy elektronikus, ill. postai küldés formájában teljesítettük (540 oldal). A kérések száma csökkent. Mi 23 esetben kértünk segítséget.

— Adatbázisainkban 96 fő részére 167 témakörben végeztünk keresést. A találatok száma 6192 volt. A témakörök száma nőtt, a találatok száma csökkent, ami annak lehet az eredménye, hogy az olvasók speciális témákat kerestek. A keresések 22%-a Georef adatbázisból 11%-a az EISZ adatbázisaiból történt. Mivel az EISZ adatbázis az intézet minden gépéről elérhető, ez az adat csak a külsős olvasók használatára vonatkozik.

— Az állomány védelme érdekében kutatóinknak, olvasóinknak 11761 oldalt másoltunk.

— Az év folyamán 282 darabbal emelkedett a könyvek száma, ezek közül csere 16% hagyaték vagy ajándék 78%, saját kiadvány 6 tétel, vétel 9 tétel volt, ezeket többnyire OTKA témák terhére vásárolták. A folyóiratok közül októberben visszamenőlegesen 11 félélt volt lehetőségünk megrendelni. Intézeti kiadványokért cserébe összesen több mint 300 különböző folyóiratot kapunk. A leltározott térképek száma 106 egységgel gyarapodott. A CD, DVD, videónyilvántartásba 9 új egységet jegyeztünk be.

— A Huntéka adatbázisa 1043 tétellel gyarapodott. Amely majdnem háromszorosa az előző évének. Ennek nagy részét a nyári zárás alatt történő intenzív feldolgozás alatt sikerült bevinni. A rendszerben jelenleg kereshető dokumentumok száma: 14 881.

— Aktualizáltuk számítógépes adatbázisainkat és a

retrospektív állományellenőrzés folyamán javítottuk manuális katalógusainkat is.

— A nyári zárás idején különös hangsúlyt fektettünk a leltári számsorrendi és személyi ellenőrzésre. Ennek eredményeképpen 537 esetben pótoltuk a hiányzó állományt. Ehhez hozzájárult a nyugdíjba vonuló kollégák által a könyvtárnak adományozott dokumentummennyiség.

— Cserés partnereink adatbázisát változó adataikkal frissítettük. 2011. év végén 381 partnerrel állunk cserés kapcsolatban. Ez évben befejeztük a cserés kapcsolatok felülvizsgálatát, az inaktív cserés partnerek kiszűrését. A partneri kapcsolatok aktivizálásával számos cserés kapcsolat újult meg, ennek eredményeképpen új folyóiratokkal fejleszthettük az állományt. Ebben az évben nem volt lehetőségünk az összes cserésnek kiküldeni az új kiadványokat, de a reklamálásokra rendszerint postáztunk.

— A duplum anyagokból május elején és novemberben 3-3 napos vásárt rendeztünk, melynek során jelentős mennyiségű duplum anyagot értékesítettünk. Ezzel helyet nyertünk az új kiadványok elhelyezésére.

— Konferenciákhoz, földtani rendezvényekhez kötődően 8 alkalommal árusítottunk a könyvtáron kívül (pl. Budapest, Nagykanizsa, Pécs, Miskolc stb.).

— Az intézeti kiadványokat tartalmazó kiadványtárból 1293 db könyvet, 123 db térképet, és 39 CD-t értékesítettünk. A könyvek jelentős részét a 200 000-es atlasz kötetei tették ki.

— Együttműködési munkaanyagként 248 könyv, 39 térkép került kiadásra.

— A magyar földtani irodalom feldolgozását 2011-ben is folytattuk. 95 bibliográfiai egységet küldtünk a GeoRef adatbázisa számára, eleget téve a szerződési kötelezettségünknek.

— A könyvtár és térképtár dokumentumainak elektronikus archiválása során 150 dokumentum 9704 oldalát szkenneltük be.

*Együttműködő partnerek:* A Földtani gyűjtőkörű könyvtárak. A Könyvtárosok Egyesülete, Műszaki szekciójának tagja a könyvtár.

### *Országos Földtani Múzeum*

*Osztályvezető: KORDOS László*

*2011-ben elvégzett feladatok:*

Gyűjteményfejlesztés: 2011-ben. A Gyarapodási Napló adatai szerint 12 tétellel (közettel és különböző ősmaradványokkal gyarapodott a múzeum állománya).

Leltározás: Az év során 149 új leltári tétellel gyarapodott, és így a múzeum leltári állománya 2011. december 31-én 184 428 tétel. A felújított Ariadne rendszerű számítógépes nyilvántartás (10 953 tétel) a rendszer felújítása és további használhatatlansága miatt nem gyarapodott. A 2011-ben leltári tételbe vett tárgyak adatait hitelesített listákon az adott leltárkönyvekben elhelyeztük.

Revízió: Az Ásvány-Teleptani gyűjtemény revíziója (PÉTERDI Bálint irányításával, SOMOGYI Éva, TÓTVÁRADI Enikő, TÓTH Enikő, PETRÓCZINÉ GECSE Zsuzsanna segít-

ségével) során a MÁFI Stefánia úti épületében őrzött 10 szekrénynyi tétel felülvizsgálatával (a leltárkönyvi és alátétcedulán szereplő adatok szinkronba hozása; elhelyezési adatok ellenőrzése és pontosítása) megtörtént. Továbbá megkezdődött a Triász Gyűjtemény revíziója; a Rákóczi-telepen tárolt leltározott tárgyak közül elvégeztük a Magyarország agyagja, vasérci, szenei, valamint a külföldi összehasonlító bauxitgyűjtemények revízióját.

Múzeumi szolgáltatás: A gyűjtemény anyagának vizsgálata érdekében a tárgyévben 68 külföldi és 89 hazai kutató kereste fel a múzeumot. Kölcsönzésre 40 esetben került sor. A fűrési magmintaraktárak anyagainak vizsgálatát 23 esetben igényelték (70 fűrás). Az intézetet és kiállításait 3121 fő látogatta meg (661 felnőtt, 1275 diák és nyugdíjas, 1185 fő diákcsoportban, valamint a nyitott Kulturális Örökség Napjain ingyenesen). Iskolai ásvány- és kőzetgyűjteményt 5 igénylő iskolának adtunk át. A múzeum szervezte és biztosította a MÁFI Dísztermének és Lábnyomos termékének hasznosítását (40 nap).

Működési engedély és egyéb jogi kérdések: Az Országos Földtani Múzeum kérelmére 2005. augusztus 30-án egy év időtartamra ideiglenes működési engedélyt kapott a Nemzeti Kulturális Örökség Minisztériumától. Az előírt hiánypótlások igazolásával ellátott, a végleges engedély megadásához szükséges okmányokat 2008-ban megküldtük, majd az NMFI Közgyűjteményi Főosztálya 2010 októberében további adatokat és újraindított eljárást kért. Ugyanakkor 2010-ben a minisztérium részéről elrendelt szakfelülvizsgálata 2011-ben lezajlott. A jegyzőkönyvek hiányosságokat nem tártak fel. További fejlemény, hogy 2010 októberében a Kulturális Örökségvédelmi Hivatal eljárást kezdeményezett az Országos Földtani Múzeum állományának védetté nyilvánítása érdekében, amelyhez 2011-ben szekrényleltár pótlását kérte, amit megküldtünk.

A GriffSoft konzulense és a MBFH Pénzügyi osztályának vezetője 2011-ben tájékozódott arról a lehetőségről, hogy a gyűjtemény teljes állományát miként lehetne chipalkalmazással, a múzeumi tárgyak értékének meghatározásával elektronikus leltárba venni.

2011-ben a MÁFI-n belül munkacsoport kezdte meg a magmintaraktárak állományának tételes újrafelvételét.

#### *Kutatás:*

— KORDOS László, PAZONYI Piroskával (PhD, MTM-MTA) nyomdakész formában elkészítette a „Magyar ősgérinces típusok atlasza. (Arvicolidae)” c. kiadványt.

— 2011-ben több, rendszerint sokszerzős nemzetközi tanulmány készült a rudabányai lelőhely különböző szempontú értékeléséről.

— HÁLA József tudománytörténeti kutatásai kiterjedtek az intézet, a magyar geológiai és bányászat történetére és néprajzára, valamint JÓKAI Mór, SZABÓ József, CSÍKY Gábor, KALECSINSZKY Sándor, báró NOPCSA Ferenc és TORDAY Emil életére és munkásságára.

— PAPP Péter a Magyarhoni Földtani Társulatban, az EMT-ben (Kolozsvár) és a XIII. Székelyföldi Geológus Találkozón tartott tudománytörténeti előadásokat.

— PÉTERDI Bálint 2011-ben beadta „Szerszámkövek és

csiszolt kőszerszámok archeometriai vizsgálatának eredményei (Balatonöszöd – Temetői dűlő lelőhely, késő rézkor, bádeni kultúra) címmel PhD értekezését.

— SZEGŐ Éva az intézeti külső megbízásokhoz kapcsolódva őslénytani, biosztratigráfiai szakvéleményeket készített különböző lelőhelyekről származó minták (Bp. XII. ker. Apór Vilmos tér és Bán utca; szíriai Quar Kapte és Margat; a horvátországi Bodolya és Darázs) mikrofaunájáról.

*Oktatás:* KORDOS László egyetemi tanári kinevezéssel geográfus MSc hallgatókat tanít a Nyugat-magyarországi Egyetem szombathelyi természettudományi karán, továbbá diplomamunkák és PhD hallgatók témavezetője és külső konzulense a Debreceni Egyetemen és az ELTE-n. Meghívott előadó a Miskolci Egyetem Bölcsészettudományi Karán.

## **MBFH együttműködési feladatok**

### *Az MBFH–MÁFI közreműködési megállapodásban végzett feladatok*

**Bányatelekkel le nem fedett, de nyilvántartott, megkutatott ásványinyersanyag-lelőhelyek térinformatikai rendszerbe helyezése, hiányzó adataik pótlása**

*Témavezető: SCHAREK Péter, MÁELGI felelős: LENDVAY Pál*

*A kutatás célja:* A jelenleg ismert, 1565 db szabad területről csak település szintű adatok vannak az Országos Ásványvagyon Mérlegben. A korszerű információs rendszer kiépítéséhez szükség van a kutatási terület, ill. a készletszámítási egységek sarokpont-koordinátáira, egységes EOV rendszerben, digitális topográfiai alapon. Ugyancsak hiányzik a nyersanyagot tartalmazó földtani képződmény pontos közzétani típusa és sztratigráfiai helye, mely alapján az adatbázis összekapcsolható a MÁFI digitális földtani térképével, ill. fűrési adatbázisával.

A végső cél az eddigi szabad területek olyan minősítése, mely alapján eldönthető a területek nyilvántartásban történő tartása, vagy az onnan történő törlésük. Ezek alapján kialakulhat egy tényleges kép az ország ismert és hasznosítható ásványvagyon készleteiről.

*Előzmények:* A Magyar Bányászati és Földtani Hivatal (MBFH) 2008-ban kért először ajánlatot az Országos Ásványvagyon Nyilvántartásban szereplő ún. szabad területek adatai térinformatikai rendszerbe helyezéséről. A MÁFI és az MÁELGI elkészítette a feladat lehetséges munkatervét. Ennek alapján az MBFH 2010-ben az MÁELGI-nek adott megbízást a munka megkezdésére, 2011-ben pedig mindkét intézet feladata lett a folytatás és a nemérces előfordulások adatbázisának befejezése párhuzamosan két projektben (E3 és M1).

*2011-ben elvégzett feladatok:* Az elfogadott munkaterv szerint, a projekt keretében 559 szabad terület kutatási jelentéseit néztük át, az adatokat Excel táblázatokban gyűjtöttük



össze, értékeltük és a fellelt koordináták alapján, térképen ábrázoltuk. Elkezdjük a Borsodi-medence szén szabad területei kigyűjtését, adattári kutatást végeztünk Miskolcon és Budapesten, megalapozva a tervezett 2012-es munkát.

*Termék:* A munka végeztével, június 30-án jelentést adtunk le és CD-n csatoltuk a digitális állományt.

*Együttműködő partnerek:* Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (MÁELGI), Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, MBFH Bányakapitányságok Földtani és Adattári osztályai.

### Geotermikus koncessziós feladatokhoz kapcsoló érzékenységi vizsgálatok

*Témavezető:* GYURICZA György, MÁELGI felelős: ZILÁHI-SEBESS László

*A kutatás célja:* Környezeti érzékenységi-terhelhetőségi vizsgálat a kijelölt geotermikus koncessziós területekre.

*Előzmények:* A Bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvény 2010. év eleji módosítása alapján a geotermikus energia vonatkozásában zárt területnek minősült az ország egész területén a természetes felszíntől mért 2500 m alatti földkéregész. Emellett a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal Hivatalos Értesítőjének 2010. évi 91. számában megjelentek értelmében a szénhidrogének, a szén-dioxid, a széntelepekben leköttött metán, a feketeszén, az ércek (beleértve a bauxitot is) vonatkozásában a Magyar Köztársaság egész területe zárt területnek minősül. A zárt területeken a rendelkezésre álló földtani adatok, valamint a vállalkozói kezdeményezések alapján a miniszter koncessziós pályázatot hirdethet meg azokon a területrészekon, ahol — a külön jogszabály szerinti érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálatok figyelembevételével —, az ásványi nyersanyag bányászata, illetve a geotermikus energia kinyerése energetikai célra kedvezőnek ígérkezik.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Szilvágy, Zalalövő, Körmen, Jászberény, Nagykanizsa és Gödöllő geotermikus területek érzékenységi-terhelhetőségi vizsgálata.

*Együttműködő partnerek:* VKKI

*Termék:* 6 db vizsgálati jelentés, ebből 4 továbbfejlesztve jelentés tervezetté, internetes közlésre.

### A kutatások során keletkezett magmintaállomány kezelése

*Témavezető:* MAROS Gyula

*A kutatás célja:* A mélyfúrások magmintaraktárakban őrzött kőzetanyaga az ország egyedülálló, pótolhatatlan földtani értéke, mivel a mélyből származó minták mindegyike egyedi, felbecsülhetetlen tudományos értéket képvisel. Pótlásuk a jelenlegi gazdasági helyzetben lehetetlen. Gazdasági jelentőségük az ország földtani felépítéséhez kapcsolódó jelenlegi és jövőbeni projektek kivitelezésében (pl. megújuló energiaforrások kutatása, nyersanyagprognózis és -bányászat, mélységi vizek hasznosítása) meghatározó.

A szerződés végrehajtásának célja a magmintaraktárakban tárolt anyagok új működési rendjének kialakítása, a mintaanyagok felmérése, állapotuk vizsgálata valamint a

releváns információk korszerű, web-alapú adatbázisba vitele.

*Előzmények:* Az intézet anyagi lehetőségeinek folyamatos romlásával a mintaraktárak és a bennük tárolt mintaanyagok állapota leromlott, szükségessé vált a működés és a leltár felülvizsgálata.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Felülvizsgálati ütemterv elkészítése. A magraktárak igénybevitelét igazoló dokumentumok összegyűjtése (5 év), éves statisztika elkészítése. A magmintaraktárakban őrzött anyag leltárának és mintaanyagának felmérése, a tételes felülvizsgálat megkezdése, számítógépes adatbázisának elkészítése. Szükség esetén leletmentés és magszkenneléssel összekötött dokumentálás megkezdése. A menthetetlen anyagok körültekintő selejtezésének megkezdése, a selejtezés szabályzatának elkészítése.

*Együttműködő partnerek:* MBFH

*Termék:* Az éves munkákat bemutató, nemzetközi felmérést is tartalmazó, állapotfelmérő jelentés: M3\_A MÁFI Mintaraktárainak felülvizsgálata, 2011.pdf. Ezen kívül a mintaanyagok felmérésének téradatbázisa, valamint a mintaanyagok leltárának egyesített adatbázisa.

### Az országos és regionális, valamint helyi területrendezési tervek földtani veszélyforrás övezeteinek kijelölésében, illetve az adatok előírt (internetes) közzétételében való közreműködés

*Témavezető:* SZURKOS Gábor

*A kutatás célja:* Elsőként a koncessziós területeken lévő települések területrendezési tervekhez kapcsolható potenciális földtani veszélyforrásainak felmérése és prognosztikus vizsgálata, illetve az adott területek minősítése a tervben szereplő területhasználat földtani közeget veszélyeztető, illetve az adott földtani közegnek az adott területhasználat befolyásoló prognosztizálható hatása alapján. Külön kell vizsgálni az adott térségben a tényleges és tervezett lakó-, az ipari, az üdülő- és a mezőgazdasági övezeteket. A prognosztikus vizsgálatnak ki kell terjednie arra is, hogy mi történhet a terület átminősítése (pl. üdülőövezetből lakóövezetbe) után. Módszertani kutatásként el kell végezni a feladatot egy nagyváros (vagy egy budapesti kerület) és egy község területére.

*Előzmények:* Az 1970-es években készült Budapest Építésalkalmassági térkép felhasználása, reambulálása, aktualizálása, illetve az önkormányzatoknál található adatok felhasználása.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Az első félévben Budapest III. kerület, területrendezési tervekhez kapcsolható potenciális földtani veszélyforrásainak felmérése és prognosztikus vizsgálata. A kerület területének felosztása a területhasználat veszélyeztető földtani veszélyforrások szerint. Leányfalu, mint új terület földtani veszélyforrás felvételezésének beindítása a Budapest, III. kerület tapasztalatai alapján.

*Együttműködő partnerek:* Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (MÁELGI), Magyar Bányászati és Földtani, Hivatal.

A különböző hulladéktípusok (kommunális, ipari, bányászati, veszélyes, radioaktív) elhelyezésének szükséges természetes (földtani) védelem követelményeinek meghatározása

*Témavezető: JORDÁN Győző*

*A kutatás célja:* Az MBFH elnöke által közzétett inert bányászathulladék-lista szükséges geokémiai dokumentációjának elkészítése.

*Előzmények:* A bányászati hulladékok elhelyezése földtani követelményrendszerének jogszabályi áttekintése, különös tekintettel a hazai földtani viszonyokra, illetve BAT és más nemzetközi iránymutató dokumentumok alapján. A legújabb tudományos eredmények és korszerű technológiák ismeretében a követelményrendszer szakmai áttekintése. Az inert bányászathulladék-listában szereplő hulladékok inert minősítésének geokémiai dokumentációja adattári áttekintéssel, terepi mintázással a hulladékból, illetve a környezettől esetleges szennyeződések megismerésére, a kidolgozott mintavételi stratégia alapján. A kiválasztott hulladékminták laboratóriumi vizsgálata teljes feltárással és kioldási tesztekkel, ICP-MS (geokémiai összetétel) és XRD (ásványtani összetétel) vizsgálattal.

*2011-ben elvégzett feladatok:* BAT és más nemzetközi iránymutató dokumentumok alapján dokumentációs listát állítottunk össze a bányászati hulladékok elhelyezése földtani követelményrendszerének jogszabályi áttekintéséhez. Az inert bányászathulladék-listában szereplő hulladékok inert minősítése geokémiai adatainak összesítését elvégeztük. A bányászati hulladékok elhelyezése földtani követelményrendszerének jogszabályi áttekintése megtörtént. Inert bányászathulladék-lista geokémiai dokumentációjának elkészítése megtörtént.

*Termék:* Összefoglaló jelentés az inerthulladék-lista geokémiai dokumentációjáról.

A környezeti és hatásvizsgálatokhoz, valamint a hulladék-elhelyezéshez kapcsolódó környezeti adottságok felmérése és közreműködés egyes hulladéktípusok minősítésében

*Témavezető: FÜGEDI Ubul*

*A kutatás célja:* Magyarország litológiai egységei geokémiai alapszint értékeinek meghatározása, néhány kiválasztott koncessziós területen.

A Magyarországon toxikus elemeket határérték fölötti mennyiségben tartalmazó kőzetek számbavétele, elterjedési területük lehatárolása.

Egyes hulladéktípusok minősítéséhez szükséges laboratóriumi feltételek biztosítása.

*Előzmények:* FÜGEDI P. U. et al.: Földtani formációk elemtartalom adatbázisának összeállítása. Jelentés. Kézirat, KBFH Adattár. Ter: 21163.

*2011-ben elvégzett feladatok:*

- Adatfeltöltés két geotermikus koncessziós területre.
- Földtani veszélyforrás adatbázis bővítése.
- Akkreditált talajminta-vételi rendszer kialakítása.
- A MÁFI Laboratórium akkreditációjának kiterjesztése.

— A határértékek rendszerének kvantitatív, szakmai felülvizsgálata.

*Termék:* A környezeti és hatásvizsgálatokhoz, valamint a hulladék-elhelyezéshez kapcsolódó környezeti adottságok felmérése és közreműködés egyes hulladéktípusok minősítésében. MÁFI-MBFH Együttműködés, Kutatási jelentés, 2011.

*Együttműködő partnerek:* MÁELGI

Téradatok egységes, térkép alapú lekérdező és megjelenítő rendszerbe foglalása

*Témavezető: TURCZI Gábor*

*A kutatás célja:* Az intézményrendszeren belüli adat-hozzáférés természetes, sőt elvárt követelmény. A projekt a térinformatika azon alapelehetőségét használja ki, hogy a térbeliség az egymástól független információkat összekapcsolja, a különféle nyilvántartások objektumait egységes rendszerbe foglalja. Ez lehetővé teszi a hatósági munka, a kutatási tevékenység egységes rendszerben történő támogatását. Alapvető cél a földtani intézményrendszer adathozzáféréseinek technikai megalapozása, az adatok együttes kezelésének kidolgozása.

2011-ben a projekt célkitűzése az volt, hogy elkészül egy tesztelhető részadatbázis.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A megfogalmazott cél érdekében felépítettünk egy térképszervert. Az optimális sebességviszonyok elérése érdekében a MÁFI ezen gépe egy külső, széles sávot biztosító „szerverfarmon” üzemel. Jelentős előkészítést igényelt a munka, mert egyszerre három lényeges szoftver cseréje is megtörtént. Az operációs rendszer, az SQL Server és az ArcGIS Server esetében nagyságrendi verzióváltást hajtottunk végre. A hangolást követően a következő szolgáltatásokat indítottuk el:

*Térkép:*

- Topográfiai térkép 1:50 000–1:200 000 méretarány számára,
- 1:100 000 Magyarország földtani térképe,
- Magyarország fúráspon téréképe, a fúrások alapvető törzsadataival,
- Alábányászott területek (földtani veszélyforrások),
- Magyarország szeizmikus nyomvonalai,
- Magyarország nyersanyagkészlete — bauxit,
- Bányászati szabad területek,

*Adatbázis:*

- Fúrási adatbázis (180 000 db),
  - Magyarország földtani egységeinek kódszótára,
  - Litológiai kódszótár,
  - Fácies/genetika kódszótár,
  - Geológiai korok kódszótár,
- Az adatsorokon belső (MÁFI) és külső (MBFH, MÁELGI) tesztekkel folytattunk.

— *Mintaadatbázisok:* A projekt két konkrét adatbázison keresztül tervezte bemutatni az alkalmazott technológiát. A munka során azonban több olyan projekt eredményét is sikerrel integráltuk, amelyek más munkafolyamatokban szerepeltek.

— *Szeizmikus nyomvonalak:* Az MÁFGB Adattár átadta SHP formátumban a nyomvonalakat (6487 db). Felépítettük az SDE adatbázist a Földtani-, geofizikai objektumkataszter kategóriában. Vizsgáltuk a nyomvonalak topológiai rendjét (önmagát keresztező, vagy önmagával átfedő vonalak). A 2 db topológiai hibás nyomvonalról tájékoztattuk az MÁFGB Adattárat.

Összehasonlítás céljából elkértük a MÁELGI által kezelt nyomvonalakat is (801 db), melyek — a darabszámok alapján — az adattári nyilvántartásnak csak egy részhalma. A részhalmoz új nyomvonalat nem tartalmazott. A két adatbázis geometriai összehasonlítása változó mértékű nyomvonal eltérést mutat (átlag 30 m).

— *Fúrás adatbázis:* A fúrás adatbázis webes szolgáltatása a fúrások törzsadataival már egy régóta üzemelő MÁFI szolgáltatás. Ez egy ArcGIS-től független WEB alkalmazás. A projekt keretében tesztelési céllal hozzáférhetővé tettük a rétegsoradatokat is. A projekt keretében olyan fúráspontról térkép ArcGIS szolgáltatását indítottuk el, amely közvetlenül a fúrás adatbázist használja (event theme). Ez lehetővé teszi a területi megkutatottság vizsgálatát, illetve a fúráspontról más térképpel való kombinálását. A fúrás törzsadatai az ArcGIS környezetben is lekérdezhetők.

*Termék:* A projektről zárójelentés készült.

*Együttműködő partnerek:* Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (MÁELGI), Magyar Bányászati és Földtani Hivatal

#### *Az MBFH–MÁELGI 2010. évi közreműködési megállapodásban tervezett feladatok*

Az ajkai vörösiszap-katasztrófa földtani környezetének vizsgálata a módszertan kialakítása céljából, a hatósági munka elősegítésére téma

*Témavezető:* TÖRÖS Endre (MÁELGI), MÁFI felelős: VATAI József

*A kutatás célja:* Cél az ajkai vörösiszap-katasztrófa hatására megváltozott földtani környezet vizsgálata a módszertan kialakítása céljából, a hatósági munka és a jogszabály-előkészítési feladatok elősegítésére.

Komplex földtani kutatás tervezése és kivitelezése a kolontári területen az előzetes földtani-geofizikai és hidrogeológiai modell felállítására és a módszertan kialakítására. Szeizmikus, geoelektromos szelvények mérése, és fúrás kiértékelés a telephely megismerése az esteleges földtani veszélyforrások feltárása céljából.

*Előzmények:* Az ajkai vörösiszap-katasztrófa nyomán szükségessé váló földtani-geofizikai vizsgálatok, és a Bányakapitányságok részére a bányászati és ipari hulladékok tárolására szolgáló létesítmények fenntartásához, létesítéséhez kapcsolódó információk összegyűjtése és átadása fontos szakmai feladat.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Elkészült a MÁELGI koordinálásával egy olyan módszertani jelentés, ami tartalmazza a műtárgy veszélyeztetettségét feltárni képes vizsgálatok fajtáit, alkalmazhatóságát és korlátait.

A gyakorlatban a földtani-geofizikai tudományág eredményei, kiegészülve a geotechnikával, egymásra épülnek. A zagyatárolók és környezetük vizsgálatához mindhárom módszerre szükség van, az érintett szakembereknek együtt, több szempont alapján kell elkészíteniük a terület értékelését, az adott helyen felmerülő konkrét kérdésekre kell megadniuk a választ.

*Együttműködő partnerek:* Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (MÁELGI), Magyar Bányászati és Földtani Hivatal

#### **Geotermikuspotenciál-felmérés, a koncesszióba vonható területek előzetes kijelölése**

*Témavezető:* NÁDOR Annamária, MÁELGI témavezető: ZILAHY-SEBESS László

*A kutatás célja:* A megújuló energiákról szóló közösségi politika és jog előirányzatainak való megfelelés, a hazai energiafüggettség csökkentése, a diverzifikáció növelése érdekében; a geotermikus koncesszióra való felkészülés feladatainak megkezdése.

*Előzmények:* A bányászatról szóló 1993. évi XLVIII. törvény (a továbbiakban Bt.) módosításáról szóló 2010. évi IV. törvény — többek között — a geotermikus energia kutatásával, kinyerésével, hasznosításával összefüggő feladatokat szabályozta újra, melyek a bányafelügyelet részére új, ill. részben új feladatot jelentenek. Tekintettel a Bt. 8–14. §, 22/B §, 25. §-ainak módosításaira, a feladat a geotermikus energia kinyerésére kijelölt potenciális rezervoárok területén belül koncessziós pályázatra alkalmas területek lehatárolása, a korábbi perspektivikus kezdeményezések területére vonatkozó földtani és geofizikai adatok összegyűjtése.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A téma keretén belül meghatároztuk a geotermikus koncessziós területek szakmai szempontrendszerét. Kijelöltünk 5 koncessziós területet. Javaslatot tettünk a koncessziós adatsomag tartalmára. Meghatároztuk a koncessziós tanulmányok adatszerkezetét. Adatgyűjtés történt 3 kijelölt területre.

*Együttműködő partnerek:* MÁELGI

#### **Geotermikus környezeti értékelés műszaki tartalmának meghatározása, a koncessziós feladatokra való felkészülés**

*Témavezető:* GYURICZA György, MÁELGI: ZILAHY-SEBESS László

*A kutatás célja:* Az előterjesztés alatt álló érzékenységi és hatásvizsgálatokat szabályozó kormányrendeletben javasolt vizsgálatok meghatározásához szükséges feladatok tartalmi és formai követelményeinek pontosítása, lehatárolása és módszertanának felállítása a bányászati koncessziós pályázatok kiírásához.

*Előzmények:* Az érzékenységi-terhelhetőségi vizsgálatokat szabályozó Kormányrendelet tervezete kidolgozás alatt állt, ehhez készült segédanyagként a „komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálat”-nak a földtan, vízföldtan, környezet-, táj- és természetvédelem, vízgazdálkodás és vízvédelem, kulturális örökségvédelem, talaj- és földvédelem, közegészségügy és egészségvédelem, nemzetvédelem,

területfejlesztés és ásványvagyon-gazdálkodás szempontjait figyelembe vevő vizsgálati terv.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A koncessziós kiírást megelőző érzékenységi–terhelhetőségi vizsgálatok módszertanának meghatározása a Kormányrendelet tervezet előírásainak megfelelően.

*Termék:*

Zilahi-Sebess L., Tóth Gy., Gyuricza Gy.: A geotermikus koncessziós pályázatokhoz kapcsolódó érzékenységi–terhelhetőségi vizsgálatok módszertanának kidolgozása a Korm. rendelet tervezetben megfogalmazott szempontok alapján. Tanulmány, kézirat (MFGBA)

### Előzetes felmérés Magyarország ritkaföldfém-potenciáljának kutatásához

*Témavezető: JORDÁN Győző*

*A kutatás célja:* A magyarországi ritkaföldfém-potenciált újravizsgálni és újraértékelni.

*Előzmények:* A ritkaföldfémek nélkülözhetetlenek a modern elektronikai iparban (számítógépek, LCD-monitorok, televíziók, energiatakarékos izzók), a katonai felszerelés gyártásában, valamint szélerőművek turbinájához és hibrid meghajtású autók motorjának gyártásában.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Elkészült a magyarországi földtani képződmények, ipari hulladékok (kohósalak, vörösiszap, erőműi pernye stb.), bányameddők ritkaföldfém-potenciáljának felmérése és értékelése. Magyarországi földtani képződményeken végzett korábbi kutatások eredményeinek összefoglalása és újraértékelése. Az újrarahasznosítás szempontjából előzetesen szóba jöhető ipari hulladékok, bányameddők ritkaföldfém-potenciáljának felmérése egy perspektivikusnak ítélt mintaterületen végzett elemzések értékelésével.

*Termék:* Összefoglaló jelentés.

### A földtani, geofizikai és bányászati adatrendszerek harmonizációja

*Témavezető: TURCZI Gábor, MÁELGI témavezető: VÉRTESY László*

*A kutatás célja:* A felmérés szempontrendszerének kidolgozása és intézményrendszeren belül való egyeztetése, a felmérés végrehajtása. A gyűjtött adatok alapján a meta-adatbázis összeállítás és dokumentálása. A következtetések megfogalmazása és a harmonizáció tervének elkészítése.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Kidolgoztuk a felmérés 12 elemű szempontrendszerét. Összeállítottuk intézményenkénti bontásban az adatrendszerek 142 elemű listáját. A kidolgozott szempontrendszer mentén elvégeztük az adatgyűjtést a lista minden elemére, összesen 142 tételre. A gyűjtött adatokat egy 3 munkalapból (intézményenként 1-1 db) álló Excel táblázatban foglaltuk össze. Ezt nevezzük az intézményrendszer adatrendszer meta-adatbázisának. A meta-adatbázis alapján jellemeztük az adatvagyon feltöltöttség, a digitalizáltság aránya és a rendezettség szempontjából.

Az állam földtani feladatainak ellátása érdekében szük-

séges a fejlesztés, erre koncepcióvázlatot állítottunk össze.

### Felszíni deformációk és egyéb földtani veszélyforrások vizsgálatához kapcsolódó térképi és adatrendszerek harmonizációja

*Témavezető: TURCZI Gábor, MÁELGI témavezető: RÁDI Károly*

*A kutatás célja:* A felmérés eredményeképpen aktualizáljuk a felszíni deformációk, földrengés veszélyeztetettség és településgeológia kutatási adatokra épülő adatmodellt és elvégezzük az adatrendszer bővítését. A különböző forrásból származó adatok harmonizációját, szükségessé váló korrekciókat két mintaterület kb. 50 objektumán valósítjuk meg, aminek alapján az országos adatrendszer harmonizációja is tervezhetővé válik. A munka megalapozza az országos és regionális, valamint helyi település-rendezési tervek földtani veszélyforrás övezeteinek kijelölését.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Adatkör felmérés: A MÁFI által összegyűjtött, a földtani veszélyforrásokhoz kapcsolódó releváns információk körének felmérése.

*Adatmodell aktualizálása:* A felszíni deformációk kataszterét leíró adatmodell bővítése a kapcsolódó releváns információk integrálásához: Adatkörök, adatkapcsolatok definiálása.

*Adatrendszer bővítése:* Az összegyűjtött információk integrálása a térinformatikai adatrendszerbe: Adatok feltöltése térinformatikai rendszerbe.

*Tartalmi harmonizáció mintaterületeken:* A kataszteri adatbázisban szereplő információk (földtani, vízföldtani) ellenőrzése (harmonizálása) az összegyűjtött és integrált adatrendszerekkel: Adatellenőrzés, térinformatika.

*Felszíni deformációk adatbázisának bővítése az elérhető földtani, vízföldtani és egyéb releváns térképekkel és fúrási adatbázissal.* Hollóháza és Rácalmás–Dunaújváros mintaterületekre eső eseményeknél elvégeztük a földtani információk tartalmi harmonizációját, vagyis összevetettük a kataszteri lap földtani leírásait a földtani térkép információival.

*Termék:* Összefoglaló jelentés.

### Bányászati eredetű földalatti üregekről, bányatérsegekről készült adatbázisok áttekintése és továbbfejlesztése

*Témavezető: TURCZI Gábor, MÁELGI témavezető: TÖRÖS Endre*

*A kutatás célja:* A bányászati eredetű földtani üregek térinformatikai adatbázisának tartalmi és szerkezeti meghatározása, adatfeltöltés közbeni ellenőrzése, fejlesztése. Az adatbázis feltöltése két mintaterületre Győr-Moson-Sopron és Vas megyében.

*2011-ben elvégzett feladatok:*

- adatgyűjtés és feltöltés,
- nyilvántartások, térképek kigyűjtése a Veszprémi Bányakapitányságon,
- a térképek ellenőrzése, egyéb információk összegyűjtése,

— egységes adatbázisséma módosítása az aktuális feladatoknak megfelelően,

— adatfeltöltés, az adatrendszer megbízhatóságának ellenőrzése.

Bányászati üregek térinformatikai rendszerbe állítása Győr-Moson-Sopron és Vas megye területén.

Az adatfeltöltéssel az adatrendszer működésének ellenőrzése, szükség esetén továbbfejlesztése.

Adatbázis-struktúra elkészítése.

Térkép alapú adatbázis felállítása: [http://mafi-loczy.mafi.hu/ab\\_ter/](http://mafi-loczy.mafi.hu/ab_ter/)

Az objektumok veszélyességi besorolása a felállított veszélyességi kategóriák alapján az alábbi területekre:

— Győr-Moson-Sopron megye: Bakonyszentlászló bauxit,

— Győr-Moson-Sopron megye: Sopron uránérc kutatás, Új-hegy

— Győr-Moson-Sopron megye: Sopron barnaszén

— Vas megye: Felsőcsatár talkum

— Vas megye: Torony lignit

— Vas megye: Velem vasérc kutatás.

*Együttműködő partnerek:* Veszprémi Bányakapitányság

*Termék:* Összefoglaló jelentés elkészítése 2011. június 30-ig, megtörtént.

#### Felszínmozgásos területek földtani térképezése és geofizikai reambulációja a balatoni magaspартok térségében (Kenese–Fonyód)

*Témavezető:* VATAI József, *MÁELGI témavezető:* TÖRÖS Endre

*A kutatás célja:* A felszínmozgásos területek jellemzője, hogy akár külső, akár belső folyamatok eredményeképpen megbomlik az anyag mechanikai állapota és az összlet egy új egyensúlyi állapot elérésére törekszik. A balatoni magaspартok térségében előforduló, zömében löszös összletek mechanikai szempontból instabilak.

Célunk a balatoni magaspартok térségének mozgásveszélyes területeinek földtani és geofizikai felmérése, reambulálása. Olyan típusú térképet szeretnénk létrehozni, amely felhasználható a településrendezési terveknel is a veszélyességi övezetek kijelölésékor.

*Előzmények:* A felszínmozgásos folyamatokat az elmúlt évek csapadékos időjárása felgyorsította, egyben elősegítette az ilyen jellegű folyamatok kialakulását.

A felszínmozgások Kenese–Fonyód térségében mintegy 11 települést, azok infrastruktúráját közvetlenül is érintik, ezért szükségessé vált e veszélyeztetett térségek aktuális földtani állapotának felvétele és rögzítése, valamint veszélyeztetettség szerinti minősítése.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Elkészült a Balatonakartya mintaterületen egy módszertani összefoglaló, amely tartalmazza a reambulálás eredményeit.

Elkészült egy 1:5000 méretarányú veszélyeztetettség térkép.

*Együttműködő partnerek:* Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (MÁELGI)

#### Nyilvántartott ásványnyersanyag-készletek térinformatikai adatbázisba rendezése és megjelenítése (lehatárolt bauxittelemek térinformatikai megjelenítése)

*Témavezető:* TURCZI Gábor, *MÁELGI témavezető:* GULYÁS Ágnes

*A kutatás célja:* Az MBFH kiemelt feladata a megkutatott ásványnyersanyag-készletek nyilvántartása, melyet eddig táblázatos és elkülönült térképi állományokban kezelt a központi nyilvántartásban. A korszerű, egységes szerkezetű adatrendszerek kiépítésének egyik fontos eleme, hogy ez az ásványvagyon-nyilvántartási rendszer térinformatikai megjelenítésben is elérhető legyen, és az adatokat, készletváltozásokat a bányakapitányságok közvetlenül is használhassák.

A bauxitkutatással és -bányászattal kapcsolatos adatállományok rendezése céljából MBFH a következő állományokat bocsátotta a MÁFI rendelkezésére:

— Bauxit készletszámítási területek.

— Felhagyott bauxitbányászati területek.

— Bauxittestek.

— Bauxit bányaterületek.

Mivel a fenti témák közül, a jelenlegi nyersanyag-kutatási stratégia figyelembe vételével, a megkutatott bauxittestek tekinthetők időben állandónak, ezért az MBFH útmutatása szerint az első feladat a bauxit bányaterületek (d) kiemelt attribútumainak a bauxittestekre (c) való öröklítése volt.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Meghatároztuk a feladat megoldásához illeszkedő technológiát. Az MBFH kezelésében lévő állományok formátuma ESRI *Shape*. Az „M7. Tér adatok egységes térkép alapú lekérdező és megjelenítő rendszerbe foglalása” c. project ajánlása, az ESRI tér adatok tekintetében iránymutató fejlesztése, az SDE technológiát részesíti előnyben. Ezt a technológiát alkalmazza a MÁFI is, így kellő tapasztalat áll rendelkezésre. Az SDE technológia azon kívül, hogy az ArcGIS teljes funkcionalitását támogatja, kaput nyit a jogosultsági szintek kezelésére, a több felhasználós igények kielégítésére és a WEB alapú technológiák felé is.

Elkészült az ArcGIS alapokra épülő térinformatikai adatbázis definíciója és dokumentációja, az alkalmazott munkamenetek technológiai leírása.

Megtörtént az adatbázis feltöltése, a hiányok felmérése.

Elkészült a térképi elemek tiszta vonalműve (topológiájának ellenőrzése és javítása). Megtörtént a térképi objektumok és a táblázatos adatok ellenőrzött rendezése és összekapcsolása. A térképi adatbázis a <http://mafi-loczy.mafi.hu/bauxit> oldalon tekinthető meg. Az alkalmazás elindításakor a képernyőn az alsó szintű bauxittestek és a hozzájuk tartozó alsó szintű bauxit bányaterületek jelennek meg, a bauxittestek a *PROBLEMA* mező szerinti jelkulccsal színezve, és a Dunántúli-középhegység viszonylag sűrűbb részére nagyítva.

Alkalmaztuk az egységes topográfiai hátteret.

*Együttműködő partnerek:* Magyar Bányászati és Földtani Hivatal

*Az MBFH–MÁELGI 2011. évi közreműködési megállapodásban tervezett feladatok*

Földtani és geofizikai feladatok megalapozása  
Magyarország szénhidrogén-potenciál  
felméréséhez a koncessziós feladatok támogatására

*Témavezető: MAROS Gyula, MÁELGI: KOVÁCS Attila Csaba*

*A kutatás célja:* Az 1950-es évektől kezdődően az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt szakemberei ötvenként elkészítették az ország szénhidrogén prognózisát, a hazai kőolaj- és földgázkutatás helyzetének áttekintésével, a még felfedezésre váró szénhidrogénkészletek becslésével. 1997-ben ennek szerves folytatásaként megszületett a Magyar Állami Földtani Intézet és a Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet közös projektje keretében, a Magyar Geológiai Szolgálat közreműködésével a „Magyarország szénhidrogén potenciálja az 1995. december 31-i állapotra” c. tanulmány és jelentés.

Az MBFH birtokában lévő hazai szénhidrogén-kutatási eredmények, a hozzá kapcsolódó földtani–geofizikai és egyéb adatokkal együtt szolgáltatják a koncessziós kiírásokhoz szükséges alapadatokat, melyek feldolgozásával és újraértékelésével az állam földtani ásványvagyonának értékelését és a koncesszióhoz kapcsolt feladatokat látjuk el. A szénhidrogén-potenciál és a koncessziós feladatoknak való megfelelés három pillérré épül, melyek a projekt feladatait is meghatározzák. Az alapfeladatok a medencekutatást, szerkezeti felépítést és tároló rendszerek lehatárolását, valamint az ismert és potenciális szénhidrogén anyaközetek elterjedését a háromdimenziós földtani térben képezik. A projekt célja a konvencionális szénhidrogén-potenciál felmérésén túl a nem konvencionális szénhidrogén-előfordulások felmérése is.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A „Magyarország szénhidrogén potenciálja az 1995. december 31-i állapotra” című tanulmány és jelentés során felhasznált földtani–geofizikai adatok begyűjtése, ArcGIS rendszerbe konvertálása.

Vállalkozói kezdeményezések területén előzetes szakmai állásfoglalás készítése abból a célból, hogy a vállalkozó(k) által felterjesztett terület alkalmas-e koncesszióra való kijelölésre, a Bt. 9. § (1) szerinti előterjesztésre, felhívva a figyelmet azokra a „tisztázandó kérdésekre”, bizonytalanságokra, amelyek az esetleges kiírást befolyásolhatják. A vállalkozói kezdeményezések értékelése a vállalkozó által bemutatott dokumentumok és az MBFH által biztosított, a területre eső, korábbi kutatások eredményei alapján hozzáférhető adatok, térképek, dokumentációk alapján.

Szakmai együttműködés az MBFH-val a nem konvencionális ásványinyersanyag-kutatáshoz kapcsolódó készletszámítási feladatok módszertanának összegyűjtésében, áttekintésében és a nem konvencionális szénhidrogén ásványvagyon számítás módszertanának szakmai kialakításában.

Egységes adatkezelési rendszer tervezése és kialakítása a hozzá tartozó számítástechnikai háttér fejlesztésével. Az adatok és térképek Landmark rendszerben történő meg-

jelenítése. Az adatbázis-szerkezet és -tartalom kialakítása. Az előzetes adattartalom feltöltésének megkezdése. A földtani adattartalom értelmező-rendszerbe helyezése.

A korábban elkészült medencealjzat térkép domborzatának és szerkezeti térmodelljének felülvizsgálata, és új domborzati térkép szerkesztésének megkezdése a Dél-Alföld területére a korábbi kutatások szeizmikus adatainak újra feldolgozásával, értelmezésével.

Szakmai egyeztetés folytatása az ásványvagyon-számítási munkacsoportban. A 2011-ben javasolt módszerek rögzítése és alkalmazhatóságának vizsgálata összefoglaló jelentésben.

A szénhidrogén koncessziós tevékenységhez kapcsolódó érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálatok elvégzése.

Az adattartalom összegyűjtése és konvertálása Arc/Gis rendszerbe.

Az adatbázis-rendszer koncepciójának kialakítása.

Szakmai állásfoglalások készítése vállalkozói kezdeményezésekhez,

Ásványvagyon-számítási rendszer koncepciójának kialakítása a nem konvencionális szénhidrogén-készletek meghatározásához.

A földtani adattartalom értelmező rendszerbe helyezése (Landmark).

Dél-Alföld területén a korábbi kutatások szeizmikus adatainak újra feldolgozásával, értelmezésével előzetes medencealjzat domborzati térkép készítése.

Az ásványvagyon-számítási munkacsoport által 2011-ben javasolt módszerek rögzítése és alkalmazhatóságának vizsgálata összefoglaló jelentésben.

A szénhidrogén koncessziós tevékenységhez kapcsolódó érzékenységi és terhelhetőségi tanulmányok készítése.

*Együttműködő partnerek:* MBFH, VKKI

**Geotermikus rezervoárok vizsgálata, potenciális területek lehatárolása és koncessziós pályázatra alkalmas területek kijelölése**

*Témavezető: NÁDOR Annamária, MÁELGI témavezető: ZILÁHI-SEBESS László*

*A kutatás célja:* A geotermikus kutatások tudományos hátterének biztosítása, olyan feladatok végzése, amelyek eredményei közvetlenül hasznosulnak a geotermikus koncessziós feladatokban, azok ellátásához naprakész szakmai alapot jelentenek. Az egész éves tevékenység legfőbb súlypontjai az alábbiak:

1. geotermikus rezervoárok vizsgálata, a potenciális területek lehatárolásával kapcsolatos módszertani kutatások,

2. szakmai közreműködés a geotermikus védőidom kijelölésével kapcsolatos eljárásokban: adott terület hidrogeológiai értékelése, hőtani számítások és hidrogeológiai modellezés alapján,

3. az energiavagyon-hasznosítás bányahatósági felügyeletének támogatása tudományos tanulmányokkal, értékelésekkel, szakvéleményekkel,

4. a geotermikus koncessziós adatcsomag összeállítása és az ahhoz kapcsolódó érzékenységi–terhelhetőségi vizs-

gálatok módszertani hátterének kidolgozása annak tökéletesítése.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Módszertan kidolgozása védőidom méretezéséhez áramlási és hőtranszport-modellezés segítségével Zalalövő pilot területre: hőtani számítások, hidrogeológiai modellezés. Védőidom méretezés MODFLOW-program használatával a zalalövői mélykarsztos pilot területre. A terület egy része a Hévízi-tó vízhozamát, hőhozamát és oldottanyag-tartalmát alapvetően meghatározó Déli-Bakony–Zalai-medence termális karsztrendszer aktív áramlási zónájába esik, míg másik része, az aktív résszel közvetlen hidraulikai kapcsolatban lévő, stagnáló zónához tartozik.

Az értékelés alapjául a gravitációsan vezérelt geotermikus rendszer regionális modellezése, illetve a regionális rendszerben elhelyezett lokális hasznosítások előzetes modellezése szolgál. A háromnegyed éves munka során az adatokat az e modellezések által megkövetelt rendben gyűjtöttük és készítettük elő.

A további modellekhez rendelkezésre áll:

- az egyszerűsített földtani térmodell, (a főbb hidrostratigráfiai és geotermikus-sztratigráfiai egységek hidraulikai és hőtani paramétereinek előzetes értékeivel);
- a beszivárgási területek és vonalak térbeli helyzete, (a beszivárgási értékekkel);
- a megcsapolási helyszínek térbeli helyzete, (ideértve az ottani vízszintek elevációját);
- a termálvizek kutas megcsapolási helyei, (átlagos évi termelési adatokkal); továbbá
- a területen mélyített fúrások és kutak egy részéből származó hőmérsékleti-, szalinitási- vízminőségi- és sztatikus nyomásadatok gyűjteménye.

*Hőtranszport modellezés fúrások környezetére*

Mélyfúrás-geofizikai adatok alapján becsültük a Zalalövő területre jellemző hővezető-képesség- és hőkapacitás profilt, mely profil alapján hőtanilag homogén rétegeket definiáltunk. Az így keletkezett rétegszerkezetre egy egyszerű vertikális hőárammodellt számoltunk. Ebből a modellből kiindulva a 2500 méter alatti részre egyszerűsített háromdimenziós hidrogeológiai modellt építettünk a HST3D program segítségével. Ebben a modellben vízszintes rétegszerkezetet feltételeztünk, melyben egy triász mészkőre jellemző jó permeabilitású vízáadó réteg is szerepel. A modellel vizsgáltuk egy feltételezett termelő–visszasajtoló kútpár termikus és hidrológiai hatását, azon belül a termikus védőidom nagyságát és a konduktív úton történő hőutánpótlódás nagyságát.

A tszf. –2500 m-es horizont földtani térképéhez Zala és Vas megye területének egy részére adatgyűjtés történt a T-JAM magyar–szlovén határmenti együttműködés keretében rendelkezésre álló fúrásanyag alapján.

A harmadik negyedév folyamán további hat eseti szakvélemény készült a vállalkozói kezdeményezésben megjelölt területekre. Gödöllő, Nagykanizsa, Battonya, Ferencszállás, Kecskemét és Oroszlány területekre.

Az eseti szakvéleményeket követően adatgyűjtés történt Nagykanizsa és Gödöllő, területekre. Az MBFH-nak át-

adásra került Zalalövő, Szilvagy, Körmend területek és Jászberény koncessziós terület komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati tanulmánya.

*Geotermikus gradiens változása* a mélység függvényében törvényszerűségeinek vizsgálata medenceüledékekre: résztermében eddig adatgyűjtés történt 3 zalai koncessziós területre (Szilvagy, Zalalövő, Körmend), már vannak adatok Jászberény területről is.

*Recens vetőmozgások kutatása* — adatgyűjtés történt Battonya területre is.

Összeszámláltuk a szeizmikus vonalak mentén található tektonikai indikációkat. A vetősűrűséget az egymás után következő távolságokkal adtuk meg. A vetőtávolságok eloszlásáról hisztogram készült.

A *geotermikus koncessziós adatsomagok* összeállítására eddigi ismereteink szerint sehol nincs általános gyakorlat, jelenleg az eddig elvégzett munka alapján készül egy, az MBFH–ELGI Közreműködési Megállapodás Geotermikus téma III/2 és III/3 2011. 1. negyedéves részjelentés 4. és 5. fejezetén alapuló bővített tanulmány, amihez figyelembe vesszük a nemzetközi gyakorlatot is. Év közben kiadták a 103/2011. (VI. 29.) Kormányrendelet melynek értelmében a koncessziók kiírását megelőzően a kijelölt területre komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati tanulmányt kell készíteni.

Ennek megfelelően kialakult a koncessziós adatsomagok tartalma, amely három részből áll: I. az adott területre elkészített érzékenységi és terhelhetőségi tanulmány nyilvánosságra hozható része. II. A tanulmányt véleményező hatósági szervek felsorolása. III. A véleményező levelek alapján a területre vonatkozó tiltások, szabályozások.

*Együttműködő partnerek:* MBFH, VKKI

**Felszíni deformációk detektálása, térképezése és előrejelzése modern távérzékelési és földi módszerekkel; közreműködés országos, regionális és helyi településrendezési tervek földtani veszélyforrás övezeteinek kijelölésében**

*Témavezető:* FÜSI Balázs (MÁELGI), MÁFI felelős: SZURKOS Gábor

A *kutatás célja:* A felszínmozgásokat Magyarországon kiemelt fontosságú földtani veszélyforrásnak tekinthetjük. Az érintett területek feltárása, a veszélyeztetett területek lehatárolása, nyilvántartása, a veszélyt jelentő mechanizmusok és feltételek megismerése közcélú feladat. A felszínmozgások eredete lehet természetes vagy mesterséges. Az ország területe földrengések által viszonylag kevésbé érintett mindazonáltal egy terület földtani eredetű veszélyeztetésének jellemzése során a földrengésekkel számolni kell. A munkában elért eredmények nyilvános elérhetőségét meg kell teremteni. Mind az eredményesség mind a hatékonyság szempontjából hangsúlyt kell fektetni a legkorszerűbb eszközök és technológiák alkalmazására. A földtani veszélyforrásokkal kapcsolatos bányafelügyeleti felelősséget a Bt. 44. § (1) q) pontja, illetve a 267/2006. (XII. 20.) Korm. rendelet 30/C § (1) bekezdése határozza meg, az ellenük való védelem hatósági-szakhatósági eljárási feladatait a

2003. évi XXVI., a 2000. évi CXII. és az 1997. évi LXXVIII. törvény, valamint a 282/2009. (XII. 11.) Korm. rendelet jelöli ki.

*Előzmények:* A bányakapitányságoknál, adattárakban stb. található földtani veszélyforrások leírásainak begyűjtése, az azokat ábrázoló térképek számbavétele, felhasználhatóságuk értékelése.

Az adatok modern adatbázisba rendezése. Adatkör felmérés, adatgyűjtés és digitalizálás: korábban készült elérhető megyei szintű felszínmozgás-veszélyességi térképek és kapcsolódó jelentések körének felmérése, összegyűjtése az adattárakból (Bányakapitányságok, MÁFI stb.). A térképek szkennelése és térinformatikai rendszerbe illesztése.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A mintaterületek kataszteri lapjainak reambulációja (a 2010-ben elkezdett reambuláció befejezése: Dunaszekcső mintaterületre eső 7 esemény reambulálása). A feladatot az MBFH munkatársai hatósági ellenőrzés keretében végzik a MÁFI munkatársaival. Az összegyűjtött adatok rögzítése az adatbázisban, melyet a MÁELGI munkatársai végeznek. Az adatbázis feltöltése az Országos Felszínmozgásos Kataszter lapjainak információival (a 2010-ben elkezdett digitalizálási feladat véglegesítése, az 1205 kataszteri lapból fennmaradó 600 lap teljes digitalizálása).

A felszínmozgással érintett területeken végzendő kiegészítő geofizikai mérések és monitoring vizsgálatok tervezése.

A II. félévben Fejér megye, mint mintaterület teljes reambulálása, az eredmények összegzése, térképre vitele.

A kataszterben nem szereplő (1980–1990 utáni) felszínmozgásokról adatgyűjtési terv kidolgozása (Bányakapitányságok kataszteren kívüli nyilvántartásai, vis major helyszínek listája, Katasztrófavédelem nyilvántartásaiban elérhető adatok, érintett önkormányzatok felkeresése stb.), kapcsolatfelvétel, elérhető adatok körének felmérése.

*Együttműködő partnerek:* Magyar Állami Eötvös Loránd Geofizikai Intézet (MÁELGI), Magyar Állami Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, MBFH Bányakapitányságok Földtani és Adattári osztályai

### Bányászathulladék-kezelő létesítmények felmérése és kockázati besorolása

*Témavezető:* JORDÁN Győző, MÁELGI témafelelős: KISS János

*A kutatás célja:* A kutatás közvetlen célja egy olyan világhálón is megjelentetett, ArcGIS alapú térinformatikai rendszer létrehozása, amely a bezárt és elhagyott bányászati hulladékkezelő létesítményekről tartalmaz információkat, és lehetővé teszi az egyes létesítmények kockázati alapú minősítését, azaz annak az eldöntését, hogy szükség van-e további intézkedésekre.

*Előzmények:* Az elhagyott és bezárt bányászathulladékkezelő létesítmények (meddőhányók, ásvány-előkészítési zagyártározók, fúróiszap-tárolók) potenciális veszélyforrások a környezetükre nézve, ezért felmérésük és környezeti kockázati valamint felszínmozgás-veszély szempontú mino-

sításuk, különös tekintettel az élet, az egészség és a környezet — ideértve az épített környezetet is — védelmére, elengedhetetlen. Korábban a Központi Földtani Hivatal (KFH), jelenleg az MBFH rendszeres feladatának tekinti a bányászati hulladékok megfelelő kezelését. Az Európai Parlament és a Tanács 2006/21/EK irányelve összeurópai szinten fogalmaz meg elvárásokat. A bizottság által létrehozott munkacsoport előminősítési rendszert dolgozott ki (GUIDE, Risk-based Pre-Selection Protocol, for the, Inventory of Closed Waste Facilities According to Directive 2006/21/EC), amely a tervezett munka alapját képezi.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A téma első félévében a munka megszervezése és az állandó egyeztetések a munkafázisok között rendkívül fontosak és elengedhetetlenek voltak.

— Adatgyűjtés történt a meglévő külső források alapján, további objektumokat azonosítottunk és tettünk be a meglévő adatokhoz.

— Objektumlista kiegészítése adattárakból (MBFH digitális állomány), más adatbázisokból (DTA-50, Corine stb.).

— Veszélyesség szempontjából rangsoroltuk az objektumokat.

— Objektumok topográfiai térképen, távérzékelési felvételen elvégzett beazonosítása megtörtént. Duplikátumokat eltávolítottuk.

— A bányadokumentációk alapján a megmaradó objektumok még hiányzó, de veszélyességi besoroláshoz szükséges paramétereit gyűjtöttük össze, a rangsorolt objektumlista alapján, többféle forrásból.

— Az adatrendszerbe feltöltöttük a térinformatikai háttérrendszerből származtatható topológiai paramétereket (pl. vizek, települések, „Natura 2000” és mezőgazdasági területektől mért távolság).

— A 2006/21/EK irányelv alapján a minősítéshez szükséges paraméterek leválogatása és az objektumok minősítése megtörtént.

— Az alaptábla adatainak (a veszélyességi szűrés eredményének) megjelenítése (ArcGIS rendszer feltöltése, Google Earth környezet kialakítása) megtörtént.

*Termék:* Lezárt objektumlista táblázat. Ellenőrzött objektumlista, objektumhitelesítés, összegyűjtött paraméterek (irodai). Véglegesített objektum- és paraméterlista (terepi), térinformatikai minősítő paraméterek, veszélyes objektumok, alaptábla. MWF internetes felület, jelentés.

### A szén-dioxid föld alatti elhelyezésével kapcsolatos feladatok — A szén-dioxid-tárolás magyarországi megvalósítási lehetőségeinek vizsgálata

*Témavezető:* SZÜCS Andrea, MÁELGI témafelelős: FALUS György

*A kutatás célja:* A szén-dioxid föld alatti elhelyezés témakörében a 2011. évben a MÁFI feladata volt a tárolásra alkalmas területek zárttá nyilvánításra való előkészítésében és koncessziós csomag előkészítésében való részvétel az MBFH-val és a MÁELGI-vel együttműködve. 2011-ben



feladatul tűztük ki a Szolnoki Formáció dunántúli elterjedés-térképének elkészítését a tárolókapacitás meghatározása céljából; a CO<sub>2</sub> geológiai tárolásával kapcsolatos, felszín alatti vizekre vonatkozó jogszabályok kigyűjtését; a Szolnoki Formáció alföldi területéhez kapcsolódó hidrogeokémiai jellemzők összesítését; a hidrogeokémiai viszonyok értékelési protokolljának kidolgozását a szén-dioxid-tárolással potenciálisan érintett területeken.

*Előzmények:* A Klíma- és Energiacsomag részeként elfogadott 2009/31/EK uniós Irányelvől fakadóan Európában prioritásként szerepel a szén-dioxid-levélasztás és föld alatti elhelyezés (CCS) technológiai lehetőségeinek vizsgálata, a tárolás földtani feltételeinek kialakítása a mélybeli elhelyezés hosszú távú biztonságossága céljából. Az előzetes felmérések alapján hazánkban igen jelentős tárolási potenciál áll rendelkezésre leművelt szénhidrogén telepeken valamint regionális elterjedésű sós vizes rezervoárookban. Az alkalmas tárolók meglete olyan földtani potenciál, amely a hazai energia ellátásbiztonság egyik pillére lehet. A feladat hazai kiindulási alapja 77/2011. (X. 14) OGY határozata.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Megkezdjük a vastagságtérkép készítését a Szolnoki Formáció, kevésbé ismert, dunántúli előfordulásról, összeállítottuk az ehhez szükséges fúrások listáját. A Magyar Bányászati és Földtani Hivatal kezelsében lévő, a feladat elkészítéséhez szükséges szeizmikus szelvények és mélyfúrás-geofizikai adatok alapján a Dunántúl területére elkészítettük a Szolnoki Formáció fekvő, fedő- és vastagság-térképének első változatát (digitalizált adatok átvétele, feldolgozása, értelmezése) a tárolásra alkalmas formáció térbeli lehatárolása érdekében. Elkészítettük a CO<sub>2</sub> föld alatti elhelyezésére és a felszín alatti vizekre vonatkozó jogszabályok szakmai háttérének értékelését, a jogi szabályozásokból következő szakmai kutatási feladatok ismertetését.

Hidrogeokémiai értékelést végeztünk a MÁFI-ban rendelkezésre álló adatok alapján a Szolnoki Formáció, mint potenciális tárolókörzet alföldi részére. A Szolnoki Formáció hidrogeokémiai viszonyainak értékelésére programot dolgoztunk ki a teljes magyarországi területre. A program tartalmazza a víz-geokémiai adatbázis tervét, a kiegészítő víz-geokémiai és izotóp-geokémiai felvételezés tervét, valamint az országos értékelés módszertanát.

*Együttműködő partnerek:* MBFH, MÁELGI.

*Termék:* 2011. évi Kutatási Jelentés (MÁELGI-MBFH-MÁFI együttműködés).

## Külső szerződések

### NRHT, Nagyhurok

*Témavezető:* BALLA Zoltán (2011. júniusig), GYALOG László (2011. júniustól)

*A kutatás célja:* A Bábaapátiban létesítendő Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló (NRHT) létesítésének keretében a Nagyhurok vágatainak kihajtása, ezek dokumentálása.

*Előzmények:* 2010. év folyamán az NRHT létesítéséhez

az ún. Nagyhurok kihajtása befejeződött. Ennek dokumentálásáról jelentés is készült, amelynek földtani-tektonikai (szöveges és rajzos) részeit a MÁFI szakemberei írták, illetve szerkesztették.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A Nagyhurok vágataiból az utolsó 23,4 m (a Nagyhurok ÉNy-i sarkából É felé, 2010. decemberében kihajtott, ún. Haváriazsomp) földtani-tektonikai dokumentálási anyagainak, jelentésrészének, valamint tisztázati rajzos anyagainak elkészítése a jelentés megfelelő részeivel és a korábbi gyakorlattal összhangban.

*Együttműködő partnerek:* Mecsekérc Zrt., Kőmérő Kft.

*Termék:* A kihajtott vágat földtani-tektonikai jelentésrészének, valamint rajzos dokumentációjának átadása pizskozati és tisztázati formában a Mecsekércnek, hogy a 2010-ben elkészült Nagyhurok-jelentés függelékeként abba beépíthető legyen.

### NRHT, az 1–2. tárolókamra kialakítása

*Témavezető:* BALLA Zoltán (2011. júniusig), GYALOG László (2011. júniustól)

*A kutatás célja:* A Bábaapátiban létesítendő Nemzeti Radioaktív hulladék-tároló (NRHT) létesítésének keretében két kamra kihajtása, ezek dokumentálása.

*Előzmények:* Bábaapáti térségében 2005-ben kezdődött el a kis és közepes radioaktivitású hulladékok tárolójának létesítése. 2005–2008-ban 2 db, kb. 1700 m-es lejtőszakna, majd 2008–2010-ben az alapvágat-rendszer (Kishurok és Nagyhurok) készült el. Valamennyi vágat földtani-tektonikai dokumentálását a kihajtás során a MÁFI végezte. Valamennyi vágathomlokról elsődleges dokumentáció készült Fotorobot segítségével, a feldolgozást CoreDump szoftverrel végeztük, végterméke 1:100-as homloktérkép volt. Ezután a vágatok palástjáról 1:100-as, illetve később 1:200-as palásttérképet, a vágatok felülnézeti képében 1:200-as vágattérképet, illetve kisebb (1:1000 és 1:5000) méretarányokban átnézetes földtani térképeket készítettünk.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Kihajtásra került 2 db, 96 m<sup>2</sup> homloktérületű, kb. 100 m hosszú tárolókamra földtani-tektonikai dokumentálása, dokumentálási anyagainak, jelentésrészének, valamint tisztázati rajzos anyagainak elkészítése a jelentés megfelelő részeivel és a korábbi gyakorlattal összhangban. A kamrákat 2 vagy 3 szeletben hajtották ki, először a felső részt 1 vagy 2 szeletben, utána a talprészt.

A kamrahajtás során keletkezett valamennyi vágathomlokról elsődleges dokumentáció készült Fotorobot segítségével, a feldolgozást CoreDump szoftverrel végeztük, végterméke 1:100-as homloktérkép lett. Ezután a kamrák palástjáról 1:200-as palásttérképet, a vágatok felülnézeti képében 1:200-as vágattérképet, illetve kisebb (1:1000 és 1:5000) méretarányokban átnézetes földtani térképeket készítettünk. Az egységes jelentés földtani-tektonikai részét elkészítettük.

A vágathajtáshoz kis mennyiségű anyagvizsgálat is tartozott. A terület tektonikai viszonyairól külön jelentést

készítettünk. A vízföldtani kérdésekben MÁFI-szakértő állt a megrendelő rendelkezésére.

*Együttműködő partnerek:* Mecsekérc Zrt., Kőmérő Kft.

*Termék:* A kihajtott kamrák földtani-tektonikai jelentésrészének, valamint rajzos dokumentációjának átadása piszkozati és tisztázati formában a Mecsekérc Zrt.-nek. Jelentés a terület tektonikai viszonyairól.

### NRHT Monitoring

*Témavezető:* BALLA Zoltán, ROTÁRNÉ SZALKAI Ágnes

*A kutatás célja:* Az atomerőművi kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére irányuló kutatási program keretében végzett bányászati beavatkozások és a felszíni kiszolgáló létesítmények kialakítása jelentősen megváltoztatták a természetes környezetet, beleértve a felszíni és a felszín alatti vizek rendszerét, a térség vízháztartását. A vízföldtani monitoring célja a földtani környezetben lejátszódó természetes, és a föld alatti üregrendszer kialakítása következtében létrejövő folyamatok térben és időben lejátszódó változásainak regisztrálása, a folyamatok megismerése és jellemzése.

*Előzmények:* A monitoring-rendszer működtetése 1997–1998 folyamán, a telephelykutatás részeként kezdődött, majd a felszíni és a felszín alatti kutatások részét képezte. A monitoring rendszer a kutatás előrehaladásával, a mindenkori kutatási fázisok céljának megfelelően, folyamatosan bővült. Az NRHT létesítési időszakában (2009-től) a monitoring tevékenység az elkészült és a környezetvédelmi hatóság által elfogadott Hosszú távú monitoring terv alapján történt.

A MÁFI és a Mecsekérc ZRT. között létrejött V-0220/2009 számú, Üh-30/2009 azonosító kóddal nyilvántartott szerződés alapján vett részt a felszíni vízföldtani monitoring munkákban.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A Vízföldtani Monitoring felszínen található monitoring objektumainak (észlelőkutak, bukók, foglalt források) üzemeltetéséből származó adatokat gyűjtöttük, feldolgoztuk és értelmeztük. Víz-geokémiai vizsgálatokat végeztünk felszíni és felszín alatti vizekből (4 telephelyi észlelőkútból, 7 telephely tágabb térségében elhelyezkedő észlelőkútból, foglalt forrásokból, valamint üzemelő vízmű kutakból. 4 felszíni vízfolyásból, valamint a telephely feletti 3 vízfolyás szakaszán). Feladatunk volt továbbá vízfolyások hozamváltozásának, ezáltal a felszín alatti vízkilépések változásának nyomon követése a felszín alatti térkialakítás hatásával érintett területre eső völgyekben.

*Együttműködő partnerek:* Golder Kft., Mecsekérc Zrt.

*Termék:* Mérési adatok adatbázisa. Jelentés a monitoringmérések értékeléséről.

### A LIDL Magyarország Bt. Áruházainak földtani veszélyeztetettségi vizsgálata

*Témavezető:* SZURKOS Gábor

*Megoldott feladatok:* A LIDL Magyarország Bt. megbízásából a Magyar Állami Földtani Intézet elkészítette „A

LIDL Magyarország Bt. áruházainak földtani veszélyeztetettségi vizsgálata” című tanulmányt. A tanulmány célja az volt, hogy meg vizsgáljuk az áruházlánc telkekre lebontott földtani veszélyeztetettségeit, országos szinten kategorizáljuk azokat.

Összegezve a tanulmány eredményeit, 134 teleknél nincs földtani veszélyforrás, 70 teleknél 1. kategóriájú a földtani veszélyforrás, vagyis magas talajvíz és/vagy belvízveszélyes a környezet. 7 teleknél 2. kategóriájú a földtani veszélyforrás, míg ugyancsak 7 teleknél 3. kategóriájú a földtani veszélyforrás.

Véleményünk szerint csak a 2. és 3. kategóriájú földtani veszélyforrásokhoz sorolt telkeknél lehet probléma. Megfelelő szakemberekkel való személyes konzultációval, az építési dokumentációk áttekintésével és terepbejárással eldönthető, hogy melyik telkekhez kell geológiai, talajmechanikai vagy statikai kiegészítő szakvélemény.

A 3. kategóriájú telkeknél elsődleges az ajánlott vizsgálatok elvégzése, míg a 2. kategóriájúknál nem fontos az azonnali intézkedés.

### EU pályázatok

#### *Geotermikus hasznosítások számbavétele, a hévízadók értékelése és a közös hévízgazdálkodási terv előkészítése a Mura–Zala-medencében (T-JAM-projekt)*

*Témavezető:* NÁDOR Annamária

*A kutatás célja:* A közös szlovén–magyar kutatás célja a Mura–Zala-medence hévízadóinak értékelése, különös tekintettel a határon átnyúló, eddig hivatalosan nem lehatárolt porózus felszín alatti termálvíztest kijelölésére és ennek részletes, földtani, vízföldtani és geotermikus modellezése alapján a hévízkészlettel való fenntartható gazdálkodásra történő javaslatok kidolgozása.

*Előzmények:* A Szlovénia–Magyarország Határon Átnyúló Együttműködési Program 2007–2013 keretében elnyert projekt 2009-ben indult és 2011 októberében zárul. A térség felszín alatti termálvízkészletét a határmenti régióban mindkét ország intenzíven hasznosítja harmonizált hévízgazdálkodási stratégia nélkül. A túltermelés okozta kedvezőtlen negatív határon átnyúló hatások megelőzése, illetve a geotermikus hasznosítások további fejlesztésének megalapozásához szükséges a térség hévízföldtani viszonyainak pontos ismerete, a kitermelhető vízkészlet, az áramlási irányok meghatározása.

*A 2011. évben elvégzett feladatok:* Véglegesítettük a projekt szlovéniai és magyarországi részterületeire korábban összegyűjtött, a modellalkotás szempontjából fontos földtani, vízföldtani, geotermikus, geokémiai és hasznosítási adatokat (792 magyar és 404 szlovén fúrás), amelyeket szakértői adatbázisba rendeztünk. A reprezentatív, és a termálvíz-hasznosítók, illetve a szélesebb közvélemény érdeklődésére is számot tartó fúrások adatait egy nyilvános adatbázisba rendeztük (158 magyar és 99 szlovén fúrás egyes adatai), amely egy felhasználó-barát web-es alkalmazáson

keresztül a projekt honlapján is elérhető ([www.t-jam.eu](http://www.t-jam.eu)). A projekt eredményeit zárójelentésekben összegeztük és ezeket CD-n adtuk közre, amelyet a projekt záró-rendezvényén a nyilvánosság számára is bemutattunk. A projekt szakmai eredményeit jelen kötet ismerteti.

*Együttműködő partnerek:* Szlovén Földtani Szolgálat, Nyugat-Dunántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság, Sinergija Fejlesztési Ügynökség (Szlovénia), LEA-Pomurje (Szlovénia)

*Termék:* Zárójelentések (magyar, angol és szlovén nyelven): Közös háromnyelvű geotermikus adatbázis, Földtani- szerkezetföldtani koncepcionális modell, Vízföldtani koncepcionális modell, Víz-geokémiai koncepcionális modell, Geotermikus koncepcionális modell, Numerikus áramlási modell, Határon átnyúló vízkészlet-gazdálkodás, ajánlások. Valamennyi elkészült eredmény a projekt honlapjáról érhető el: <http://www.t-jam.eu>

### *Szlovénia, Ausztria, Magyarország és Szlovákia határokkal osztott geotermikus erőforrásai (TransEnergy projekt)*

*Témavezető:* NÁDOR Annamária

*A kutatás célja:* A TransEnergy projekt fő célja a Panon-medence nyugati része geotermikus erőforrásaival történő fenntartható gazdálkodás komplex szakmai megalapozása. A döntéshozók, jelenlegi és jövőbeli hasznosítók, felhasználók, potenciális befektetők számára egy web-alapú, interaktív döntés-előkészítő rendszer kialakítása a teljes projektterületre, illetve a kiválasztott öt határmenti pilotterületre: Esztergom–párkányi termálkarszt (HU–SK), Kisalföld/Duna-medence (A–SK–HU), Lutzmannsburg– Zsira (A–HU), Bécsi-medence (SK–A) Bad Radkersburg – Hodoš – Dél-Zala (A–SLO–HU).

*Előzmények:* A Közép-Európai Program keretében finanszírozott pályázat 2010. április 1-től 2013. március 31-ig tart. Vezetője a MÁFI, így a szakmai feladatok ellátása mellett jelentős adminisztratív-koordinációs feladatokat is végzünk. A projekt a határokkal osztott természeti erőforrások (felszín alatti termálvízkészlet, geotermikus energia) fenntartható hasznosításához, illetve a szomszédos országok által közösen kialakított, harmonizált gazdálkodási stratégiák kialakításához járul hozzá földtudományi értékelések alapján.

*A 2011. évben elvégzett feladatok:*

— a magyar geotermikus energiahasznosítók és a hasznosítási paraméterek adatbázisának összeállítása (104 hasznosító 184 kút), és az adatok megjelenítése 12 hasznosítási térképen,

— a geotermikus energiahasznosítás és az egyes engedélyeztetési folyamatok magyar jogszabályi háttérnek áttekintése,

— a földtani, vízföldtani és geotermikus modellezéshez felhasznált magyarországi fúrások (kb. 1700 db, ebből 742 db a nyilvános adatbázis számára) adatainak begyűjtése, fúrási rétegsorok átértékelése, adatharmonizáció és az adatbázisba való feltöltése (438 paraméter 12 fő paramétercsoport),

— kiegészítő vízmintavétel és vízgeokémiai vizsgálatok végzése 31 termálkútból és 1 forrásból (a fő és nyomelemek elemzése a MÁFI laboratóriumban, a speciális izotóp- és gázelemzések alvállalkozók által), illetve 14 kút kiválasztása kútgeofizikai mérésekhez (természetes gamma, hőmérséklet, lyukátmérő),

— a szupra-regionális terület földtani modelljének elkészítése fúrási adatbázis adatai, illetve az osztrák partner által készített gridek alapján (harmonizált jelkulcs, domborzat és földtani térkép az alábbi szintekre: presenon, prekainozoos, pre-alsó-miocén, prebadeni, preszarmata, pre-alsó-pannóniai, pre-felső-pannóniai, prekvarter, felszíni földtani térkép,

— adatelőkészítés, koncepcionális modell kidolgozása a szupra-regionális vízföldtani modell számára,

— adatelőkészítés a szupra-regionális geotermális modell számára,

— a Lutzmannsburg–Zsira és a Komarno–Sturovo pilotterületek földtani modelljének elkészítése (a szurpa-regionális területnél felsorolt szintek pontosítása, földtani szelvények szerkesztése).

*Együttműködő partnerek:* Szlovén Földtani Szolgálat, Szlovák Földtani Szolgálat, Osztrák Földtani Intézet

*Termék:* Zárójelentések: Közös termálvíz-gazdálkodás jogszabályi áttekintése, Felhasználók és hasznosítási paraméterek adatbázisa, Harmonizált adatbázisok értékelése, Kiegészítő mérések értékelése; valamint projekt előrehaladási jelentések (2. és 3. periódus). Valamennyi elkészült eredmény a projekt honlapjáról érhető el: <http://transenergy-ue.geologie.ac.at>

### *EuroGeoSource\_2011*

*Témavezető:* SCHAREK Péter, OROSZ László

*A kutatás célja:* Az EU által finanszírozott, 250532 számú, és „EU Information and Policy Support System for Sustainable Supply of Europe with Energy and Mineral Resources, EuroGeoSource” című projektben való részvétellel, ennek eredményeként egy közös európai nyersanyag-adatbázis létrehozása és működtetése.

*Előzmények:* A projekt, előzetes egyeztetések és programkészítés után, 2010 áprilisában indult, a befejezési határidő: 2013. március. A munka 11 munkabizottságban (WP) folyik, ezekben a MÁFI tagként, a WP3-as bizottságban témavezetőként vesz részt. Feladatait a projekt dokumentációja tartalmazza.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A projekt munkatervének megfelelően, az év során részt vettünk 4 bizottsági ülésen (Budapest, Brüsszel, Tallin, Zaragoza), ebből egyet Budapesten meg is szerveztünk. A WP3 munkacsoport keretében elvégeztük a kiértékelést a résztvevő országok nyersanyag-adatbázisainak helyzetéről és jelentést készítettünk.

Folyamatosan részt vettünk a többi munkacsoport munkájában is, magyar anyagokat gyűjtöttünk össze és továbbítottuk partnereink kérésére.

2011. március 10-én tartotta a projekt első nyilvános

workshopját, mintegy 100 résztvevővel, Budapesten, a Gellért Szállóban. Házigazdaként részt vettünk a szervezésben, lebonyolításban és előadásokat is tartottunk.

2011. május 17-én volt Brüsszelben a projekt első évének technikai beszámolója. Az EU bíráló bizottság a projekt beszámolóját és a pénzügyi beszámolót elfogadta.

Év közben kapcsolatot tartottunk a Magyar Bányászati és Földtani Hivatal (MBFH) Földtani és Adattári Főosztályával, mint a projekt Tanácsadó Testületének tagjával, elsősorban a hazai nyersanyag-adatbázis tartalmával és konvertálási lehetőségeivel kapcsolatban. A tallini ülésre az MBFH képviselője is eljött, ahol az egyik téma a tervezett közös adatbázis tartalma és szerkezete volt.

A projekt eredményei a <http://www.eurogeosource.eu> honlapon meg található.

*Együttműködő partnerek:* EuroGeoSource konzorcium tagjai (Holland, Dán, Észt, Lengyel, Belga, Szlovén, Román, Portugál Földtani Szolgálat/Intézet, Zaragozai Egyetem, GEODAN Ltd., Bolgár Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium), Magyar Bányászati és Földtani Hivatal

### *ThermoMap*

*Témavezető: JORDÁN Győző*

*A kutatás célja:* A ThermoMap projekt célja egy európai sekély geotermikus információs környezet kialakítása, a felszíni geotermikus erőforrások megjelenítése a földfelszín legfelső 10 méterében közepes és nagy méretarányban (1:10 000, 1:25 000) Magyarországon és még számos EU tagországban.

*Előzmények:* A projekt megoldást keres a geotermikus források területi vizualizációjára meglévő archív sekély földtani adatok alapján.

*2011-ben elvégzett feladatok, termék:* Elkészült a tesztterületek (Budapest XVIII. kerület és Zalakoppány) GIS adatbázisa, valamint az országos GIS adatbázis, összhangban a nemzetközi konzorcium tevékenységével.

*Együttműködő partnerek:* European Geothermal Energy Council, Friedrich-Alexander Universitaet Erlangen-Nuernberg, EHAU AG+CO, Paris-Lodron University of Salzburg PLUS, Centre for Geoinformatics Z\_GIS, BGS, BRGM, IGME, ISOR, IGR, RBINS-GSB

### **Hazai pályázatok**

#### *Vízmelegfigyelő hálózat fejlesztése — KEOP*

*Témavezető: ROTÁRNÉ SZALKAI Ágnes*

*A kutatás célja:* Az NFÜ által meghirdetett meghívásos „A Víz Keretirányelv végrehajtásához kapcsolódó monitoring rendszer fejlesztése, KEOP-2.2.2/09-2009-0003.” pályázat célja a MÁFI felszín alatti vízmelegfigyelő hálózatának fejlesztése, az észlelő kutak felújítása, távadós vízszintregisztráló műszerrel történő felszerelése.

*Előzmények:* A MÁFI 1970-es években kialakított, majd folyamatosan bővített felszín alatti vízszintmegfigyelő hálózata az akkor jó technikai színvonalat képviselő komplex mérő-, regisztráló-, leolvasó-, adatfeldolgozó- és archiváló rendszer üzembe helyezésével alakult ki. Az észlelőhálózat az ország különböző területein a regionális vízszintváltozásokról szolgáltat információt.

Az egykoron jó színvonalú hálózat folyamatosan elhasználódott, a rendszerből kinyerhető adatok megbízhatósága romlott. A hálózatot alkotó 180 db kútból a 2007. decemberben kialakított VKI monitoringrendszerbe ezért csak 81 db kút került bevonásra.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A pályázat megvalósítása során 2011. évben a MÁFI Országos Felszín Alatti Vízmelegfigyelő-hálózatának 138 db észlelőkútjába, az elavult papírregisztrátumos műszerek helyére, távadó egységgel ellátott, elektronikus regisztrálóműszerek kerültek telepítésre. A fejlesztés keretében a kútfejek átalakítására, a műszer-egyes elhelyezésére és biztonságos védelmére alkalmas kútfej kialakításra, egységes kútfejek kiépítésére került sor.

A felszín fölé emelkedő vízszintek mérését korábban lehetővé tevő, de mára a tartós rétegvízszint csökkenés hatására már jelentősen lecsökkent vízszintű felcsövezések és rácsos tornyok elbontása, illetve a csövezés magasságának szükség szerinti csökkentése szintén a fejlesztés részét képezte. A felújítási munkák részeként a csongrádi, mindsenti, és raposkai kútcsoportnál az észlelőtornyok lebontásával, összesen 11 kút felcsövezése, illetve hagyományos kúttá történő átalakítása történt.

Az átalakított észlelőkutakban az új távadós regisztráló egység által szolgáltatott mérésekhez megfelelő fogadófelület kialakítása megtörtént. A négy hónapos próbaüzem 2011. december 5-én sikeresen lezárult.

*Együttműködő partnerek:* Energia Központ NKft., DataFlov Konzorcium, VIDRA Kft., Vámház-Baja Bt.

*Termék:* Az Országos Felszín Alatti Vízmelegfigyelő-hálózat 138 db észlelőkútjának fejújított és távadós regisztrálóműszerekkel felszerelt észlelőhálózatának beüzemelése.

*Kapcsolódó szerződések, kutatási témák, pályázatok:* Országos Felszín Alatti Vízmelegfigyelő-hálózat működése

#### *Triász platform- és medencefáciések — OTKA*

*Témavezető: BUDAI Tamás*

*A kutatás célja:* A Pilis triász képződményeinek részletes rétegtani és szedimentológiai vizsgálata. Ennek keretében finomítottuk a rétegsor litosztratigráfiai tagolását, pontosítottuk az egyes formációk települési viszonyait. A platformkarbonátok biosztratigráfiai tagolását a Dasycladacea-flóra és foraminifera-fauna részletes elemzésével végeztük el. A platformok és az egykorú medencék kapcsolatának jellegét szedimentológiai, a platformkarbonátok dolomitosisát és a diagenézis jellegét izotóp-geokémiai módszerekkel vizsgáltuk.

Az újabb adatok alapján rekonstruáltuk a platformok és medencék fejlődéstörténetét és ősföldrajzi helyzetét, amelyhez a Dunántúli-középhegység, valamint az Északi- és a Déli-Alpok triász kifejlődéseivel történő korrelációt is felhasználtuk.

*Előzmények:* 2007–2010: terepi felvételezés, szelvényezés és mintázás (Keszölc, Kétágú-hegy, Pilisszántó, Klastrompuszta, Fekete-hegy, Pilisszentlélek), anyagvizsgálatok, a részeredmények közreadása.

*Együttműködő partnerek:* MTA–ELTE Geológiai Kutatócsoport

*2011-ben elvégzett feladatok:* A kutatás eredményeinek összefoglalása cikkek és előadások formájában, a projekt lezárása.

#### *A talajvíz nagy arzéntartalmának eredete fiatal medencékben — OTKA*

*Témavezető:* Szócs Teodóra

*A kutatás célja:* A kutatás célja az arzénos talajvizek eredetének tisztázása. A kutatás várhatóan feltárja, hogy a fiatal alluviális medencékben milyen földtani-geokémiai fázisekben számíthatunk arzéntartalmú ásványok és közetek kialakulására és hogy azokból milyen hidrogeológiai feltételek mellett várhatók olyan kioldódások, melyek magas arzéntartalmú talaj- és rétegvizek kialakulásához vezetnek.

*Előzmények:* A projekt 2007-ben indult. A lokális áramlási rendszerekhez kapcsolódó bepárlódó zónák vizsgálata keretében havi rendszerességgel mintázzuk és vizsgáljuk a Duna–Tisza köze térségében a szappanosszéki tó és közvetlen környéke, valamint a Kecskemét térségében feltárt sekély, felszín alatti vizeket. A vizsgálatok alátámasztották az előzetes feltevéssünket, miszerint a szappanosszéki tó medrében található sekély, felszín alatti víz nemcsak a párolgás hatására bekövetkező arzéndúsulást tükrözi, hanem egyéb geokémiai, mikrobiológiai folyamatok eredménye.

Az arzénspeciációs vizsgálatok analitikai célja egy olyan módszer kidolgozása volt, amelynek eredményeként a költség- és eszközigényes csatolt technikák helyett, terepi tartóssítást követően, az arzén módosulat-analitikai feladat közönséges arzén meghatározásra vezethető vissza.

Sorozatos kioldások alkalmazásával megvizsgáltuk a lokális áramlási rendszerekhez kapcsolódó bepárlódó zónák és a gyevasérces kifejlődések fúrásmintáiban a különböző fázisokhoz kötött fémformák koncentrációinak megoszlását.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Kiegészítő vízmintavételek és ezek vízkémiai és izotóp vizsgálata. Összefoglaló jelentés készítése. Konferencia előadások, publikáció benyújtása az Applied Geochemistry című nemzetközi folyóiratba.

*Együttműködő partnerek:* MTA Geokémiai Kutatóintézet, Hydrosys Labor Kft., Bálint Analitika Kft.

*Termék:* Összefoglaló értékelés. Az eredmények idegen nyelvű publikálása.

*Kapcsolódó szerződések, kutatási témák, pályázatok:* A projekt kapcsolódott az Országos víz-geokémiai modell-fejlesztések témához.

#### *Érzékeny vízgyűjtők geokémiai kockázat-alapú szennyeződés transzportmodellezése — Norvég alap – OTKA*

*Témavezető:* JORDÁN Győző

*A kutatás célja:* A geokémiai vizsgálatok célja módszertani fejlesztés, a geokémiai folyamatok numerikus leírása (terepi mérések, laborkísérletek, térbeli és időbeni vizsgálatok) és modellezése kvantitatív kockázatelemző, döntéselőkészítő környezetben.

*Előzmények:* A téma az „Érzékeny vízgyűjtők geokémiai kockázat-alapú szennyeződés transzport modellezése” című Norvég Alap – OTKA projekt a háromhavi 2011. évi munka a március végén záródó projektben intenzív adatértelmezést foglalt magába környezet-geokémiai döntéselőkészítő modellezés céljából.

*2011-ben elvégzett feladatok:* A projekt keretében elvégzett terepi, labor és modellezési eredmények feldolgozását és publikálását végeztük el. Lezártuk az ajkai vörösiszap-katasztrófa vizsgálatainak (például a gátanyag geokémiai vizsgálata) feldolgozását.

*Termék:* Publikációk előkészítése és lezárása.

#### *Mexikói–magyar Tét együttműködés*

*Témavezető:* SCHAREK Péter

*A kutatás célja:* Közvetlen szakmai együttműködés a környezetföldtan területén hasznosítva a mexikói fél talajtani és a magyar fél földtani kutatási tapasztalatait. Közös kongresszusi anyagok és publikációk összeállítása, a laboratóriumi vizsgálatok módszereinek fejlesztése az eredmények alapján a műszerek kalibrálása. Az aktuális pályázati periódus befejezéseként workshop tartása Budapesten.

*Előzmények:* A projekt 1996 februárja óta kis megszakításokkal tart. A Mexikói Autonóm Egyetem (UNAM) Földtani Intézete és a Queretaro államban, Juriquillában létesített új campus (Centro de Geociencias) együttműködésével az egyes folyóvölgyek (Río Turbio, Río Guanajuato) talajainak nehézfém-szennyeződését vizsgáltuk, előadásokat tartottunk, publikációt készítettünk. A legutolsó projekt a Queretaro államban, San Joaquin környékén korábban feltárt archeológiai központok (Ranas és Toliquilla) környéki higany (cinnabarit) -bányászat nyomait rögzítette, és vizsgálta a földtani környezetet, az ércartalmú formációkat. A projekt keretében meghatároztuk a képződmények összes higanytartalmát, statisztikai kiértékelést végeztünk és térképet szerkesztettünk. 2010-ben a projekt workshopot tartott Budapesten, ahol 15 előadásban áttekintettük a magyar–mexikói földtani együttműködés és a mostani projekt keretében elért eredményeket.

*2011-ben elvégzett feladatok:* Mivel a tervezett magyar kiutazás a mexikói fél anyagi problémái miatt 2010-ben

elmaradt, szerződés hosszabbítást kértünk és kaptunk, így a látogatásra ez évben került sor.

A kiutazás során lehetőség volt az időközben elnyert újabb pályázat feladatainak áttekintésére, az új mexikói partnerekkel való első személyes találkozóra. Megtekintettük az új projekt területétől kiválasztott két bányaterületet és egyeztettük a feladatokat.

Elkészítettük a projekt zárójelentését és a tervezett közös publikációt.

*Együttműködő partnerek:* Mexikói partnerek: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Arqueología e Historia, Universidad Autónoma de Querétaro, Centro de Investigaciones y Desarrollo Tecnológico de Querétaro

Magyar partnerek: Miskolci Egyetem, Szent István Egyetem (Gödöllő), Magyar Nemzeti Múzeum

*Délkelet-dunántúli és kelet-horvátországi,  
valamint Adria parti lösz/paleotalaj szelvények  
korrelálása — magyar–horvát TÉT*

*Témavezető:* KOLOSZÁR László

*A kutatás célja:* A bilaterális projekt célja horvát és magyar löszszelvények dokumentálása, párhuzamosítása volt.

*Előzmények:* A korábbi TÉT szerződés keretén belül elvégzett munkákat folytatva, ezek eredményei részben jelen TÉT szerződés időtartama alatt készültek el és így módunk nyílt ezek publikálására.

*2011-ben elvégzett feladatok:* 2011 júniusában négy horvát kutató érkezett Magyarországra, egy hétre és délkelet-dunántúli lösz/paleotalaj rétegsorokkal ismerkedtek. A löszösszlet tefraszintek alatti és feletti részéből mintákat vettünk IRSL vizsgálatokra (Mórág, Dunaszekcső). Ez az új kormeghatározó módszer reményeink szerint lehetőséget ad a tefraszintek korának pontosítására.

2011 júliusában két magyar kutató utazott Horvátországba, Susak szigetére. A szigeten töltött négy nap alatt a horvát projektvezetővel együtt végig térképezték a sziget partvonalát, különös tekintettel a negyedidőszaki képződményekre. Újabb helyeken mintázták meg a szigetet felépítő alaphegységi képződmények karsztos üregeibe, repedéseibe betelepült vörös agyagot és a lösz alapú mediterrán típusú, pleisztocén korú vörös agyagokat, paleotalajokat.

*Együttműködő partnerek:* HGI–CGS, Horvát Geológiai Intézet

*Termék:* A horvátországi dél-baranyai területen dokumentált és molluszka-vizsgálatokra begyűjtött 3 új szelvény

(Sarengrad, Ilok homokbánya, Ilok téglagyár) közül a sarengrádi szelvény malacológiai eredményeit publikáltuk nemzetközi folyóiratban és a 4. Horvát Földtani kongresszuson. Az iloki eredményeinket az előző TÉT lezárásaként már publikáltuk a Loessfest'09 konferencián Novi Sadban. Ezekon kívül egy további, már leírt szelvény (Zmajevac) molluszka-vizsgálata készült el, melynek eredményeit is publikáltuk.

*A baranyai régió földtani  
térképezési eredményeinek egységesítése  
magyar–horvát TÉT*

*Témavezető:* CHIKÁN Géza

*A kutatás célja:* A bilaterális projekt célja, hogy a határmenti területeken egységes, teljes térképszelvények készüljenek a terület földtani képződményeiről.

*Előzmények:* A korábbi TÉT szerződés keretén belül elvégzett munkákat folytatva, ezek eredményei részben jelen TÉT szerződés időtartama alatt készültek el és így módunk nyílt ezek publikálására

*2011-ben elvégzett feladatok:* Folytattuk a Báni-hegység (Bansko Brdo) területén a terepbejárást, illetve az 1:25 000-es léptékű földtani térképezést. Ennek során új információkat nyertünk a miocén korú képződmények települési, rétegtani és szerkezeti viszonyairól. A térképezés során gyűjtött minták egy részén különböző őslénytani vizsgálatokat végeztünk (makro- és mikrofauna), továbbá egyes, kérdéses kifejlődésű üledékek esetében szedimentológiai vizsgálatokra került sor. Az eredmények beépítésre kerülnek a 2012 elején szerkesztésre kerülő 1:100 000-es léptékű Mohács jelű térképlap anyagába, amelynek szerkesztéséhez felhasználtuk a jugoszláv időkben készült, 1:100 000-es térképezés vajdasági adatait is. A vizsgálati eredmények alapján új rétegoszlop és szelvények készültek a Báni-hegységről.

*Együttműködő partnerek:* HGI–CGS, Horvát Geológiai Intézet

*Termék:* Habár a bilaterális projekt költségkeretéből nem volt lehetőségünk rá, részt vettünk a 4. Horvát Földtani Kongresszuson, ahol poszteren és előadás keretében mutatuk be a projekt addig elért eredményeit.

*A Magyar Állami Földtani Intézet 2011-ben megjelent kiadványai*

— BARDOSSY Gy.: The Nyirád-east bauxite deposits 118 p.

— MÁRIA FÖLDVÁRI: Handbook of thermogravimetric system of minerals and its use in geological practice 180 p.

**A MAGYAR ÁLLAMI FÖLDTANI INTÉZET MUNKATÁRSAI 2011-BEN****Az Intézet vezető beosztású munkatársai**

Fancsik Tamás Dr.	igazgató
Nádor Annamária Dr.	stratégiai és nemzetközi kapcsolatok igazgatóhelyettes
Hatvani Istvánné	gazdasági igazgató
Bartha András Dr.	osztályvezető
Jordán Győző Dr.	osztályvezető 2010. április 1-jétől
Kordos László Dr.	osztályvezető
Maros Gyula Dr.	osztályvezető
Piros Olga Dr.	osztályvezető
Szöcs Teodóra Dr.	osztályvezető
Turczi Gábor Dr.	osztályvezető
Vukánné Tolnai Judit	minőségirányítási vezető

**Az Intézet munkatársai**

Ádámné Incze Szilvia	Héjjas János	Petrócziné Gecse Zsuzsanna
Albert Gáspár Dr.	Hermann Viktor	Rezessy Attila
Angyal Jolán	Hlogyik Józsefné	Rotárné Szalkai Ágnes
Babinszki Edit	Horváth Zsolt	Sárkány Lászlóné
Balázs Regina	Jerabek Csaba	Scharek Péter Dr.
Balla Zoltán Dr.	Jordánné Szűcs Andrea	Selmeczi Ildikó Dr.
Ballók Istvánné	Katona Gabriella	Síkhegyi Ferenc Dr.
Balóné Lehmayer Judit	Kercsmár Zsolt Dr.	Simon Lászlóné
Barczikayné Szeiler Rita	Király Edit Dr.	Simonyi Dezső
Bátori Miklósné	Klement László	Solt Péter
Beke Barbara	Kókai András	Dr. Sonfalviné Szeibert Ildikó
Beke Zsuzsanna	Koloszár László Dr.	Szabadosné Sallay Enikő
Bertalan Éva Dr.	Komlós Lászlóné	Szabó Árpádné
Branner Lászlóné	Kónya Péter Dr.	Szabó Lászlóné
Budai Ferenc	Koroknai Balázs Dr.	Szalka Edit
Budai Tamás Dr.	Kovács Pálffy Péter Dr.	Szegő Éva
Chikán Géza Dr.	Kutasi Géza	Szekér András
Csillag Gábor Dr.	Laczkóné Őri Gabriella	Szentpétery Ildikó Dr.
Demény Krisztina	Lajtos Sándor	Szlepák Tímea
Don György	Lantos Zoltán Dr.	Szurkos Gábor
Dudás A. Imre	Magyar Árpád Dr.	Tamás Gábor
Fenesi Ferenc	Maigut Vera Dr.	Thamóné Bozsó Edit Dr.
Fodor László Dr.	Marsi István Dr.	Tihanyiné Szép Eszter
Földvári Mária Dr.	Matyikó Mónika	Tóth György
Fügedi Péter Ubul Dr.	Melisek Szilvia	Tóthné Makk Ágnes Dr.
Galambos Csilla Dr.	Muráti Judit	Treszné Szabó Margit
Gál Nóra Edit Dr.	Müller Tamás	Tullner Tibor Dr.
Gáspár Anita	Nagy Péter	Ujháziné Kerék Barbara Dr.
Gellér Péterné	Németh András	Vad Altanceceg
Göcz István	Novák Brigitta	Varga Renáta
Gulácsi Zoltán	Orosz László	Vargáné Barna Zsuzsanna
Gyalog László Dr.	Pálfi Éva	Vatai József
Gyuricza György Dr.	Palotás Klára	Vácsi Blanka
Hála József Dr.	Papp Péter	Végh Hajnalka
Dr. Hála Józsefné	Partényi Zoltánné	Viktor Zsuzsanna
Hartyányi Zita	Pentelényi Antal	Zsámbok István
Hegyiné Ruzsnyák Éva	Péterdi Bálint	

## A Magyar Állami Földtani Intézet 2011. évi publikációs tevékenysége

### Nyomtatásban megjelent munkák 2011

- ALBERT J. 2011: Marosfő „Maros — forrás”. — *13. Székelyföldi geológus találkozó. A Ditrői szienit masszívum, Gyergyószentmiklós, Földrajz — Turizmus Kollégium — Babes–Bolyai Tudományegyetem Földrajz Kara, 22–25/09/2011.*, pp. 7–10.
- ALBERT J., JORDÁN GY. 2011: Studiul contaminărilor în rețeaua hidrografică a zonei Băiuț (jud. Maramureș), cauzate de exploatarea minereurilor neferoase. — *Simpozionul Național Contribuții științifice în tehnologii și echipamente pentru evaluarea și protecția mediului, ediția VII. — a, Arcalia (Bistrița — Năsăud), 23 — 25/09/2011. Caiet de rezumete*, p. 24.
- ALBERT J., JORDÁN GY., FÜGEDI U., KALMÁR J., HORVÁTH É., VALDMAN L., DAMIAN GH., CHIRA I. 2011: A színesfémérc bányászat okozta szennyeződések vizsgálata Erzsébetbánya (Băiuț, Máramaros megye) vízhálózatában. — *Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT), XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia. Gyergyószentmiklós, 2011. március 31. — április 3. BKF előadásai*, pp. 34–37.
- BADICS B., UHRIN A., VETŐ I., BARTHA A., SAJGÓ CS. 2011: Medenceközponti földgáz-előfordulás elemzése a Makói — árokban. — *Földtani Közlöny* 141 (1), pp. 23–40.
- BADICS, B., UHRIN, A., VETŐ, I., BARTHA, A., SAJGÓ, CS. 2011: Basin-centred gas in the Makó Trough, Hungary: a 3D basin and petroleum system modelling investigation. — *Petroleum Geoscience* 17, pp. 405–416.
- BALLA Z., MÁRTONNÉ SZALAY E., GULÁCSI Z. 2011: A Dél-Dunántúl kréta szubvulkáni testeinek koráról paleomágneses mérések alapján. — *Földtani Közlöny* 141 (3), pp. 233–250.
- BARAC, M., KUTI L., KALMÁR, I. 2011: Depozite loessoide, date hidrologice și stabilitatea terenurilor — studiu de mediu și de geologie urbană în perimetrul model din Municipiul Galați. — *Ecoterra, VIII, 25, 1–8., Bistrița, Cluj Napoca*.
- BRADÁK, B., THAMÓ-BOZSÓ, E., KOVÁCS, J., MÁRTON, E., CSILLAG, G., HORVÁTH, E. 2011: Characteristics of Pleistocene climate cycles identified in Cérna Valley loess–paleosol section (Vértesacska, Hungary). — *Quaternary International* 234, pp. 86–97.
- BREZSNYÁNSZKY K. 2011: „És mégis mozog a Föld”. — *História*, 33 (4), pp. 24–25.
- BREZSNYÁNSZKY K., SÍKHEGYI F. 2011: Földtan [M=kb. 1: 2 300 000]. — In: KOCIS K., SCHWEITZER F. (szerk.): *Magyarország térképekben*. Magyar Tudományos Akadémia Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, p. 36. 18. ábra.
- CHIKÁN G., NÉMETH T., FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I., VATAI J., JÓZSA J., BARANYA S., MARSI I. 2011: A kolontári baleset geológus szemmel. — *XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia, Gyergyószentmiklós, 2011. március 31. — április 3. Konferenciakötet. Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság. BKF előadásai*, pp. 11–15.
- DUDICH E. 2011: Miért van Papp Ferenc tér Zebegényben? — In: GÁLOS M., KÜRTI I. (szerk.): *Papp Ferenc élete és munkássága. „Feri bácsi” a műegyetem legendás professzora*. Magyarhoni Földtani Társulat, Budapest, pp. 71–73.
- FÖLDVÁRI, M. 2011: *Handbook of thermogravimetric system of minerals and its use in geological practice*. — A Magyar Állami Földtani Intézet 213. alkalmi kiadványa, 180 p.
- FÜGEDI U., KUTI L., VATAI J. 2011: A króm Magyarország felszíni képződményeiben. — *MTA Környezetgeokémiai Albizottság és az MTA Geokémiai Kutató Intézet: „A króm környezetgeokémiája” ankét. MTA Kutatóház, Budapest, XI. Budaörsi út, május 11.* p. 2.
- FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I., VARGA R. 2011: Miért szakadt át? A kolontári baleset földtani okai. — *Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT), XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia. Gyergyószentmiklós, 2011. március 31. — április 3. BKF*
- FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I., KALMÁR J., KOVÁCS-PÁLFFY P., KÓNIA P., VATAI J. 2011: Geokémiai és ásványtani folyamatok a kolontári gátban. A környezetgeokémia eredményei az ezredfordulón hazánkban. — *Az MTA Földtudományok Osztálya Geokémiai, Ásvány- és Kőzettani Tudományos Bizottsága Környezetgeokémiai Albizottságának jubileumi ülése, 2011. december 1.* p. 4.
- GÁBRIS GY., KROLOPP E., UJHÁZY K. 2011: Késő-pleisztocén (késő glaciális) – holocén környezetváltozás Duna menti homokbuckák komplex vizsgálata alapján. — *Földtani Közlöny* 141 (1), pp. 57–72.
- GYÓRI O., POROS ZS., MINDSZENTY A., MOLNÁR F., FODOR L., SZABÓ R. 2011: Budai-hegységi paleogén karbonátos kőzetek diagenesztörténete. — *Földtani Közlöny* 141 (4), pp. 341–361.
- GYURICZA GY., VÉGH ZS. 2011: A Baradla barlangkutató csoport által végzett kutatások 1975–2009. — In: TÓTH Á., BÁRTH M. J. (szerk.): *Karszt, történelem, helynevek: Köszöntők és tanulmányok a 88 éves Dénes György tiszteletére*. Meteor Természetbarátok Turista Egyesülete, Budapest, pp. 73–79.
- HAAS, J., BUDAI, T. 2011: Tectonic, eustatic and climatic control on the Dachstein platform development in the Transdanubian Range, Hungary. — *Geophysical Research Abstracts* 13, EGU2011 — 2444, Wien.
- HAAS J., PIROS O., BUDAI T., GÖRÖG Á., MANDL, G. W., LOBITZER, H. 2011: Transition between the massive reef–backreef and cyclic lagoon facies of the Dachstein Limestone in the southern part of the Dachstein Plateau, Northern Calcareous Alps, Upper Austria. — *Geophysical Research Abstracts* 13, EGU2011 — 2437, Wien.
- HAAS J., KOVÁCS S., PELIKÁN P., KÖVÉR SZ., GÖRÖG Á., OZSVÁRT P., JÓZSA S., NÉMETH N. 2011: A Neotethys-óceán akkréciós komplexumának maradványai Észak-Magyarországon. — *Földtani Közlöny* 141 (2), pp. 167–196.
- HABLY L., SELMECZI, I. 2011: Új felső oligocén ősnövénylelőhely Tatabányán. — *Tatabányai Múzeum Évkönyve* 2010 (1), pp. 7–13.
- HÁLA J. 2011: Pongrácz Lajos és leírása a Baradla-barlangról 1840-ből. — In: TÓTH Á., BÁRTH M. J. (szerk.): *Karszt, történelem, helynevek: Köszöntők és tanulmányok a 88 éves Dénes György tiszteletére*. Meteor Természetbarátok Turista Egyesülete, Budapest, pp. 81–84.
- HERNANDEZ-SILVA, G., SCHAREK, P., BREZSNYÁNSZKY, K. 2011: Mercury in the mineralized zone in San Joaquín, Querétaro, México. — *Simposio Dr. Zoltan de Cserna: Sesenta anos Geologizando en México, 14-15/06/2011, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)*, p. 125.
- JORDAN, G., SZUCS, A. 2011: Geochemical Landscape Analysis: Development and Application to the Risk Assessment of Acid Mine Drainage. — A Case Study in Central Sweden. — *Landscape Research* 36, pp. 231–261.
- JORDAN, GY., FÜGEDI, U., BARTHA, A., VATAI, J., TÓTH, GY., MURATI, J., SZENTPÉTERY, I., KÓNIA, P., GABURI, I., TOLMÁCS, D., MÜLLER, T. 2011: The red mud catastrophe in Kolontár, Hungary: applying geology. — *European Geologist* 32, pp. 9–13.



- KALMÁR J., BARAC, M., KUTI L., PETRARU, I. 2011: Talajvíz és szennyvíz Galac (Galați) paneljei alatt. — *Hidrológiai Közlemény* 91 (2), pp. 50–54.
- KALMÁR, J., KUTI, L., SZENDREINÉ KOREN, E. 2011: Forest soil and water capacity studies in Bükk oak and beech forest area, Hungary. — *Jabno Preduzetje Šumarstva, Dvina. 2011 godine, II., Srebrenica*, pp. 23–30.
- KALMÁR J., MACOVEI, GH. 2011: Lithology, sequences and geochemical background in Upper Oligocene outcrops from Râpa Malului–Rogoz (Maramureș County, Romania). — *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences* 6 (2), pp. 303–312.
- KATONA L. T., KÓKAY J., BERTA T. 2011: A várpalotai Faller utcai badeni korú üledék molluszka faunája. — *Földtani Közlemény* 141 (1), pp. 3–22.
- KERCSMÁR ZS. 2011: Korallzátony-kifejlődés az É-i Vértes középső-eocén rétegsorában. — *Abstract, XIII. Bányászati, Kohászati és Földtan konferencia, EMT, Gyergyószentmiklós, 2011. március 31 – április 4*, p. 297.
- KERCSMÁR ZS. (szerk.), FODOR L., LESS GY., PÁLFALVI S., BUDAI T. 2011: Eocén rétegsorok és medencefejlődés a Vértes és a Gerecse hegység területén. — *Kirándulásvezető. Földtani kirándulás az MTA Szedimentológiai Bizottsága, az MFT Budapesti Területi Szervezete és a Magyar Rétegtani Bizottság Eocén Rétegtani Albizottsága szervezésében, 7–8/10/2011*. 32 p.
- KERÉK B. 2011: Ökogeológiai vizsgálatok a bugaci mintaterületen. — *XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia kiadványa, Gyergyószentmiklós*, pp. 210–213.
- KERÉK, B., FUGEDI, U. JORDAN, GY. 2011: Environmental Geochemical Problems in Hungary. *GeoMed 2011. — 4th International Conference on Medical Geology, Italy. Bari, 2011. szeptember 23*. p. 67.
- KERÉK, B. FUGEDI, U., JORDAN, G. VATAI, J., MULLER T. 2011: Environmental geochemistry and health issues in Hungary. — *Ecoterra X*, 29, pp. 33–36. ([www.ecoterra-online.ro/files/1330971169.pdf](http://www.ecoterra-online.ro/files/1330971169.pdf))
- KERÉK B., FÜGEDI U., JORDÁN GY., KUTI L., VATAI J., MÜLLER T. 2011: A környezetgeokémia és az egészség kapcsolata Magyarországon. — *Az MTA Földtudományok Osztály Geokémiai, Ásvány- és Kőzettani Tudományos Bizottsága Környezetgeokémiai Albizottságának jubileumi ülése, 2011. december 1. MTA Kutatóház, Budapest*, p. 5
- KERÉK, B., VATAI, J., SZENTPÉTERI, I., KUTI, L., FÜGEDI, U. 2011: Nitrate vulnerability and concentration of groundwaters in Hungary. — *Ecoterra VIII*, 26, pp. 61–68.
- KERESZTURI, G., NÉMETH K., CSILLAG G., BALOGH K., KOVÁCS J. 2011: The role of external environmental factors in changing eruption styles of monogenetic volcanoes in a Pliocene continental volcanic field in western Hungary. — *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 201, 227–240. doi:10.1016/j.jvolgeores.2010.08.018 IF: 1,941
- KORDOS L. 2011: A Dénes Gyurka-jelenség. — In: TÓTH Á., BÁRTH M. J. (szerk.): *Karszt, történelem, helynevek: Köszöntők és tanulmányok a 88 éves Dénes György tiszteletére*. Meteor Természetbarátok Turista Egyesülete, Budapest, pp. 49–50.
- KOVÁCS S., BREZSNYÁNSZKY K., HAAS J., SZEDERKÉNYI T. 2011: A Cirkum-Pannon régió tektonostratigráfiai terrénum- és ökoszisztemi térképsorozata. — *Földtani Közlemény*, 141 (2), pp. 123–140.
- KOVÁCS, S., BUDA, GY., HAAS, J., BREZSNYÁNSZKY, K., HARANGI, SZ. 2011: Tectonostratigraphic terranes and zones juxtaposed along the Mid-Hungarian Line: their contrasting evolution and relationships. — *Central European Geology* 53 (2–3), pp. 165–180.
- MAGYARI Á., KERCSMÁR ZS., UNGER Z., THAMÓ BOZSÓ E. 2011: Negyedidőszaki képződmények neotektonikai és üledékföldtani vizsgálata az Ér-völgyben. — *Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia. Gyergyószentmiklós, 2011. márc. 31. – ápr. 3. Abstract* p. 298.
- MAGYARI Á. MARS I., THAMÓ BOZSÓ E. 2011: Üledékföldtani és tektonikai megfigyelések az M6 autópálya Paks környéki szelvényeiben. — *Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia. Gyergyószentmiklós, 2011. márc. 31. – ápr. 3. Abstract* p. 237.
- MAGYARI, Á., MARS I., THAMÓ-BOZSÓ, E. 2011: Indications of Late Pleistocene neotectonic and paleoseismic activity in the middle part of the Danube Valley (Pannonian Basin). — *XVIII INQUA Congress, 21–27 July 2011, Bern, Switzerland, Abstract Details ID: 2886*.
- MARS I., MAGYARI, I., ZILAHÍ-SEBESS, L. 2011: Correlation of loess sequences in Southeastern Transdanubia based on field observations, well-log interpretations and laboratory investigations (Hungary). — *Konferenciakötet, Quaternary sciences — the view from the mountains. XVIII INQUA Congress, 21–27 July 2011 in Bern, Switzerland*. 3291
- MARS I., HEĆIMOVIĆ, I., BANAK, A., CHIKÁN G., FERIC, P., GRIZELI, A., HORVAT, M. KOLOSZÁR L., MAGYARI Á. 2011: Negyed- és harmadidőszaki képződmények korrelációja a Dráva mentén – a Sellye–Slatina 1:100 000 méretarányú földtani térképlap horvát–magyar reambulációja. — *XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia, Gyergyószentmiklós, 2011. március 31. – április 3. Konferenciakötet. Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság*, p. 299.
- NÁDOR A., BABINSZKI E. 2011: Energia határok nélkül. — *Élet és Tudomány* 66 (15), pp. 454–457.
- NÁDOR, A., SINHA, R., MAGYARI, Á., TANDON, S. K., MEDZIHRADESKY, ZS., BABINSZKI, E., THAMÓ-BOZSÓ, E., UNGER, Z. 2011: Late Quaternary (Weichselian) alluvial stratigraphic development and regional — scale neotectonic history of the southern Körös plains, Hungary. — *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 299, pp. 1–14.
- NADOR, A., LAPANJE, A., TOTH, GY., RMAN, N., SZOCS, T., PRESTOR, J., UHRIN, A., RAJVER, D., FODOR, L., MURATI, J., SZEKELY, E. 2011: Transboundary geothermal resources of the Mura–Zala basin: joint thermal aquifer management of Slovenia and Hungary. — *Journal of Mechanical Engineering. <http://en.sv-jme.eu>*
- NÉMETH, T., NÉMÉNYI, M., KOVÁCS, A., LAKATOS, E., MILICS, G., SMUK, N., BIRO, T., TOMOR, T., BURAI, P., LÉNÁRT, CS., KOZMABOGNÁR, V., BERKE, J., KOVÁTS, L., NAGY, T., JÓZSA, J., BARANYA, S., KRÁMER, T., ANTON, A., GRUIZ, K., JORDÁN, GY., FÜGEDI, U., BARTHA, A., FENYVESI, L., DEÁRVÁRI, J., SZALAY, K., TOLNER, I., CSORBA, Á., FECZKÓ, T., MAY, Z., NAGY, V., VLASTA, Š., SZÉPVÖLGYI, J. 2011: Short Term Consequences of the Red Mud Spill in Kolontár (Hungary). — *Disasters Journal* (DISA-May-11-0719)
- PAPP P. 2011: „Mert megfordul a vizek folyása...”. (Példák a Természet és az Ember kapcsolatára a Székelyföld múltjában és jelenében) — *13. Székelyföldi geológus találkozók. A Ditrói szienit masszívum, Gyergyószentmiklós, Földrajz–Turizmus Kollégium Babes-Bolyai Tudományegyetem Földrajz Kara, 22–25/09/2011*, pp. 42–45.
- PELIKÁN P. 2011: Szempontok a Bükk karsztvízföldtani modelljéhez. — In: TÓTH Á., BÁRTH M. J. (szerk.): *Karszt, történe-*

- lem, helynevek: *Köszöntők és tanulmányok a 88 éves Dénes György tiszteletére*. Meteor Természetbarátok Turista Egyesülete, Budapest, pp. 139–144.
- REIMANN, C., DE CARITAT, P., EuroGeoSurveys GEMAS Project Team and NGS Project Team 2011: *New soil composition data for Europe and Australia: Demonstrating comparability, identifying continental-scale processes and learning lessons for global geochemical mapping*. *Science of the Total Environment*. — Elsevier B.V. doi:10.1016/j.scitotenv.
- RMAN, N., SZOCS, T., LAPANJE, A. 2011: Identification of transboundary geothermal aquifers by hydrogeochemistry. — *Goldschmidt Conference Abstracts, Praga, 2011*, p. 48.
- ROTÁRNÉ SZALKAI Á., ČERNÁK R., GÁL N., GÖTZL G., KOVÁČOVÁ E., LAPANJE A., MAROS GY., NÁDOR A., SCHUBERT G., SZŐCS T., TÓTH GY. 2011: TRANSENERGY — Szlovénia, Ausztria, Magyarország és Szlovákia határokkal osztott geotermikus erőforrásainak vizsgálata. — *XVIII. Konferencia a felszín alatti vizekről, Siófok, 2011. április 5–6., pp. 8–9*. [www.fava.hu/Siofok2011/program.pdf](http://www.fava.hu/Siofok2011/program.pdf)
- ROTÁRNÉ SZALKAI Á., ČERNÁK R., GÁL N., GÖTZL G., KOVÁČOVÁ E., LAPANJE A., MAROS GY., MIKITA S., NÁDOR A., RAJVER D., RMAN N., SCHUBERT G., SVASTA J., SZŐCS T., TÓTH GY. 2011: Harmonizált termálvíz-, és geotermikus energiagazdálkodás megalapozása a Pannon-medence nyugati részén. — VIII. Kárpát-medence Ásvány- és Gyógyvízei Konferencia. Termálvíz–bor–víz–egészség. — *Geotudományok. Miskolci Egyetem Közleménye, A sorozat, Bányászat* 81, pp. 125–131.
- RUSZKICZAY-RÜDIGER, ZS., BRAUCHER, R., CSILLAG, G., FODOR, L. I., DUNAI, T. J., BADA, G., BOURLÉS, D., MÜLLER, P. 2011: Dating Pleistocene aeolian landforms in Hungary, Central Europe, using in situ produced cosmogenic <sup>10</sup>BE. — *Quaternary Geochronology*, 6, 515–529. doi:10.1016/j.quageo.2011.06.001, IF: 3,238.
- SEBE K., CSILLAG G., THAMÓNÉ BOZSÓ E. 2011: Platóhelyzetű eolikus üledékek és formák az Agár-tető bazaltfennsíkján (Déli-Bakony). — *Földtani Közöny* 141 (4), pp. 393–399.
- SEBE, K., CSILLAG, G., RUSZKICZAY-RÜDIGER, ZS., FODOR, L., THAMÓ-BOZSÓ, E., MÜLLER, P., BRAUCHER, R. 2011: Wind erosion under cold climate: A Pleistocene periglacial megayardang system in Central Europe (Western Pannonian Basin, Hungary). — *Geomorphology* 134, pp. 470–482.
- SELMECZI I., SZEGŐ É., SZUROMINÉ KORECZ A., KÓKAY J., SÜTŐ Z.-NÉ 2011: Újabb őslénytani-rétegtani adatok a kolontári vörösiszap katasztrófa területének miocén képződményeiből. — *14. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Szeged, 2–4/06/2011. Program, előadaskivonatok, kirándulásvezető*, pp. 35–36.
- SELMECZI I., KERCSMÁR ZS., SZUROMINÉ KORECZ A., SÜTŐ Z.-NÉ, THAMÓNÉ BOZSÓ E., MAGYARI Á. 2011: Felső-miocén előfordulás Neszmély környékén (Gerecse hegység). — *14. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Szeged, 2–4/06/2011. Program, előadaskivonatok, kirándulásvezető*, pp. 36–37.
- SZOCS, T., BARTHA, A. 2011: Arsenic speciation and sequential extraction studies. — *Goldschmidt Conference, Abstracts 2011, Praga*, 94 p.
- SZŐCS, T., RMAN, N., SÜVEGES, M. 2011: Radiocarbon age study of Slovenian–Hungarian transboundary groundwater. — *Isotope Workshop 11, 4–8/07/2011, Budapest, Hungary, European Society for Isotope Research*. — *Central European Geology* 54 (1–2), p. 149.
- SZOCS, T., RMAN, N., SÜVEGES, M., PALCSU, L. 2011: Isotope studies in the survey of thermal and cold transboundary groundwater in the Mura–Zala basin, NE Slovenia and SW Hungary. — In: OTERO, N., SOLER, A., AUDÍ, C. (eds): *Book of Abstracts. 9th International Symposium on Applied Isotope Geochemistry. Tarragona, Spain. 19–23 September 2011*. p. 132.
- SZOCS, T., BARTHA, A., HORVATH, I. 2011: Arsenic and  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta\text{D}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ , and  $^3\text{H}$  isotope studies in the Danube–Tisza interfluvial, Hungary. — In: OTERO, N., SOLER, A., AUDÍ, C. (eds): *Book of Abstracts. 9th International Symposium on Applied Isotope Geochemistry. Tarragona, Spain. 19–23 September 2011*. p. 131.
- SZURKOS G., LACZKÓNÉ ŐRI G., ZSÁMBOK I. 2011: Építésföldtani és környezetföldtani adottságok Budapesten. — *Az Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferenciája, Gyergyószentmiklós, 2011*. pp. 266–269.
- THAMÓNÉ BOZSÓ E., NAGY A. 2011: Késő-negyedidőszaki üledékek betemetődési korának meghatározása kvarcscemcsék lumineszcens (OSL) vizsgálatával. — *Földtani Közöny* 141 (1), pp. 41–56.
- THAMÓNÉ BOZSÓ E., FIEBIG, M., PREUSSER, F., STEFFEN, D., GRABNER, M., LAIR, G. J., GERZABEK, M. H. 2011: Duna menti fiatal üledékképződés és egy kikötő 16. századbeli feltöltődése a lumineszcens és dendrokronológiai koradatok tükrében. — In: KÁZMÉR M. (szerk.): *Környezettörténet 2: Környezeti események a honfoglalástól napjainkig történelmi és természet-tudományi források tükrében*, Hantken Kiadó, Budapest, pp. 195–202.
- THAMÓ-BOZSÓ, E., MAGYARI, Á., CSILLAG, G., FODOR, L., NAGY, A. 2011: New luminescence age data of Late Pleistocene sediments in the border areas of the Great Hungarian Plain. — *13th International Conference on Luminescence and Electron Spin Resonance Dating (LED 2011), 10–14 July 2011, Toruń, Poland, Book of abstracts* p. 202.
- THAMÓ-BOZSÓ E., MAGYARI Á., MARS I. 2011: Heavy mineral composition of some loess and loess-like sediments in Hungary. — *XVIII INQUA Congress, 21–27 July 2011, Bern, Switzerland, Abstract Details ID: 2362*.
- UHRIN A. 2011: A Pannon-tó só- és vízháztartásának számítása. — *Földtani Közöny* 141 (4), pp. 383–392.
- UHRIN A., SZTANÓ O., CSILLAG G., HÁMORI Z. 2011: Késő-miocén–pliocén folyók rekonstrukciója a Vértes délkeleti előterében — *Földtani Közöny* 141 (4), pp. 363–381.
- UHRIN, A., SZTANÓ, O. 2011: Water-level changes and their effect on deepwater sand accumulation in a lacustrine system: a case study from the Late Miocene of western Pannonian Basin, Hungary — *International Journal of Earth Sciences*, doi: 10.1007/s00531-011-0741-4.
- UNGER Z., BREZSNYÁNSZKY K. 2011: The first agrogeological map (1909) of the Romanian Kingdom, today after 100 years. — [http://studiacrescent.com/abstracts/issue-nr.-9-\(1-2010\)](http://studiacrescent.com/abstracts/issue-nr.-9-(1-2010))
- VETŐ, I., PALCSU, L., FUTÓ, I., VODILA, G., PAPP, L., MAJOR, Z. 2011: Isotopic constraints on genesis of the multistacked CO<sub>2</sub>–CH<sub>4</sub>–N<sub>2</sub> Répcelak gas field (Pannonian Basin System, W Hungary). — *Isotope Workshop 11, 4–8/07/2011, Budapest, Hungary, European Society for Isotope Research*. — *Central European Geology* 54 (1–2), p. 110.
- VICZIÁN I. 2011: Ásványokat hozó-vívó erdélyi vándordiakok a 18. század végén (kivonat). — *13. Székelyföldi geológus találkozó. A Ditrői szienit masszívum, Gyergyószentmiklós, Földrajz–Turizmus Kollégium Babes–Bolyai Tudományegyetem Földrajz Kara, 22–25/09/2011.*, pp. 77–79.
- VICZIÁN, I. 2010: History of climatic change during Pliocene and Lower Quaternary according to the study of fossil soils. —

Támpop — Humboldt Colleg for Environment and Climate Protection, 2010. October 21<sup>st</sup> in Sopron, University of West Hungary 27–30.

- VICZIÁN, I. 2011: Hungarian contribution to the mineralogy and geology of clays. Commemorating the 50th anniversary of the Hungarian Clay Minerals Group founded in 1960. — *Földtani Közlemény* 141 (3), pp. 313–319.
- VICZIÁN, I. 2010: Letters of German naturalists to Domokos Teleki, first president of the Jena Mineralogical Society (dated 1796 to 1798) (Német természetvizsgálók levelei Teleki Domokoshoz, a jénai Ásványtani Társaság első elnökéhez az 1796–1798. években). — *Acta GGM Debrecina, Geology, Geomorphology, Physical Geography* (4–5), 75–87.
- VICZIÁN, I., KÓNYA, P., KOROKNAI, B., KOVÁCS-PÁLFFY, P., MAROS, GY., BALOGH, K., PÉCSKAY, Z. 2011: Mineralogy and K-Ar geochronology of illite-rich fault gouges in the Mórógy Granite, Hungary (abstract). — In: KARAKAS, Z., KADIR, S., TÜRKMEENOGLU, A. G. (eds): *European Clay Conference — EUROCLAY, Antalya, Turkey, 26/06–01/07/2011, Book of Abstracts. Oral and Poster Sessions*, p. 36.
- VIKOR Zs. 2011: ArcGIS 10.0. Budapest, 2011 Az Észak-borsodi régió szennyezés-érzékenységi térképsorozata. — Internetes publikáció. [http://mafi—loczy.mafi.hu/korny\\_elterjedes/](http://mafi—loczy.mafi.hu/korny_elterjedes/)

### *Kézirat, jelentés*

- FALUS GY., SZAMOSFALVI Á., SZÓCS T., SZÜCS A., TÓTH GY., UHRIN A. 2011. A szén-dioxid földalatti elhelyezésével kapcsolatos feladatok – a szén-dioxid tárolás magyarországi megvalósítási lehetőségeinek vizsgálata. — *Kézirat*, Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, Budapest.
- PRESTOR J., NÁDOR A., ROTÁRNÉ SZALKAI Á., SZÓCS T., TÓTH GY., RMAN N., LAPANJE A. 2011: Határon átnyúló vízkészlet-gazdálkodás ajánlások. — Geotermikus hasznosítások számbavétele, a hévízadók értékelése és a közös hévízgazdálkodási terv előkészítése a Mura–Zala medencében. T-JAM. Operational Programme Slovenia–Hungary. 2007–2013. — *Kézirat*, Budapest.
- PRESTOR, J., NADOR, A., ROTAR–SZALKAI, A., SZOCS, T., TOTH, GY., RMAN, N., LAPANJE A. 2011: Cross-border management recommendations. — Screening of the geothermal utilization, evaluation of the thermal groundwater bodies and preparation of the joint aquifer management plan in the Mura–Zala basin. T-JAM. Operational Programme Slovenia–Hungary. 2007–2013. — *Kézirat*, Ljubljana–Budapest.
- RMAN, N., SZOCS, T. 2011: Hydrogeochemical conceptual model. — Screening of the geothermal utilization, evaluation of the thermal groundwater bodies and preparation of the joint aquifer management plan in the Mura–Zala basin. T-JAM. Operational Programme Slovenia–Hungary. 2007–2013. — *Kézirat*, Ljubljana–Budapest.
- ROTÁRNÉ SZALKAI Á., MURÁTI J., NAGY P., SZÓCS T., SZÜCS A. 2011: Az Üveghutai felszíni vízföldtani monitoring összefoglaló jelentése. — *Kézirat*, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- SCHAREK P. TULLNER T. 2011: D3.1 Political and organisational aspects of geo-energy and mineral resources data management in the participating countries v.3.0. — *Kézirat*, EuroGeoSouce projekt Adattár.
- SZÓCS T., RMAN N. 2011: Vízgeokémiai koncepcionális modell. — Geotermikus hasznosítások számbavétele, a hévízadók értékelése és a közös hévízgazdálkodási terv előkészítése a

Mura–Zala medencében. T-JAM. Operational Programme Slovenia–Hungary. 2007–2013. — *Kézirat*, Budapest.

- TILDY P., VATAI J., KOLOSZÁR L., MARSI I., TÖRÖS E., GÁL N. 2011: Felszínmozgások területek földtani térképezése a Balatoni-magaspártok térségében (Kenese-Fonyód). — *Kézirat*, Kutatási jelentés, Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, Budapest
- ZILAHÍ-SEBESS L., GYURICZA GY., BARCZIKAYNÉ SZEILER R., BUDAI T., FODOR L., GÁL N., GULYÁS Á., HEGYI R., KOVÁCS G., KOVÁCS Zs., LANTOS Z., LENDVAY P., MÜLLER T., PALOTÁS K., PASZERA GY., SELMECZI I., SZENTPÉTERY I., SZÓCS T., TAHY Á., TÓTH GY., TÓTHNÉ MAKK Á., UHRIN A., UJHÁZINÉ KERÉK B., VERES I., ZSÁMBOK I. 2011: Körömend terület. Komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati tanulmány. — *Kézirat*, Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, Budapest.
- ZILAHÍ-SEBESS L., GYURICZA GY., BARCZIKAYNÉ SZEILER R., BUDAI T., GULYÁS Á., HEGYI R., JENCSEL H., KOVÁCS G., KOVÁCS Zs., KUMMER I., LENDVAY P., PASZERA GY., SZÓCS T., TAHY Á., TÓTH GY., TÓTHNÉ MAKK Á., UJHÁZINÉ KERÉK B., VERES I. 2011: Szilvágy terület. Komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati tanulmány. — *Kézirat*, Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, Budapest.
- ZILAHÍ-SEBESS L., GYURICZA GY., BARCZIKAYNÉ SZEILER R., GÁL N., GÁSPÁR E., GULYÁS Á., HEGYI R., JENCSEL H., KERÉKGYÁRTÓ T., KOVÁCS G., KOVÁCS Zs., KUMMER I., LAJOS S., LENDVAY P., MÜLLER T., PASZERA GY., SZÓCS T., TAHY Á., TÓTH GY., TÓTHNÉ MAKK Á., UJHÁZINÉ KERÉK B., VERES I., ZSÁMBOK I. 2011: Nagykanizsa terület. Komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati tanulmány. — *Kézirat*, Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, Budapest.
- ZILAHÍ-SEBESS L., GYURICZA GY., BARCZIKAYNÉ SZEILER R., GÁL N., GULYÁS Á., HEGYI R., HORVÁTH Z., JENCSEL H., KERÉKGYÁRTÓ T., KOVÁCS G., KOVÁCS Zs., KUMMER I., LAJOS S., LENDVAY P., MÜLLER T., PALOTÁS K., PASZERA GY., SZÓCS T., TAHY Á., TÓTH GY., TÓTHNÉ MAKK Á., UJHÁZINÉ KERÉK B., ZSÁMBOK I., VERES I. 2011: Jászberény terület. Komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati tanulmány. — *Kézirat*, Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, Budapest.
- ZILAHÍ-SEBESS L., GYURICZA GY., BARCZIKAYNÉ SZEILER R., GÁL N., GULYÁS Á., HEGYI R., HORVÁTH Z., JENCSEL H., KOVÁCS G., LENDVAY P., MÜLLER T., PASZERA GY., SZENTPÉTERY I., SZÓCS T., TAHY Á., TÓTH GY., TÓTHNÉ MAKK Á., UJHÁZINÉ KERÉK B., VERES I., ZSÁMBOK I. 2011: Zalalövő terület. Komplex érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálati tanulmány. — *Kézirat*, Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, Budapest.

### *Előadások, posztterek*

- ALBERT J. 2011: Marosfő „Maros-forrás”. — *13. Székelyföldi geológus találkozó. A Ditrói szienit masszívum, Gyergyószentmiklós, Földrajz-Turizmus Kollégium – Babes–Bolyai Tudományegyetem Földrajz Kara, 22–25/09/2011.*
- BREZSNYÁNSZKY K. 2011: Búcsú Rajeczky Máriától. — *Fiumei úti Sírkert szőró parcella, 2011/03/23.*
- BREZSNYÁNSZKY K., SZARKA L. 2011: Beszélgetés a Mindentudás Egyeteme „Meddig ér a takarónk?” előadásról. — *Magyar Televízió, Ma Reggel, műsorvezető Süveges Gergő, 2011/04/17.*
- BREZSNYÁNSZKY K. 2011: Ásványi nyersanyagaink és termőföldünk jövője. — *Jövőkép — Környezetvédelmi fórum, Sopron, Pannónia szálló, 2011. június 3., Szervező: STKH Sopron és Térsége Környezetvédelmi és Hulladékkezelési Kft., 2011/06/03.*

- BREZSNYÁNSZKY K. 2011: 160 éve született Szontagh Tamás a Földtani Intézet igazgatója. — *Szontagh Tamás emlékülés, MFT Tudománytörténeti Szakosztály, Nógrádi Geopark Egyesület, MÁFI, 2011/06/06.*
- BREZSNYÁNSZKY K. 2011: Az IUGS 50 évének jelentősége a hazai földtan szempontjából. — *Magyar Tudomány Ünnepe 2011, „Földtudományos Forгатag”, 50 éves az International Union of Geological Sciences, Miskolc, MTA Miskolci Területi Bizottsága, 2011/11/06.*
- DEÁK J., SZŐCS T., TÓTH GY. 2011: Felszín alatti vizeink nitrát-szennyezettsége. — *XVIII. Konferencia a felszín alatti vizekről. Siófok, 2011. április 5–6.*
- FALUS GY., SZAMOSFALVI Á., SZŐCS T., SZÚCS A., TÓTH GY., UHRIN A. 2011: A szén-dioxid elhelyezés esélyei Magyarországon. — *Bányászat és Geotermia 2011 Konferencia, Hajdúszoboszló, 2011. november 16–17.*
- FÜGEDI U. 2011: Az aranymosás. Elmélet és gyakorlati bemutató. — *Kutatók Éjszakája. Petőfi Irodalmi Múzeum, szeptember 23.*
- FÜGEDI U. 2011: Magyarország geokémiai nagytípusai és geokémiai jellegű környezeti problémái. — *Nemzeti Tankönyvkiadó Panoráma természettudományi pedagógusklubja, Budapest, április 12.*
- FÜGEDI U., KUTI L. 2011: Elszigetelt víztest egy kunhalomban. — *Magyar Hidrológiai Társaság. Budapest, 2011. május 24.*
- FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I. 2011: A gát szakadásának ásványtani-geokémiai-szedimentológiai okai. — *Téli Ásványtudományi Iskola, Az MTA Geokémiai és Ásvány-Kőzettani Tudományos Bizottságának Nanoásványtani Munkabizottsága és az MFT Ásványtan-Geokémiai Szakosztálya közös rendezvénye, Balatonfüred, 2011. január 21–22.*
- FÜGEDI U., JORDÁN GY., KUTI L. 2011: Mikroelemek szántók és legelők alatt. — *Agrogeológia előadóiülés, 2011. november 14.*
- FÜGEDI U., KUTI L., VATAI J. 2011: A króm Magyarország felszíni képződményeiben. — *„A króm környezetgeokémiája” ankét az MTA Geokémiai Kutatóintézet és az MTA Geokémiai és Ásvány-kőzettani Tudományos Bizottságának Környezetgeokémiai Albizottsága szervezésében. Budapest, 2011. május 11.*
- FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I., VARGA R. 2011: Miért szakadt át? A kolontári baleset földtani okai. — *MSZP VII. kerületi szervezete, Budapest, április 16.*
- FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I., VARGA R. 2011: Miért szakadt át? A kolontári baleset földtani okai. — *Szkeptikus Társaság, Budapest, április 19.*
- FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I., VARGA R. 2011: Miért szakadt át? A kolontári baleset földtani okai. — *MSZP tudományos tagozat, Budapest, május 1.*
- FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I., VARGA R. 2011: Miért szakadt át? A kolontári baleset földtani okai. — *Budapest Science Meetup, Tűzraktér, Budapest, május 18.*
- FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I., VARGA R. 2011: Miért szakadt át? A kolontári baleset földtani okai. — *Bemutató a MAL Zrt. vezetésének, MÁFI, május 24.*
- FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I., VATAI J., VARGA R., MAIGUT V. 2011: Miért szakadt át? A kolontári baleset földtani okai. — *Magyar Tudományos Akadémia KFKI Atomenergia Kutatóintézet, Budapest, december 9.*
- FÜGEDI U., JORDÁN GY., KUTI L., KERÉK B. 2011: Mi az ásványvíz? Adatok a magyarországi palackozott vizek kémiájához. — *A Magyar Hidrológiai Társaság előadóiülése, Budapest, január 18.*
- FÜGEDI U., SZENTPÉTERY I., VARGA R. 2011: Miért szakadt át? A kolontári baleset földtani okai. — *Erdélyi Magyar Műszaki Tudományos Társaság (EMT), XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferencia. Gyergyószentmiklós, 2011. március 31. – április 3.*
- FÜGEDI U., VARGÁNÉ BARNA ZS., VATAI J. 2011: A környezeti és hatásvizsgálatokhoz, valamint a hulladék-elhelyezéshez kapcsolódó környezeti adottságok felmérése és közreműködés egyes hulladéktípusok minősítésében. — *Döntéstámogató Környezetföldtani Kutatás előadóiülés. MÁFI, Budapest, október 11.*
- GALOVIC, L., WACHA, L., FRECHEN, M., KOLOSZÁR, L., CHIKÁN, G. MAGYARI, Á., MARSÍ, I. 2011: Correlation of two loess sections from Sarengrad, eastern Croatia. — *2. znanstveni skup Geologija Kvartara u Hrvatskoj s međunarodnim sudjelovanjem, Zagreb, (poster)*
- GYURICZA Gy. 2011: Éltető elemünk: a víz. — *Ismeretterjesztő előadássorozat általános iskolásoknak. Második Kerületi Pedagógiai Szolgáltató Központ. A Mozgás Napja, szeptember 28.*
- GYURICZA Gy. 2011: Geotermikus koncessziós feladatokhoz kapcsolódó érzékenységi vizsgálatok. — *Jelentés a 2011-ben, MBFH megrendelésre végzett munkákról. Budapest, MÁFI, október 4.*
- GYURICZA Gy., HÁMORNÉ VIDÓ M., NÁDOR A., TÓTH GY., ZILAHISEBESS L. 2011: Koncessziós területek kijelölésének földtani és környezetvédelmi szempontjai. — *Új utak a földtudományban. Előadássorozat szakértőknek és laikusoknak. Magyar Geofizikusok Egyesülete, Budapest, ELGI, május 18.*
- JORDÁN GY., FÜGEDI U., KUTI L. 2011: Mikroelemek szántók és legelők alatt. — *MFT Mérnökgeológiai szakosztály előadóiülése Budapest.*
- JORDÁN GY., FÜGEDI U. 2011: Ritkaföldfém potenciál vizsgálata a magyarországi vörösiszap tározókban, mint lehetséges másodlagos nyersanyagforrásokban. — *Döntéstámogató Környezetföldtani Kutatás MÁFI, október 11.*
- KERÉK B., FÜGEDI U. 2011: Magyarország mellékhatásai. — *Budapest Science Meetup, Budapest, 10. 19.*
- KERÉK B., KUTI L. 2011: A szárazodás földtani összefüggéseinek vizsgálata a Duna–Tisza közén. — *Mérnökgeológiai és Környezetföldtani Szakosztály, Agrogeológiai előadóiülés, november 14.*
- KERÉK B., ZACHÁRY D. 2011: Beszámoló a GEOMED 2011 konferenciáról. — *Agyagásványtani Szakosztály, Ásványtani-Geokémiai Szakosztály „Őszi konferencialevek” című előadóiülése, Budapest, december 12.*
- KERÉK B., KUTI L., MÜLLER T. 2011: Agrogeological effects of drought vulnerability. — *EGU General Assembly, április, Bécs.*
- KERÉK B., FÜGEDI U., JORDÁN G., VATAI J., MÜLLER T. 2011: Environmental geochemistry and health issues in Hungary. — *Simpozionul National, Contributii stiintifice in tehnologii si echipamente pentru evaluarea si protectia mediului, Editia a VII-a, Caiet de rezumate, 23–25 September 2011, Beszterce.*
- KUTI L. 2011: A homoktalajok viselkedése, különös tekintettel az erdővegetációra. — *Országos Erdészeti Egyesület Kaposvári Helyi Csoportja, Marcali, március 22.*
- KUTI L.: Településgeológia a nagyvárosokban. — *„Város a terepszint alatt” a Levegő Munkacsoport előadóiülése, Budapest, március 28.*
- KUTI L., KERÉK B. 2011: The effect of aridity on the soil-parent material-groundwater system in the Danube–Tisza Interfluve. — *EGU General Assembly, 2011. április, Bécs.*

- KUTI L., KERÉK B., FÜGEDI U. 2011: Talajvizek nitrát-tartalmának természetes változékonysága. — *A Magyar Hidrológiai Társaság előadói ülés, Budapest, május 24.*
- MARSI I., VATAI J., SZENTPÉTERY I. 2011: Földtani térképezés és környezet (gondolatok a kolontári katasztrófa kapcsán). — *Téli Ásványtudományi Iskola, Balatonfüred, 2011. január 21–22.*
- MÜLLER T., KUTI L., KERÉK B., KISS L. 2011: Az aszályveszélyeztetettség földtani okainak vizsgálata Csongrád megyében. — *Mérnökgeológiai és Környezetföldtani Szakosztály, Agrogeológiai előadói ülés, 2011. november 14.*
- NÁDOR A., OROSZ L., MAIGUT V., TURCZI G. 2011: Országhatáron átnyúló geotermikus kutatások és térinformatikai hátterük. — *XVI. ESRÍ Magyarországi Felhasználói Konferencia, Budapest, október 6.*
- PAPP P. 2011: „Mert megfordul a vizek folyása...” (Példák a Természet és az Ember kapcsolatára a Székelyföld múltjában és jelenében). — *13. Székelyföldi geológus találkozó. A Ditrói szienit masszívum, Gyergyószentmiklós, Földrajz-Turizmus Kollégium – Babes–Bolyai Tudományegyetem Földrajz Kara, 22–25/09/2011.*
- PRESTOR J., SZŐCS T. 2011: A határon átnyúló közös hévízhasznosítás és monitoring lehetőségei, feladatai. T-JAM projekt. — *Geotermikus hasznosítások számbavétele, a hévízadók értékelése és a közös hévízgazdálkodási terv előkészítése a Mura–Zala medencében zárókonferenciája, Zalaegerszeg, szeptember 16.*
- RMAN, N., SZŐCS, T., LAPANJE, A. 2011: Identification of transboundary geothermal aquifers by hydrogeochemistry. — *Goldschmidt Conference 2011, Praga, 2011. augusztus 14–19. (poster)*
- ROTÁRNÉ SZALKAI Á., ČERNÁK, R., GÁL N., GÖTZL, G., KOVÁČOVÁ, E., LAPANJE, A., MAROS GY., NÁDOR A., SCHUBERT, G., SZŐCS T., TÓTH GY. 2011: Transenergy — Szlovénia, Ausztria, Magyarország és Szlovákia határokkal osztott geotermikus erőforrásainak vizsgálata. — *XVIII. Konferencia a felszín alatti vizekről, Siófok, április 5–6.*
- SCHAREK P. 2011: Beszámoló az EFG Budapesten tartott éves meetingjéről. — *Magyarhoni Földtani Társulat, december 05.*
- SCHAREK P. 2011: A talajvíz utánpótlódásának változása a Rajka – Szap Duna szakaszon a MÁFI hidrogeológiai vizsgálatai alapján. — *MTA Szigetközi Munkacsoport, Beszámoló, március 23.*
- SCHAREK, P. 2011: WP3 report: Political and organisational aspects of geo-energy and mineral resources data management in the participating countries. — *EuroGeoSouce projekt ülés, Brüsszel, május 17.*
- SELMECZI I., SZEGŐ É., SZUROMINÉ KORECZ A., KÓKAY J., SÜTŐ Z.-NÉ 2011: Újabb őslénytani-rétegtani adatok a kolontári vörösiszap katasztrófa területének miocén képződményeiből. — *14. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Szeged, 2–4/06/2011. Poszter.*
- SELMECZI I., KERCSMÁR ZS., SZUROMINÉ KORECZ A., SÜTŐ Z.-NÉ, THAMÓNÉ BOZSÓ E., MAGYARI Á. 2011: Felső-miocén előfordulás Neszmély környékén (Gerecse hegység). — *14. Magyar Őslénytani Vándorgyűlés, Szeged, 2–4/06/2011. Poszter.*
- SZŐCS T. 2011: Víz-választón — Magyarország felszíni és felszín alatti vizei. — *Riportfilm. Mindentudás Egyeteme, ME 2.0, május 17.*
- SZŐCS, T., BARTHA, A., HORVATH I., 2011: Arsenic and  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta\text{D}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$  and  $^3\text{H}$  isotope studies in the Danube–Tisza interfluvial, Hungary. — *9th International Symposium on Applied Isotope Geochemistry. Tarragona, Spain. 19–23. September 2011. (poster)*
- SZŐCS, T., RMAN, N., SÜVEGES, M. 2011: Radiocarbon age study of Slovenian–Hungarian transboundary groundwater. — *Isotope Workshop 11, 4–8/07/2011, Budapest, Hungary, European Society for Isotope Research.*
- SZŐCS, T., NADOR, A., ROTAR-SZALKAI, A., TOTH GY. 2011: Transboundary thermal groundwater; Transenergy project. — *European Commission, 20th Groundwater Working Group C Plenary Meeting, Budapest, Hungary, 27–28. April 2011.*
- SZŐCS, T., NADOR, A., ROTAR-SZALKAI, A., TOTH, GY., LAPANJE, A., PRESTOR, J., RMAN, N., SEKELY, E., TOTH, L., HAMZA I., 2011: T-JAM — Thermal Joint Aquifer Management. — *Geotermikus hasznosítások felmérése, a hévízadók értékelése és közös hévízgazdálkodási terv előkészítése a Mura–Zala medencében. Sümeg, Állandó Magyar–Szlovén Vízgazdálkodási Bizottság XVII. ülése. Sümeg, október.13.*
- SZŐCS T., ROTÁRNÉ SZALKAI Á., ČERNÁK, R., GÁL N., GÖTZL, G., KOVÁČOVÁ, E., LAPANJE, A., MAROS GY., MIKITA, S., NÁDOR A., RAJVER, D., RMAN, N., SCHUBERT, G., SVASTA, J., TÓTH GY. 2011: Harmonizált termálvíz-, és geotermikus energiagazdálkodás megalapozása a Pannon-medence nyugati részén. — *VIII. Kárpát-medence Ásvány- és Gyógyvizei Konferencia. Termálvízbor-víz-egészség. Egerszalók, 2011. augusztus 31–szeptember 2.*
- SZŐCS, T., RMAN, N., SÜVEGES, M., PALCSU, L. 2011: Isotope studies in the survey of thermal and cold transboundary groundwater in the Mura–Zala basin, NE Slovenia and SW Hungary. — *9th International Symposium on Applied Isotope Geochemistry. Tarragona, Spain. 19–23 September 2011. (poster)*
- SZŐCS T., RMAN, N., TÓTH GY., LAPANJE, A. 2011: Vízgeokémiai módszerek alkalmazása határmenti közös hévízgazdálkodás megalapozásához. A környezetgeokémia eredményei az ezredfordulón hazánkban. — *MTA Környezetgeokémiai Albizottság – MTA Geokémiai Kutatóintézet, december 1.*
- SZŐCS, T., TOTH, GY., GAL, N. 2011: Transboundary groundwater bodies in Hungary. — *Workshop on Transboundary Water Resources, Management in Western and Central Europe. Budapest 8–10. February.*
- SZŐCS T., TÓTH GY., MURÁTI J., NÁDOR A., LAPANJE, A., RMAN, N., SZÉKELY E. 2011: A magyar–szlovén határmenti régió geotermikus hasznosítóinak számbavétele és a hévízadók értékelése közös termálvíz gazdálkodási terv előkészítése érdekében. — *XVIII. Konferencia a felszín alatti vizekről. Siófok. április 5–6.*
- SZŐCS T., TÓTH Gy., MURÁTI J., NÁDOR A., LAPANJE, A. RMAN, N., SZÉKELY E. 2011: Közös termálvíz gazdálkodási terv megalapozása a magyar–szlovén határmenti régióban. — *Magyar Hidrológiai Társaság, XXIX. Országos Vándorgyűlés. Eger, 2011. július 6–8.*
- SZŐCS, T., TOTH, GY., ROTAR-SZALKAI, A., NADOR, A., 2011: Hungarian groundwater bodies and proposals for common management plans of transboundary groundwaters in the Western part of the Pannonian Basin. — *2nd Workshop on Groundwater Bodies in Europe. Berlin, Germany. 15–16 December (poster)*
- SZURKOS G. 2011: Beszámoló az M4 és E6 MBFH– ELGI– MÁFI feladatokról. — *Jelentés a 2011-ben, MBFH megrendelésre végzett munkákról. MÁFI Környezetföldtani Osztály beszámolója. Budapest, MÁFI, október 4.*
- SZURKOS G. 2011: Budapest építésföldtani adottságai. — *Levegő Munkacsoport MÁFI-ban megrendezett előadásorozatán. Budapest, MÁFI, április 07.*
- SZURKOS G. 2011: Építésföldtani és környezetföldtani adottságok Budapesten. — *Erdélyi Magyar, Műszaki Tudományos Társaság XIII. Bányászati, Kohászati és Földtani Konferenciája. Gyergyószentmiklós, 2011. március 31. – április 03.*

- TÓTH Gy., MURÁTI J. 2011: Hidrogeológia: kapcsolat a bányászat és a környezet között. — *Magyar Bányászati és Földtani Hivatal, „Ásványkincseink” rendezvény, Budapest, 2011. szeptember 27–28.*
- TULLNER, T. 2011: National, political and organizational aspects of geo-energy and mineral resources data management. — *EuroGeoSource 2<sup>nd</sup> Public Workshop, Budapest, március 10.*
- TURCZI G., OROSZ L. 2011: Tér adatok egységes, szabványos, távoli és házon belüli elérésének lehetőségei a napi gyakorlatban. — *MBFH–ELGI együttműködés, szeminárium, Budapest, ELGI, április 13.*
- VATAI J., FÜGEDI U. 2011: A talajok és felszínközeli üledékek ásványtani-geokémiai jellegzetességei. — *Téli Ásványtudományi Iskola, Az MTA Geokémiai és Ásvány-Kőzettani Tudományos Bizottságának Nanoásványtani Munkabizottsága és az MFT Ásványtan-Geokémiai Szakosztálya közös rendezvénye, Balatonfüred, 2011. január 21.*
- VERRASZTÓ Z., SCHAREK P. 2011: Határon átnyúló komplex Ipoly kutatás eredményei különös tekintettel az Alsó-Ipoly-völgyre. — *A Börzsöny vizei konferencia, Szob, június 25.*
- VICZIÁN, I., KÓNYA, P., KOROKNAI, B., KOVÁCS-PÁLFY, P., MAROS, Gy., BALOGH, K., PÉCSKAY, Z. 2011: Mineralogy and K-Ar geochronology of illite-rich fault gouges in the Mórággy Granite, Hungary (abstract). — *European Clay Conference – EUROCLAY, Antalya, Turkey, 26/06–01/07/2011.*
- VIKOR Zs., MAIGUT V. 2011: Transenergy: felszíni földtani térkép / Transenergy: surface geological map. — *XVI. ESRI Magyarország Felhasználói Konferencia, Budapest.*
- ZILÁHI-SEBESS L., GYURICZA Gy., NÁDOR A., HÁMORNÉ VIDÓ M., GULYÁS Á., TÓTH Gy., SZŐCS T., HORVÁTH Z., KOVÁCS Zs. 2011: A koncessziós pályázatok kiírását megelőző érzékenységi és terhelhetőségi vizsgálatok szakmai tartalma, tapasztalatok a társ-hatóságok közreműködésével kapcsolatosan. — *Bányászat és Geotermia 2011 Konferencia. Hajdúszoboszló, november 16–17.*

## Bevezető

NÁDOR ANNAMÁRIA  
*projektvezető*



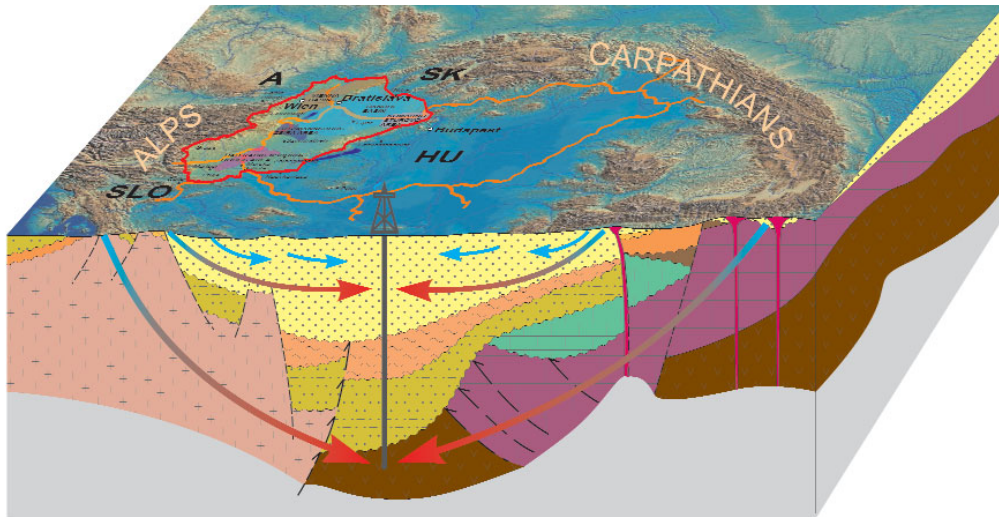
A világ növekvő energiaigényének kielégítésében, a fosszilis energiaforrások kiváltásában, az importfüggőség csökkentésében, ezáltal az energiaellátás biztonságának fokozásában kiemelt szerepe van a megújuló energiaforrásoknak. Emellett a „zöld energia” jelentős szerepet játszik a klímapolitikában is, hiszen a fosszilis energiaforrások elégetéséből származó üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklése a klímaváltozáshoz történő alkalmazkodás egyik alapfeltétele. Mindezeket az elveket számos európai és nemzeti stratégia is megfogalmazza. Az Európai Unió 2020-ra 20%-al kívánja növelni a megújuló energiaforrások részarányát, ugyanakkor 20%-al mérsékelni az energiafelhasználást és a szén-dioxid kibocsátását. Ezen nagyra törő tervekhez igazodva az egyes tagországok kidolgozták Nemzeti Energiastratégiájukat, illetve Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Tervüket.

A megújuló energiaforrásokon belül a kedvező földtani adottságoknak köszönhetően a Pannon-medence térségében levő országokban kiemelt szerepe van a geotermikus energiának. Az ambiciózus megújuló célszámok eléréséhez azonban a geotermikus szektor nagyarányú és gyors fejlődésére van szükség az elkövetkező években. Ezen felfutás egyik sarkalatos pontja a tudományos ismeretek pontosítása mellett a geotermikus energiafelhasználás jogszabályi, engedélyeztetési, támogatási környezetének javítása.

A geotermikus energia felhasználása (a zárt rendszerű földhős hőszivattyúkat, illetve az ígéretes, ámde egyelőre még technológiai-kísérleti fázisban tartó mesterséges földhőrendszereket [enhanced geothermal systems – EGS] leszámítva) a föld belső hőjét hordozó közeg, a mélyben felmelegedett felszín alatti vizek (termálvizek) kinyerésével lehetséges függetlenül annak felhasználási céljától (elektromosáram-termelés, kapcsolt hő- és áramtermelés, közvetlen hőhasznosítás, avagy balenológiai, esetleg ivóvíz célú).

Ebből következően a termálvizek hasznosítása során a vízgazdálkodás és az energetikai célú felhasználást szorgalmazó ágazatok érdekei és szempontrendszerei ütközhetnek egymással. A Víz Keretirányelv célkitűzéseivel összhangban a vízgazdálkodás/környezetvédelem alapvetően a felszín alatti vizek védelmére, jó állapotának elérésére és megtartására irányul, és a különböző vízhasználati igénynek fenntartható módon történő kielégítése során a gazdasági (energetikai) célú felhasználásnak alacsony prioritást szab. Ugyanakkor a Nemzeti Megújuló Energiastratégiákban megfogalmazott célszámok elérése elképzelhetetlen a kivett termálvíz mennyiségének növelése nélkül, még akkor is, ha az energiahatékonyság, a kaszkádszerek elterjesztése, és az egyelőre sok problémával terhelt visszasajtolás jelentősen növekszik a jövőben. E kettősség feloldása csak a két érintett ágazat szempontrendszereinek és prioritásainak összehangolása, az országok gazdasági-társadalmi érdekeit szem előtt tartó kompromisszumos megoldások alapján lehetséges.

Mindemellett a Pannon-medence térségének földrajzi-földtani helyzetéből adódóan egy másik kiemelten fontos kérdéskörrel is számolni kell, ez pedig a határokkal osztott földtani erőforrásokkal történő fenntartható gazdálkodás szempontrendszere, amely csak a szomszédos országokkal való együttműködés keretében kezelhető. A Pannon-medencében a fő termálvíz áramlási pályákat magukba foglaló víztartó képződmények (a medencekitöltő üledékek felső-pannoniai homokkő-testei és a medencealjzatban található karsztos-repedezett kőzetek) jelentős része az országhatárokon túlra is átnyúlik. Az utánpótlódási területek számottevő része is a medencét övező hegyvidéki területeken található (1. ábra), így egy adott országban a termálvíz (fokozott) kitermelésének esetleges negatív hatásai (depressziók, a hozam és hőmérséklet csökkenése) a szomszédos országban (is) jelentkezhetnek.

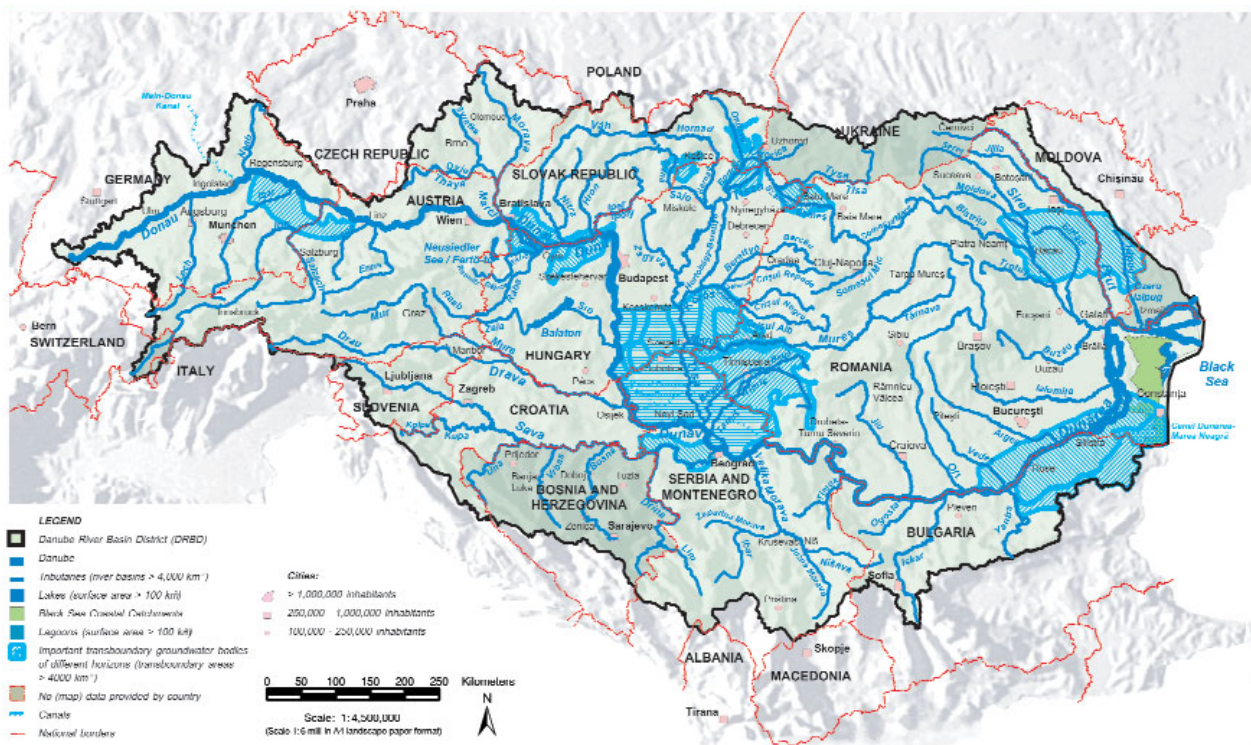


1. ábra. A Pannon-medence határokon átnyúló termálvíz áramlási rendszerének sematikus modellje

Figure 1. Schematic model of the regional groundwater flow system of the Pannonian Basin

A vízgyűjtők természetes határaihoz igazodó vízgyűjtő-gazdálkodás, így a határokkal osztott víztestek kezelése a Víz Keretirányelv egyik alapvető szempontja. A Duna-medencében a vízgazdálkodás határmenti vonatkozásainak végrehajtó szerve a bécsi székhelyű Duna Védelmi Egyezmény Nemzetközi Bizottság (International Commission for the Protection of the Danube River – ICPDR), amely Magyarország tekintetében összesen 7 kiemelt jelentőségű határokkal osztott felszín alatti víztestcsoportot jelölt ki. A 2. ábra jól mutatja, hogy ezek a víztestcsoportok elsősorban az ország északi, északkeleti, Szlovákiával és Ukrajnával;

illetve déli, délkeleti, Romániával és Szerbiával határos részein helyezkednek el. Déli, délnyugati irányban, Horvátország és Szlovénia felé ilyen víztestcsoportok nem kerültek kijelölésre, annak ellenére, hogy a Dráva-, illetve Mura-Zala-medence földtani–vízföldtani szempontból szlovén és horvát szomszédainkkal közös területen fekszik. Ezen hiányosságok pótlására teremtett kiváló lehetőséget az Európai Területi Együttműködés keretében a Szlovénia–Magyarország Operatív Program 2007–2013, amely olyan közös szlovén–magyar projekteket támogatott, amelyek keretében végzett feladatok hozzájárulnak a régió fenntart-



2. ábra. A Duna Védelmi Egyezmény Nemzetközi Bizottság (ICPDR) szintjén kiemelten kezelt felszín alatti víztestek

Figure 2. Important transboundary groundwater bodies of the International Commission for the Protection of the Danube River



ható fejlődésének előmozdításához, többek között a környezetvédelem területén.

A program első felhívása során elnyert T-JAM (Thermal Joint Aquifer Management, Geotermikus hasznosítások számbavétele, a hévízadók értékelése és a közös hévízgazdálkodási terv előkészítése a Mura–Zala-medencében) projekt célja a szlovén–magyar országhatárral osztott Mura–Zala-medence (3. ábra) pannóniai korú porózus hévízadó összeleteinek komplex földtani, vízföldtani és geotermikus kutatási és modellezési eredményekre ala-



3. ábra. a T-JAM projekt területe  
Figure 3. Area of the T-JAM project

pozott értékelése volt, valamint ezek alapján javaslatként közös felszínalatti termákvíztest kijelölésére. A projekt végző célkitűzése ezen túlmutatva olyan ajánlás kidolgozása volt, amely a kijelölt határon átnyúló termákvíztestre közös és harmonizált hévízgazdálkodási, illetve a geotermikus energiavagyonnal történő fenntartható gazdálkodást elősegítő intézkedéseket fogalmaz meg. A feladatnak az adott különös aktualitást, hogy míg a magyar oldalon a nemzeti vízgyűjtő-gazdálkodási tervben e térségben lehatárolásra kerültek olyan karsztos és porózus termákvíztestek, amelyek előzetes ismereteink alapján hidrodinamikai kapcsolatban állhatnak a szlovén oldalon található hasonló földtani–vízföldtani egységekkel, addig Szlovéniában a nemzeti vízgyűjtő-gazdálkodási tervezés más szempontrendszerek alapján dolgozva nem jelölt ki termákvíztesteket, annak ellenére, hogy ÉK-Szlovéniában jelentős mértékű hévíztermelés történik. A Mura–Zala-medence szlovén és magyar oldalán, sok esetben a határmenti régióban egymástól néhány km-re (pl. Lenti–Lendva) jelentős mennyiségű hévíztermelés történik a felső-pannóniai homokköves vízadó rétegekből anélkül, hogy Szlovénia és Magyarország közös, harmonizált hévízgazdálkodási stratégiával rendelkezne. Ennek hiányában, a jövőben elképzelhetőek olyan kedvezőtlen hatások (pl. a termelés okozta depressziók növekedése, a vízhozam csökkenése, változások a vízkémiai összetételben), amely az egyik ország víztermelésének hatására a szomszédos országban jelentkeznek. Ennek

elkerüléséhez nagymértékben hozzájárulhatnak a T-JAM projekt kutatási eredményei és javaslatai.

A projekt területe a Szlovénia–Magyarország Operatív Program jogosultsági területén (Pomurje és Podravje régiók Szlovéniában, illetve Vas és Zala megye Magyarországon) belül a földtani–vízföldtani szempontok előzetes mérlegelése alapján É-on Szombathely vonala, K-en Vas és Zala megyék közigazgatási határa, délen a horvát–magyar, ill. szlovén–horvát államhatárok, nyugaton Maribor vonala, ill. a szlovén–osztrák államhatár által került lehatárolásra (3. ábra). A magyarországi terület jelentős részét a Zalai-domb-ság, É-on a Vasi hegyhát 200–300 m-es tagolt dombvidéke alkotja, amely Szlovéniában a Muraközi-domb-ságban folytatódik, ill. Ny-felé a Pohorje hegyvidék vonulatai alkotják. Az alapvetően dombvidéki tájképet két jelentősebb síkvidék/medence tagolja: Magyarországon a Kerka-sík, Szlovéniában a Muramező.

A projekt partnerei a Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI), a Szlovén Földtani Szolgálat (Geološki zavod Slovenije Geo-Zs), a Nyugat-Dunántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság, valamint a szlovéniai LEA-Pomurje voltak, vezető partnere a szlovén Sinergija Fejlesztési Ügynökség. A projekt 2009. szeptember 1-től 2011. október 30-ig tartott, teljes költségvetése 548 088 euro volt, amelyet 85%-ban az Európai Regionális Fejlesztési Alap (European Regional Development Fund – ERDF) támogatott, amelyhez 10% magyar nemzeti társfinanszírozás is járult. A 2 éves közös munka során kiváló munkakapcsolat alakult ki a szlovén és a magyar partnerek között, amely újabb sikeres nemzetközi projekteket alapozott meg.

A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2011. a T-JAM projekt eredményeit bemutató tematikus kötet. Az egyes cikkek a munka során elkészült szakmai zárójelentéseken alapulnak. A T-JAM projekt végző célkitűzéseiként megfogalmazott, a Mura–Zala-medence fő termákvíz-adóira kialakítandó közös, harmonizált hévízgazdálkodási terv javaslata alapvetően a térség felszín alatti vizeinek állapotát meghatározó geológiai, hidrogeológiai és geotermikus viszonyok egységes rendszerben való vizsgálatán alapult. Ennek alapfeltétele volt, hogy a tanulmányozott térrész földtani–vízföldtani felépítését, folyamatait a résztvevő országok szakemberei egységes szemléletben kezeljék, a vizsgálatok, értékelések harmonizált adatokra épüljenek. A projekt során kialakított fúrási adatbázisba a mindkét országban különböző céllal mélyült (földtani alapkutató, vízföldtani, geotermikus, szénhidrogén-földtani stb.) fúrások adatait gyűjtötték össze a MÁFI, illetve a Geo-ZS szakemberei, részben az intézményeikben elérhető adatbázisokból, részben külső forrásokból. Az adatbázisba bekerülő fúrások kiválasztásának fő szempontja az volt, hogy érdemi információval szolgáljanak a termákvízáramlás szempontjából releváns térrészről (500-nél nagyobb mélységtartomány), valamint hogy a fúrásűrűség igazodjon a kialakítandó földtani modell 1:100 000-es méretarányú kondíciójához (ez utóbbi különösen a Zalai-medence területén volt fontos, hiszen a térségben nagyszámú szénhidrogén-kutató fúrás állt rendelkezésre). Emellett

lényeges szempont volt, hogy a vízföldtani értékeléshez a területre eső termálkutak mindenképp részét képezzék az adatbázisnak. Az MS-Accessben kialakított *szakértői adatbázis* 7 nagy témába (alapadatok, a fúrás célja, a vízhasznosítás módja, felhasználás, földtan, vízföldtan, geotermia) soroltan tartalmazza az összes rendelkezésre álló adatot minden, a projekterületen kiválasztott, kútra vonatkozóan (792 magyar és 404 szlovén fúrás). Ezen adatok jelentős része felett a fúrás tulajdonosa, a kút üzemeltetője rendelkezik, így ezek az adatok nem nyilvánosak. Az adatbázis ezen szintjét (a megfelelő titokvédelmi megállapodásokban foglaltak betartása mellett) a projektpartnerek használták a különböző típusú értékelésekhez. Ugyanakkor a terület földtani, vízföldtani, geotermikus viszonyait legjobban jellemző fúrások, és azoknak bizonyos típusú adatai a termálvíz és geotermikus energia hasznosítói, illetve a szélesebb közvélemény számára is érdekesek és hasznosak. Ezen adatok leválogatásával és adott esetben a tulajdonosok, üzemeltetők megfelelő adatközlési hozzájárulásával egy *nyilvános adatbázist* hoztunk létre (158

magyar és 99 szlovén fúrás), amely egy felhasználóbarát webes alkalmazás keretében mutatja a kút helyét és főbb hozzáférhető adatait. A nyilvános adatbázis a projekt honlapján érhető el ([www.t-jam.eu](http://www.t-jam.eu)).

A projekt 2011 őszén sikeresen lezárult, az integrált földtani, vízföldtani, víz-geokémiai és geotermikus értékelések, modellek alapján kijelölésre került a közel 5000 km<sup>2</sup>-es nagyságú Mura–Zala határon átnyúló termálvíztest, amelynek fenntartható használatára konkrét javaslatokat fogalmaztunk meg, illetve mutattunk be az Állandó Szlovén–Magyar Vízgazdálkodási Bizottságnak. A projekt a maga nemében úttörő jelentőségű volt az országok közötti adatharmonizáció és a közös földtudományi modellek készítése tekintetében, és sikeresen példázta, hogy a szomszédos országok összefogásával, a független nemzeti szakértői szintet képviselő földtani szolgálatok szakmai irányítása mellett az egységes rendszerszemléletű értékelések hogyan járulhatnak hozzá a Duna-medence hidrogeotermikus rendszereinek fenntartható használatához.



**T-JAM**



## A Mura–Zala-medence vízföldtani elemzést szolgáló földtani-szerkezetföldtani modellje

*Geological and structural model of the Mura–Zala Basin and its rims as a basis for hydrogeological analysis*

FODOR LÁSZLÓ<sup>3</sup>, UHRIN ANDRÁS<sup>4</sup>, PALOTÁS KLÁRA<sup>1</sup>, SELMECZI ILDIKÓ<sup>1</sup>, TÓTHNÉ MAKK ÁGNES<sup>1</sup>,  
IGOR RIZNAR<sup>2</sup>, MIRKA TRAJANOVA<sup>2</sup>, HELENA RIFELJ<sup>2</sup>, BOGOMIR JELEN<sup>2</sup>, BUDAI TAMÁS<sup>1</sup>, KOROKNAI BALÁZS<sup>5</sup>,  
SIMON MOZETIČ<sup>2</sup>, NÁDOR ANNAMÁRIA<sup>1</sup>, ANDREJ LAPANJE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, 1143 Budapest Stefánia 14, Hungary

<sup>2</sup>Geološki zavod Slovenije, 1000 Ljubljana, Dimičeva ulica 14

<sup>3</sup>MTA\_ELTE Geológiai, Geofizikai és Űrtudományi Kutatócsoport, 11117, Budapest, Pázmány p. sétány 1/C, Hungary

<sup>4</sup>Eriksfiord AS, Prof. Olav Hanssens vei 7A (Ipark), 4027 Stavanger, Norway.

<sup>5</sup>GEOMEGA



Tárgyszavak: Mura–Zala-medence, pannóniai, talp- és tetőfelszín térképek, litológiai tagolás, szerkezetfejlődés, regionális földtani szelvények

### Összefoglalás

A T-JAM projekt keretében a Mura–Zala-medence földtani felépítését összegeztük annak érdekében, hogy a terület geotermikus potenciálját, termálvízkészleteinek fenntartható hasznosítását előreléző vízföldtani elemzések számára modern földtani modell szolgáljon alapul. A vizsgálatot a meglévő földtani ismeretek, több száz fúrás újraértelmezése és egyes szintekben részletes litológiai tagolása, illetve szeizmikus reflexiók szelvények értelmezése révén végeztük.

A medencekitöltő összlet nagy részét kitevő, jellemzően több kilométeres összvastagságú felső-miocén (pannóniai) rétegsor egyes formációira talpfelszín-, tetőfelszín-, és vastagságtérképeket készítettünk. Megerősítettük a korábbi eredményeket, melyek szerint a medence feltöltődése elsősorban északról történt, ám nyugat felől épülő üledéktesteket is azonosítottunk. A progradáló selfperemen kialakult lejtőképződmények a Dunántúli-középhegység és a Porhorje–Kozjak-hegység felé elvékonyodnak, sőt kiékelődnek, mivel e területek már a késő-miocénben is kiemelt helyzetben voltak. A feltöltődés kezdetén lerakódó turbidites rétegsort a Zala-medence egyes részein agyagmárga választja két részre. Az alsó turbidites egység a szeizmikus korreláció alapján északról dél felé fiatalodik. A terület legjelentősebb hévíztároló összletét a késő-miocén deltafrontokon lerakódó, kiterjedt homoktestek alkotják. A homokos deltafront rétegsor szintén a medencebelső, a késő-miocénben gyorsabban süllyedő aljzati részein fejlődött ki legnagyobb vastagságban. A süllyedés oka alapvetően a Pannon-medence posztrift termális kontrakciója, de egyes korábbi normálvetők és eltolódások a pannóniai elején is aktívak voltak.

A középső-miocén üledéktestek kőzetfáciájában szintén felismerhetők az akkori kiemelt háta, árokperemek, mivel a rétegsorok ott vékonyabbak és meszesebbek. A legmélyebb félárkokban több száz méter, vagy akár km vastag kárpáti–kora-badeni törmeléken üledéksor rakódott le. Az árokrendszer a D6 színrift fázis extenziós deformációja miatt alakult ki. Fő elemei a laposságú lecsúszósíkok, melyek alól metamorf kőzetegységek takaródtak ki, és amelyek mentén extenziós allochtonok jöttek létre.

A medence pre-miocén aljzatában a Közép-magyarországi-nyírózóna D5 fázisba sorolt jobbos transzpressziós elmozdulása révén kerültek egymás mellé és részben egymás fölé a különböző eredetű, kréta korú szerkezeti egységek. A nyírózónát eltolódásos duplexek, illetve az oligocén tonalit intrúziók megjelenése jellemzi. A zóna legészakibb eltolódásától, a Periadriai–Balaton-vonaltól északra rátolódások jöttek létre, melyek meggyűrtek a Bak–Novai paleogén medenceroncsot. Ebben az eocén során vastag, részben vulkanoszediment üledéksor jött létre, amelybe oligocén telérek, teleptelérek és intrúziók nyomultak.

Az alpi takaróképződés talán legkésőbbi fázisaként az Ausztróalpi-takarószorozat (beleértve a Dunántúli-középhegységi-egységet is) a Penninikumra toldott, valószínűleg a kainozoikum elején (D3 fázis). A prekainozoos képződmények szerkezetét alapvetően a késő-kréta extenziós deformáció (D2 fázis) és a kréta közepén (120–85 millió éve) végbement takaróképződés [D1 fázis] szabta meg. Előbbi során jött létre az Ausztróalpi-takarórendszer és a Koralpe–Wölz–Pohorje-egység, valamint a Grazi paleozoikum metamorfózisa. A késő-kréta során a takarókat képlékeny nyírózónák vágta át, melyek mentén milonitok, fillitek, fillonitok jöttek létre. Az extenzió miatt a korábbi takarók elvékonyodtak, extenziós allochtonokat formáltak: ezeknek legnagyobb példája a Dunántúli-középhegység szerkezeti egysége.

**Keywords:** Mura–Zala Basin, Pannonian, base and top surface maps, lithological subdivision, structural development, regional geological profiles

### Abstract

In the frame of the T-JAM project, we prepared a summary of the geological-structural setting of the Mura–Zala Basin in NE Slovenia and SW Hungary in order to provide an input for hydrogeological modelling to support the sustainable management of thermal water resources and geothermal potential of the area. The research involved the summary of existing geological knowledge, the revision and reclassification of several hundreds of boreholes and their more detailed subdivision at several stratigraphical levels, and also the interpretation of several seismic reflection profiles.

The bulk of the basin fill is composed of the Upper Miocene (Pannonian) succession, reaching thickness of several km in large areas. For the main Late Miocene formations, maps showing their base and top surfaces as well as their thickness were prepared. We confirmed the previous results showing that the basin was filled mainly from the north; however, sediment bodies prograding from the west were also identified. The slope deposits built up by the prograding margin show decreasing thickness and even pinchout towards the Transdanubian Range and the Pohorje–Kozjak Mts, as these areas were in relatively elevated position already in the Late Miocene. The infill of the basin began with the deposition of a turbiditic sequence, which is subdivided into two units by a claymarl level in some parts of the Zala Basin. Based on the seismic correlation, the lower turbiditic unit becomes younger southwards. The most important thermal water reservoir of the study area is composed of the extensive sandbodies formed on the Late Miocene delta fronts. The thickest sand-prone delta-front deposits can be also found in the inner parts of the basin, where subsidence rates were higher in the Late Miocene. The reason of subsidence of the basin is the Late Miocene thermal contraction of the Pannonian Basin although some normal and strike-slip faults remained active.

The syn-rift grabens, and their edges can be recognized in the facies and thickness distribution of Karpatian to Mid-Miocene (syn-rift) sediments while they show thinner and more calcareous development at basin adges. In the deepest half-grabens several hundreds metres to kilometre-thick clastic sequence was deposited during the early rift phase. This D6 phase induced the formation of the system of grabens. Main structures are the low-angle detachment faults, which exhumed metamorphic rocks at their footwalls. Extensional allochthons formed along the detachments from hanging wall units.

In the pre-Miocene rocks of the Pannonian Basin, major dextral transpressive strike-slip faults juxtaposed Cretaceous structural units of different origin within the first-order Mid-Hungarian Shear Zone during the D5 phase. The shear zone is characterised by strike-slip duplexes and the intrusion of Oligocene tonalite bodies. North from the northern fault branch of the wide shear zone reverse faults developed which strongly folded the remnant of the Eocene Bak–Nova Basin. On this area an unusually thick Eocene sedimentary-volcanic succession was deposited, and intruded later by Oligocene dykes, sills and shallow intrusions.

Probably as the last event of the Alpine nappe stacking, the Austroalpine nappe plie (including the Transdanubian Range Unit) thrust over the Penninic Unit, probably in the early Cenozoic (D3 phase). The structure of the Pre-Cenozoic rocks is determined by the mid-Cretaceous nappe stacking (D1 phase, 120–85 Ma) and the Late Cretaceous extensional deformation (D2 phase). The metamorphism of the Graz Palaeozoic and Koralpe–Wölz–Pohorje units occurred during the first phase. The Late Cretaceous D2 extensional deformation resulted in low-angle ductile and brittle shear zones which are connected to the formation of phyllite, phyllonite and mylonite. Former mid-Cretaceous nappes were thinned and formed extensional allochthones: the largest of them is the Transdanubian Range Unit.

### Bevezetés

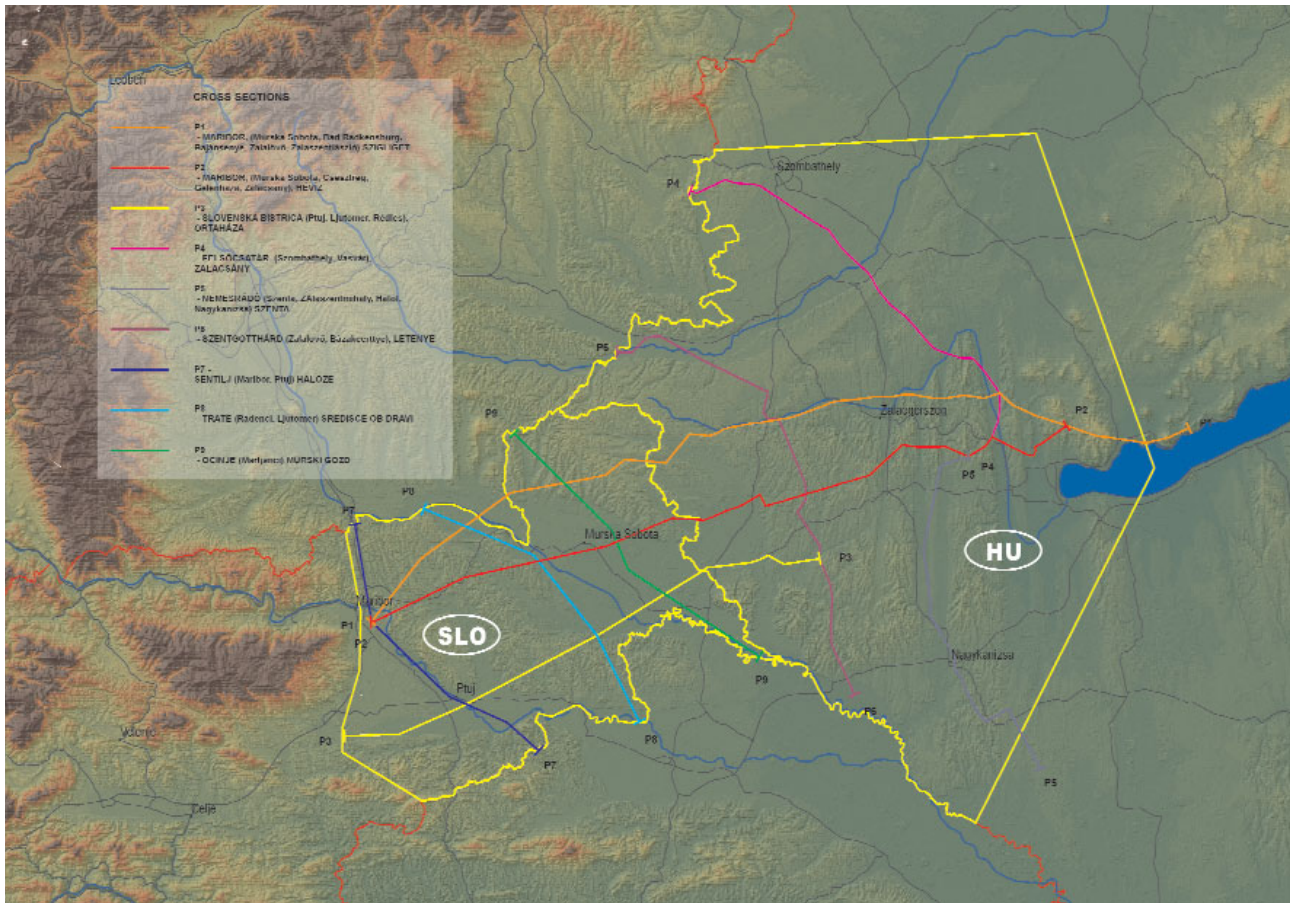
A T-JAM projekt keretében a Mura–Zala-medence szlovéniai és magyarországi teljes kiterjedését és a Kisalföld déli részét vizsgáltuk (1. ábra), amely medenceterületek peremei, a szlovéniai Haloze-, a Pohorje- és a Kozjak-hegységek, a Vas-hegy, a Bakony és Balaton-felvidék délnyugati szegélye, a Keszthelyi-hegység. A közös termálvíz-gazdálkodás megalapozását elősegítő vízföldtani modellezés, és későbbi hasznosítás céljaihoz igazodva a földtani felépítés vizsgálata során célzottan a térség vízföldtani szempontból hasonlóan viselkedő (vízvezető, vízzáró) közettani egységeinek, az ún. hidrosztratigráfiai egységeknek térbeli lehatárolására, illetve a vízáramlások pályáit befolyásoló szerkezeti elemek térbeli helyzetének meghatározására összpontosítottunk. Ennek tükrében a terület földtani-szerkezetföldtani felépítésének alábbi ismertetése nem tekinthető egy alapkutató jellegű, klasszikus értelemben vett monografikus összefoglalásnak, annál részben kevesebb, ugyanakkor az alkalmazott kutatási (vízföldtani)

kérdések megválaszolásához úgy módszertani, mint szemléletbeli és tartalmi elemeit illetően bővebb, és számos új eredményt is tartalmaz. Utóbbiak főleg a területen mélyült fúrások átértékeléséből, illetve szeizmikus reflexiók szelvények elemzéséből, valamint a korábbi földtani ismeretek határokra átnyúló összevetéséből származnak. Az alábbi tanulmány ezen munkának a földtani felépítésre vonatkozó eredményeit mutatja be.

### A földtani modellépítés módszerei

#### Méretarány

A földtani térmodell méretarányát a projekt céljaihoz igazodva a munka kezdetén 1: 100 000-méretarányúnak határoztuk meg. Ez adta meg a feldolgozandó adatsűrűséget, ami elsősorban a hidrosztratigráfiai egységeket hárántoló földtani felületek megszerkesztéséhez felhasználható fúrások számát határozta be.



1. ábra. A T-JAM projekt területének elhelyezkedése, a földtani szelvények nyomvonalai digitális domborzati modellen  
 Figure 1. Position of T-JAM research area, and the regional geological cross sections on a digital terrain model

### A képződmények azonosítása

Mindennemű földtani értékelés megkezdése előtt alapvető fontosságú volt, hogy a szlovén és magyar földtani terminológiát összehangba hozzuk, a határ két oldalán eltérő nevezéktanú képződményeket azonosítsuk. Ez elsősorban a miocén képződmények tekintetében volt fontos, hiszen ezek zömében mennek végbe a vizsgált termásvíz-áramlási folyamatok.

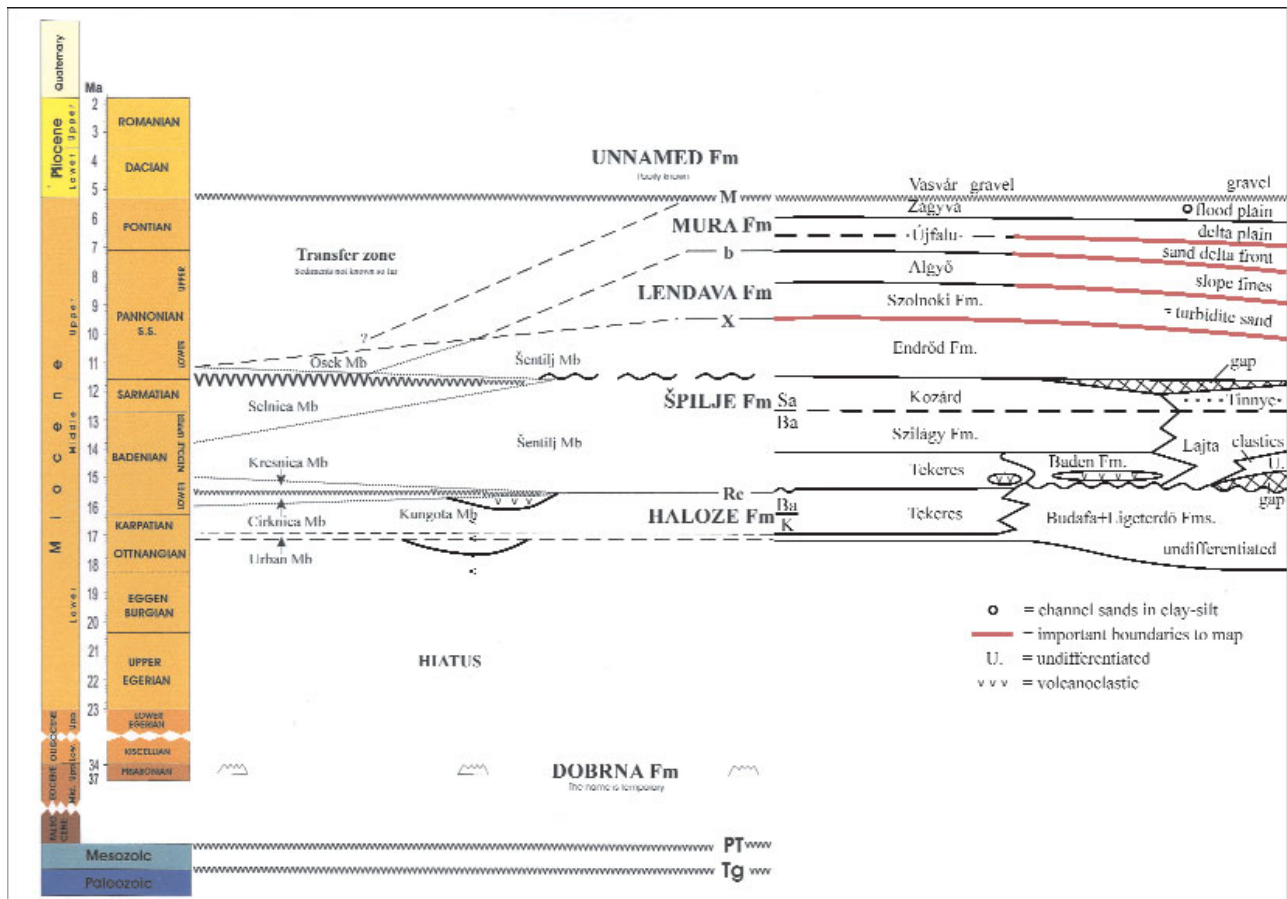
A miocén képződmények azonosítása több kétoldalú szakértői egyeztetés kertében zajlott, amelyek során a szlovén és magyar geológusok kölcsönösen megismerték a partner országokban használatos formáció-elnevezéseket és azok mögöttes litológia, faciológiai, időbeli tartalmát. Ennek ismeretében került sor a képződmények párhuzamosítására (2. ábra).

A 2. ábra jól mutatja, hogy Szlovéniában kevesebb számú, nagyobb időt átfogó litosztratigráfiai egység használatos (NÁDOR et al. 2012). A szlovén Mura Formáció megfelel a magyar „felső-pannóniai” Zagyvai és Újfalu Formációknak, míg a Lendava Formáció az „alsó-pannóniai” Algyői és Szolnoki Formációknak. (Az idézőjel itt arra utal, hogy a pannóniai kőzettest a hazai jól ismert gyakorlat szerint litológiai alás és felső részre osztható, de ezen egysé-

gek nem egykorúak a medencén belül). A legidősebb magyar pannóniai (Endródi Formáció), valamint a szarmata Tinnyei és Kozárdi Formáció, illetve a fiatalabb badeni képződmények (Szilágyi Agyagmárga, Tekerési Slír felső része, Badeni és Lajta Formáció) együttese a szlovén Špilje Formációval párhuzamosítható. Az idősebb badeni és kárpáti képződmények (Tekerési Slír alsó része, Budafai és Ligeterdői Formáció) a szlovén Haloze formációnak feleltethetők meg.

### Földtani felületek meghatározása

A projekt kezdetekor meghatároztuk a vízföldtani modell számára szükséges hidrosztratigráfiai egységeket, illetve az ezeket határoló felületeket. Ezek elsősorban a pannóniai medencekitöltő üledéksorban a hévíz tárolása szempontjából jelentős deltafront és turbidit kifejlődésű homokköves egységek határfelületei, valamint prepannóniai miocén felület, a prekainozoos aljzat, a kvarter talp, illetve a beszivárgás meghatározásához szükséges felszíni földtani térkép. E mellett, elkészítettük a terület presenon képződményeinek térképét. Az egyes felületek lefutását, illetve földtani kifejlődését nagyszámú fúrású rétegsor (magyar oldalon 792, Szlovéniában 404 fúrás) átértékelése



2. ábra. Miocén formációk korrelálása a szlovén-magyar országhatár két oldalán

Figure 2. Correlation of Miocene formations across the Slovenian-Hungarian country boundary

alapján, illetve szeizmikus szelvények értelmezése (lásd a „Szeizmikus szelvények és értelmezésük az OpenDtect szoftverrel” c. fejezetet) segítségével szerkesztettük meg. Az átértékelt fúrási rétegsorok a szlovén–magyar közös, háromnyelvű, geotermikus fúrási adatbázisba kerültek betöltésre (hiv adatbázis cikk)

A munka során az alábbi térképet készülték el (a mélységtérképek a tengerszinthez viszonyítva):

— Presenon képződmények földtani térképe (V. melléklet).

— Prekainozoos képződmények földtani térképe.

— Prekainozoos képződmények tetőfelületének domborzati térképe a felszínt metsző szerkezeti elemekkel együtt (VI. melléklet).

— Badeni és szarmata képződmények talp felülete a Tinnyei és Lajta Mésző Formációk elterjedési határával (10. ábra) Ez a térképváltozat csak a projekt magyarországi részterületére készült el.

— Pannóniai képződmények talp felületének térképe (12. ábra).

— Pannóniai turbidites homokkő összlet (Szolnoki / Lendava Formáció alsó szakasza) vastagsága (13. ábra).

— Pannóniai turbidites homokkő összlet (Szolnoki / Lendava Formáció alsó szakasza) talp felületének domborzattérképe (17. ábra).

— Pannóniai turbidites homokkő összlet (Szolnoki / Lendava Formáció alsó szakasza) tető felületének térképe (18. ábra).

— Pannóniai deltafront-homokok (Újfalui / Mura Formáció alsó szakasza) talp felülete (20. ábra).

— Pannóniai deltafront-homokok tetőfelülete (Újfalui / Mura Formáció alsó szakaszán belüli határ) (21. ábra).

— Pannóniai deltafront-homokok vastagsága

— Kvarter talp felülete és földtani felépítése.

— Felszíni földtani térkép.

### Fúrásátértékelések

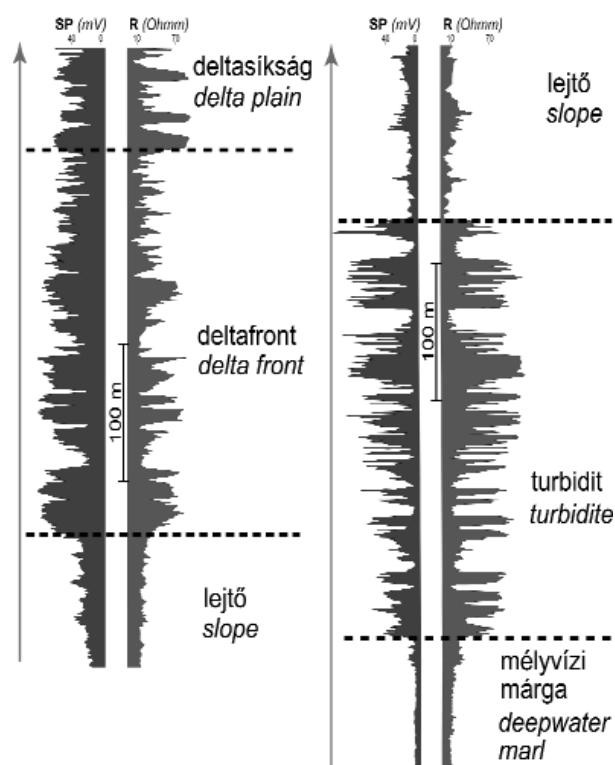
A fúrásátértékelés során alapvetően a MÁFI mélyfúrási adatbázis szerkezetéhez igazodtunk. A törzsazonosítók mellett a pannóniai és idősebb miocén képződményeket formáció szinten átértékeljük és megadtuk ezek mélység-intervallumát. A prekainozoos aljzat képződményeit nem minősítettük át, azok az eredeti MÁFI mélyfúrási adatbázisban szereplő minősítéssel szerepelnek; ezt azért tehetettük meg, mert a nemrég kiadott prekainozoos aljzattérképhez kapcsolódva számos fúrás már átértékelésre került (HAAS et al. 2010). A fedő negyedidőszaki képződményeket csak kisebb részben értékeltük át. Egyfelől — az adatbázis homogenitása érdekében — a fúrási rétegsorban a felszínen

lévő képződményt összehangba kellett hoznunk a MÁFI 1:100°000-es felszíni földtani térképén az adott pontban jelzett kifejlődéssel. Másrészt azok a kvarter szakaszok kaptak új értékelést, melyek karotázsképek alapján nyilvánvalóan a felső-pannóniaiban előforduló folyóvízi üledékekkel azonos fáciesűek.

### A pannóniai formációk karotázis-értelmezésének elve

A pannóniai formációk azonosítása alapvetően a képződményekre, ill. azok lerakódási környezetére jellemző karotázsképek alapján történt. A pannóniai üledéksor a vizsgált területünkön is — mint a hegységperemi területeken kívül az ország legnagyobb részén — feloleli a mélymedencétől az alluviális síkságig terjedő felhalmozódási övezeteket (JUHÁSZ 1994, MAGYAR 2009). Mivel a mélyfúrások döntő többségénél a kőzetkifejlődés tekintetében csak furadékmintákra szorítkozhatunk, a karotázisgörbék vizsgálatának igen fontos szerep jutott a fáciesek meghatározásában (3. ábra).

A partoktól távoli, az üledékgyűjtő legmélyebb részeit képviselő mélymedence üledékeinek zöme változó karbonáttartalmú agyagos aleurit, márga és mészmárga. Kis mérszantalom esetén az SP (természetes potenciál) görbe és az ellenállás görbék, a gamma-szelvényvel együtt kis kitérést mutatnak („agyag-vonal”). Mészmárgák esetén az



3. ábra. A pannóniai törmeléken üledékes fáciesek jellemző karotázsképe (a görbealakok üledékföldtani magyarázatát lásd a szövegben)

Figure 3. Typical picture of well-log data for characteristic clastic lithofacies of the Pannonian sequence (for the explanation of shapes of well-logs, see the text)

SP görbe egészen hasonló az előbbi típushoz, az ellenállás görbe viszont szabálytalan eloszlásban, de az előbbinél magasabb értékeket vesz fel. E két típus az Endrődi / Špilje Formáció felső szakaszának a kőzeteit jellemzi.

A Szolnoki / Lendava Formáció alsó szakasza a mélymedencékbe a sekélyvízi régiókból áthalmozódó, egymástól pelites rétegekkel elválasztott turbidittesteket foglalja magában. Karotázsképet az SP és ellenállás görbék „agyag-vonalából” kiemelkedő, az egyedi homokkőtesteket képviselő csúcsok sorozata jellemzi. A homoktestek vastagságának, ill. szemcseméretének szisztematikus ingadozása miatt az egymást követő csúcsok felfelé finomodó és durvuló (az SP-ellenállás együttes görbén „karácsonyfa” illetve „tölcsér” alakú) sorozatokat alkothatnak. A turbidites összetétel elkülönítése általában nem okoz gondot, mert alulról és felülről egyaránt több tíz vagy több száz méter vastagságú, többnyire homogén pelitek övezik.

A medencebelső és a parti rámpa közötti részt a Pannonmedencében is „lejtő” néven nevezzük; az itt lerakódott képződményeket az Algyői / Lendava Formációba felső szakaszába soroljuk. Ezt az összetétel túlnyomóan aleurit építi fel, amit az egyveretű, az „agyag-vonalhoz” közel futó SP és ellenállás görbék tükröznek. Alárendelten azonban néhány métertől néhány tíz méterig terjedő vastagságú, finomhomokos szintek is megjelenhetnek. Amennyiben ez utóbbiak felfelé durvulnak (karotázsképek „tölcsér” alakú), a vízszint átmeneti csökkenését jelezhetik, mutatva, hogy a leülepedés helye rövidebb időre a parthomlok alsó régiójába jutott. Ritkább esetekben az Algyői Formáció olyan szakasza fölött szinte közvetlenül a deltafront felfelé durvuló homokrégesorai települnek, ezek pedig már az Újfalui / Mura Formációba tartoznak.

Az Újfalui / Mura, és a Somlói, Tihanyi Formációk egymástól való elkülönítése nem problémamentes. Az Újfalui / Mura Formáció definíciója szerint a dunántúli (és alföldi) neogén medencékben fordul elő, és magában foglalja mind a deltafronton, mind pedig a deltasíkságon lerakódott, homokkő, aleurit és agyagmárga sűrű váltakozásából felépülő rétegsorokat. A Dunántúli medenceperemi területein előforduló, szintén deltaeredetű képződményeket ugyanakkor hagyományosan a Tihanyi és Somlói Formációkba sorolják. A Somlói Formáció általában a medencebelső Újfalui/Mura Formációjának alsó részéhez, a Tihanyi Formáció pedig annak felső részéhez hasonló kifejlődésű. Az említett bizonytalanság, ill. a deltafront és a deltasíkság üledékeinek hidrodinamikai jellegei közti jelentős eltérés miatt jelen munkában az eredeti definícióktól némileg eltérő formációbeosztást alkalmaztunk. Ezt a pannóniai földtani felépítésről szóló fejezetben ismertetjük. A deltafront üledékei homokban gazdagok; jellegzetesen felfelé durvulók és ciklusok alkotják őket, melyek vastagsága néhány méter vagy néhány tíz méter. Gyakran megfigyelhető, hogy az összetételben felfelé haladva az egyedi ciklusok vastagsága növekszik. A deltasíkság üledékei általában vékonyrétegesek, homoktartalmuk a deltafrontéhoz képest csekélyebb. Az itteni homoktesteket elsősorban a delta-

síkságon áthaladó elosztó-csatornák övzátányai építették fel, ennek megfelelően a fúrásokban méteres nagyságrendű, felfelé finomodó egységekként jelennek meg. A medrek között lerakódott pelitek rendszeresen tartalmaznak szenesedett növényi törmelékkel, lignitcsíkokkal az állandóan vízzel borított felhalmozódási környezet miatt. Habár az ismétlődő vízszintingadozások miatt a deltafront és a deltasíkság üledékei többször is váltakozhatnak a rétegsorban, ezek a váltakozások csak a modellünkénél nagyobb méretarányban térképezhetők megbízhatóan. Emiatt jelen munkában a deltafront és a deltasíkság határát a rétegsorban elsőként megjelenő, felfelé finomodó (azaz elosztó-csatorna jellegű), legalább 5–6 m vastag homokbetelepülésnél húztuk meg.

A viszonylag lassú medencesüllyedés és az ezzel általában lépést tartó feltöltődés eredményeként területünkön a deltasíksági képződmények uralkodnak a pannóniai összlet fiatalabb részén. A deltasíkság üledékeinek karotázsképén

hasonló karotázskép (pelites ártéri üledékek közé ágyazott, felfelé durvuló, övzátány-eredetű homoktestek) miatt.

### A formációk litológiai jellemzése

A vízföldtani modellezés számára fontos szempont volt, hogy az esetenként több száz vagy ezer m vastag formációkat a belső litológiai változékonyság alapján tovább tagoljuk. A vertikális felbontás csak a legalább 30 m-es skálájú közettani változékonyságot vette figyelembe. A formáción belüli litológiai tagolás során a pannóniai képződmények esetében a képződési környezetet azonosító fácies kódok (1. táblázat), a pannóniainál idősebb miocén képződmények esetében egyes litológiai azonosító kódok (2. táblázat) kerültek bevezetésre. Egy adott formáción belül a litológiai alegységek vastagságát a fúrási adatbázisbantól-ig m-ben adtuk meg (3. táblázat).

Ezt a fajta, formáción belüli litológiai bontást csak a projekt magyarországi részterületére eső fúrások esetében végeztük el, mivel Szlovéniában a rendelkezésre álló adatok

**1. táblázat.** A pannóniai formációkon belül alkalmazott litológiai kódok

**Table 1.** Lithological codes for the internal subdivisions of the Pannonian formations

Kód	Üledékképződési környezet	Formáció (Slovénia)	Formáció (Magyarország)	Litológiai leírás
Plc	deltasíkság ill. alluviális síkság	Mura F. felső része	Zagyvai F.; Újfalui F. felső része	felfelé finomodó homoktestek (köztük 10 m-nél vastagabbak) váltakozása pelittel
Plf	deltasíkság ill. alluviális síkság	Mura F. felső része	Zagyvai F.; Újfalui F. felső része	felfelé finomodó homoktestek (kizárólag 10 m-nél vékonyabbak) váltakozása pelittel
Fre	deltafront	Mura F. alsó része	Újfalui F. alsó része	felfelé durvuló homoktestek (köztük 10 m-nél vastagabbak) váltakozása pelittel
Frf	deltafront	Mura F. alsó része	Újfalui F. alsó része	felfelé durvuló homoktestek (kizárólag 10 m-nél vékonyabbak) váltakozása pelittel
Sl	lejtő	Lendava F. felső része	Algyői F.	aleurit és agyag, legfeljebb kevés, vékony homokbetelepüléssel
Tuc	zagyrak (turbidites üledékképződés)	Lendava F. alsó része	Szolnoki F.	homoktestek (köztük 10 m-nél vastagabbak) váltakozása pelittel
Tuf	zagyrak (turbidites üledékképződés)	Lendava F. alsó része	Szolnoki F.	homoktestek (kizárólag 10 m-nél vékonyabbak) váltakozása pelittel
Dw	mélyvízi, zagyrak nélkül	Špilje F. felső része	Endrődi F.	márga ill. agyagmárga, legfeljebb jelentéktelen homokbetelepülésekkel

az elosztó csatornák övzátány-üledékei mellett 5–20 m vastagságot elérő, felfelé durvuló kis ciklusok is jelen vannak; ezeket a deltaágak közti öblözetek feltöltődési üledéksorai-ként azonosíthatjuk.

A deltasíkságot követően kifejlődő alluviális síkság üledékei az érvényes formációbeosztás szerint a Zagyvai, ill. Hansági Formációba tartoznak, ezek elkülönítése azonban igen bizonytalan, részben a deltasíkság felől mutatott fokozatos átmenet, részben a deltasíksági összlethez igen

(elsősorban karotázsgörbék hiánya) ehhez nem voltak elegetendők. A szlovén fúrások esetében csak a legfőbb lerakódási környezetek/formációk kerültek azonosításra.

### Szeizmikus szelvények és értelmezésük az OpenDtect szoftverrel

A kutatási területről 47 darab 2D szeizmikus szelvényt tanulmányoztunk, ezek összesített hossza kb. 1000 km. Az



**2. táblázat.** A pannóniaiánál idősebb miocén formációkon belül alkalmazott litológiai kódok**Table 2.** Lithological codes for Miocene formations older than the Pannonian (Late Miocene)

Litológiai név	Litológiai leírás	Kód	Litológiai kód
CLAY	variegated, bentonitic, kaolinitic, coaly, red, bauxitic, silty, sandy, pebbly	Cl	vCl, bCl, kCl, cCl, rCl, bxCl, siCl, sdCl, pCl
CLAYSTONE	silty	Clst	siClst
MUD (CLAY AND SILT)	clayey, sandy, pebbly, calcareous, lime mud	M	clM, sdM, pM, caM, lM
MUDSTONE	clayey, sandy, pebbly, calcareous	Mst	clMst, sdMst, pMst, caMst
SILT	clayey, sandy	Si	clSi, sdSi
SILTSTONE	clayey, sandy	Sist	clSist, sdSist
SHALE		Sh	
SAND	muddy, silty, pebbly, clayey, algal	Sd	mSd, siSd, pSd, clSd, algSd
SANDSTONE	muddy, silty, pebbly, clayey, algal, marly	Sdst	mSdst, siSdst, pSdst, clSdst, algSdst, mrlSdst
GRAVEL	muddy, sandy, calcareous	Gr	mGr, sdGr, caGr
CONGLOMERATE	muddy, sandy, calcareous	Cong	mCong, sdCong, caCong
BRECCIA	dolomite, limestone, quartz	Br	dolBr, lstBr, qBr
MARL	calcareous, clay, silty, sandy, algal, tuffaceous	Mrl	caMrl, clMrl, siMrl, sdMrl, algMrl, tMrl
LIMESTONE	algal, detrital, pebbly, sandy, clayey, marly	l.st	algI.st, detI.st, pl.st, sdI.st, clI.st, mrlI.st
COAL		Coal	
TUFFACEOUS	bentonite, XXX	t	tBen, tXXX
TUFF	bentonitic	T	bT
AGGLOMERATE		Agg	
KAOLIN, KAOLINITE		K	
BAUXITE		Bx	
ANDESITE, BASALT, DACITE		A, Ba, D	
MAGMATIC		Magm	
ALTERNATIONS	e.g. clay/sand, sand/conglomerate/silt		e.g. Cl/Sd, Sd/Cong/Si

**3. táblázat.** Példa a fúrás adatbázis szerkezetében a formáció belüli litológiai tagolásra**Table 3.** Example for subdivision of a given formation in the structure of borehole data base

A fúrás jcle	A formáció felső határa	A formáció alsó határa	Kód	A litológiai szakasz felső határa	A litológiai szakasz alsó határa	Litológiai kód
Nab 3	0,0	705,0	so-tPa2	0,0	97,0	n.a/n.d
				97,0	120,0	Plf
				120,0	150,0	Plc
				150,0	210,0	Plf
				210,0	300,0	Plc
				300,0	360,0	Plf
				360,0	420,0	Plc
				420,0	450,0	Plf
				450,0	510,0	Plc
				510,0	540,0	Plf
				540,0	660,0	Plc
				660,0	705,0	Plf

3. táblázat. folytatás  
Table 3. continuation

A fúrás jele	A formáció felső határa	A formáció alsó határa	Kód	A litológiai szakasz felső határa	A litológiai szakasz alsó határa	Litológiai kód
Nab-3	705,0	990,0	üPa2	705,0	750,0	lrf
				750,0	930,0	Frc
				930,0	990,0	lrf
	990,0	1496,0	aPa1-2	990,0	1496,0	Sl
	1496,0	2233,0	szPa1	1496,0	1620,0	Tul
				1620,0	1650,0	Tuc
				1650,0	1740,0	Tuf
				1740,0	1770,0	Tuc
	1770,0	2233,0	Tuf			
	2233,0	2234,0	eMs2-Pa1	2233,0	2324,0	Dw
	2234,0	2648,0	lMb	2324,0	2368,0	Mrl, caMrl
				2368,0	2462,0	algLst
				2462,0	2555,0	Cl, cMrl, Si
				2555,0	2640,0	sdMrl
				2640,0	2648,0	Sdst, Clst, Si, Br

elektronikusan megkapott szelvények képét az OpenDTect szoftverben jelenítettük meg. A szoftver lehetőséget adott arra, hogy a szeizmikus képen azonosítható vetőket, ill. horizontokat (képződményhatárokat) a szelvényre rajzoljuk, majd így kijelölt helyzetüket táblázat formájában elmentsük. Egy-egy ilyen táblázat az adott horizont vagy vető szintjét (kétutas terjedési időben mért mélységét) adja meg a szelvény egymást követő (EOV koordinátákkal azonosított) pontjaiban, ezek a pontok pedig a továbbiakban a fúrásokból származó szintekkel azonos módon felhasználhatók szinttérképek vagy szelvények szerkesztésekor. Amennyiben a szeizmikus kép függőleges dimenzióját adó ún. kétutas futásidő és a valódi mélység közötti összefüggés ismert, az OpenDTect-ben a szelvényekhez közeli fúrások nyomvonalai és az azokban kijelölt szintek is megjeleníthetők: ezek gyakran további segítséget adnak a képződményhatárok szeizmikus szelvényen való kijelöléséhez.

A szeizmikus szelvények felbontóképessége — minőségüktől függően — függőlegesen és vízszintesen egyaránt néhány tíz méter, ennél vékonyabb rétegek tehát nem különíthetők el rajtuk. Egy-egy egység szeizmikus képének jellegéből (pl. reflexióinak kontrasztjából, folytonosságából) azonban következtethetünk jóval kisebb részletek, pl. turbidites vagy mederereditű homoktestek jelenlétére, ill. hiányára is.

A szeizmikus kép időben mért függőleges dimenziója miatt az exportált horizontok és vetők helyzetét utólag kellett mélységadattá konvertálni. A mélységkonverziót nehezítette, hogy a terület különböző részeire jelentősen eltérő mélység–idő összefüggések jellemzőek. Emiatt a medencekitöltő üledékekben legnagyobb, legkisebb és közepes szeizmikus sebességekkel jellemezhető területekről is kiválasztottunk egy-egy olyan fúrást, melyből pontos, mért mélység–idő függvényt ismertünk, a köztes területe-

ken pedig a fenti három függvénnyel számolt értékek különböző módon súlyozott átlagaiként állítottuk elő a mélység-adatokat. Az átlagoláshoz használt súlytényezőket először a szelvények menti kb. 100 fúrás helyeire állapítottuk meg oly módon, hogy a fúrásban és a szeizmikán is azonosítható szintek (pl. az Algyői és az Újfalui Formáció határa, vagy a miocén törmelékes medencekitöltés alja) egymással fedésbe kerüljenek. Ebből a mintegy 100 adatból krigeléssel a teljes területet lefedő gridet készítettünk, ami immár a terület egészére jól használható mélység–idő összefüggést adott. Meg kell azonban jegyezni, hogy a törmelékes (főként pannóniai, kisebb részben idősebb miocén) medencekitöltés alatt lévő egységekre azok oldalirányú heterogenitása miatt csak durva közelítéssel becsülhető a valódi mélység, a prekainozoos aljzatban mélyebbre hatolva a becslés hibája akár több száz méterre is nőhet. Sajnos, ez a hiba értelmezéseinkben, így pl. a földtani szelvényekben megjelenhet. A medencekitöltő összletben azonban jellemzően néhány tíz méter pontossággal megállapítható a szeizmikus szelvényeken értelmezett elemek mélysége.

A szeizmika további felhasználási lehetőségét adja az a tény, hogy a rajta megjelenő egyedi horizontok mindig azonos időben képződött üledékeket képviselnek (ún. „timeline”-ok). Ez lehetővé teszi, hogy egy-egy adott fúrásban kijelölt fontos szinttel (szűrőzött szakasz, rétegtani határ stb.) egykorú üledékeket akár a teljes medencében kövessünk, pl. fúrások korrelációja, vagy egy adott szint felszínre bukkanási helyének megkeresése érdekében.

A projekt szlovéniai részterületén digitális formátumú szeizmikus szelvények nem álltak rendelkezésre. A kijelölt földtani horizontokat (lásd a „Földtani felületek meghatározása” c. fejezetet) papír alapú szeizmikus szelvény elemzése alapján szerkesztettük meg (lásd később 12–21. ábrák).

### Regionális földtani szelvények

A terület földtani képének pontosítása céljából kilenc regionális földtani szelvényt szerkesztettünk (I–IV. mellékletek). Ezek közül három KÉK–NyDny-i irányú szelvény Szlovénián és Magyarországon is áthalad (P1, P2, P3). Ezekre közel merőlegesen összesen hat ÉNy–DK-i irányú, egymással közel párhuzamos kereszt-szelvényt szerkesztettünk, ezek közül két magyarországi szelvény (P4 és P5) egymással összekapcsolódik (1. ábra, ill. II. és III. mellékletek).

A magyar területrészen a szelvényeket kompozit szeizmikus szelvények értelmezése alapján szerkesztettük meg. Mint korábban említettük, digitális alapú szeizmikus szelvények Szlovéniából nem álltak rendelkezésre, így a szlovén földtani szelvények az alábbi alapadatok alapján kerültek megszerkesztésre:

a) négy korábban megszerkesztett földtani szelvény (JELEN et al. 2006), egy ÉK–Dny-i irányú (P2), három ÉNy–DK-i irányú (P7, P8, P9) adatai,

b) B. JELEN, H. MERVIĆ (Geo-ZS) és UHRIN A. (MÁFI) által készített karotázsértelmezések,

c) a Nafta Lendava által készített karotázsértelmezések (geofizikai markerek és kapcsolódó formációhatárok),

d) a pannóniai képződményekre vonatkozó, a „Földtani felületek meghatározása” c. fejezetben említett szinttérképek,

e) felszíni földtani és tektonikai térkép a T-JAM projekt szlovéniai területére (JELEN, RIFEJL 2011),

f) a prekainozoos aljzat szerkezeti térképe (domborzata és értelmezett szerkezeti elemei) (JELEN 2009),

g) a területről készült publikációk és térképek (MIOČ, ŽNIDARČIČ 1976, ŽNIDARČIČ, MIOČ 1988, GOSAR 1995, FODOR et al. 1998, JELEN, RIFEJL 2002, LELKES-FELVÁRI et al. 2002, MÁRTON et al. 2002, TRAJANOVA 2002, FODOR et al. 2002, 2003, 2008).

Az eltérő munkamódszerek ellenére a földtani szelvényeket — több konzultáció eredményeképpen — sikerült egységes koncepcióval megszerkeszteni így azok egységes földtani szemlélettel mutatják a terület földtani felépítését. Az egyszerűbb kezelhetőség érdekében a kb. száz méternél kisebb elvetési magasságú törésvonalakat a szelvényeken nem ábrázoltuk. A szelvények részletes leírását a „Regionális földtani szelvények leírása” c. fejezet tartalmazza.

## A terület földtani felépítésének ismertetése

### A terület fő szerkezeti egységei

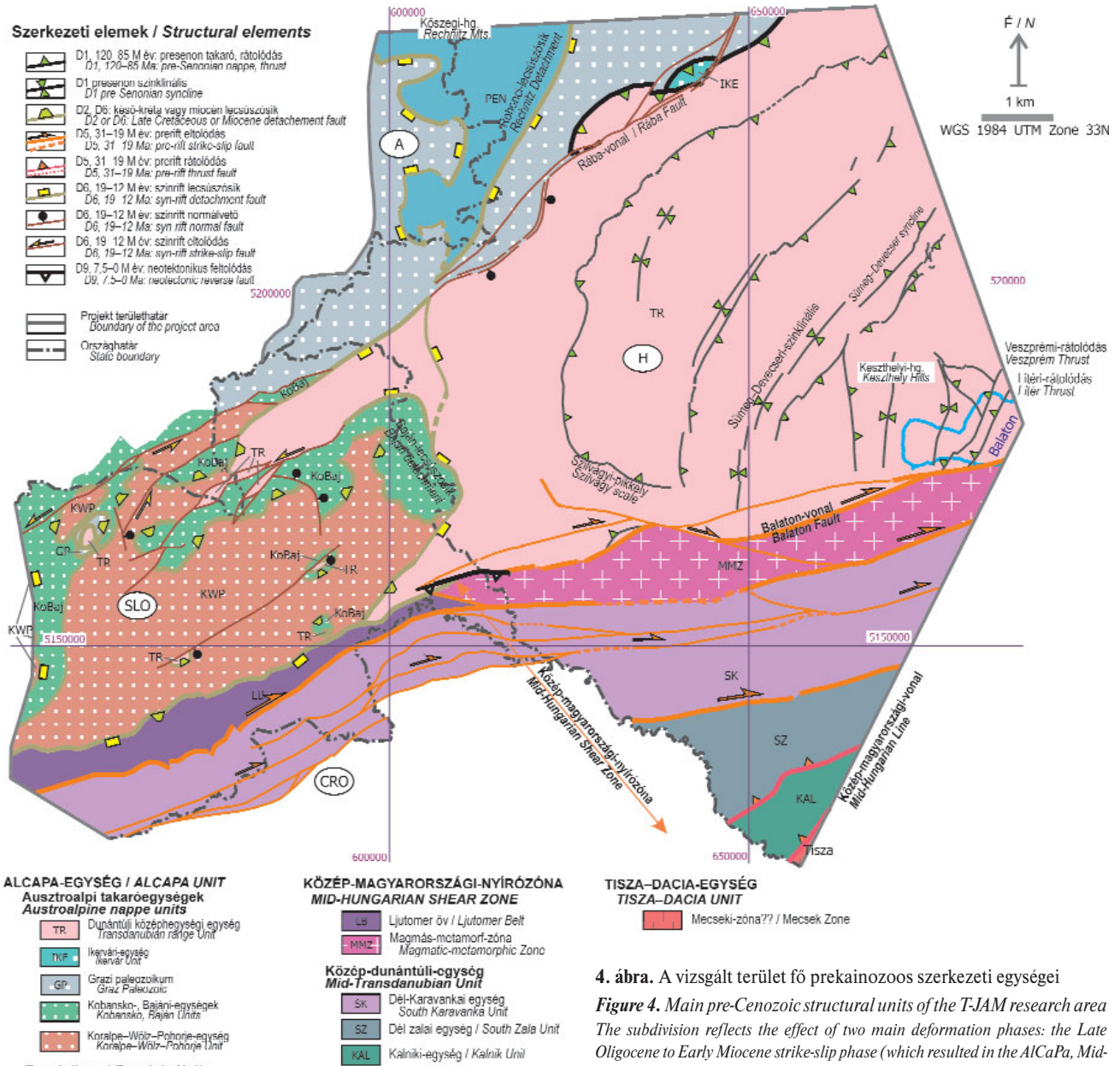
A vizsgált terület prekainozoos szerkezeti egységeit többféleképpen osztályozhatjuk, attól függően, mit tartunk a fő osztályozási szempontnak (BALLA 1999). A 4. ábra két fő deformációs fázishoz való tartozást mutat: (1) egyrészt, három fő egység különíthető el a késő-oligocén–kora-miocén eltolódások alapján, a déli Tisza–Dáciai-egység, a Közép-magyarországi-nyírózóna, és az északi AICaPa blokk. Utóbbin belül a miocén exhumáció miatt megjelenik a Pennini-egység, ami egyben a kréta–paleogén korú alpi deformációk szempont-

jából is önálló elem. (2) Az AICaPa a kréta deformáció alapján takaróegységekre oszlik. A Közép-magyarországi-zóna szintén tovább osztható a felépítő kőzetek alpi hovatartozása, ill. a kainozoos szerkezeti elemek alapján.

A terület legmélyebb prekainozoos szerkezeti egysége a Penninikum, mely a terület ÉNy-i sarkában bukkan a felszínre, és a nyugati területen a prekainozoos aljzatot is ez adja (4. ábra). Ezen egységre az Ausztralpi-takarórendszer különböző elemei tolódtak fel, de a takarósodás során kialakult helyzetüket a miocén extenziós deformáció jelentősen átrendezte (TARI 1996). Ennek következtében a nyugati területrészen a Penninikum az Ausztralpi-takarórendszer magasabb elemeivel, leginkább a Grazi paleozoikummal van szerkezeti kapcsolatban. Ez utóbbi egység délkeleti határánál egy kisebb, újonnan elkülönített egység, az Ikervári-egység lép fel, amely valószínűleg szintén egy takaró (HAAS et al. 2010), bár korábbi értelmezés szerint a Pennini-egység ablakként való előfordulása (DANK, BODZAY 1971). Az egység kőzeteinek kora valószínűleg mezozoos (jura–kréta?), de sem rétegtana, sem szerkezeti kapcsolata nem ismert kellőképpen.

A projekt magyarországi területének zöme a Dunántúli-középhegységi-egység területére esik. Ennek ÉNy-i határát egy miocén eltolódás- és normálvető-rendszer reaktíválta vagy elvetette, amíg az eredeti határ a mostani értelmezések alapján kréta korú takaróhatárnak tekintendő (TARI 1994, FODOR, KOROKNAI 2000, HAAS et al. 2010). Ennek rátolt blokkjában, a legmagasabb ausztralpi takaróként jelenik meg a Dunántúli-középhegységi-egység (TARI 1994, FODOR et al. 2003, TARI, HORVÁTH 2010). Az egység ópaleozoos kisfokú metamorfotokból és nem metamorf perm–kréta üledéksorokból épül fel. Dny-on a Dunántúli-középhegységi-egység alatt két különböző metamorf kőzetegyüttes jelenik meg a Muramedence aljzatában (4. ábra). Az egyik a zöldpala fáciesű Kobansko Formációt tartalmazó Kobansko-egység, a másikat az alpi Koralpe–Wölz–Pohorje-takarórendszer zömében amfibolit fáciesű litológiai elemei képviselik (SCHMID et al. 2004). Ezen egység a Muraszombati-háton közvetlenül a prekainozoos felület alatt van, míg tovább nyugatra a Pohorje-hegységben a felszínre lép.

A Dunántúli-középhegységi-egységtől délre lévő képződmények a széles értelemben vett Közép-magyarországi-nyírózónába tartoznak (4. ábra). Mivel ez a zóna szerkezetileg egységes, és a késő-oligocén–kora-miocén deformáció során jött létre, ezért paleo-mezozoos képződményeit egy fő szerkezeti egységbe sorolva tárgyaljuk. Az egység belső szerkezetét is alapvetően oligo-miocén szerkezetek adják, bár nem kizárt, hogy egyes részeiben megőrizte a kréta takarós szerkezetet. Eppen ezért, a belső szerkezeti felépítés megítélésében szerepet kapnak a zónát felépítő paleo-mezozoos összleteknek a korábbi, kréta deformáció(k) során létrejött szerkezeti egységekbe való besorolása is. Ezt tükrözi a zóna felépítését tárgyaló leírásunk is, ahol szerepet kap a kréta takarós besorolás, amit a kainozoos deformáció felülír. Az összetett szerkezetű zónán belül több alzónát különböztethetünk meg, részben követve korábbi munkákat (HAAS et al. 2000, 2010).



4. ábra. A vizsgált terület fő prekainozoos szerkezeti egységei  
 Figure 4. Main pre-Cenozoic structural units of the T-JAM research area  
 The subdivision reflects the effect of two main deformation phases: the Late Oligocene to Early Miocene strike-slip phase (which resulted in the AICaPa, Mid-Hungarian Zone and Tisza-Dacia Unit), and the internal subdivision of the two former based on the Cretaceous Alpine nappe stacking phase

A Dunántúli-középhegységi-egység D-i határa a Periadriai-Balaton-vonalrendszer, amely a Közép-magyarországi-nyírózóna északi nyírózónája. Ez egyértelműen egy kainozoos eltolódási zóna, melyet számos elemzés támaszt alá (KÁZMÉR, KOVÁCS 1985, BALLA 1988, CSONTOS et al. 1992, TARI 1994, FODOR et al. 1998). A zónán belül oligocén és kora-perm intrúziók és változatos metamorf fokú kőzetek jelennek meg (KÖRÖSSY 1988, JÓSVAI et al. 2005). Ezek egy része a Dunántúli-középhegységi-egységből, más részük nem azonosított (mélyebb?) egységekből vált le az eltolódásos deformáció során — ezen összetett eredet magyarázza az önálló (kainozoos) szerkezeti egységre való sorolást. Ennek a zónának az ÉNy-i oldalán Szlovéniában egy önálló egység, a Ljutomer-öv azonosítható, amely különböző triász képződményekből áll. A Balaton-zónának a Közép-

magyarországi-öv más zónáitól való elválasztása a fúrési adatok ritkasága miatt nehéz.

A terület D-i része (Nagykanizsa környéke) magába foglalja a Közép-dunántúli-egység egy kis szegmensét is (HAAS et al. 2000, HAAS, RÁLISCH-FELGENHAUER in HAAS et al. 2004), mely itt a Közép-magyarországi-zóna részeként jelenik meg (4. ábra). Ez az összetett egység a Déli-Karavankai-, a Dél-Zalai- és a Kalnikai-egységekből áll, amelyek kréta és/vagy oligo-miocén takarók, pikkelyek lehetnek (HAAS et al. 2000, CSONTOS, NAGYMAROSY 1998).

Az összetett egység, és a teljes Közép-magyarországi-nyírózóna déli határa, a Közép-magyarországi-vonal, amely a terület déli sarkánál húzódik. E vonaltól délre a Tiszai-Daciai-egység metamorf képződményei épphogy megjelennek a terület déli sarkában (4. ábra), de a szeizmikus szel-

vények alapján más egységek alatt nagyobb kiterjedésűek.

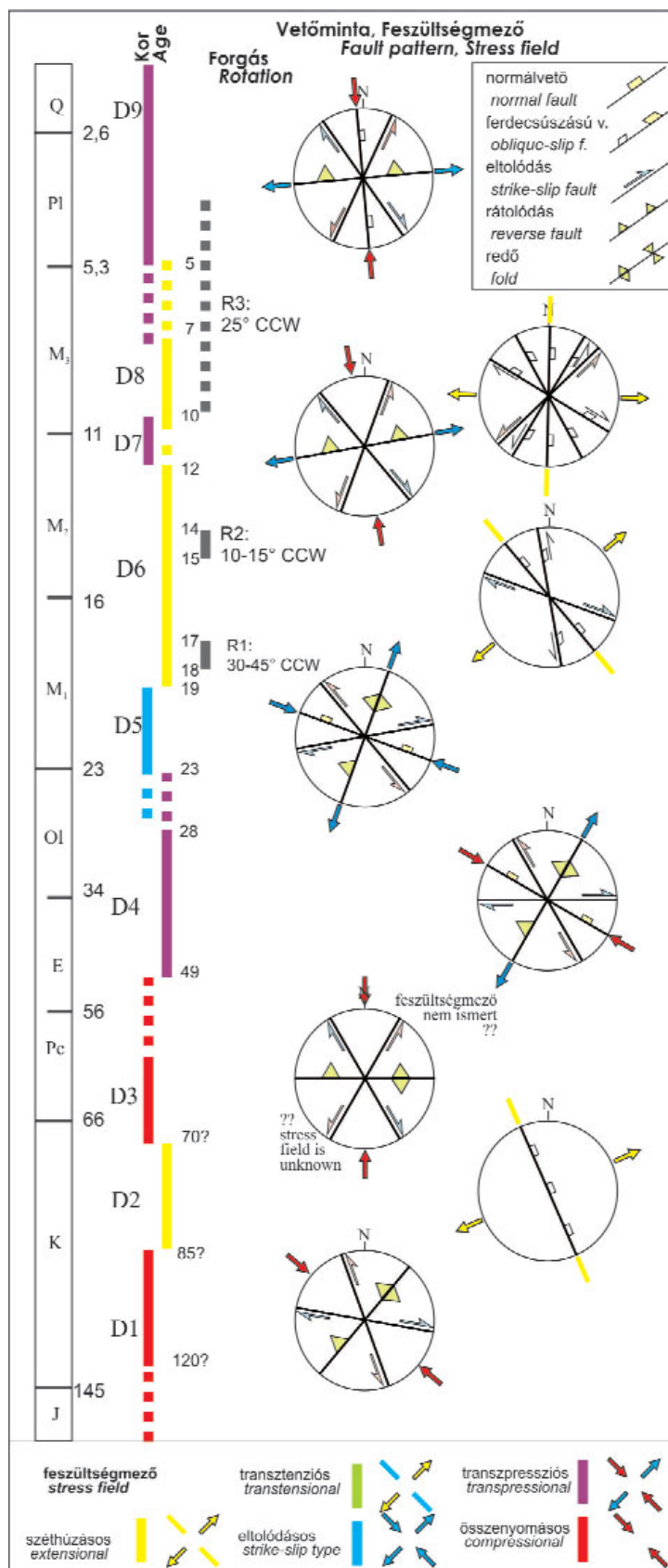
### A terület szerkezetfejlődése

A vizsgált terület alapvetően kilenc fő szerkezetalakulási fázis hatására alakult ki. Ezek némelyike számos szerkezeti elemmel jelenik meg a térképsorozaton, míg más fázisok jelenlétére tágabb területek adataiból, illetve az üledékképződés menetéből következtethetünk (5. ábra). A fázisok a következők:

- a kréta takaróképződés (D1),
- a késő-kréta medencealakulás és ezzel közel egyidős szerkezeti kitarakodás (exhumáció, D2),
- az Ausztróalpi-egységeknek a Penninikumra való tolodása a kréta végén vagy a kainozoikum elején (D3),
- a paleogén medencék kialakulásával kapcsolatos deformációk (D4),
- a késő-oligocén–kora-miocén eltolódás és rátolódás (D5),
- a késői kora-miocén–középső-miocén ríftesedés (D6),
- a késő-szarmata eltolódásos deformáció (D7),
- a késő-miocén posztrift süllyedés (D8),
- és a legkésőbbi miocén–negyedidőszaki szerkezetei inverzió (neotektonikus fázis) (D9).

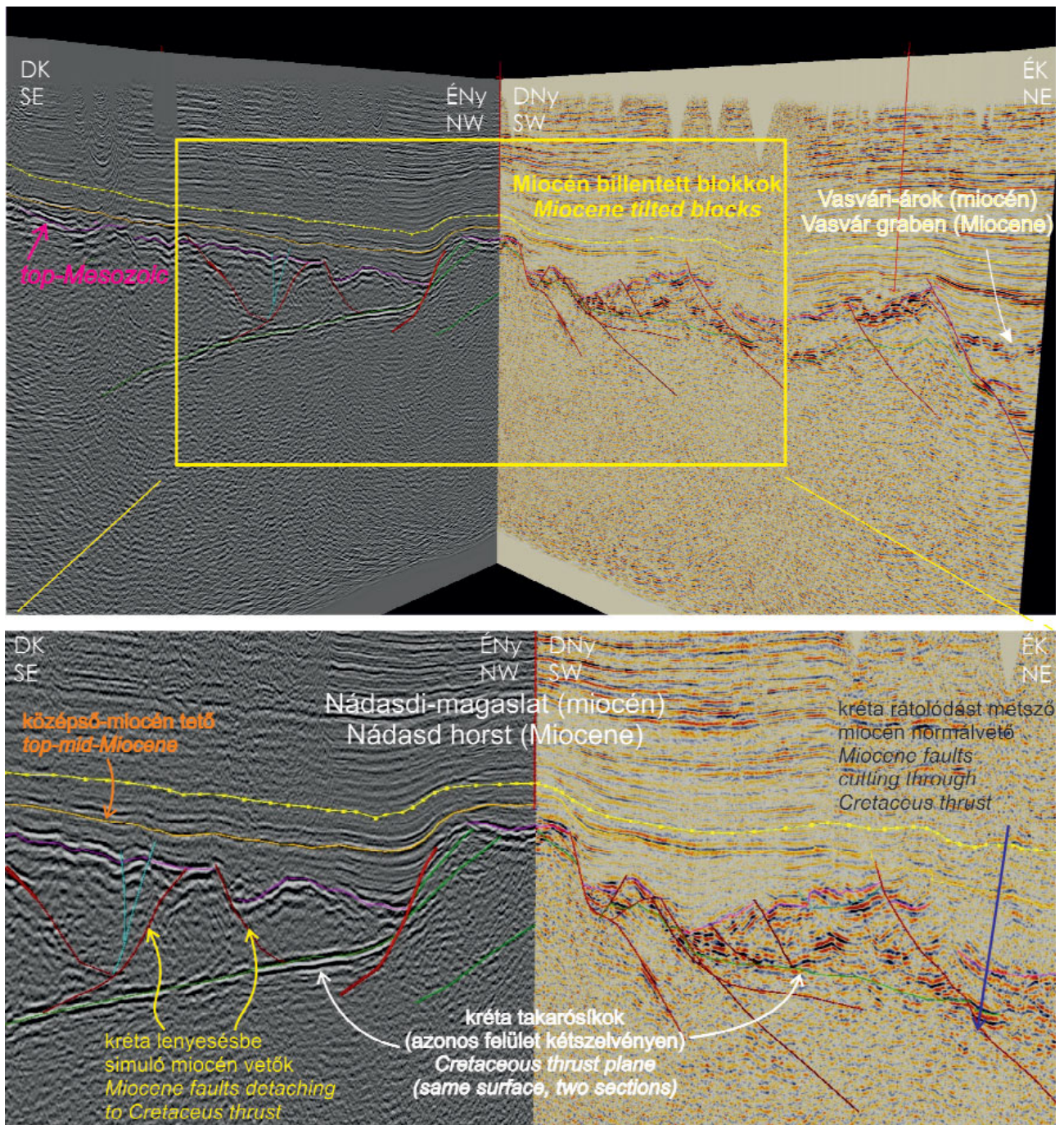
Az egyik legjelentősebb szerkezetalakulási esemény az ausztróalpi aljzat takarós felépítéséhez vezető kompressziós deformáció (D1 fázis), amely valószínűleg több lépésben, a kréta közepén ment vége, az albai és coniaci korszakok között (120–85 M év). Ennek eredménye a Dunántúli-középhegységi-egységnek a Koralpe-Wölz-Pohorje-egység fölé való tolodása. E két fő egység között helyenként a Grazi paleozoikum és a kis Ikervári-egység is megjelenik, e takarók oldalirányban elfogyhatnak, kicsípődhetnek (4. ábra, V. melléklet). Az is lehetséges, hogy a kréta takarósodás során a mai szelvényben meg nem jelenő egységek is voltak a Koralpe-Wölz- és a Dunántúli-középhegységi-egység között, mivel a metamorf fokban igen jelentős eltérés van.

A kompresszió következménye a Dunántúli-középhegységi-egységen belül is jelentkezik: itt pikkelyek és redők jöttek létre. Szeizmikus szelvényeken TARI (1994, 1995) és TARI, HORVÁTH (2010) térképezte ki ezeket a pikkelyeket, melyeket elemzésünk részben megerősített, részben pontosított. A Nagylengyeli- és Szilvágyi-pikkelyekben a jura képződményekre általában Fődolomit tolodik. A pikkelyek, redők csapása fokozatosan változik, ÉK–DNy-iról É–D-ivé válik a



5. ábra. A terület szerkezeti fázisai, a vetőminta és a feszültségmező egyszerűsített jelölésével

Figure 5. Deformation phases of the area, with simplified symbols of the fault pattern and stress field



**6. ábra.** Két egymást keresztező szeizmikus szelvény és metszsvonaluk képe. A szelvények ugyanazt a D1 fázisba sorolt kréta takaróhatárt, a D6 fázishoz tartozó miocén normálvetőket és kibillentett blokkokat mutatják. A szelvények nyomvonalát a V. mellékleten látszik

**Figure 6.** Two crossing seismic reflection profiles show sub-horizontal D1 thrust planes and D6 normal faults and tilted blocks; some of the normal faults cut across thrust planes, others detach onto it. Section locations on Appendix V

Zala-medence déli-központi aljzatában (V. melléklet). A pikkelyek talpán levő lenyesési síkok jól követhetők a szeizmikus szelvényeken (6. ábra). E gyengeségi zónák a későbbi szerkezetalakulás, főleg a miocén riftesedés során többször felújulhattak (6. ábra). Az egyik legjobban követhető rátolódás (pikkelyhatár) a Nádassdi-magaslat környékén azonosítható: egymást metsző szelvények is mutatják a nagyon lapos lenyesési síkot (6. ábra). Itt a miocén normálvető egy része

elvája a kréta takarót, míg a többi miocén normálvetősík laposabbá válik és belesimul a takaróhatárba.

TARI (1994) a rátolódási felületeket a Dunántúli-középhegység ÉNy-i és DK-i oldala között folyamatosnak vélte, amely a prekainozoos térképi metszetben egy ívelt takarófronti vonallal jelenne meg. Jelen elemzésünkben úgy látjuk, hogy a zalai területen belül ez nem igazolható, mert a pikkelyhatárok egyrészt fedett helyzetbe kerülnek a

Bak–Novai-mélyedés eocénje alatt, másrészt a Balaton-zóna északi ágai elvetik a kréta takaróhatárokat, pikkelyeket. Így ezek a takaróhatárok nem kapcsolhatók össze a terület K-i részén, a Keszthelyi-hegység előterében megjelenő Litéri- és Veszprémi-rátolódásokkal. Utóbbi rátolódások ugyanis dél felé a Balaton-zónáig követhetők, és e fontos kainzoos eltolódás elvágja a kréta takarók, rátolódások további déli folytatását.

A rátolódásokhoz, pikkelyekhez redők csatlakoznak. A terület északi részén követhetők a Dunántúli-középhegységre jellemző Devecser–Sümegei- és Tés–Halimbai-szinklinálisok, melyeket TARI (1994) azonosított szeizmikus szelvények alapján Nagytilajnál és Zalalövőnél, ahol a szinklinálisok magjában jura–kora-kréta üledékek vannak. A délebbi szinklinálisokhoz követhetők a Sümegnél megismert függőleges vagy átbuktatott rétegek. Ettől délre a felszínen a Keszthelyi-hegységben további redők azonosíthatók a felszíni dőlésadatok alapján (BUDAI et al. 1999, V. melléklet). Erre utal néhány fúrású rétegsor adata is.

A medencealjzat szlovéniai részét a Koralpe–Wölz–Pohorje-egység adja, mely része a D1 során kialakult takarós rendszernek, azon belül is a Felső-Ausztrálpi-takarórendszer mélyebb tagját képezheti (SCHMID et al. 2004). Az utóbbi évek vizsgálatai alapján a takarón belül nagynyomású (FODOR et al. 2002), sőt ultranagynyomású kőzettestek is ismertek (JANÁK et al. 2006), amely a takaró egy részét a szubdukciós zóna közelébe helyezi (STÜWE, SCHUSTER 2010).

A deformáció kora elég jól ismert, hiszen az apti képződmények gyűrtek, míg a santoni üledékek alig billentettek. Ezt az erős szögdiszkordanciát legjobban Sümegeen igazolták (HAAS et al. 1984). A takarós áttolódásokkal jellemzett kompressziós deformáció hozzávetőleges korát jelzik a Grazi paleozoikumba sorolt kőzeteken mért K-Ar korok egy része (116 M év, ÁRKAI, BALOGH 1989). A Pohorje metamorfizmainak Sm-Nd radiometrikus kora 90 millió év körül van, ami a metamorfózishoz, és talán a takarós deformációhoz is közel álló kor lehet (THÖNI 2002).

A santoniban kezdődött meg a senon medencék kialakulása, melyek a szénhidrogén-kutatás szempontjából nagy jelentőségűek a Zalai-medencében. A D2 fázisba sorolható senon medencék szerkezeti értelmezése nem megoldott, kompressziós és extenziós eredet egyaránt lehetséges (TARI 1994, HAAS 1999).

Sokkal világosabb a Dunántúli-középhegység alatt levő takaróegységek viselkedése a senon üledékképződés alatt (a szerkezeti fázisokat mutató 5. ábrán ez látható). Az ismeretek a felszíni kőzetek termokronológiai és szerkezeti vizsgálatán alapulnak és egy regionális modellszelvény és egy részletes szeizmikus szelvény segítségével mutatjuk be (7. ábra), de ez látható a közel Ny–K-i szelvényeken is (I., II. melléklet). Ezek szerint a vizsgált területtől nyugatra levő Koralpe–Wölz–Pohorje-egységek a késő-krétában tektonikusan kitakaródtak több laposságú lecsúszósík mentén. Erre utalnak a Pohorjében és Kozjakban mért kréta kihülési korok, melyek ma a Dunántúli-középhegységi-egység megmaradt roncsai alól ismertek (FODOR et al. 2002, 2003). Az extenziós deformáció a mélyebb egységekben, képlé-

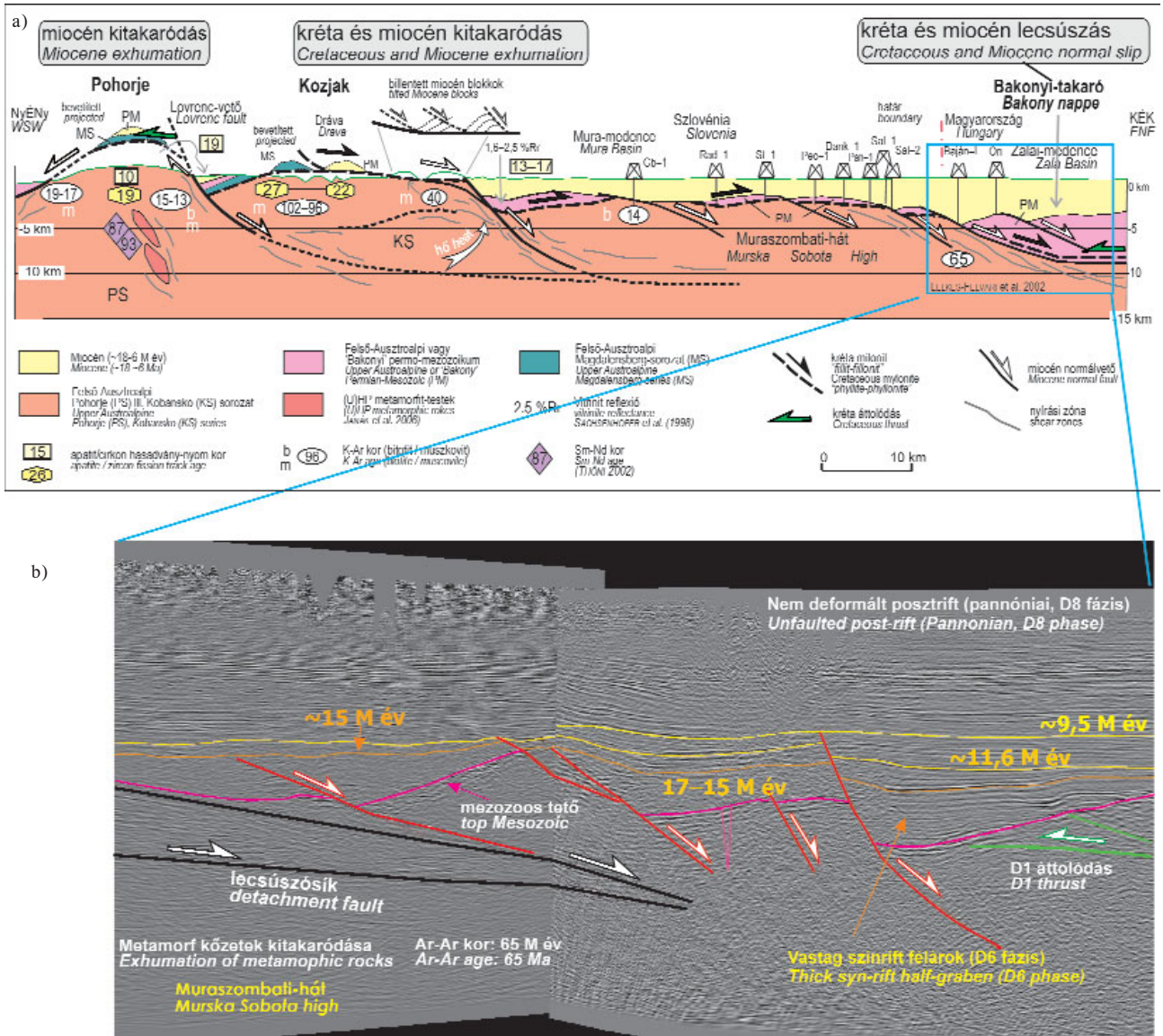
keny nyírózónákban történt, amelyeket milonitok jeleznek. Ugyanakkor az extenziós deformáció a felszínközeli kőzettestekben, töréses tartományban mehettek végbe.

A szlovéniai alpi takarókban a legerősebb milonitosodása valószínűleg a kréta takaróképződés (D1) és az azt követő extenziós kitakaródás (D2) idején történt. Fillonitos zónák képződtek, amelyek többfajta litológiához is kötődnek. A gneisz és csillámpalák mellett az amfibolitok is átalakultak a Pohorje- és Kobansko Komplexumokban (MIOČ, ŽNIDARČIČ 1976, TRAJANOVA 2002), ahol a zöldpala fáciesű kőzetek (kloritos amfibolpalák és fillitek) szintén fillonitosodtak. Ezeket a kőzeteket néhány fúrásból ismerjük (Šal-2/79), noha a fúrómag darabok kőzettani azonosítása nagyfokú bizonytalansággal terhelt. A Šal-2/79, Nu-4 és -6/68, Fi-15-18/57-58 fúrások azt mutatják, hogy a zöldpalák könnyen összetéveszthetőek milonitosodott amfibolitokkal, vagy fordítva: térképi beosztásunk a kutatás jelenlegi állását tükrözi. Az extenziósan vékonyodó, gyakran retrográd hatást mutató takarószeletek maradványait pl. a Šomat Šom-1/88 fúrás tárta fel. A kitakaródáshoz követhető milonittesteket modellszinten, a térképi ábrázolást segítő, elkülönítettük Baján Komplexum néven. Ez nem más, mint egy tektonit, vetőkőzet, melynek fő jellemvonását az adja, hogy egy adott szerkezeti mozgás során jött létre, különféle protolitokból.

Extenziósan kitakart (exhumált) egységnek tekinthető a teljes Pohorje-hegység és Kozjak, valószínűleg ilyen a Muraszombati-hát (7. ábra b; FODOR et al. 2002, 2003, 2008; JELEN et al. 2006). A kitakart egységek felett úgynevezett extenziós allochtonok jöttek létre: ilyenek tekinthetők azok a kis kőzetblokkok, amelyek a Muraszombati-hát tetején jelennek meg (a Ljutomer Ljut-1 és Šomat Šom-1/88 fúrások mellett). Ilyenek tartjuk az igen vékony, a fektől erősen eltérő, zöldpala fáciesű Kobansko Komplexumot is, melynek mai metamorf fokát is meghatározhatta az extenziós deformáció. Néhány extenziós allochton blokk a Pohorjében és a Kozjakban a felszínen ismert (MIOČ 1977, MIOČ, ŽNIDARČIČ 1976 térképe alapján FODOR et al. 2002). Nagyobb méretben extenziós allochtonnak vehető maga Grazi paleozoikum és a Dunántúli-középhegységi-egység is, hiszen mai talpi szerkezeti határaik normálvetők és nem takarósíkok. A határoló lecsúszósíkot a Bajánsenye M-I fúrás érte el, mely alól 65 millió éves Ar-Ar kor ismert (LELKES-FELVÁRI et al. 2002). Nem világos azonban, ez a kitakaródás mely időszakát jelzi.

Megjegyzendő, hogy ezen kitakaródási események a miocén riftesedés alatt tovább folytak, a szerkezetek reaktíválódtak, és nem mindig világos, hogy a fent említettek közül mely szerkezeti elemek tartozhatnak a kréta végi, melyek a miocén kitakaródáshoz. A lecsúszósíkoknak a későbbi D6 fázisban véglegesült geometriája tehát részben már e D2 fázisban is kialakulhatott. A folyamat késő-kréta kezdetét a Kozjak-hegységben ismert kréta kihülési korok jelezhetik, valamint az, hogy a Pohorjében a miocén intrúziók már deformált és részlegesen kihült kőzeteket érintenek (FODOR et al. 2002, 2008).

Az ausztrálpi takaróknak a Penninikumra való toledá-



7. ábra. D2 és D6 extenziós fázisok szerkezeti egy regionális NDY–KÉK-i szelvényen, FODOR et al. (2002, 2003) után  
 A kiemelésen extenziós szerkezetek láthatók két egymáshoz csatlakozó szeizmikus szelvényen. A lapos lecsúszósíkok részben a D2, részben a D6 fázisban keletkeztek. Kelet felé a D1 fázisba sorolt kréta takaróhatár, és a D6 fázisához tartozó miocén normálvetőket látni. A szelvények nyomvonala az V. mellékleten látszik. Ar-Ar kor LELKES-FELVÁRI et al. (2002)

Figure 7. D2 and D6 extensional structures on a regional cross section after FODOR et al. (20002, 2003)  
 Inset shows extnesional structures on two joining seismic reflection profiles. The low-angle detachment fault can belong partly to the D2, partly to the D6 phase. On the eastern part, sub-horizontal D1 thrust planes can be identified and D6 normal faults bound half-grabens and tilted blocks. Section locations on Appendix V. Ar-Ar age LELKES-FELVÁRI et al. (2002)

sának kora nem ismert. A Tauern-ablak pennini egységeit figyelembe véve, a paleogén kor tűnik legvalószínűbbnek, (KURZ et al. 2008) de nem kizárt fiatalabb kréta kor sem. Ezért ezt a deformációt egy önálló, D3 fázisba soroltuk (5. ábra). A feszültségmező nem ismert, de az alpi analógiák alapján közel É–D-i összenyomás valószínűsíthető.

A Bak–Novai paleogén medencerozs eredeti szerkezeti háttere a későbbi denudáció miatt nem ítéhető meg. A tágabb környezet alapján kompressziós-transzpressziós medencével számolhatunk, melyek az alpi szubdukció hátterében (retroarc basin) jöttek létre (TARI et al. 1993). Bár ez a

deformáció csak kis területen lépett fel, de regionális elterjedése valószínű, még ha jelenleg a szerkezeti jellemzést nem is tudjuk megadni. A medence kialakulását a D4 fázisba soroltuk (5. ábra) és a Vértesben, Budai-hegységben jellemző feszültségmezőt tételezzük fel Zalában is (FODOR et al. 1994).

A következő igen fontos D5 szerkezetfejlődési fázis az oligocén közepétől a kora-miocén késői szakaszáig tartó eltolódásos deformáció volt. A mozgás kezdetét az oligocén tonalit-intrúziók benyomulása jelezte 32–31 millió évvel ezelőtt (BENEDEK 2002). Valószínű, hogy már az intrúzió



maga is eltolódásos kinematikájú vetők mentén történt, erre utalnak a zóna nyugati szakaszán tett megfigyelések (SCHMID et al. 1989, STEENKEN et al. 2002). Az viszont kétségtelen, hogy ez után az ottnangiig (19 millió év) változó intenzitású jobbos eltolódás történt a Balaton-zónában (FODOR et al. 1998). Ekkor kerülhettek egymás mellé a JÓSVAI et al. (2005) által definiált Magmás–metamorf-zóna különféle metamorf fokú paleozoos kőzetei, a perm gránit-intrúzió tektonikus roncsai, az oligocén tonalitok és a Dunántúli-középhegységi-egység permo-mezozoos üledékes kőzetei. A zóna zalai belső felépítése az általunk vizsgált adatok alapján nem képezhető le részletesen, de a zóna szlovéniai szakasza alapján eltolódásos duplexek léteivel kell számolni (FODOR et al. 1998). Ilyen tektonikus lencsékben képzelhető el a zóna igen eltérő kőzeteinek előfordulása, amelyek törésmintázata szétágazó-összekapcsolódó lefutású (VI. melléklet). A zóna egy részén ilyen szerkezeti képet ismertetett JÓSVAI et al. (2005) és a meredek eltolódások létét 3D szeizmikus anyag is alátámasztja (SKORDA 2010). Térképünk ezen adatok és koncepció alapján korrelálta a szeizmikus szelvényeken és fúrások alapján felismert vetőket.

A Közép-magyarországi-zóna magában foglalja a Közép-dunántúli-egység legészakibb alzónáját (a Dél-Karavankai-alzónát) is, amely a mai formájában szintén eltolódásos duplexek rendszere lehet (V., VI. melléklet). A földtani és szeizmikus szelvényekben ezen teljes zóna eltolódásos virágszerkezetnek tűnik.

A Balaton-zónától délre, a Dél-Zalai- és Kalmiki-alegységek belső felépítését szeizmikus szelvények alapján ismerjük. E területen DK-i vergenciájú rátolódások gyaníthatók, melyek egy része biztosan a színrift üledékek előtti (CSONTOS, NAGYMAROSY 1998). A rátolódások és Balaton-zóna menti jobbos eltolódás kombinációja a deformáció transzpressziós jellegére utal. Az is lehetséges, hogy torzulásmegoszlás (strain partitioning) lépett fel a dominánsan eltolódásos és dominánsan rátolódásos területek között, ugyanazon transzpressziós zónában. A Dunántúli-középhegységi-egységen belül egyéb szerkezetek nehezen kapcsolhatók e fázishoz. Kivétel a Nagytillai-vető lehet, mely mentén balos mozgást tételezhetünk fel.

Az eltolódásos mozgások végén vagy az után, de még a badeni üledékek lerakódása előtt alakult ki a Bak–Novai-mélyedés mai szerkezete (KÖRÖSSY 1988). Az árok tulajdonképpen egy szinklinális (SKORDA 2010), amit délről egy rátolódás határol. A rátolódás következtében fellépő rétegismétlődést a Zebecke Z–2 fúrás harántolta. Kisebb, ellentétes (déli) vergenciájú rátolódás a szinklinális északkeleti részén feltételezhető. A rátolódást nyugatról egy transzfer eltolódás határolja le. Keleti irányban a fő rátolódás a Balaton-zóna északi eltolódásához kapcsolódhat, éppen ezért genetikai kapcsolatot tételezhetünk fel az eltolódások és a paleogén medenceroncsot határoló rátolódások között. Eltolódásokból kiágazó rátolódások pozitív virágszerkezetek kísérei lehetnek (HARDING 1974, SYLVESTER 1988). Ez a feltételezett kinematikai kapcsolat szintén a D5 fázis transzpressziós jellegét erősítené. Egyben megnövelné a Balaton-

zóna menti erős deformáció kiterjedését észak felé, bár a Bak–Novai-mélyedés már nem sorolódna bele magába a zónába, hiszen nem vett részt a nagymértékű eltolódásos deformációban. A mélyedés szerkezetének vizsgálata további elemzést igényel.

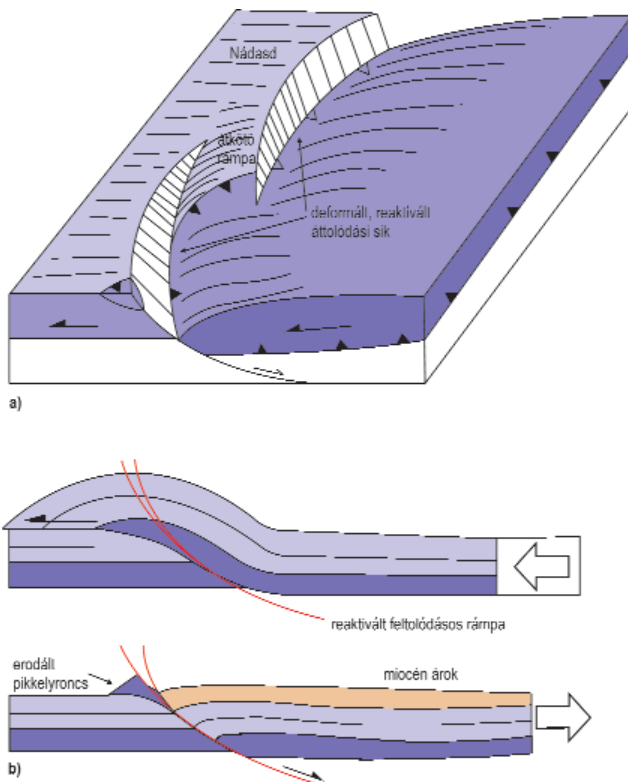
Valószínűleg a területet is érintette a 18,5–17,0 millió év között (ottnangi–kora-kárpáti) végbement 15–30°-os nyugati (óramutató járásával ellentétes irányú) forgás, ami a Dunántúli-középhegység paleogén kőzeteiben is jelentkezik (MARTON, FODOR 2003). Ez a forgás már az egyik legfontosabb szerkezeti fázis, a Pannon-medence színrift fázisa részeként értelmezhető, amely 19 és 12 millió év között, az ottnangi–szarmata korszakokban ment végbe (5. ábra). E D6 deformáció extenziós, helyenként transzpressziós jellegű volt. Ennek során jöttek létre a prekainozoos felület legmarkánsabb szerkezetei, a jellemzően laposzógú lecsúszósíkok, meredekebb normálvetők, és eltolódások. A vetők között billentett blokkok vagy szimmetrikus közeli háta (ridges) alakultak ki (6., 7. ábra, VI. melléklet).

A lecsúszósíkok közül két fő elem húzódik a területen keresztül. A legjelentősebb a Kőszegi-hegység Penninikumáról induló lenyesés, amely metszi a teljes Ausztróalpi-takarórendszert és valószínűleg a Dunántúli-középhegység alatt is folytatódik lefelé (VI. melléklet, TARI et al. 1992, TARI 1996). Ezen Rohonci-lecsúszósík (TARI, HORVÁTH 2010) mentén valószínűleg vetőközetek (rauhackek) találhatóak, amelyet értelmezésünk szerint a Szombathelyi Szh–II fúrás harántol is. A lecsúszósík DNY felé Radgona (Radkersburg) felé folytatódik, ahol már magasabb tektonikai szinten, a Grazi paleozoikum és a Koralpe–Wölz–Pohorje egységek között, húzódik. Innen ugyanaz vagy egy másik önálló lecsúszósík visszakanyarodik és Bajánsenye térségében éri el ismét a szlovén–magyar határt. Egyelőre erre, mint a „Baján-lecsúszósík”-ra hivatkozunk (7. ábra, VI. melléklet). Mint említettük, a Baján M–I fúrás e laposzógú zóna talpán feltárt metamorfítok késő-kréta középső/felső kéregben végbement extenziós jellegű deformációjára ad bizonyítékot (LELKES-FELVÁRI et al. 2002), míg a miocén mozgást a levett blokkban megjelenő hatalmas félárok (az Őrségi-árok) jelzi. A lecsúszósík DNY felé fordulva visszakanyarodik Szlovénia területe felé (VI. melléklet). A Mura-medence déli aljzatában lefutása nem ismert kellően, de ehhez a szerkezethez kapcsolható talán a Ljutomer–1 fúrás körüli extenziós allochton (IV., VI. melléklet).

A két fő, görbült lecsúszósíkra kapcsolódva számos normálvető figyelhető meg a területen. Ezek gyakran aszimmetrikus billentett blokkokat határolnak (6., 7. ábra). A normálvetők mentén előfordulnak vonszolási redők, míg az ellentétes dőlésű vetők között vetőkapcsolt szinklinálisok lépnek fel. Gyakoriak a váltórampák, melyek egyirányban dőlő, csapásban elhaló normálvetők mentén lépnek fel. Több ilyen azonosítottunk a Nádasdi-magaslat mentén (8. ábra). A normálvetők gyakran a kréta rátolódásokat reaktívalják. Ez kétféleképpen is történhet. Egyrészt, a normálvetők a rámparátolódásokon visszacsúszhatnak, illetve

belesimulhatnak a lapos takarósíkokba (6., 8. ábra). A miocén normálvető így levághatja egy kréta rámpa mentén rátolt egység egy kis szeletét, amely a normálvető fennmaradt blokkjában marad (8. ábra, TARI 1996 alapján). Ilyen lehet egy kis Fődolomit előfordulás Nádasdtól északra (VI. melléklet) és hasonló lehet az Ikervár körüli, Dunántúli-középhegységre emlékeztető paleozoos képződmények helyzete is a Rába-vető fennmaradt blokkjában.

A kutatási terület északon a Kisalföld fő Kenyéri-medencéjét éri el. A Rohonci-lecsúszósík előtt a Jáki-árok, délebbre a Vend-árok jelenik meg. Ettől délre az Őrségi-félárok a Baján-lecsúszósík közvetlen levett blokkjában helyezkedik el (VI. melléklet). Ettől délre, egy további normálvető levett blokkjában húzódik a legmélyebb miocén medence, a Reszneki-árok, ahol a prekainozoos aljzat mélysége a 6 km-t is elérheti. Az Őrségi-ároktól ÉK-re található egy ívelt hát, mely összetett belső szerkezettel rendelkezik. Ez a Nádasi-hát, amelytől tovább ÉK-re egy újabb árok jelenik meg, peremei változó polaritású normálvetők. Tovább É-ra az összetett Vasvár–Nagygörbői-árokrendszer található, mely ÉNy–DK-i csapású és részben már korábbi szerkezeti munkákban is megjelent (DUDKO et al. 1992, TARI 1994). DK felé a Tapolcai-medencével szerkezeti analóg, bár a kettő között egy sekély hát húzódik.



8. ábra. Elvi modell váltórámprára, illetve normálvetők és kréta takarósíkok kapcsolatára (részben TARI 1996) alapján

**Figure 8.** Theoretical model for relay ramps and the relationship of normal faults and Cretaceous thrust planes, partly after TARI (1996)

Note that normal faults could reactivate thrust ramps, and small remnants of the Cretaceous nappe could remain on the footwall block of the Miocene normal fault

A D6 tektonikai fázis vezetett a muraszombati kibillentett blokk kialakulásához (JELEN, RIFELJ 2011). Ezt É-on (Radgona–Vas-részmedence) és D-en (Ptuj–Ljutomer-részmedence) olyan medencék határolták, melyek transztenziós eredetűek lehetnek. A peremvetők iránya ugyanis eléggé ferde a becsült minimális feszültség tengelyre (MÁRTON et al. 2002), így a vetők kinematikája normál-balos lehetett. A Muraszombati-blokkot ÉNy–DK-i irányban Ny-on (Maribor-részmedence) és K-en (K-Mura–Őrségi-részmedence) olyan árok határolják, melyek peremvetői tiszta normál jellegűek lehetnek (VI. melléklet). Az árokat ék alakú üledéktettek töltik ki (JELEN 2009) (7. ábra).

A magyarországi terület déli részén több K–Ny-i csapású szinrift árok húzódik, melyek a szlovéniai árok folytatásai. Ezek peremvetőit részben korábbi tanulmányok is kimutatták (JÓSVAI et al. 2005, SKORDAY 2010). A peremi normálvetők észak felé a Hahóti-magaslatig húzódnak. A szlovén–magyar határon áthúzódó Ptuj–Ljutomer–Budafa tektonikus félárok az É-i Radgona–Vas tektonikus félárok-nál jóval mélyebb. A P7–P9 szelvények (IV. melléklet) szerint ezt vastag (1–2 km) kárpáti–korai badeni üledékek (Haloze F.) töltötték fel. A dél-zalai medencerészben szintén több igen nagy vastagságú prepannoniai miocén üledékel kitöltött árok húzódik (KÖRÖSSY 1988, CSONTOS, NAGYMAROSY 1998). Mindezen árok peremvetői a D9 neotektonikus fázisban reaktiválódtak és jellegük (kinematikájuk) rátolódásossá vált.

A normálvetők balos eltolódásokkal kombinálódnak. Az eltolódások a nagy normálvetőkről (lecsúszósíkokról) indulnak és valószínűleg az egyes normálvetők mentén fellépő differenciális megnyúlást (extenziót) kompenzálják. A Rába folyó alatt húzódik a legjelentősebb ilyen elem, melyet a számos szerző hagyományosan Rába-vonalnak nevez (VI. melléklet). A Rába-vonal definíciója és értelmezése azonban nem egyértelmű a hazai szakirodalomban, többen a prekainozoos képződmények választóvonalának tartják (FÜLÖP, DANK 1987, BALLA 1993). Elemzésünkben TARI (1994) felfogásával értünk egyet, aki a Rába-vonalat miocén szerkezetnek tartja. A Rába-vonal egyes szakaszain egyszerű normálvetőnek tűnik. Ugyanakkor, a vető dőlés-szöge, sőt dőlésiránya csapás mentén változik és egyes szakaszokon igen meredek feltolódások csatlakoznak a fő vetőhöz. A polaritásváltás, a meredek dőlés és szétágazásos vetőgeometria tisztán megjelenik a Nemeskolta–Ikervári-hát mentén. A balos eltolódás déli folytatása kétféleképpen lehetséges: vagy csatlakozik a Rohonci-lecsúszósíkra, vagy egy összetett vetőrendszer mentén a Bajáni-lecsúszósíkra kapcsolódik. Ezt az eltolódásos, helyenként meredek feltolódásos vetőrendszert Viszáki-eltolódásnak nevezzük. Bár melyik megoldást is vesszük, a Rába-vonal nem folytatódik DNy felé és nem éri el a szlovén határt, hanem normálvetők közötti transzfer eltolódásként értelmezhető.

A terület szintén jellemző szerkezeti elemei a jobbos eltolódások, melyeket a D7 fázisba soroljuk (5. ábra). Ezeket a felszíni kibukkanásokból követhetjük Ny felé, mint pl. a Padragi-eltolódást. A Nagytilaji-eltolódás (TARI 1994) csak a felszín alatt nyomozható (VI. melléklet). Ezen NyÉNy–

KDK-i eltolódások a szeizmikus szelvényeken meredek vetők, és helyenként rátolódásos mozgásjelleggel (kinematikával) kombinálódnak. Bár a jobbos eltolódások a szinrift fázis alatt is működtek, leginkább a szarmata második felében, és esetleg a kora-pannóniaiban, 12 és 10 millió év között lehettek aktívak, ahogy arra a Bakony–Balaton-felvidéken MÉSZÁROS (1983, 1985) és KÓKAY (1976) munkái, valamint KISS, FODOR (2007) elemzése is utalt.

A teljes területet érintette a D8 pannóniai általános süllyedés. Ennek kiváltó oka nem teljesen világos: szerepet játszik benne a korábban megnyúlt és felmelegedett kéreg kihűléséhez kapcsolódó süllyedés, a klasszikus posztrift süllyedés (ROYDEN et al. 1983) és esetleg más litoszférikus okok. A vizsgált területen igen kevés szerkezeti elem azonosítható e fázishoz kapcsolódóan, a D6 szinrift normálvetők általában nem újultak fel a posztrift D8 fázisban (7. ábra). Kivételt képezhetnek a Keszthelyi-hegység peremvetői, amelyek pannóniai aktivitása az ősföldrajzi és fűrészi, térképezési (BUDAI et al. 1999) adatok alapján valószínű. Erre utalnak a Tapolcai-árok képződményeinek részletes elemzése (SZTANÓ et al. 2010, CSILLAG et al. 2010b). A feszültségmező a Pannon-medencében általában jellemző K–Ny-i húzás lehetett (5. ábra, FODOR et al. 1999a).

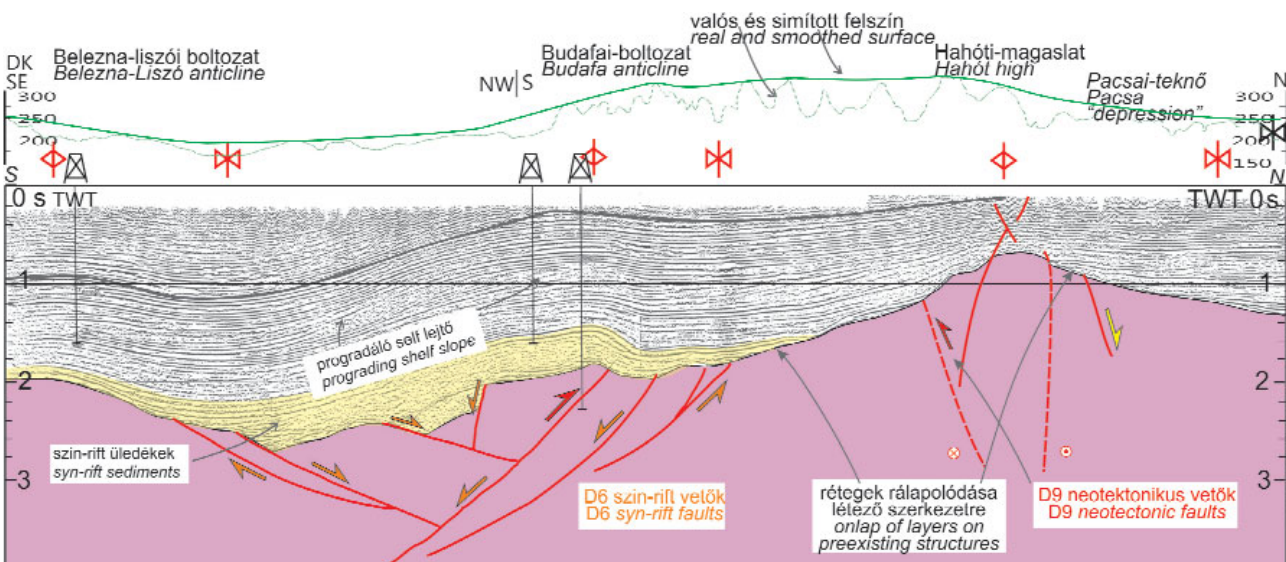
A dél-zalai medencék szerkezeti invertálódásával jöttek létre a terület déli részén uraló redők (D9 fázis), melyek nyugat felé a Száva-redőkhöz kapcsolhatók (DANK 1962). A boltozatok és redőteknők 1–2 km amplitudójúak, 5–15 km hullámhosszúak. A redők valójában vak feltolódásokhoz kapcsolódó szerkezeti formák, melyek a szinrift normálvetők inverziójával alakultak feltolódássá (9. ábra) (HORVÁTH, RUMPLER 1984). Az inverzió nagysága nyugat felé nő, így a meggyűrt, árokkitöltő üledékek a felszínre kerülnek az elemezett terület déli részét adó Haloze területén (MÁRTON et al. 2002).

A gyűrődés a pannóniai képződményeket érintette,

amint ezt a formációk talpfelszín-térképein is igazoltunk. UHRIN et al. (2009) és a jelen elemzés alapján a gyűrődés már a pannóniai üledékképződés közben megindult, mivel pl. a Szolnoki Formáció a redők tetején kevésbé homokos és vékonyabb. Feltehetően a gyűrődés során jöttek létre azok a kiemelkedések, pl. a Hahóti-hát (más néven Ortaháza–Kilimáni-magaslat) amelyek megváltoztatták a Pannon-tavat feltöltő selfperemi lejtők épülésének irányát is (MAJERCSIK 2009, SKORDAY 2010). Ez is arra utal, hogy a deformáció már a pannóniai alatt elkezdődött (UHRIN et al. 2009). E megfigyelés alapján a szerkezeti inverzió, a D9 fázis 7,5 millió évvel ezelőtt megkezdődhetett, bár a folyamat elején a regionális posztrift süllyedés (D8 fázis) kompenzálta a lokális szerkezeti kiemelkedést.

A paleomágneses adatok alapján a Muraszombati-blokk (JELEN 2009) az óramutató járásával ellentétes irányú forgást szenvedett a késő-miocén–kvarter korú D9 tektonikus fázis során és É-felé kibillent, ami az É-i Radgona–Vasfélárok enyhe összezárulását okozta. A halozei területen hasonló neotektonikus forgásos mozgásokat észleltek, amely a fő gyűrődést követően történt (MÁRTON et al. 2002). A forgások kiváltója az Adriai-lemez óramutató járásával ellentétes forgása lehetett, amely még napjainkban is tart (WEBER et al. 2004, BADA et al. 2007).

A pliocénben és negyedidőszakban is folytatódott a Lovászi-, Budafai- és Beleznai-antiklinálisok gyűrődése (D9 fázis), habár annak mértéke a késő-miocén deformációs sebesség alatt maradhatott (9. ábra). Ezt a gyengén gyűrt lepusztulási felszínek is mutatják: a deformált felszíneken helyenként megőrződött a kavicsstakaró (STRAUSZ 1949). A kiemelkedő boltozatok aktívan befolyásolták a vízhálózatot: az antiklinálisok frontján eltérítették a Válicka és Kerka patakot, míg a tetőzónában szárazvölgyek jöttek létre (FODOR et al. 2005).



9. ábra. Késő-miocén–kvarter gyűrődés (D9 fázis), amely a miocén normálvetőket reaktiválta. A negyedidőszaki simított lepusztulási felület is gyűrt (FODOR et al. 2005).

Figure 9. Late Miocene to Quaternary folding (D9 phase), which reactivated the syn-rift Miocene normal faults. Note smaller fold amplitude in the smoothed Quaternary denudation surface than of the Pannonian sequence (FODOR et al. 2005)

### *Prekainozoos aljzat*

A projekt terület prekainozoos aljzata rendkívül összetett felépítésű, több szerkezeti egységből áll (V. melléklet), amely egységek ismertetését az alábbiakban adjuk.

#### **Penninikum**

A terület ÉNy-i sarkában a Pennini-egység bukkan a felszínre, illetve a prekainozoos felületre. A Pennini-egység kőzettani felépítésében mezozoos, zömében törmelékes üledékek és bázisos vulkanitok zöldpala fáciesű metamorfózisával képződött metamorfitek (kvarcfillit, mészfilit, meta-konglomerátum és különféle zöldpalák) vesznek részt, amelyek a Kőszegi-hegységben a felszínen is közvetlenül tanulmányozhatók (LELKESNÉ FELVÁRI 1998). A kiindulási kőzetek képződését a jurára, illetve a kora-krétára teszik (SCHÖNLAUB 1973), a zöldpala fáciesű metamorfózis az eocén–oligocén során történt, míg az egység hűléséhez köthető kiemelkedés döntően a miocén során ment végbe (BALOGH et al. 1983, DUNKL, DEMÉNY 1997). A vizsgált területen a zöldpala fáciesű eseményt megelőző, főként az ofiolitokban megőrződött kékpala fáciesű (KUBOVICS 1983) esemény korát biztosan nem ismerjük, ez kora-kainozoos, esetleg késő-kréta lehet.

#### **Felső-Ausztróalpi-egységek**

##### *Koralpe–Wölz–Pohorje-egység*

A Mura-medence szlovéniai aljzatát nagy- és közepes fokú metamorf kőzetek alkotják. A medence magyarországi aljzatában e kőzetek a zalai Bajánsenye M–I (B–M–I) fűrés környezetében jelennek meg (LELKES-FELVÁRI et al. 2002), melyet FODOR et al. (2003) és HAAS et al. (2010) a Felső-Ausztróalpi-egységbe sorolt. A kőzetkomplexumot gneisz, amfibolit, eklogitlencsékkel tagolt csillámpala és alárendelten kvarcit és márvány építi fel, amelyeket összefoglalóan Pohorje Komplexum néven ismertetünk. E képződmények a Felső-Ausztróalpi Koralpe–Wölz-takaró kristályos kőzeteivel azonosíthatóak (SCHMID et al. 2004), de a nevet a projekt területén kiegészítve, Koralpe–Wölz–Pohorje-takaróegységként használjuk.

A kőzetek polimetamorfózist szenvedtek, és a metamorfózis mértéke a komplexumon belül is változik (FODOR et al. 2002, 2003). Egyes eklogitlencsékben ugyanis nagynyomású, sőt ultranagynyomású (UHP) metamorfózis ismerhető fel (JANÁK et al. 2006). A radiometrikus korok alapján az eoalpi kréta 90 millió év körüli metamorfózis mutatható ki a legtisztábban (THÖNI 2002). Nem világos teljesen, hogy a gránátból nyert Sm-Nd korok a metamorfózist vagy már az azt követő kihűlést jelzik. Ugyanakkor, a fehércsillámokon kapott 100–95 millió éves korok egyértelműen a kihűlést datálják a hegység északi részén (FODOR et al. 2008).

A Pohorje Komplexumot a T-JAM projekt területén mindenhol 500–5500 m vastag neogén üledékek fedik, csak a Mura-medence nyugati peremén, a Pohorje-hegységben lép felszínre. A Pennini-egységhez való viszonya a területen nem ítéhető meg, de az alpi felépítést ismerve, a felett helyezkedik el. Az egység minden más, felette megjelenő

egységgel, szerkezeti határral érintkezik, amely részben D1 kréta takaróhatár, részben képlékeny (D2) vagy töréses (D6) extenziós nyírózóna. A kőzetek általában erős milonitosodást és ezzel kapcsolatos megnyúlási lineációt (stretching lineation) mutatnak. Az extenzió iránya KÉK-i volt, ami megegyezik a D6 fázis töréses extenziós irányának is (FODOR et al. 2002).

##### *Kobansko Komplexum és Magdalensberg Formáció*

Zöldpala fáciesű kőzetek a Mura-medence szlovéniai aljzatából ismertek. Ezek főleg kloritos amfibolpalák, biotittal, epidottal és albitos oligoklásszal. Ezeket a képződményeket a szericit-kvarcos fillitekkel Kobansko Komplexum néven foglaljuk össze. A rétegsor fillites részének jellegzetes kőzettípusai továbbá a metakeratofirek.

Fillites kőzetek a medence északi peremén, a szlovén–osztrák határ mellől (Sotina környékéről) a felszínről is ismertek, ezek szericit-fillit, karbonátos fillit és kloritos fillit összetételűek. A márvány és a grafitos kvarcit alárendelt (PLENIČAR 1970a, b). Kőzettani megjelenésük hasonló a Magdalensberg Formáció felső részéhez. A tulajdonképeni Magdalensberg Formáció nagyon alacsony fokú metamorfózist szenvedett pelágikus üledékeit egyetlen fűrés tárta fel (Šomat Šom–1/88) Szlovénia ÉNy-i részén. A kis kiterjedés miatt a formációt a Kobansko Komplexummal együtt ábrázoltuk.

##### *Baján Komplexum*

A Pohorje és Kobansko Komplexumok metamorf kőzeteit a fűrés adatok tanúsága szerint változó erősségű milonitosodás érte. Az erősebb milonitosodás esetében, különösen a fillitesedett zónákban a kőzettani azonosítás (főként fűrómagok esetében) nehézségekbe ütközik. A Pohorje és Magdalensberg Formációk közötti kapcsolat részben áttolódások menti fillit, részben gneiszbe és csillámpalába fokozatos átmenetet képviselő fillit, részben különböző kőzeteket tartalmazó retrográd kőzetkomplexumok mentén történik. Az aljzat földtani értelmezése során ezeket a kőzeteket együttesen milonitok és fillitek csoportjaként ábrázoltuk, mivel jelenlegi ismereteink alapján további részletes bontásuk nem lehetséges. E kőzetek jelölésére átmenetileg a Baján Komplexum munkanevet használtuk. A komplexum olyan kőzeteket tartalmaz, melyek különféle metamorf alapkőzetből, extenziós szerkezeti hatásra jöttek létre.

A komplexumból ismert radiometrikus korok, illetve fission track adatok alapján a komplexum kialakulása már a kréta végén elkezdődhetett (102–96 M év, Kozjak, FODOR et al. 2002, 65 M év Ar-Ar kor, Bajánsenye M–I, LELKES-FELVÁRI et al. 2002). Mindazonáltal egy későbbi reaktiváció a képlékeny vagy töréses fázisban szintén lehetséges, mint ahogy azt a Pohorje-hegység feltárásai mutatják (FODOR et al. 2008). A kőzetek deformációja a kora-miocén végéig, a D6 színrift fázis elejéig tarthatott.

##### *Grazi paleozoikum és Ikervári-egység*

A Pennini-egységtől D-re és DK-re a Grazi paleozoikummal korrelált, kisméretű metamorfózist szenvedett kép-

zöldmennyek (ún. „Rábamenti Metamorfit Összet”; FÜLÖP 1990) ismertek a mélyfúrásokban Szentgotthárdtól az ölbői területen át egészen a Mihályi-hát ÉÉK-i pereméig. Szlovénia felé a medencealjzatban, egy keskeny zónában feltételezhető jelenléte az osztrák határ közelében. A Mihályi-háton és környezetében mélyült fúrásokban feltárt kőzeteket FÜLÖP (1990) egy ópaleozoos (szilur?–devon) üledékciklus termékeiként értelmezte: a ciklus bázisképződménye szerinte a Nemeskoltai Homokkő, erre különböző fillitek (Mihályi Fillit) következnek vulkáni betelepülésekkel (Sótonyi Meta-vulkanit), majd devon karbonát (Büki Dolmit) zárja a rétegsort. Jellemző trend, hogy felfelé a rétegsorban egyre markánsabbá válik a meszes üledékképződés. A Szentgotthárdnál harántolt agyagpala korrelációja és kapcsolata Mihályi Fillittel bizonytalan, így önálló egységként különítették el. A Grazi paleozoikumhoz sorolt kőzetek egy része korrelálható a Dunántúli-középhegységi-egység kisértékű variszkuszi metamorfítjaival, amelyek K-Ar kora 315 millió év körüli (ÁRKAI, BALOGH 1989). Másfelől a Szentgotthárd környéki palák és a Mihályi Fillit K-Ar kora 180–116 M év (ÁRKAI, BALOGH 1989). Ez már az alpi hegységképződéshez köthető. Többek közt éppen ez teszi lehetővé e kőzetek elkülönítését a Dunántúli-középhegységi-egység nagyon hasonló litológiájú kisértékű metamorfítjaitól. BALLA (1993) részletesen elemezte az egységbe sorolt kőzetek besorolásának nehézségeit és a fenti értelmezéstől eltérő lehetőségeket is.

Néhány ikervári fúrásban az erősen átalakult üledékek bizonyítanul azonosítható fossziliákat tartalmaznak (Lombardia?, Tintinnida?, Echinodermata?), amely késő-jura-kora-kréta képződési időt valószínűsít (JUHÁSZ, KÖHÁTI 1966). Noha ez a paleontológiai adat nem került megerősítésre, HAAS et al. (2010) térképén Ikervári-egység néven késő-mezozoos metaszediment kőzetekből álló egységet tüntetett fel. Ennek szerkezeti helyzete a Grazi paleozoikum és a Dunántúli-középhegységi-egység közé tehető.

#### *Dunántúli-középhegységi-egység*

A vizsgált terület legnagyobb része a Dunántúli-középhegységi-egységhez tartozik, amelynek kainozoos–prekainozoos aljzatát üledékes képződmények építik fel. A prekainozoos képződmények a Dunántúli-középhegység területén bukkannak felszínre, attól DNy-ra pedig a Zalai-medence aljzatát alkotják — több száz méter vastag kainozoos üledékekkel fedetten. A vizsgált területen a prekainozoos aljzat csak a Keszthelyi-hegység területén és Sümeg környékén bukkannak felszínre. A rétegsor legidősebb ismert tagját anchimetamorf ópaleozoos (ordovíciumi–devon) nyílttengeri agyagpala képviseli (Lovasi Formáció) (FÜLÖP 1990, BUDAI et al. 1999), amelyre jelentős üledékhézaggal települ a felső-permtől az alsó-krétaig terjedő, többé-kevésbé folyamatos üledékes összlet. Az alpi ciklusnak ebben a szakaszában képződött rétegsort a jelentős kompresszióval járó ausztriai (jelen munkában D1) fázis deformálta a kréta közepén, amely gyűrődést és a kialakuló szinklinális szárnyain több száz méteres amplitúdójú rátolódásokat eredményezett (Litéri-vonal, Veszprémi-vonal) (BÖCKH 1872, LACZKÓ 1911, LÓCZY 1913, TELEKI 1936, BUDAI et al. 1999, TARI

1994, TARI, HORVÁTH 2010). A deformációt követő kiemelkedés során a jura és alsó-kréta képződmények csak a szinklinális tengelyzónájában őrződtek meg a lepusztulástól, míg a szinklinális szárnyain az erózió a triász képződményeket is jelentős mértékben letarolta. A felső-kréta rétegsor erre a deformált és lepusztult térszínre települ, jelentős üledékhézaggal és szögdiszkordanciával.

A Dunántúli-középhegység jellegzetes felső-perm képződménye a szárazföldi törmeléken kifejlődésű homokkő (Balatonfelvidéki Homokkő), amely — az alsó- és középső-triász képződményekkel együtt — a szinklinális DK-i és ÉNy-i szárnyán ismert. Nem zárható ki azonban az alsó-perm riolit jelenléte sem (Kékkúti Riolit), hiszen a vizsgált terület közvetlen szomszédságában több fúrás is feltárta a Tapolcai-medence aljzatában, pl. a Gyulakeszi Gy-5, a Káptalanfői Kt-3 és a Badacsonyörs Bö-12 (FÜLÖP 1990). A vizsgált területen a felső-perm homokkővet a Dióskál Di-5 fúrás tárta fel a Balaton-vonal É-i oldalán, több pikkelyben ismétlődve az alsó-triász képződményekkel (KÖRÖSSY 1988). Az alsó-triász sekélytengeri rétegsort ezen kívül a Szigliget Szi-1 fúrás is feltárta (BUDAI et al. 1999), amelynek alsó szakaszát (indusi fázis) anhidrites dolomit és homokkő (Köveskáli Formáció), felső szakaszát (olenyoki emelet) vörös aleurolit és sejtés dolomit (Hidegkúti Formáció), majd márga és mészkő alkotja (Csopaki Marga).

A középső-triász legalsó (alsó-anisusi) szakaszát sekélytengeri karbonátok alkotják: alul vékonyréteges sejtüreges dolomit (Aszófői Formáció), amelyre lemezes bitumenes mészkő (Iszkahegyi Formáció), majd ismét dolomit következik (Megyehegyi Formáció). Ugyanez az alsó-középső-triász rétegsor ismert a szinklinális ÉNy-i szárnyán is, a Kisalföld peremén mélyült Alsószalmavár Asz-1 fúrásban (HAAS et al. 1988). A középső-triász középső- (középső-felső-anisusi) és felső (ladin) szakaszát túlnyomó részben mélytengeri mészkő, márga, tufit és kovás üledékek alkotják (Felsőörsi Formáció, Buchensteini Formáció), pl. az Ortaháza Or-7, -9, -34; a Kehida Kd-3; a Bajcsa Bj-I, -14; a Pusztapáti Pus-1 fúrásban.

A felső-triász alsó szakaszát (karni) intraplatform tengermédecében lerakódott márga és mészmárga építi fel (Veszprémi Formáció), felső szakaszán mészkő-betelepülésekkel (Sándorhegyi Formáció). A karni medencefáciesű rétegsor a Keszthelyi-hegység területén felszínen is ismert, ahol sekélytengeri platformkarbonátokkal (Edericsi Mészkővel és Sédvölgyi Dolomittal) fogazódik össze (BUDAI et al. 1999). Karni medencefáciesű rétegsort harántolt többek között a Hévíz H-6, a Dióskál Di-7, a Pötréte Pöt-1, a Kehida Kd-3, és a Nagytilaj Nt-2, valamint több nagylengyeli és ortaházai fúrás is (KÖRÖSSY 1988). A felső-triász felső szakaszát (nori-rhaeti) nagy kiterjedésű és jelentős vastagságú sekélytengeri platformkarbonátok képviselik, amelyek alsó, kb. 1,5 km vastag szakaszát dolomit (Fődolomit), a felső néhány száz méterét mészkő alkotja (Dachsteini Mészkő). A nori dolomit a vizsgált területen felszíni elterjedésben is ismert a Keszthelyi-hegységben, míg a mészkő Sümeg környékére korlátozódik. A terület jelentős részén ismertek nori-rhaeti intraplatform medencefáciesű képződ-

mények is, amelyek alsó szakaszát bitumenes, lemezes dolomit (Rezi Dolomit), felső szakaszát márga, agyagmárga alkotja (Kösseni Formáció). Ezek szintén ismertek a felszínen a Keszthelyi-hegységben (BUDAI et al. 1999) és Sümeg környékén egyaránt (HAAS et al. 1984), a Zalai-medence aljzatában pedig több fúrás is feltárta őket, pl. Nagytillaj, Zalaszentmihály, Szilvágy, Kehida, Nagylengyel, Misefa és Pölöske környékén (KÖRÖSSY 1988).

Jura–alsó-kréta képződmények a vizsgált területen csak Sümeg környékén ismertek a felszínen, ahol az alsó-jurát sekélytengeri mészkő (Kardosréti, Pisznicei és Hierlatz Mészkő), a középső–felső-jurát pelágikus medencefáciesű bositrás vagy calpionellás mészkő („ammonitico rosso”) és radiolarit (Lókúti Formáció) képviseli (HAAS et al. 1984). A legfelső-jura–alsó-kréta tűzköves „biancone” típusú mészkőre (Mogyorósdombi Mészkő) pelágikus alsó-kréta márga következik (Sümegei Márga). A Zalai-medence aljzatában a különböző fáciesű jura–alsó-kréta képződmények kisebb eróziós foszlányokban őrződtek meg, pl. a Nagylengyel–Pölöske–Misefa–Nagytillaj–Szilvágy, valamint a Hahót környéki fúrásokban (KÖRÖSSY 1988, VÖRÖS, GALÁCS 1998, HAAS et al. 2010). Az apti–albai üledékciklushoz tartozó mészkövek Sümeg környékén, a felszínen (Tatai Mészkő), illetve Nagylengyel környéki fúrásokban ismertek.

A felső-kréta üledékciklus képződményei diszkordánisan települnek az ausztriai fázis során meggyűrődött, kiemelkedett és lepusztult presenon aljzat felszínére (HAAS et al. 1984). A szárazulati lepusztulási időszakot a túlnyomórészt triász karbonátokból álló térszín karsztosodása és bauxitképződés jellemezte (Sümegei Márga). A felső-kréta képződményeket a presenon magaslatok területén sekélytengeri rudistás zátonymészkő képviseli (Ugodi Mészkő), míg a medencék területét pelágikus márga rétegsor uralja (Jákói és Polányi Márga) (HAAS 1979, 1983, 1999). A senon képződmények jelentős elterjedésűek a Zalai-medence és a Kisalföld aljzatában.

Szlovénia területén a Dunántúli-középhegységi-egységhez hasonló képződmények csak nagyon kis tektonikus, vagy eróziós maradványokból ismertek. Felső-triász és kréta karbonátos kőzetek tektonikus lencséinek és Gosau-típusú törmelékes kőzeteknek eltolódások menti becsúszódását, vagy extenziós allochtonként való megjelenését tételezhetjük fel a Radgona–Vas tektonikus félárokban, illetve a muraszombati (Murska Sobota) kiemelkedés É-i és D-i részén.

### Közép-magyarországi-nyírózóna

#### *Periadriai–Balaton-zóna (Magmás–metamorf-zóna)*

A Zalai-medence aljzatában, a Balaton-vonal mentén egy keskeny sávban javarészt ópaleozoos, üledékes eredetű, sziliklasztos epimetamorf képződmények (Balatonfőkajári Kvarcfillit) találhatóak. A Zalai-medencében több fúrás (pl. Pördefölde Pd–1, Eperjehegyhát E–6, Pusztamagyaród Pu–5, Gelse Gel–1) is azonban ennél kisebb fokú (anchi-metamorf) aleurolit-, illetve homokkőpalát harántolt. Más fúrások (Balatonhídvég Hi–1, Hi–2, Sávoly Sáv–7, Garabonc Gar–1) ugyanakkor ennél lényegesen nagyobb fokú metamorfózist mutató kőzeteket (gránátos csillámpala,

andaluzit–biotit–szillimanitpala, TÖRÖK 1992) tárt fel. E képződmények egymáshoz való viszonya, ill. a metamorfózis kora nem kellően tisztázott. FÜLÖP (1990) szerint a Balatonfőkajári Kvarcfillit metamorf foka DNy felé nő, és ezzel magyarázza a nagyobb metamorf fokú képződmények megjelenését Balatonhídvég, Sávoly és Garabonc környékén, de nem ad magyarázatot a zóna folytatásában a Zalai-medencében megjelenő gyengén metamorf képződmények helyzetére. Ugyanakkor e meglehetősen különböző jellegű metamorfitek jól értelmezhetők, ha a Balaton-vonal menti előfordulásait szerkezetileg a Periadriai-zóna folytatásának tekintjük (KÁZMÉR, KOVÁCS 1985, BALLA 1988, TARI 1994, FODOR et al. 1998), s a zónán belüli változatos metamorf fokú kőzeteket részint a Dunántúli-középhegységi-egységből, részint pedig pontosabban nem azonosított ausztróalpi egységekből származó, tektonikus fragmentumokként értelmezzük. A változatos kőzetegyüttest JÓSVAI et al. (2005) Magmás–metamorf-zónaként különítette el. A szlovéniai felszíni adatok alapján valószínű, hogy az eltérő kőzettestek jobbos eltolódásos duplexekben jelennek meg (FODOR et al. 1998, 1999b).

#### *A Ljutomer-öv*

A szlovéniai projektterület D-i része mind kőzettanilag, mind szerkezetföldtanilag alapvetően eltér a Koralpe–Wölz–Pohorje-egység felépítésétől. A K–Ny-i csapású Ljutomer törési övben mezozoos, különösen alsó-triász törmelékes üledékes kőzetek fordulhatnak elő, amelyeket a Közép-magyarországi-nyírózóna szlovéniai folytatásaként értelmezhetünk. Közvetlen fúrásadat nem bizonyítja jelenlétüket a prekainozoos aljzatban. A Ljutomer-övet a Muraszombati-blokk felé egy összetett fejlődésű szerkezeti elem határolja: a kréta közepén rátolódás lehetett, majd a kréta vége felé extenziós lecsúszósíkként reaktiválódhatott. Erre utalnak azok a kis extenziós allochtonok, melyek a Muraszombati-hát déli oldalán három fúrásban is, vékonyan, szerkezetileg csonkoltan megjelennek (IV., V. melléklet). A szerkezeti határ a D5 fázisban eltolódásként is reaktiválódhatott. A D6 színrift fázisban meredek normálvetőként szerepelhetett a K–Ny-i csapású, szinszediment, kárpáti korú Haloze-árok kialakulásában. Végül a D9 neotektonikus fázisban ismét rátolódásként mozoghatott. A Ljutomer-öv dél felől a Déli-Karavankák karbonátos kőzeteivel határos. A Ljutomer-övön belüli töréseket JELEN (2009) és JELEN et al. (2006) szerkezeti modellje is javasolta. Az övet HAAS et al. (2000) az Északi-Karavankák tagjaként értelmezte. Maga a Ljutomer-törés a Szlovéniában szétágazó Periadriai-eltolódás leg-északibb elemeként is értelmezhető (PLACER 2008).

#### Közép-dunántúli-egység

A Balaton-zónától délre a Közép-magyarországi-vonalig az ún. Közép-dunántúli-egység (HAAS et al. 2000, 2010) permo-mezozoos képződményei alkotják a medencealjzatot, amelyeket kizárólag mélyfúrásokból ismerünk. A Magmás–metamorf-zónával és Ljutomer-övvel együtt ezek alkotják a Közép-magyarországi-nyírózónát. Az egység három további alegységre osztható (HAAS et al. 2000, RÁLISCH-FELGENHAUER

2004): a Juliai–Dél-Karavankai, Dél-Zalai- és Kalnik-alegységekre. Ezek szerkezeti kontaktussal érintkeznek egymással, azonban a szerkezeti viszony jellege és kora ismeretlen. A vizsgált terület déli részén az országhatár közelében perm, sekélytengeri, sziliciklasztos és karbonátos összletek ismertek (Dél-Karavankai-alegység). Az Újfalú-1 (U-1) fúrásban feltárt, az alsó-perm mészkő fekélyét képező sötétszürke szericitpalát feltételeesen a karbonba helyezték (FÜLÖP 1990). A perm képződmények szomszédságában középső-triász platform és medence fáciesű karbonátok találhatóak.

Szlovéniában a Dél-Karavankák paleozoos és mezozoos képződményei a Ljutomer-övtől D-re találhatóak a Ljutomer-övel tektonikus kapcsolatban. Apró felszíni feltárások mellett csak egy fúrás (DS-1/58) tárta fel az ide tartozó középső-felső-triász karbonátokat. A szomszédos horvát területéről három fúrásadat ismert (Vučkovec Vuč-1 és -2, Vukanovec Vuk-1). Ezért itt az aljzattérkép nagyrészt extrapoláción alapul.

A terület D-i részén (Dél-Zalai-alegység) nagyon kisfokú metamorfózist szenvedett perm evaporitos sorozatra települő triász karbonátok, triász-jura lejtő- és medenceképződmények, továbbá a Kalnik-alegységben jura-kréta melange-hoz sorolható képződmények (Inkei Formáció) és felső-kréta (senon) pelágikus márga (Gyékényesi Formáció) ismertek a fúrásokból (HAAS et al. 2000, RÁLISCH-FELGENHAUER 2004).

### Tiszai-egység

A terület legdélnyugati csücskénél kis területen a Tiszai-egység közepes fokú metamorf kristályospalái alkotják az aljzatot, amelyre a Közép-dunántúli-egység feltehetően kisebb mértékben rátölődött (CSONTOS, NAGYMAROSY 1998).

### Eocén

Eocén képződmények a projekt magyarországi részterületén (Zala) a KÉK–NyDNy-i csapású Bak–Novai-mélyedésben ismertek, ill. Ortaháza környékén egy pikkelyben. Diszkordánsan települnek a felső-kréta, ill. triász képződményekre. A Bak–Novai-árok a felső-kréta üledékgyűjtő tengelyétől kissé D-re alakult ki kompresszió következtében, ahol a felső-kréta-eocén üledékek mindkét oldalon meredek szárnyú redőteknőbe (szinklinálisba) gyűrődtek.

Sávoly térségében, a Balaton-vonal zónájában új eocén előfordulásokra derült fény a Mol Nyrt. kutatásai eredményeképpen (JÓSVAI et al. 2005). A több száz m vastagságú felső-eocén rétegsort édesvízi kifejlődésű, Ostracoda-tartalmú sötétszürke, fekete, szenesedett növényi maradványokban és helyenként szénzsinórokban gazdag agyagkövek alkotják.

Az AlCaPa szerkezeti egység területén a középső-eocén fiatalabb szakaszában indult meg a Déli-Alpoktól az Északi-középhegységig kimutatható vulkanizmus, amely az oligocén idején teljesedett ki. Kitérés központjai a Zalától a Mátra területéig nyomon követhető, DNy–ÉK irányú vonulatban. A zalai területen mélyfúrásokban, nagy vastagságban kimutatható andezites–dacitos összetételű vulkanitok

(Szentmihályi Andezit Formáció) áttörhetik a Szőci Mész-követ és a Padragi Márgát is. Bár a piroklasztikumok kora eocénnek tekinthető, az andezit és a dacitok kora az elmúlt években erősen vitatott volt, a legfrissebb értelmezés a tonalit intrúziókhöz kapcsolódó oligocén korú sekély magmás benyomulásoknak tartja a testeket (BENEDEK 2002, BENEDEK et al. 2001).

A szlovén projekt területen eocén korú képződmények a felszínről nem ismertek, csupán a P8 földtani szelvényben (IV. melléklet) jelennek meg márga és mészkő sűrű váltakozásából, helyenként karbonátbreccsából álló képződmények, amelyek feltételezhetően eocén korúak.

### Oligocén

Az oligocén során az észak-zalai térségben és Dunántúli-középhegység Ny-i peremterületein szárazulati üledék-képződés folyt. A Csatkai Formációba sorolt, és a Zalai-medencében uralkodóan durvatörmelékeny rétegsort egy DNy-ről ÉK felé tartó, Rába méretű folyó rakta le (BENEDEK et al. 2001). Az üledék forrásterülete a Dunántúli-középhegységtől DNy-ra volt, de kisebb beszállítás dél felől is valószínűsíthető. A kutatási terület ÉK-i részén jól kirajzolódik egy DDNy–ÉÉK irányú hosszanti folyóvízi összlet, melybe egy DK–ÉNy-i irányú kisebb csatorna torkollik.

A Balaton-zóna mentén az oligocénben intrúziók jöttek létre. A tonalitos összetételű testek nyugat felé a Periadriai-vonal mentén található magmás testekkel kapcsolhatóak össze, mivel mind korban (30–32 M év) mind geokémiájukban igen hasonlóak (BENEDEK 2002). A Sávoly környéki andezittestek is feltehetően az oligocén magmatizmussal hozhatóak kapcsolatba. A Sávoly környékén kimutatható, tufabetelepülésekkel tagolt, több száz m vastag, tengeri foraminifera faunát tartalmazó, homokos–pelites oligocén összlet ugyancsak a Periadriai–Balaton-vonal menti szlovéniai oligocén képződményekkel párhuzamosítható (JÓSVAI et al. 2005).

Oligocén üledékek a projekt szlovéniai területének a DNy-i részén találhatóak (JELEN, RIFELJ 2011). A Ljutomer-övelben a Donat-eltolódás mentén két oligocén formáció is található. A Pletovarje Formációt homokos márga, és alárendelten homok alkotja. A Govce Formáció kvarchomokkőből, konglomerátumból és glaukonitos homokkőből áll. A Pletovarje Formáció kora késő-oligocén (kora-egri), míg a Govce Formáció képződése a késő-oligocéntól a kora-miocénig tartott. Az egységek különös geometriáját a P8 földtani szelvény D-i része mutatja (IV. melléklet), nagy valószínűséggel a Donat-törésvonalban levő lencséként.

### Prepannóniai miocén

#### Eggenburgi–ottnangi

A vizsgált területen a kora-miocénben (feltehetően az eggenburgitól kezdődően az ottnangi–kora-kárpáti folyamán, a projektterület magyarországi részének Ny-i és É-i

területein azonban a teljes kárpátban is) szárazulati üledék-képződés folyt. A déli térségben, ahol a Szászvári Formációba tartozó, konglomerátum-kavics-homokkő-aleurit és agyag képződményekből álló rétegsor rakódott le. A formációt Lenti környékén (Csesztreg, Kerkabarabás) és a Nagykanizsától D-re és DK-re (Zákány, Porrogszentkirály, Iharos, Iharosberény, Inke) lévő területen mélyült fúrások harántolták. A formáció diszkordánsan települ a mezozoos aljzatra, és rá üledékhézaggal települ a Budafai, Tekerési és/vagy Lajtai Mészke Formáció, vagy fiatalabb pannóniai üledékek. Helyenként a Szászvári Formáció vastagsága meghaladja az 1000 m-t (Gyékényes, Porrogszentkirály Gyék-I fúrás). Lokálisan tufa közbetelepülések (alsó riolittufa/ Gyulakeszi Riolittufa Formáció) figyelhetők meg a szárazulati rétegsorban (Kerkabarabás, Inke és Iharos térsége).

A Dunántúli-középhegység Ny-i előterében a Csatkai Formációtól csak komoly nehézségek árán elkülöníthető alsó-középső-miocén Somlóvásárhelyi Formációt, amelynek horizontális lehatárolása is problémás, szárazföldi és édesvízi mocsári képződmények építik fel: kavics, konglomerátum, homok, agyag, agyagmárga, szenes agyag. Legnagyobb vastagsága 129 m (Nagygörbő Ng-I fúrás), e rétegsorban az alsó riolittufa (Gyulakeszi Riolittufa Formáció) betelepülései is megfigyelhetők. A formáció képződése az őslénytani adatok alapján valószínűleg az ottangitól a kora-badeniig tartott (KÓKAY 2006, SÜTÖNÉ SZENTAI 2012 szóbeli közlés).

A kutatási terület ÉNy-i részén (Szombathely és Szentgotthárd környékén) kimutatható alsó-miocén szárazulati üledékek a Ligeterdői Formációba (Auwaldschotter) sorolhatók. Anyaga az Alpok közeteiből folyóvízi szállítással került a nyugat-magyarországi üledékgyűjtőkbe. A formáció a mezozoos aljzatra települ. A Szombathelyi Szh-II fúrásban a Ligeterdői Formáció tektonikusan érintkezik a mezozoos aljzattal. Fedőjében badeni képződmények települnek. A vizsgált területen vastagsága néhány száz 10 m, de a mély, fúrásokkal nem elért árkokban jóval vastagabb is lehet. A formáció korát az ottangira és a kárpátira teszik, de ausztriai kutatási eredmények (PASCHER 1991) alapján valószínűsíthető a formáció korának kora-badenire való kiterjesztése.

Az alsó-miocén szárazulati összletekkel kapcsolatban mutattuk ki a Gyulakeszi Riolittufa („alsó-riolittufa”) lerakódásait (pl. Kerkabarabás Kerb-1, Iharos Ih-2).

### Kárpáti–alsó-badeni

A projekt magyarországi részterületén a kárpáti–alsó-badeni üledékeket É-on a Rába-vonal határolja. Az összlet vastagsága nem ismert, mivel a fúrások zöme nem harántolta. Az Őrségi-, Reszneki-, Budafai-részmedencékben (L-II fúrás) max. vastagsága 2000 m.

A lepusztulási térszín főként mezozoos karbonátokból és pelites üledékekből állt (Őrség Ny-i része, a Balatonvonal menti paleozoos kőzetek), ezen kőzetek viszonylag rövid szállítási távolságon belül szétbomlottak. Ez az oka, hogy az egykori partvonalhoz képest aránylag kis távolságon belül már pelites üledékek találhatók. Az üledékgyűjtő medence nem volt nagyterjedésű, és több mély árokból

állhatott. A vastag pelites rétegsor nem a medence mélységét jelzi, hanem azt, hogy az üledékbeszállítás mértéke lépést tartott a medencealjzat süllyedésével.

A tengeri jelleg DNy felé egyre erősödött. A kárpáti durvaszemcsés fácies egy keskeny peremi zónára volt jellemző, a medence belsejét vastag pelites üledékösszlet töltötte ki. A peremokről származó erodálódtott törmelékanyag behordása lépést tartott a gyors süllyedéssel, ezért az mindenhol sekélytengeri környezetben zajlott.

A litofáciesek jellegét a részmedencék nyílt tengerrel való kapcsolatának mértéke szabályozta (folyók által beömlő friss víz hatása a sótartalomra, süllyedés és feltöltődés mértéke). A nyílttengertől való távolság, mélység- és áramlási viszonyok, a szárazulatról érkező folyók hígító hatása és üledékbehordása függvényében változatos, egymással szoros összefüggésben álló litofáciesek alakultak ki.

A medenceterületeken, a kárpáti során zajló, nyíltvízi, sziliciklasztos üledékképződés a badeniben is folytatódott. A hasonló kőzettani jelleg miatt a kárpáti üledékek nehezen különíthetők el a kora-badeni képződményektől. A Tekerési Slír Formáció alsó-badenibe tartozó részét a tufabetelepülések és a badeni fauna megjelenése jelzi.

A badeni karbonátok (Lajtai Mészke Formáció) képződése a medenceterületek egykori tektonikai-paleogeomorfológiai kiemelkedéseinek környezetére és a sekélyebb peremekre korlátozódott.

A projekt szlovéniai területén a kárpáti–alsó-badeni üledékeket a Haloze Formáció képviseli, amely az aljzat KÉK-i csapású törések (Donat transztenziós törés, Rába-vonal) menti süllyedését követve rakódott le (JELEN, RIFELJ 2003, 2004, 2005a, b). FODOR et al. (2002), MÁRTON et al. (2002) és JELEN, RIFELJ (2005c, 2006) szerint a Haloze Formáció lerakódása a pohorjei metamorf magkomplexum kitakaródásával együtt zajlott, amely tektonikai folyamat a késő-ottangitól a badeni elejéig ment végbe a Pannon-medence színrift fázisaként.

Homokkő, konglomerátum, agyagos breccsa és konglomerátum, valamint osztrigapadok képviselik a Haloze Formáció alsó, kárpáti részét a Maribori-részmedencében. Dél felé a Haloze-, Ljutomer-, Budafai-részmedencében homokos és kőzetlisztes márga, homokos márga és kőzetlisztes márga váltakozása és homokkő építi fel a kárpáti–alsó-badeni Haloze Formációt. Az alsó-badeni tufa szintén része a Haloze Formációnak, éppúgy, mint a bizonytalan besorolású konglomerátum lithothamnium gumókkal. A Haloze Formáció legfelső részét homok, homokos márga és konglomerátum váltakozása építi fel, ami már az alsó-badeni része.

A terepi megfigyelések szerint a Mura–Zala-medence annak kialakulásától (kárpáti) egészen a kora-pontusiig egy turbidites medence volt, melynek mélysége a kárpátban több száz méter is lehetett (JELEN, RIFELJ 2001, 2003). A Mura–Zala-medence középső részén, a Muraszombati-hát tetejéről a Haloze Formáció nem ismert. Ennek oka lehet részben a kiemelkedést követő erózió, vagy még inkább a lerakódás hiánya. K felé az Őrségi-árkokban ismét nagy vastagságban jelenik meg, extenziós normálvetőkkel határolva. A Haloze Formáció vastagsága az 1300 m-t is elérheti a



Maribori-részmedencében, Haloze területén viszont akár 2000 m-es vastagság is elképzelhető a földtani szelvények alapján (MÁRTON et al. 2002).

### Felső-badeni

Az Őrség–Lovászi–Budafa–Oltárc területen a badeni üledékek folyamatosan fejlődnek ki a kárpáti korú képződményekből. Ettől ÉK-re a Rába-vonal és a Nagytilaji-vonal közötti területen a badeni üledékek nagy üledékhézaggal települnek a mezozoos üledékek erodált felszínére. A Nagytilaji-vonal és a Balaton-vonal közötti területen a badeni üledékek diszkordánsan települnek a paleozoos, mezozoos és eocén képződmények erodált felszínére. A Balatonvonaltól D-re a badeni üledékek bázisát nagyrészt a kárpáti, kisebb területeken a mezozoos, újpaleozoos üledékes és ópaleozoos metamorf képződmények alkotják.

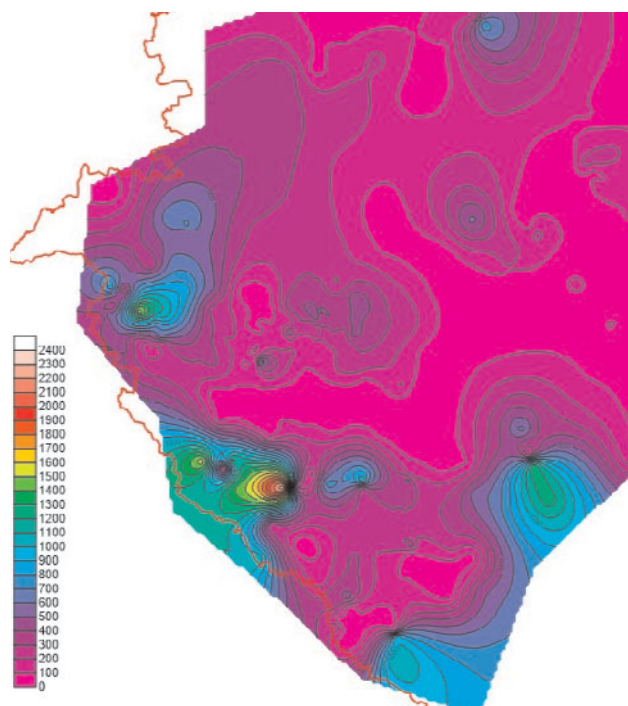
A kora-badeniben végbement lepusztulást követően a kora-badeni fiatalabb szakaszában induló transzgressziót a Dunántúli-középhegység peremi területein lápi kőszenes fácies és törmelékes képződmények vezetik be. A tengeri üledékek itt csak az alsó-badeni alemelet magasabb részét képviselik (Ng-1). Mivel a kora-badeni transzgresszió DNY felől történt (HÁMOR 2001, HAAS ed. 2012), ezért a terület ÉK-i, kiemelt térszínű területeit, valamint a medencében levő rögvonalatok magasabb részeit már nem érte el a tenger. A medenceterületeken pontos rétegtani vizsgálatok hiányában a kárpáti–alsó-badeni és a középső–felső-badeni pelites rétegsorok (Tekeresi Formáció és Szilágyi Agyagmárga Formáció) elkülönítése nehézségekbe ütközik.

A kora-badeni karbonátokhoz hasonlóan a fiatalabb lajtamészkövek képződése is a medencék tektonikai–paleogeomorfológiai kiemelkedései körül és a peremi, sekélyebb vízi területeken ment végbe.

Az ÉNy-i medenceterületen (Őrség–Lovászi–Budafa–Oltárc) az üledékképződés folyamatos volt, a badeni bázisán települő sötétszürke, barnásszürke márga csak annyiban különbözik az idősebb márgáktól, hogy tufacsíkok települnek benne, és megjelennek a gazdag badeni faunaelemek. A badeniben ez a medencerész megmaradt gyorsan süllyedő tengeröblnek, amelyben az üledékképződés lépést tartott a süllyedéssel. Az üledékanyag uralkodóan pelites.

A badeni üledékes képződmények vastagsági viszonyait a 10. ábra mutatja.

A projekt szlovéniai terület részén a szinrift üledékekkel való feltöltődése a szinrift fázis második szakaszában történt. A kárpáti/badeni határon lejátszódó euszatikus tengerszint-csökkenés eróziós diszkordanciát okozott a sekélyebb területeken, míg a medence mélyebb részein durva kavicsból álló hordalékkúpok rakódtak le. A medence legmélyebb részein „éhező medence” körülmények alakultak ki. A hirtelen kiemelkedést és euszatikus tengerszint-csökkenést nagyon gyors süllyedés váltotta fel a kora-badeniben, ami transzgressziót eredményezett (JELEN, RIFELJ 2001, 2004, 2005a, b). Ennek következményeként az alsó-badeni üledékek rálapolódnak a relatíve kiemelt helyzetű prekainozoos aljzatblokkokra. Mélyebb vízi körülmények a transzgresszió előrehaladtával alakultak ki: algás mészkövek,



10. ábra. A badeni üledékek vastagságtérképe a projekt magyarországi részterületén (m-ben kifejezve)

Figure 10. Thickness of the Badenian deposits in the Hungarian part of the project area (m)

iszapgazdag turbiditék, hemipelágikus márgák kezdték el feltölteni a medencét az intenzív süllyedés és tengerszint-emelkedés következtében.

Egy extenziós kollapszus következtében a tektonikai blokkok posztrift süllyedése következett be, beleértve a legmagasabb helyzetű területeket is. Ez a folyamat az üledékképződésben bekövetkező változásokat idézte elő: homokban gazdag turbiditék lerakódása vált jellemzővé. Ugyanakkor a partoktól távolabbi területeken a késő-badeniben progradáció figyelhető meg. A részmedencék legmélyebb részeiben az eseményt „falling stage system tract (FSST)” jelzi (HARZHAUSER, PILLER 2004). A részmedencék sekély részeit a badeni–szarmata határ közelében LST jellemzi. A medencék mélyebb részeiben az ezzel korreláló szekvenciahatár a homokban gazdag turbiditék felé mozdul el.

### Szarmata

A projekt magyarországi részterületén a szarmatát a badeni normál sótartalmú tengeri üledékekhez képest csökkent sós vízi képződmények jellemzik. A szarmata rétegsorokban a sziliciklasztok dominálnak (Kozárdi Formáció). A terület földtani felépítésében a szarmata karbonátok (Tinnyei Formáció) alárendeltek, főként a Dunántúli-középhegység peremi medencéire jellemzők.

Az ÉNy-i medenceterületen (Őrség, Lovászi, Budafa), valamint az ehhez csatlakozó K-i peremen (Szilvágy, Barabászeg, Nagylengyel, Bak, Nova) a szarmata folyamatosan fejlődik ki a badeniből, a medencebeli, hasonló litológiájú rétegsorok elkülönítése nehézségekbe ütközik. A medence középső részén uralkodóan pelites-homokos kifejlődésű. Az

üledékgyűjtő legmélyebb része ekkor már a korábbi kiemelkedések miatt a Szentgyörgyvölgy, Kerkáskápolna, Óriszentpéter, Kotormány térsége, ahol durvaszemű, helyenként aprókavicsos homokkő képződik. Ez nem partközelséget jelez, hanem a peremekről a lejtón gravitációs tömegmozgással áthalmozódó üledékanyagot, ami a legnagyobb mélységben tud felhalmozódni. Dél felé haladva a törmelékanyag egyre finomabb szemű, Lovászi és Budafa térségében már túlnyomóan pelites, aleuritos.

A medenceterület peremi részein a szarmata rétegek egyre vékonyabbak és márgásabbak, a magasabb morfológiai helyzetű badeni üledékeken kiemelkednek. A medenceterületen, valamint a peremi részeken a szarmata gyakorlatilag üledékfolytonosan megy át az alsó-pannóniaiba. A szarmata képződmények durvatörmelékes biogén mészköves kifejlődését azokon a területrészekon találjuk, amelyek a badeni folyamán a legmagasabb helyzetűek voltak és csak a badeni legvégén érte el őket a transzgresszió. A szarmata üledékek a medencében 100–200 m vastagságúak, míg a kiemelt hátakon legfeljebb néhány 10 m-es vastagságot érnek el.

A hidrogeológiai modell számára fontos volt a szarmata és badeni tengeri kifejlődésű képződmények talptérképét megszerkeszteni, amelyek a prebadeni miocén, valamint oligocén folyóvízi üledékekre települnek, valamint ezen belül a Tinnyei és Lajta Formáció (szarmata és badeni törmelékes mészkövek) elterjedését meghatározni, mivel ezek vízföldtani szerepe fontos (az aljzati karbonátos kiemelkedésekre közvetlenül települő miocén törmelékes mészkövek azzal egységes hidrodinamikai rendszert alkotnak). Ez a térkép csak a projekt magyarországi területére készült el (11. ábra)

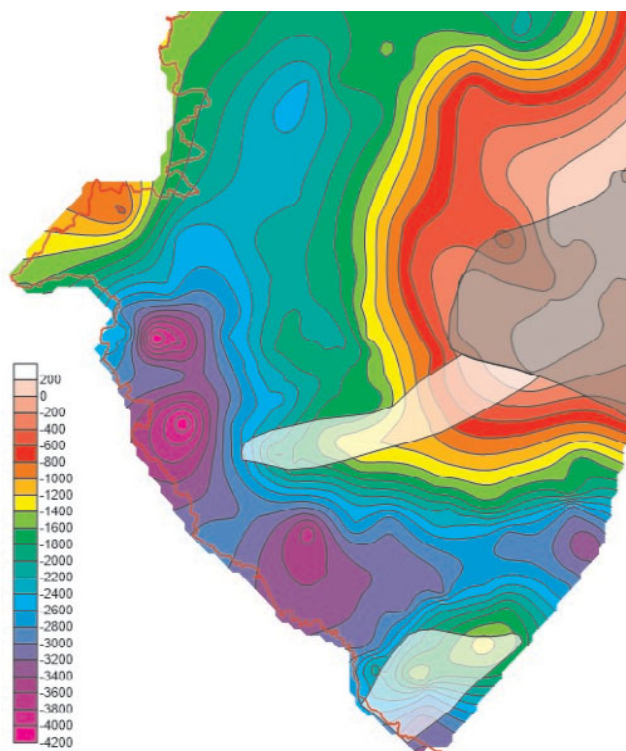
A projekt szlovéniai területén, a kora-szarmatában, a partközeli részeken sziliciklasztikus üledékek és karbonátok rakódtak le, míg a medence mélyebb részein turbidit képződés folyt, amely még a posztrift fázis első szakaszába tartozott.

A Maribori-részmedence, a Radgona–Vas-részmedence Ny-i része és a Haloze–Ljutomer–Budafai-részmedence Ny-i része a szarmata végén töltődött fel. A fentiekben leírt badeni és szarmata szín- és posztrift képződményeket JELEN, RIFELJ (2005d) Špilje Formáció néven különítette el.

### Pannóniai

A pannóniai üledékek tárgyalásakor meg kell különböztetnünk a medencék (ilyen a T-JAM projekt terület nagy része: Mura–Zala-medence, Kisalföld déli része) és a peremek (esetünkben a Dunántúli-középhegység szegélye és az Alpokalja) kifejlődéseit. A pannóniai formációk talpfelület-térképét a projekt teljes magyarországi területére, ill. szlovéniai területének keleti részére szerkesztettük meg (12. ábra).

A projekt magyarországi részterületén a pannóniai képződmények transzgressziós jelleggel települnek az idősebb képződményekre. A terület nagy részén (a pannóniai letelején kiemeltebb helyzetű, legtöbbször badeni Lajtai Mészkővel fedett hátakat leszámítva) folyamatos üledék-képződést tapasztalunk a szarmata–pannóniai határon. Ez a határ a medencékben jellemzően pelites, faunaszegény üledékekben húzódik (Kozárdi, ill. Endrődi Formáció),



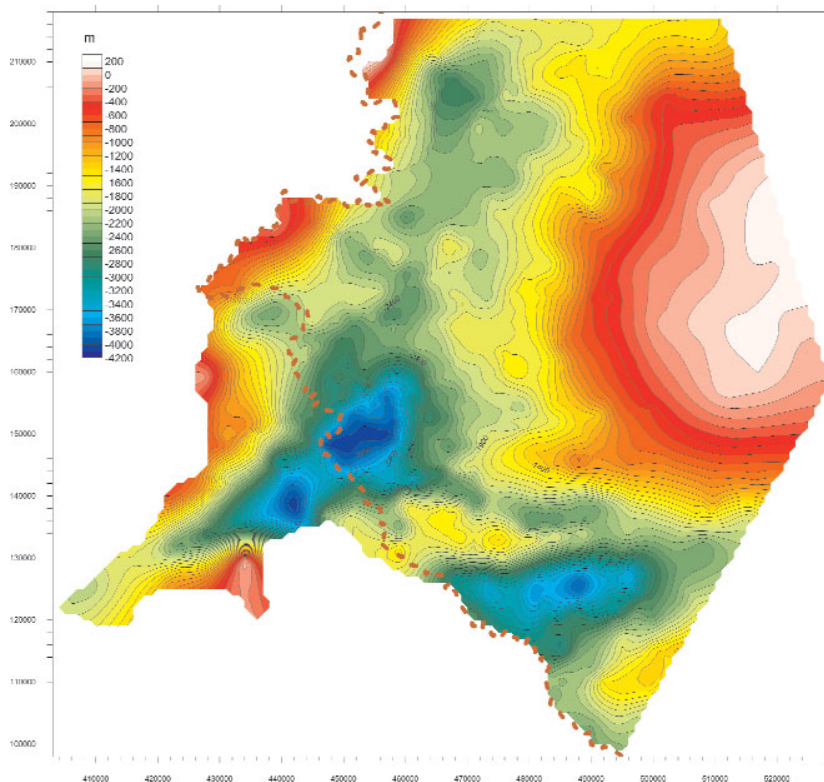
**11. ábra.** A szarmata és badeni tengeri képződmények talptérképe a projekt magyarországi részterületén (a tengerszint alatt m-ben kifejezve) Szürke: szarmata törmelékes mészkő (Tinnye Formáció), fehér: badeni törmelékes és algás mészkő (Lajta Formáció) elterjedési területe

**Figure 11.** Bottom surface map of the Badanian and Sarmatian formations in the Hungarian part of the project area (below sea level) Grey: distribution of Sarmatian siliclastic limestone (Tinnye Fm.), white: extension of Badanian clastic and algae limestone (Lajta Fm)

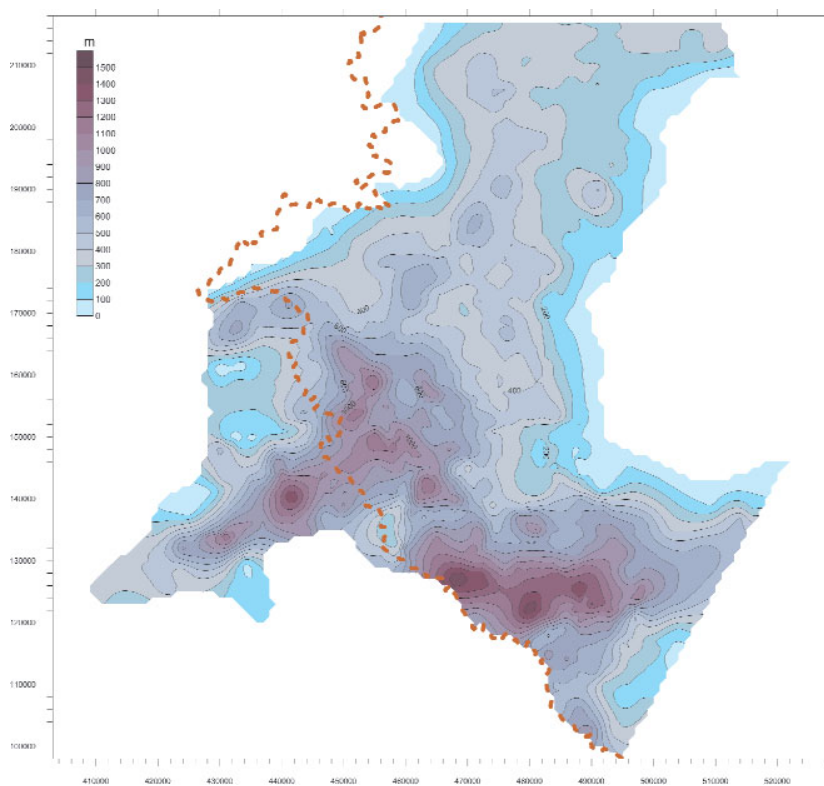
ezért helyzete igen bizonytalanul állapítható meg. A fúrások kútkönyveiben szereplő „pannóniai talp”-szintekről a szeizmikus korreláció alapján bebizonyosodott, hogy egymással korántsem egykorúak. A határ pontos meghúzásához makrofauna-leírásokra lenne szükség a fúrásokból — ilyen viszont csak kevés, ráadásul gyakran nem folytonos üledék-képződésű helyről áll rendelkezésre.

A medencebeli alsó-pannóniai általában az Endrődi Formációt alkotó márgával, mészmárgával kezdődik, ami jellemzően 100–400 m vastag, a peremek és egyes kiemelt háta (pl. a terület déli részén lévő Beleznai-antiklinális) felett ennél vékonyabb. A vizsgált területen csupán elvétve, néhány méter vastagságban jelenik meg a pannóniai talpán az előtérésre kerülő aljzat anyagából kialakuló báziskonglomerátum (Békési Konglomerátum).

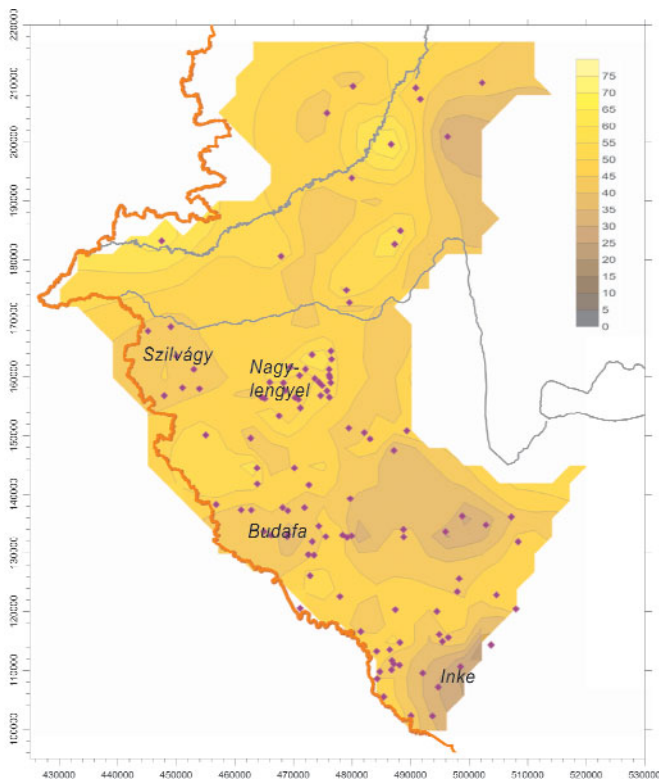
A márgaösszlet felett megjelennek a 100–1500 m vastag Szolnoki Formáció turbiditjei, amelyek pelitbe ágyazva több méter vagy több tíz méter vastagságú homoktesteket tartalmaznak. Ezek a homoktestek egyedi zagyras események következtében jöttek létre, melyek között hosszú ideig pelit rakódhatott le, így egymással való összeköttetésük igen korlátozott. A turbidites összlet legnagyobb vastagságát Csesztreg és Resznek térségében, ill. a Budafai-antiklinális déli szárnyán és az attól délre húzódó árokban éri el (13. ábra).



12. ábra. A pannóniai képződmények talpfelület-térképe (a tengerszint alatt m-ben kifejezve)  
 Figure 12. Basal surface of the Pannonian (Late Miocene) formations (below sea level)



13. ábra. A pannóniai turbidites homokkő összlet (Szolnoki / Lendava Formáció alsó szakasza) vastagsága  
 Figure 13. Thickness of the Pannonian turbiditic formation (Szolnok and lower Lendava Fm)

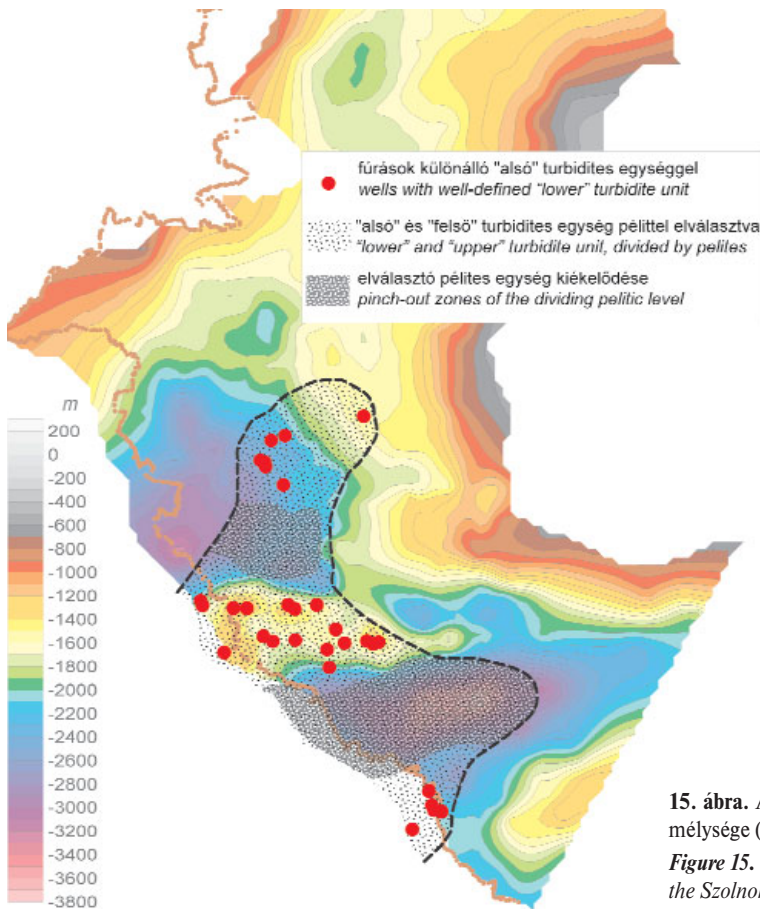


14. ábra. A Szolnoki Formáció homoktartalma százalékban a projekt magyarországi részterületén, az alapul vett fúrások feltüntetésével

Figure 14. Sand content (in %) of the Szolnok Fm with the used boreholes

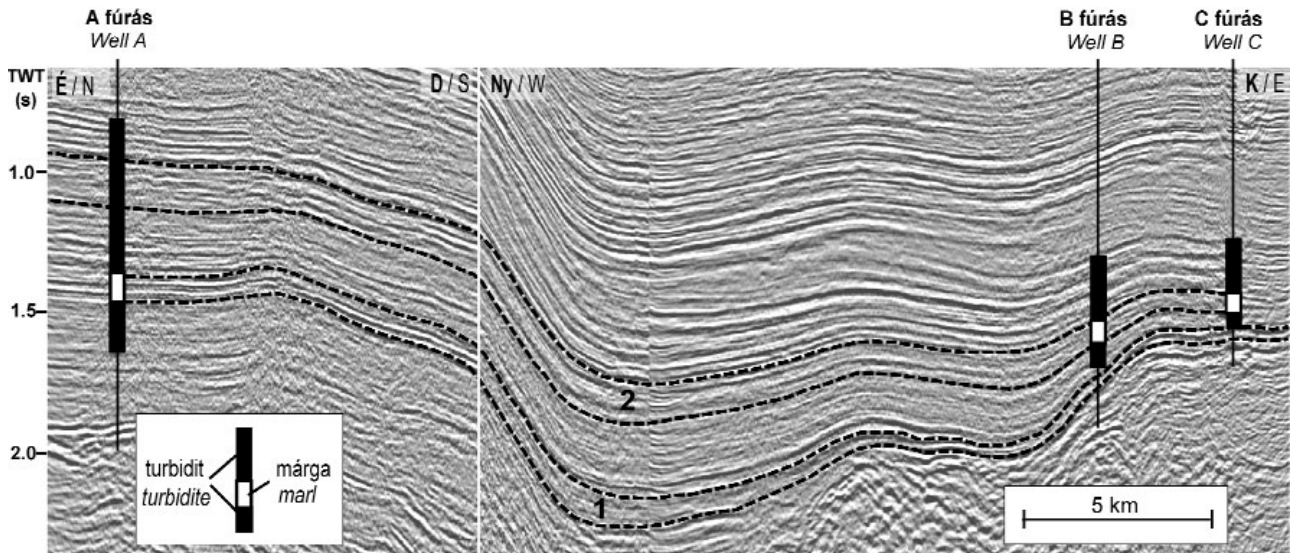
Mintegy 100 fúrás 1 m-es felbontással megvizsgált karotázsgörbéi alapján elmondható, hogy a homok aránya általában a jelenleg is kiemeltebb aljzatú területek (Belezna, Budafa, Ortaháza, ill. a Dunántúli-középhegység pereme) felett kisebb, mint a közöttük lévő árkokban: a gerinceken 25–50, míg az árkokban 50–70%-os összesített homoktartalom jellemző (14. ábra). E kép alól kivételt jelent a szilvágyi mélyedésben tapasztalt, a tőle keletre lévő nagylengyeli magaslatához viszonyított csekély homoktartalom.

A Zalai-medence egyes részeinek sajátossága, hogy a Szolnoki Formáció fő tömegét megelőzően már megjelenik egy vékonyabb (általában 50–150 m vastag, a lovászi területen kivételesen 200–400 m-t is elérő) turbidites összlet, ami felett legtöbb helyen átmenetileg újra megjelenik az Endrődi Formáció, egyes igen mély medencéreszeken viszont folytatólagos az átmenet a fő turbidites egységbe. Az említett ún. „alsó turbidit” jól körülhatárolható területen fordul elő (15. ábra), a szeizmikus korreláció tanúsága szerint azonban mégsem egyetlen eseményhez köthető, hanem északnyugatról délkelet felé fiatalodik (16. ábra). Ez ellentmond SZENTGYÖRGYI, JUHÁSZ (1988) és JUHÁSZ (1994) véleményének, amely szerint a turbiditképződés szünetelése a relatív vízszint emelkedéséhez lenne köthető. Megfigyeléseink alapján valószínűbbnek látszik az „alsó turbidit” üledékforrásának dél felé való fokozatos eltolódása. Ezt a fajta vizsgálatot (a „felső” és „alsó” turbiditszintek elkülönítése) csak a projekt magyarországi területére



15. ábra. Az „alsó” turbidites szint előfordulása és a Szolnoki F. talpmélysége (tengerszinthez képest, méterben)

Figure 15. Occurrence of the “lower” turbidite unit and the basal surface of the Szolnok Fm (with respect to sea level, in m)



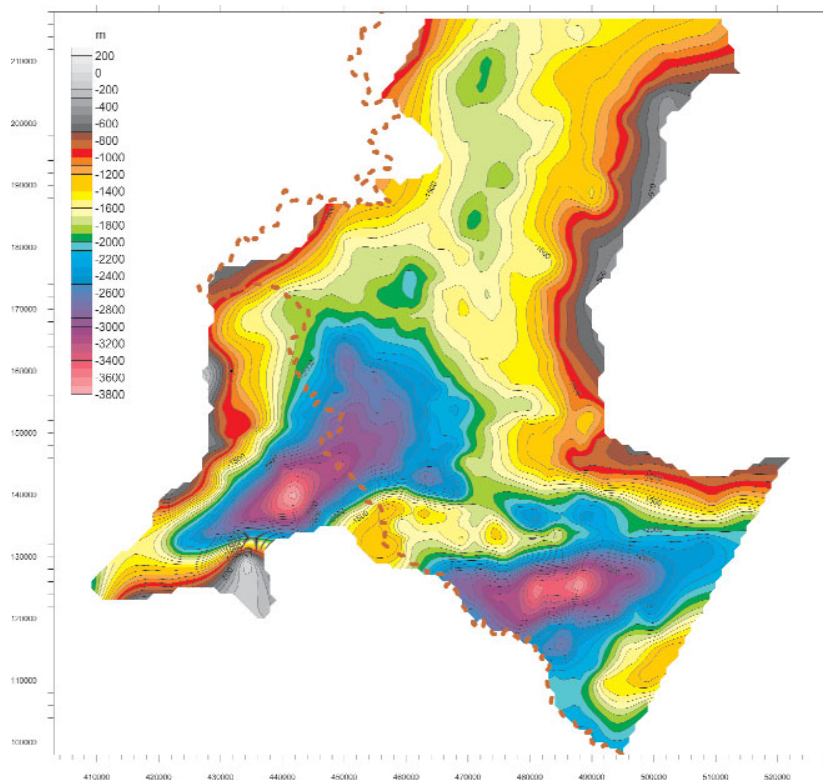
**16. ábra.** Szeizmikus kompozit szelvény a Zalai-medence délnyugati részéről. Az „alsó” és a fő turbidites egységet elválasztó márgaösszet a A fúrásban korábbi időintervallumot képvisel (1), mint a B és C fúrás alapján (2)

**Figure 16.** Composite seismic profile from the SW part of Zala Basin. The marl level between the “lower” and the main turbidite units represent an earlier time interval if traced from well A than if traced from wells B and C (2)

végztük el, mivel Szlovéniából nem állt rendelkezésre megfelelő szeizmikus adat.

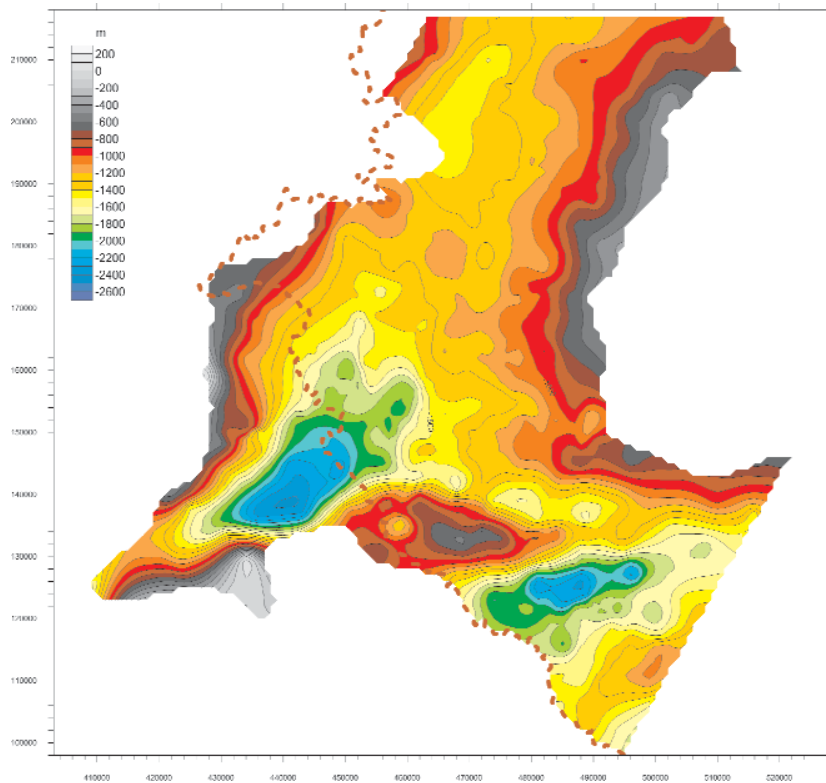
Szükséges megemlítenünk, hogy a mélymedencék összes többi pannóniai formációhatára (vagyis a „felső” turbidit, a

lejtő, a deltafront és a deltasíkság üledékösszleteit határoló felületek) is hasonló irányú fiatalodást mutatnak. Ezek esetében viszont a jelenség jól ismert, és az egykori Pannon-tó ÉÉNy-ről DDK-i irányban haladó feltöltődése indokolja



**17. ábra.** A Szolnoki / Lendava Formáció alsó szakasza (turbiditek) talpmélysége (tengerszínhez képest, méterben)

**Figure 17.** Depth of the basal surface of the Szolnok / lower Lendava Fm. (with respect to sea level, in m)



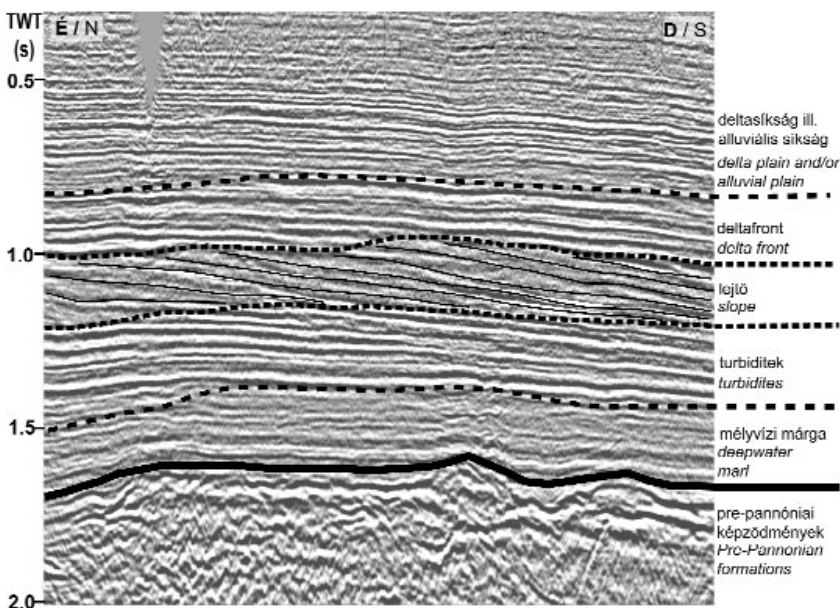
**18. ábra.** A Szolnoki / Lendava Formáció alsó szakasza (turbiditek) tetőtérképe (tengerszint-hez képest, méterben).

*Figure 18.* Depth of the top surface of the Szolnok / lower Lendava Fm (with respect to sea level, in m)

(POGÁCSÁS 1984, 1985; MAGYAR 2009). A fúrások és szeizmikus szelvények együttes értelmezése alapján a Szolnoki / Lendava Formáció alsó szakaszának talp- és tetőfelszíneit a 17–18. ábra mutatja be.

A turbidit felett települ, uralkodóan masszív aleuritből álló Algyői Formáció a Pannon-tó mély részeit fokozatosan feltöltő lejtőn rakódott le, így az egykori lejtő morfológiája

tangenciális alakú „clinoform”-okként szépen kirajzolódik a szeizmikus szelvényeken (19. ábra). Az aleuriton belül legtöbbször csak egy-két üledékszállító csatorna néhány méter vastag, elszigetelt homokja fordul elő, egyes fúrásokban viszont akár több 5–15 m vastag homokbetelepülés is megjelenhet a lejtő üledékeiben. Az alsó részen inkább turbiditszerű, felső részen már a később tárgyalandó delta-

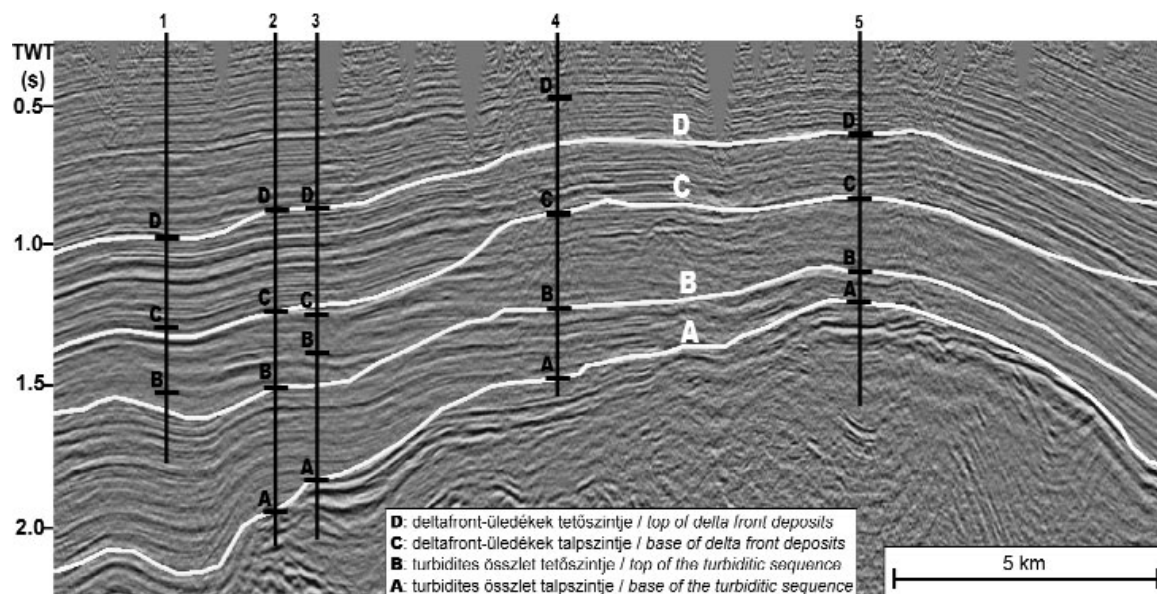


**19. ábra.** Szeizmikus szelvény a Zalamedencéből, a pannóniai medencekitöltés főbb egységeire jellemző reflexiók mintázatokkal.

*Figure 19.* Reflection patterns of the main units of the Pannonian basin fill, Zala Basin

front-homokokhoz hasonló jelleggel. Emiatt helyenként az Algyői Formáció fúrások alapján történő elhatárolása bizonytalan. A szeizmikus szelvényeken viszont minden esetben egyértelműen elkülönülnek az egykori lejtőt

fúrások átértékelésekor (ennek okát lásd a medenceperemi kifejlődések ismertetésénél, a „Képződmények azonosítása” és a „Fúrásátértékelések” című fejezetek). A kiterjedt homokleplek helyett itt hosszan elnyúló, de oldalirányban keskeny,



20. ábra. Fúrásokban azonosított fácieshatárok követése szeizmikus szelvény mentén

A fúrásokból származó pozíciók összekötése nem eredményez egységes képet, ezért a szeizmikus szelvényt támpontként használva ki kell szűrni a legbizonytalanabbnak tűnő fúrásértékeléseket

**Figure 20.** Tracking facies boundaries identified in wells along a seismic profile

Notice that simply connecting the positions for each boundary between the wells would not result a consistent interpretation. However, using the seismic image as a guideline allowed excluding the most uncertain well-log evaluations

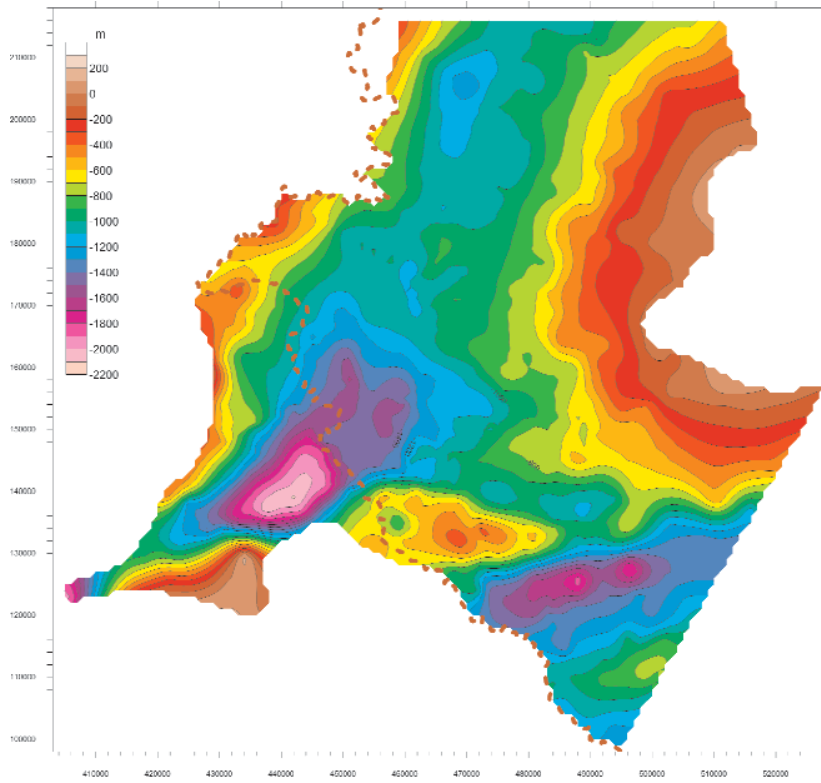
reprezentáló „cliniform”-ok, lehetővé téve az értelmezés pontosítását (20. ábra, 3. fúrás) A jelen munkában vizsgált területen az Algyői Formáció jelentősebb homokbetelepülései Lovászi térségében bizonyultak leggyakoribbnak.

A lejtőüledékek felett immár sekélyvízi környezetben lerakódott, a hagyományos felosztás szerint „felső-pannoniai” nevezett üledékek következnek. Az Algyői Formáció fedőjében néhány száz méter vastagságban pelit változik az egykori deltafrontokon lerakódott, pár métertől akár több tíz méterig terjedő vastagságú, felfelé durvuló homoktestekkel. A homoktestek itt laterálisan nagy (akár több tíz kilométer) kiterjedésűek, rendszerint egymással is kapcsolatban állnak, így fluidumtárolóként igen jelentősek: ezek alkotják a régóta ismeretes ún. „hévízes szintet”. Ez a szint a hivatalos magyar formációbeosztás szerint az Újfalui Formáció alsó részének felel meg. A deltafront-eredetű összlet hidrogeológiai jelentősége miatt az „Újfalui Formáció” elnevezést jelen munkában szűkebb értelemben, kizárólag a deltafront (azaz a „hévízes szint”) megjelölésére használtuk. Mivel ez az összlet áll a T-JAM projekt hidrogeológiai és geotermikus modellezésének középpontjában, a deltafrontüledékek talp- és tetőtérképét a projekt teljes területére megszerkesztettük (21–22. ábrák).

A klasszikus Újfalui Formáció (s.l.) felső része már deltasíksági környezetben rakódott le. Ezt a szakaszt összevont Tihanyi–Somlói Formációként kezeltük a magyarországi

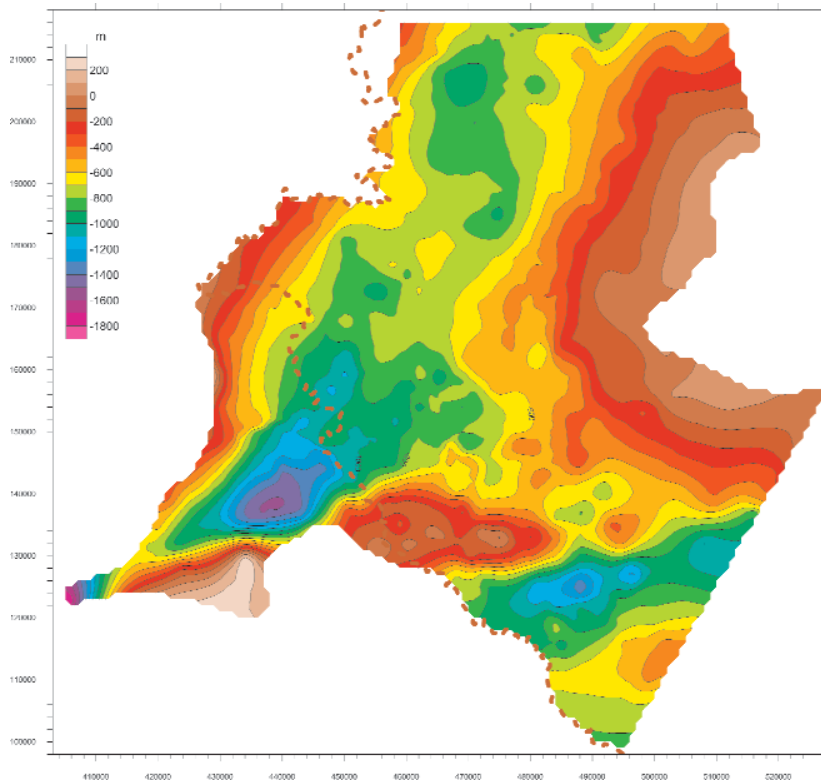
egymáshoz csak kevés esetben kapcsolódó, felfelé finomodó mederhomoktestek a meghatározóak, melyeket egymástól több-kevesebb ártéri agyag, aleurit választ el. A tó vízszint-ingadozásai a deltasíkságon még éreztették hatásukat, azaz még itt is előfordulnak 5–20 m vastagságú felfelé durvuló ciklusok. Emiatt a deltafront és a deltasíksági összlet határa legtöbbször nem éles. A fúrásátértékelések során a rétegsorban alulról felfelé haladva elsőként megjelenő jelentősebb (5–6 m vastagságot elérő) mederhomoktest alapján húztuk meg e két képződmény határát, ám az így meghatározott „deltafronttető” szintje néhol közeli fúrások között is jelentős eltérést mutatott. Ennek magyarázata az lehet, hogy a deltasíksági összletben a fúróluk akár hosszabb szakaszon is a keskeny, szalagszerű mederhomoktestek között futhat, azokat elkerülve, így a felfelé finomodó mintázat nem jelenik meg. E hatást figyelembe véve az esetleg ellentmondó közeli fúrások közül a szeizmikus szelvények mentén mindig a legmélyebb „deltafronttető” szintből kiindulva húztuk meg ezt a felületet (20. ábra, 4. fúrás).

A rétegsorban még feljebb haladva fokozatosan eltűnik a tavi behatás. Az alluviális síkság üledékeibe átérve már kizárólag a felfelé finomodó mederhomoktestekkel találkozunk. A formációbeosztás szerint ez a képződmény a Zagyvai Formáció része, litológiai, ill. vízföldtani szempontból azonban igen hasonló az Újfalui Formáció felső (deltasíksági) részéhez. A vizsgált területen a Zagyvai Formáció



**21. ábra.** A deltafrontüledékek talpmélysége (Újfalui, ill. Mura Formáció alsó szakaszának a talpa) (tengerszinhez képest, méterben)

*Figure 21.* Depth of the basal surface of the delta plain formations (Újfalú, lower Mura formations, with respect to sea level, in m)



**22. ábra.** A deltafrontüledékek (Újfalui, ill. Mura Formáció alsó szakasza) tetőmélysége (tengerszinhez képest, méterben)

*Figure 22.* Depth of the top surface of the delta plain formations (Újfalú, lower Mura formations, with respect to sea level, in m)



már csupán elszórtan, elsősorban a mélyebb medencerészek pannóniai rétegsorainak legfelső pár száz méteres szakaszán azonosítható, és csupán igen nehezen választható el a fedőjében települő, szintén alluviális síkságon lerakódott, azaz felfelé finomódó mederhomoktestek és a köztük lévő néhány méter vagy néhány tíz méter vastag artéri agyagszintek által felépített Hansági Formációtól.

A fent leírt rétegsortól a medenceperemi pannóniai rétegsorok összetétele jelentősen eltér. A Pannon-tó a peremi területeken jóval kisebb (legfeljebb 100–150 méteres — cf. CZICZER et al. 2008, SZTANÓ et al. 2013) mélységet ért el, így a zagyáros üledékképződés és a progradáló lejtő kifejlődése itt elmaradt. Ennek következtében a mélyvízi márgák, turbiditek és lejtőüledékek (Endrődi, Szolnoki és Algyői Formáció) is hiányoznak; a szeizmikus szelvényeken sem figyelhető meg a lejtő jellegzetes morfológiája. Az említett képződmények lerakódása helyett a pannóniai elején kondenzált üledékképződés zajlott, melynek terméke a pelitből, uralkodóan aleuritből felépülő Száki Formáció. A Pannon-tavat feltöltő deltarendszer azonban már ezeken a területeken is áthaladt. Jól fejlett deltafront-üledékeivel még csak néhol, leginkább a mélymedencékkel határos részekben találkozunk, a deltasíksági képződmények viszont gyakorlatilag mindenütt megtalálhatók, ahol pannóniai üledék egyáltalán előfordul. A deltasíkság üledékeit felszíni feltárásban az egymástól csak bizonytalanul elválasztható Somlói és Tihanyi Formációba sorolják. Ez az oka annak, hogy munkánkban a mélymedence deltasíksági képződményeit is ezzel az elnevezéssel illetük.

Az eddig tárgyalt, nagy területen elterjedt képződmények mellett említést érdemel, hogy a Dunántúli-középhegység peremén néhol a helyben előforduló idősebb kőzetanyagából álló, abráziós Diási Kavicssal vagy a szintén abráziós, de homokból, ill. jól koptatott gyöngykavicsból felépülő Kisbéri Kavics Formációval indul a pannóniai rétegsor. Ezek vastagsága általában néhány méter. Szintén a Dunántúli-középhegység peremén jelenik meg kisebb-nagyobb foltokban, legfeljebb néhány tíz méter vastagságban az egykori Pannon-tó hullámveréses partjának üledéke, a homokos-kavicsos (helyenként durvakavicsos) Kállai Kavics Formáció. A deltasíksági környezet üledékein kívül foltokban, gyakorlatilag a Kőszegi-hegység előterében, Torony, Szombathely, Felsőcsatár térségében elkülöníthető a lignites összletből felépülő Toronyi Formáció. A lignit-szintek jelenléte ellenére az összlet egyéb tulajdonságai hasonlóak a többi deltasíksági kifejlődéshez (Somlói–Tihanyi Formáció); azoktól való elhatárolása is szubjektív, hiszen vékonyabb lignitbetelepülések gyakorlatilag bárhol megjelenhetnek a deltasíkság üledékei között.

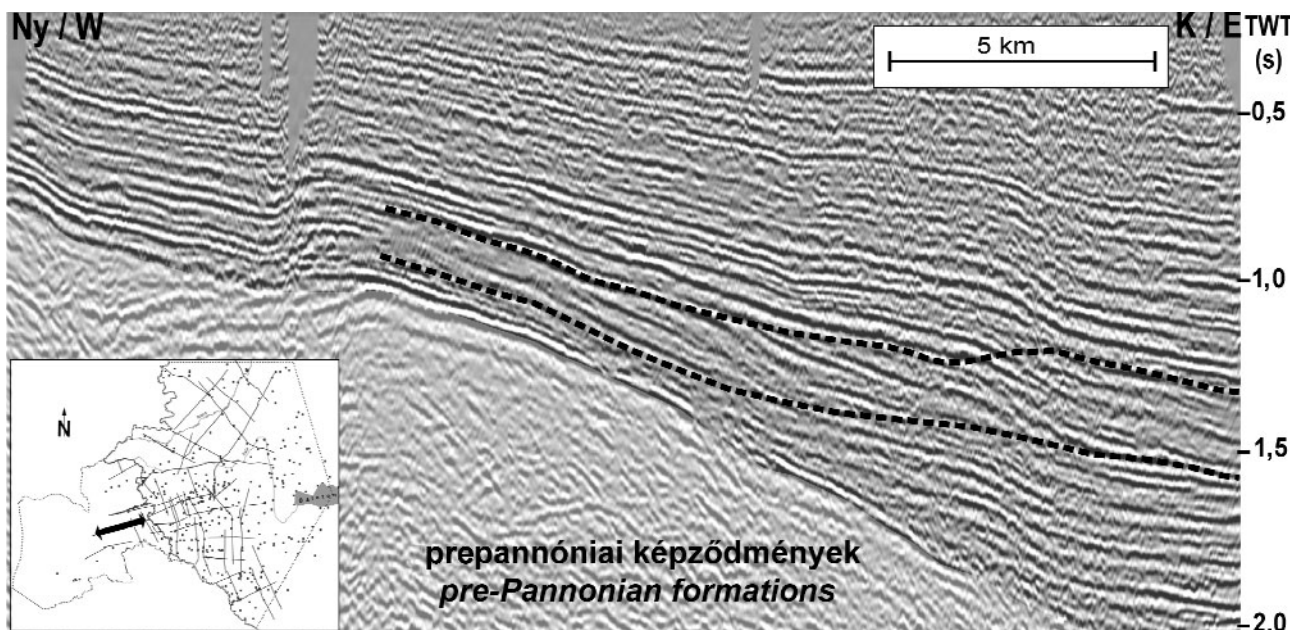
A projekt szlovéniai részterületén a pannóniai rétegsor ugyanazokból a fő egységekből áll, mint a magyar oldalon. A pannóniai bázisát egy markáns transzgressziós esemény jelzi: nagy területeken, a Muraszombati-hát K-i és D-i részén karbonátos finomszemű üledék települ a prekainozoos aljzatra (DJURASEK 1988). A részmedencék sekélyebb részein ugyanilyen képződmények települnek diszkordánsan a szarmata üledékekre (SADNIKAR 1993). Ez a transzgressziós márga

Szlovéniában a Špilje Formáció (badeni–pannóniai) legfelső részét tartalmazza, míg a magyar oldalon megfeleltethető az Endrődi Formációnak. Helyenként a transzgressziót néhány m vastag (ritkán néhány 10 m) báziskonglomerátum jelzi, igazolva az egyébként általában bizonytalan besorolású pannóniai bázisképződmények rétegtani helyzetét.

E transzgressziót követően a medencét elborító Pannon-tó fokozatosan feltöltődött üledékekkel, amelyek anyaga a környező kiemelkedőben lévő területekről származott. A feltöltődés első lépéseként homokos turbiditek rakódtak le, ezek legnagyobb vastagságukat a Haloze–Ljutomer–Budafai-árokban érik el. A turbiditek (amelyek Magyarországon Szolnoki Formáció néven ismertek) a Lendava Formáció alsó részét képviselik. A Lendava Formáció felső része a magyar Algyői Formációnak feleltethető meg, és finomszemcsés lejtőüledékekből áll, helyenként kisebb homoktestekkel. A „clinoform” lejtőmorfológia a szlovéniai szeizmikus szelvényeken is jól azonosítható. Az egykori lejtők É–D-i csapásúak, progradációjuk K felé történik (23. ábra), ami nyugati irányban elhelyezkedő üledékforrásra utal. A kelet felé történő lejtőépülés a magyar–szlovén országhatár vonalát csupán néhány kilométerrel lépte át, a magyarországi terület szinte kizárólag északi irányból töltődött fel. (UHRIN et al. 2009). A nyugati üledékforrás megléte viszont felveti annak lehetőségét, hogy a Zalai-medence nyugati részén azonosított, a Szolnoki Formáció fő tömegétől elkülönülő „alsó turbidit” homokja ebből az irányból halmozódott át a mélymedencébe. Ennek bizonyításához azonban a szlovén területen történő lejtőépülés lépéseinek szisztematikus, a munkánkhöz rendelkezésre állónál jóval sűrűbb szeizmikus szelvényhálón alapuló feltérképezésére volna szükség.

A Lendava Formáció a Mura-medence északi és nyugati része felé haladva kiemelkedik. Ebben az átmeneti zónában a lejtőüledékek nem fejlődtek ki mindenhol a progradáló self és a medence talpa közötti kis szintkülönbség miatt (hasonlóan a magyarországi medenceperemi területekhez). A Lendava Formáció csak ott van jelen, ahol a delta kellően mély medencébe progradált. A szlovén–horvát határ közelében a Lendava Formáció vastag turbidites és lejtőüledékei a felszínen is kibukkannak. A tipikusan medencebelseji pannóniai üledéksorozat felszíni feltárásban történő megjelenése a medence jelenlegi peremén ritkaságszámba megy.

Egy korábbi definíció szerint a fedő Mura Formáció pliocén alluviális üledékeket, sőt még negyedidőszaki képződményeket is tartalmaz. A képződmény definícióját JELEN et al. (2006) felülvizsgálta és a magyarországi Újfalui Formációnak (s.l.) feleltette meg. Ennek értelmében a Mura Formáció deltafront és deltasíksági üledékekre osztható. A deltafrontüledékeket közétlisztt és felfelé durvuló homokkő-összlet építi fel. Ez utóbbinak köszönhetően Pannon-medence szlovéniai részén is a deltafrontüledékek számítanak a fő termálvíz tartó képződménynek. A homokkőtestek felfelé durvuló jellege alapján ez a képződmény a karotázsszelvényeken könnyen azonosítható, a deltasíksági üledékek finomszemcsés rétegek közé ágyazva felfelé finomodó és durvuló homoktesteket, szenes rétegeket és helyenként kavicsbetelepüléseket is tartalmaznak.



23. ábra. Nyugat-keleti csapású szeizmikus szelvény a Mura-medencéből (Szlovénia), jól fejlett, kelet felé progradáló selflejtővel, a lejtő tetejének és lábának helyzetét (szagatott vonalak) feltüntetve

Figure 23. West-east oriented seismic profile from Mura Basin (Slovenia), with a well-developed shelf-slope prograding eastwards. The position of topsets and bottomsets of the slope clinoforms (dashed lines) are indicated on the seismic image

Mint fentebb említettük, a Lendava Formáció lejtőüledékeinek hiánya a Mura-medence É-i és Ny-i részén a medencéből a peremi, majd szárazföldi környezetekbe való átmenetet jelzi. A forrásterület közelsége a szemcseméretet is befolyásolta. Ennek eredményeképp a Haloze–Ljutomer–Budafai-részmedencében a deltasíksági üledékek felső részének 60%-át durvaszemcsés üledékek építik fel, míg Magyarországon ez arány 50% alatti. Az Őrségi-részmedencében a deltasíksági üledékek 25%-a kavics, ami K felé fokozatosan eltűnik: Magyarországon kavics csak elszórtan fordul elő a deltasíksági üledékekben. Az említett területeken, ahol a deltasíksági üledékek extrém módon durvaszemcsés, a Mura Formáció felső részét nehéz elkülöníteni a fekvésében található durvaszemcsés alluviális üledékektől.

A Mura–Zala-medence pliocén folyóvízi üledékeit a Ptuj-Grad Formációba sorolják. A medence DNy-i részén kavicsos homok, kőzetlisztes homok, homokos kavics, kőzetliszt, kőzetlisztes agyag, és helyenként szenes rétegek építik fel a pliocén rétegsort. A Prekmurje régióban (a Mura folyótól K-re) homok, kavicsos homok, homokos kőzetliszt, agyagos, homokos kavics, bazaltufa és bazalt tartozik a Ptuj-Grad Formációba.

### Negyedidőszak

A projekt magyarországi területén a negyedidőszaki képződmények fekvését a pannóniai deltasíkság vagy alluviális síkság üledékei alkotják, illetve kisebb területen (pl. Keszthelyi-hegység) idősebb miocén vagy mezozoos kőzetekre települnek a negyedidőszaki rétegek.

A negyedidőszakban a főleg nyugatról–délnyugatról, ill. északnyugatról érkező folyók munkája a jellemző, amelyek

közül 50 m vastag homok- és kavicsösszetletet raktak le, jellemzően a terület Ny-i részén. A völgyek közötti hátságokon löszképződés folyt, melynek áthalmazott terméke az idős kavicsok felett is megjelenik aleurit formában. Legfelül, most már a mai Zalahoz és az Alpokalja vízfolyásaihoz kapcsolhatóan, vékony terasz- ill. hordalékkúp-üledékek találhatók. Ennek egyik példjaként széles felső-pleisztocén terasz kíséri a Mura és a Dráva mai völgyét. A kiöblösödő völgyekben a pleisztocén–holocén folyóvízi összlet vastagsága a 70 m-t is elérheti. Az egyes rétegek gyorsan kiemelkednek, mindig diszkordánsan települnek a pannóniai fekvésre.

A negyedidőszak elején az Alpok fokozódó eljegesedése, a növénytakaró nagymérvű pusztulása következtében egyre több törmelék termelődött a hegyvidéki területeken, mely anyagot az időszakosan nagy vízhozamú és nagy esésű folyók a mélyebb medencetérzsinkekre szállították és szétteregték néhány 10 m vastagságban. Több ilyen nagy kiterjedésű és jelentős vastagságú kavicsszint ismert a Nyugat-Dunántúlról, s ezek anyagának jelentős része egy-egy folyóhoz köthető a kőzetanyag összetétele, szemcsenagysága, kerekítettsége és morfológiai helyzete alapján (STRAUSZ 1949). Területünkre a negyedidőszakban a Rába, a Zala, a Mura és a Dráva ősei szállították és raktak le durva törmelékletet.

A negyedidőszak folyamán a korábban keletkezett üledékek lepusztulása, áthalmazása igen intenzíven ment végbe. E folyamatok azóta is többször megismétlődtek, s még a jelenkorban is tartanak, hatnak. A felszínalakító folyamatokról a kiemelt keskeny gerincek, háta és meredek völgyoldalak formái, valamint a legfiatalabb löszök nagy területeken való teljes hiánya, vagy elvékonyodott volta, átalakult jellege, illetve a völgyoldalak alján felhalmozott átmozgott anyaga tanúskodik.

A terület kiemelkedése valószínűleg a pliocénben kezdődött meg, és azóta is tart. A kiemelkedő területre alapvetően kétféle folyamat volt hatással: a csapadékosabb időszakokban időszakos vagy állandó folyók alakították a felszínt részint bevágódással, részint hordalékuk lerakásával. A száraz időszakokban a defláció játszott fontos szerepet. Ekkor jöhettek létre a zalai terület É–D-i irányú völgyei, melyek szélcsatornáknak, köztük levő háta pedig yardangoknak tekinthetők (FODOR et al. 2005, CSILLAG et al. 2010a). A Balaton és az azt megelőző tavak kialakulása is valószínűleg a kiemelt Dunántúli-középhegységről lebukó szeleknek köszönhető (CSILLAG et al. 2010a).

## A regionális földtani szelvények leírása

### *PI földtani szelvény*

*MARIBOR, (Apače, Cankova, Bajánsenye, Zalalövő, Zalaszentlászló) SZIGLIGET  
(I. melléklet)*

A PI földtani szelvény iránya megközelítőleg DNY–ÉK-i. A Mura–Zala-medence számos részmedencéjén és kiemelt alaphegységi magaslatán halad át, majd keresztezi a Keszthelyi-hegységet, a Tapolcai-árkot és a Balaton-felvidék vulkáni térségében végződik (1. ábra). A részmedencék, árkok és az aljzat kiemelt részei általában a kárpáti–középső-miocén korú Pannon-medence szinrift fázisa során jöttek létre, amely ebben az elemzésben a D6 fázisnak felel meg. Másrésztől a prekárpáti szerkezetek általában a D1, D2 fázisoknak tulajdoníthatók.

A PI szelvény Maribortól indulva áthalad a Maribori-részmedence É-i részén és KÉK irányban, kis szögben metszi a Radgona–Vas-részmedence (félárkok) déli részét. A szelvény kis szögben metszi a félárkok lépcsős peremvető-rendszerét. Ezután érinti a Muraszombati-hát északi részét, majd szinte merőlegesen metszi az Őrségi-részmedence peremszerkezetét, a Baján-lecsúszósíkot a szlovén–magyar határ alatt.

Néhány fúrás elérte a PI szelvényen is látható prekainozoos aljzatot, amely mélyebb helyzetben a Felső-Ausztróalpi Koralpe–Wölz–Pohorje Komplexum. Kőzettani szempontból csillámpalából és gneiszből áll, amelyek közé amfibolit települ. A formáción belül más kőzettípusok is megfigyelhetők, így márvány és kvarcitlencsék is megjelennek.

A mezometamorfitok és a miocén üledékek között a premiocén aljzatban a permo-mezozoos kőzeteknek, a paleozoos Magdalensberg Formációnak és Kobansko Komplexumnak számos vékony tektonikus lencsége figyelhető meg. A tektonikus lencsék talpán, illetve a Koralpe–Wölz–Pohorje Komplexum felső részén képlékeny nyírózónák figyelhetők meg, melyek a milonitoktól a fillonitokig terjedő kőzettípusokból állnak; ezt a komplexumot a prekainozoos térképen önálló egységként is megpróbáltunk elkülöníteni (Baján Komplexum). A földtani szelvényben és a 7. ábrán jól látható, hogy a nyírózónák közel vízszintesek. A komplexum kőzeteiben áthatoló milonitos foliáció és K–

Ny-i irányú megnyúlási vonalasság alakult ki. A vonalasság mentén általában top-to-the-east (kelet felé csúszó felső blokk) típusú extenziós nyírási kritériumokat figyeltünk meg (FODOR et al. 2002, 2003, 2008).

A nyírózóna létrejötte összetett folyamatsor eredménye. A nyírózóna kőzetlencséi eredetileg a D1 fázisú ausztróalpi takarók részei voltak, de mai helyzetüket és összetételüket a D2 késő-kréta extenziós deformáció során nyerték el, melynek során tektonikusan jelentősen vékonyodtak. A nyírózóna a D6 miocén extenzió során is felújulhatott. A radiometrikus adatok alapján a mozgás jórészt a krétában történt, a miocén felújulás már törésszerű deformációs mechanizmussal ment végbe (FODOR et al. 2003, 2008). A miocén extenziós deformációs fázis végén, a meredekebben dőlő normálvetők már elmetszik a lapos szögű képlékeny nyírózónákat (I. melléklet, illetve 7. ábra).

A szelvény szlovéniai részén triász és kréta kőzetek kisebb, izolált szerkezeti lencséi is megjelennek, így pl. Dankovci, Panovci és Šalovci térségében Gosau-típusú kréta kőzetek tektonikus lencséi is ismertek (GOSAR 1995). Ezek a kőzetelőfordulások a Dunántúli-középhegység rétegsorának folytatásai lehetnek nyugat felé. A tektonikus lencsék egy része eltolódásos zóna becsípett blokkjait is adhatja. Ugyanakkor, a tektonikus lencsék nagy része a képlékeny nyírózónához hasonlóan alakulhatott ki, azaz azok extenziós allochtonok lehetnek, melyek a D2 fázisban jöttek létre (FODOR et al. 2003). Ezt mutatja, hogy a Šomat Šom–1/88 fúrásban a képlékeny nyírózónák felett, egy magasabb helyzetű lenyesési felület felett tektonikusan csonkolt permi és triász roncok jelennek meg. Ezek alapján a permo-mezozoos és esetleg még a senon kőzetlencsék is takaróroncsok vagy extenziós allochtonok lehetnek.

A kainozoos üledékeket illetően, a nyugati szelvényrészén a Haloze Formáció prebadeni üledékei vannak jelen. Ezekre a badeni–szarmata korú Špilje Formációba tartozó üledékek települnek. A rétegsor kimutatható volt a terület egyik fúrásában (Šom–1/88). A két formáció határának megállapítása a földtani szelvény alapján történt (JELEN, RIFELJ 2011).

Az A–3/00 fúrás alapján a Mura Formáció felső része a Mura folyó alluviális üledékei alatt van jelen 40 m mélységig. Mással a Mura és a Špilje Formációk felett a Ptuj-Grad Formáció pliocén és negyedidőszaki alluviális üledékei jelennek meg. A P8 szelvényvel való metszésponttól K-re a Mura és a Špilje Formációk között a Lendava Formáció is megjelenik. A Mura Formáció felső része a fúrásban található szénrétegek alapján a deltasíkság üledékeihez tartozik. A deltasíkság üledékei kelet felé jelentősen kivastagodnak, miközben a Ptuj-Grad Formációval alkotott határuk az igen hasonló fácies miatt felismerhetetlenné válik. A deltafrontüledékek a szelvény Ny-i részén hiányoznak, kelet felé haladva elsőként a Kor–1/94 fúrásban jelennek meg, majd vastagságuk fokozatosan 300 m-re nő. A Lendava Formáció elterjedése nagyjából az A–3/00 fúrás alatt kezdődik, és az egység K-i irányban fokozatosan fejlődik ki (vastagodik). A Lendava Formáció felső részének (lejtő-üledékek) vastagsága a szelvény szlovéniai részén közel állandó, míg az alsó (turbidites) rész vastagsága jelentősen

megnő az üledécsapkaként viselkedő Radgona–Vas-részmedence fölött. Tovább K felé, a Radgona–Vas-részmedence és a Kelet-Mura–Őrség-részmedence között elhelyezkedő magaslat területén a Lendava Formáció turbiditjei drasztikusan kivékonyodnak, de a Kelet-Mura–Őrség-részmedence területén ismét vastagabbá válnak.

A Špilje Formáció vastagsága a szelvény egészen közel azonos, míg a Haloze Formáció — úgy tűnik — hiányzik a Radgona–Vas-részmedence területén (a szelvény középső részén), ám a Kelet-Mura–Őrség-részmedencében (a szelvény K-i részén) ismét megjelenik.

A Murszombati (Murska Sobota) magaslattól K-re a P1 szelvény áthalad a Kelet-Mura–Őrség-részmedencén és számos más félárkon, egészen a Nádasi-magaslatig. Mindezek a szerkezetek a fő lecsúszósíkkal, nevezetesen a Baján laposzógú normálvetővel kapcsolatosak, amely a szeizmikus szelvényeken is kimutatható (7. ábra). A Bajánsenye M–I fúrás elérte a Koralpe–Wölz–Pohorje-egység erősen milonitosodott kőzeteit (a nem hivatalos „Baján Komplexum” a prekainozoos térképen, V. melléklet); a deformáció számos tektonikai fázisnak tulajdonítható, amelyek kora senon vagy miocén (LELKES-FELVÁRI et al. 2002, FODOR et al. 2003). A mélyebb ausztróalpi takaróegységek feltáruktak a lecsúszósík alól, amely reaktiválta vagy átvágta a mélyebb Ausztróalpi- és Dunántúli-középhegységi egység között korábban, a D1 fázisban kialakult áttolódási határfelületét.

A félárkokat a Ligeterdői és Budafai Formációk (ott-nangi)–kárpáti–kora-badeni üledékei töltik ki, amelyek Ny-on a Haloze Formáció megfelelői. A Špilje Formációnak megfelelő késő-badeni–szarmata-legalsó-pannóniai formációk (Szilágyi, Kozárdi és Endrődi) (kevés kivétellel) nem mutatnak vetődést, és vastagságuk az idősebb félárkok fölött állandó; ez tisztán mutatja, hogy a D6 deformáció a Mura–Zalai-medence területén szünetelt a késő-badenit megelőzően (6., 7. ábra). A szelvény magyarországi szakaszán a pannóniai formációk vastagsága sem mutat érdemi változást, eltekintve a Dunántúli-középhegység pereme felé való vékonyodástól, ill. kiékelődéstől. Ez arra utal, hogy a pannóniaiban az aljzatsüllyedés üteme a szelvény mentén térben közel állandó volt.

Másrészről, a Nádasi-magaslattól ÉK-re (a P1 szelvényen K-re a Zebecke Z–2 fúrástól) minden miocén formáció vastagságában nyilvánvaló változás figyelhető meg. A Bári- és a Nádasi-magaslat K-i oldalán kevés normálvető található, és a szintektonikus kárpáti–kora-badeni üledékes ék ismét megjelenik, a vastagságok mérsékeltek maradnak, és a Szolnoki Formációt megelőző egységek kiékelődnek, vagy drámaian kivékonyodnak Zalaegerszegtől K-re (Andráshida A–2 és A–4 fúrások). Mindemellett, a márgás késő-badeni–szarmata formációk kőzetanilag megváltoznak, és meszesebbé válnak. Tovább ÉK-re, Vöckönd és Zalaszentlászló környezetében már a Szolnoki Formáció is kiékelődik; ez tisztán mutatja a Dunántúli-középhegység egész miocén alatti relatíve kiemelt helyzetét.

Az andráshidai fúrások alatt a miocén normál vetők belefutnak és reaktiválnak egy idősebb lenyesési zónát,

amely feltehetően egy kréta (D1) áttolódási sík. ÉK felé egy fő áttolódás mutatható ki, amely a triász rétegsor megismétlődésében nyilvánul meg. Ez egy fő D1 áttolódás, amely az egész kutatási területen követhető, ÉK-ről DNy, majd D felé le a Balaton-zónáig. Úgy tűnik, az áttolódás a miocén során reaktiválódott, mert egy észrevehető flexura mutatható ki a senon és az idősebb miocén formációkon belül az áttolódás felső elvégződésénél. A szelvény további keleti részén számos szinklinális és áttolódás jelentkezik a mezozoos formációkon belül; ezek mind a kréta D1 deformációhoz köthetők. A P1 szelvény legkeletibb részén (a Tapolcai-árok alatt) két fő áttolódás azonosítható, a veszprémi és a litéri. Az előbbire egy „fiatalabb-idősön” (young-on-older) geometria jellemző, míg az utóbbiban a perm kerül a középső-triászra. A Veszprémi-áttolódás geometriája azt mutatja, hogy az már egy deformált kőzetegyüttest érintett, valószínűleg a D1 fázis késői szakaszában.

A Tapolcai-árok egy fiatal miocén (szarmata–pannóniai) szerkezetet képvisel. A peremvetők — mint a formációk elterjedése is mutatja — a pannóniai alatt aktívak voltak (CSILLAG et al. 2010b), és az árok Gilbert-típusú deltaüledékekkel töltődött fel (SZTANÓ et al. 2010). A pliocén bazalt-vulkanizmus az erőteljesen erodálódott kürtőroncsok és maarok (NÉMETH, MARTIN 1999) formájában maradt meg.

### *P2 földtani szelvény*

*MARIBOR, (Murska Sobota, Csesztreg, Gelénháza, Zalacsány), HÉVÍZ  
(I. melléklet)*

A P2 szelvény közel párhuzamos a P1 szelvényvel. Mindkettő ugyanabból a maribori pontból indul, KÉK felé tartanak és egymástól nagyjából néhány 10 km-es távolságban, közel párhuzamosan haladnak. (1. ábra). A P2 szelvény a Murszombati-magaslaton halad, majd a Zalai-medence legmélyebb részmedencéjét, a Reszneki-medencét harántolja. A szelvény szlovéniai részének szerkesztése JELEN et al. (2006) földtani szelvényének figyelembe vételével történt.

A szelvény szlovéniai szakaszán a prekainozoos aljzat kőzetani szempontból való értelmezése 8 fúrás alapján, amelyek elérték az aljzatot, és a szelvény nyomvonalán vagy annak közelében helyezkednek el. Az aljzat felépítésében a P1 szelvényhez hasonló. A Felső-Ausztróalpi-egységhez tartozó Pohorje Komplexum felett, képlékeny nyírózóna után a Kobansko Komplexum néhány vékony, tektonikusan redukált lencséje jelenik meg. A P1 szelvényhez hasonlóan, ezeket is a D2 fázishoz tartozó extenziós allochtonoknak tekintjük.

A kainozoos aljzatmorfológia jól mutatja a több száz mély aszimmetrikus Maribori-részmedencét, amelynek Ny-i határait a Pohorje-hegység metamorfittjai felé szinsziment normálvetők alkotják. A rendelkezésre álló térképek alapján ezek a vetők É–D-i, ÉÉNy–DDK-i csapást mutatnak (MIČ, ŽNIDARČIČ 1977, FODOR et al. 2002, JELEN 2010). A felszíni adatok alapján a miocén normálvetők mentén a talpi blokk jelentős kitakaródása (exhumációja) lépett fel, mert a termokronológiai adatok jórészt miocén kihűlést mutatnak kb. 350 °C és 100 °C között, 15 és 10 millió évek között (FODOR

et al. 2003, 2005). Ezt korábbi munkák is a Mura-Zalamedencét kialakító fő szerkezeti elemnek tekintették és a színrift (D6) fázishoz sorolták (FODOR et al. 2002, MÁRTON et al. 2002).

A keletre következő Muraszombati-hát egy nagy extenziós kibillent blokkot képvisel. KÉK felé a P2 szelvény nyomvonala becsatlakozik a hát tengelyébe, és követi annak lefutását a szlovén–magyar határ felé. Ez a hát tulajdonképpen egy antiformalis, ami a hátat körülvevő normálvetők miatti vetőkapcsolt redőnek tekinthető.

A Maribori-részmedence kialakulása nyilvánvalóan a badeni közepe előtt történt, minthogy a kitöltő üledék a kárpáti–alsó-badeni Haloze Formációhoz tartozik. A Maribori-részmedence K-i részén a Haloze Formáció fedőjében a Špilje Formáció található. A két formáció határának felszíni megjelenését a földtani térkép alapján rajzoltuk be. A Be-2/04 fúrás rétegsora valószínűvé teszi, hogy a Špilje Formáció vastagsága K felé nő, míg a Haloze Formáció fokozatosan kiékelődik. A rendelkezésre álló adatok tovább K felé nem tesznek lehetővé részletes értékelést, de nyilvánvalónak tűnik, hogy az É-i csapású vetők mentén történt süllyedés egy új kitölthető teret eredményezett a pannóniai idején (a Špilje Formáció lerakódását követően), amelyben a Lendava és Mura Formációk lerakódása történt. A P2 szelvény szlovéniai K-i részét a Lendava és Mura Formációk enyhén dőlő rétegsorai jellemzik. Mind a Mura Formáció, mind a Lendava Formáció a szlovén–magyar határ felé fokozatosan kivastagodnak. A Lendava Formáció alsó, turbidites részének vastagsága nem növekszik, amíg el nem éri a Kelet-Mura-Őrség-részmedencét. A Lendava Formáció felső részének lejtőüledékei a Maribori-részmedencében észlelt kb. 100 m-ről fokozatosan 250 m-re vastagodnak a Kelet-Mura-Őrség-részmedence területén. A Mura Formáció alsó részének deltafront-üledékei hasonló trendet követnek: a szelvény középső részén jelennek meg és a keleti rész felé vastagodnak, ahol vastagságuk eléri a 400 m-t is. A Mura Formáció felső része is K-i irányban vastagodik, ám a fúrás adatok alapján a Ptuj-Grad Formációval való határa nem mutatható ki teljes biztonsággal.

A P2 szelvény keresztülhalad a Reszneki-részmedencén, amely feltehetőleg a Mura-Zala-medence legmélyebb része. Mint az a P1 szelvényen is látható, ez a mély félárok az alacsony szögű Baján lecsúszósík levetett szárnyán süllyedt be. A P2 szelvény magyarországi részén a színrift (D6) szerkezetek nagyon ritkák. Az egyetlen felismerhető szerkezeti elem a Nagytilajai-eltolódás Nagylengyel mellett (TARI 1994), amely úgy tűnik, minden középső-miocén formációt és a felső-miocén formációk legalsó részét deformálja. A Keszthelyi-hegység irányában kevés olyan késő-miocén vető mutatható ki, amely a pannóniai formációk mérsékelt vastagodását eredményezi a nyugati levetett blokkokban. A premiocén aljzatot érintő vetősorozatok és áttolódások a P1 szelvényen láthatóhoz hasonló futásúak. Két D1 fázisban létrejött szinklinális központjában jura formációk vannak jelen.

*P3 földtani szelvény*  
*SLOVENSKA BISTRICA (Ptuj, Ljutomer,*  
*Rédics), ORTAHÁZA*  
*(II. melléklet)*

A P3 szelvény közel párhuzamos a P1 és P2 szelvényvel, és 10–20 km-re D-re halad a P2 vonalától, NyDNY–KÉK irányban (1. ábra). A szelvények megszerkesztéséhez felhasznált alapadatok négy, viszonylag mély fúrásból, valamint számos, a szlovéniai szénhidrogén-kutatási belső jelentésből vett adatokból származnak. A P3 szelvény viszonylag egyszerű szerkezetet mutat, amelyen a neogén képződmények bázisát alkotó morfológia anomáliái a litosztratigráfiai határok geometriájában is tükröződnek. A neogén aljzat morfológiája — kisebb kivételekkel a szelvény középső részén — K felé fokozatos mélyülést mutat. A szelvény a Maribori-részmedencében indul és keleten pontosan a Ptuj–Ljutomer–Budafai-félárok központi részén, a Haloze–Ljutomer–Budafa-részmedence tengelyével párhuzamosan halad.

Számos fúrásból, amelyek a szelvény nyomvonalán vagy a nyomvonallal közel helyezkednek el, csupán egyetlen fúrás (Ljutomer Ljut-1/88) érte el a prekainozoos aljzatot. Ezáltal a szelvényen az aljzat geológiája jobbra csak következtetéseken alapul. A Ljut-1/88 fúrás harántolja a felső-triász dolomit vékony rétegét és alatta a milonitosodott gneiszt. A hidrogeológiai jellemzők arra utalnak, hogy a dolomit csak egy kisebb, izolált kőzettestként jelenik meg. A dolomit közvetlenül metamorf kőzetekre következik, ezért szerkezeti helyzete összetett. Számos feltételezés van, amelyek közül a legvalószínűbb az, hogy ez a dolomit egy takaróroncs maradványa, amely vagy a Déli-Karavankáknak, vagy a Dunántúli-középhegységnek megfelelő mezozoos összletből származik. Ugyanakkor, mai szerkezeti helyzete a D2 extenziós deformációban jött létre, a talpán levő képlékeny nyírózónával együtt, csakúgy, mint a P1 és P2 szelvények hasonló extenziós allochtonjai esetében.

A Muraszombati-hát mezometamorfitjaitól délre az átmeneti Ljutomer-öv jelenik meg, amelyet a Ljutomer-vetőzóna közel K–Ny-i meredek oldaleltolódásai határolják. Az egyéb vetőket megközelítőleg a JELEN (2009) által javasolt szerkezeti modell nyomán tüntettük fel. A fővetők összetett fejlődéstörténetűek. A kréta kompressziós időszak (D1) során talán rátolódások voltak, a késő-oligocén végén, a kora-miocén elején, a D5 tektonikai fázis során oldaleltolódásként működtek. Később, a színrift fázisban közel É–D-i húzás hatására közepesen dőlő normálvetőktől délre nagy vastagságú, kárpáti–badeni színrift sorozat jött létre a Haloze–Budafai-árokban. A legutóbbi kompressziós deformációs szakaszban (D9) feltehetően ismét reaktiválódtak, mint feltolódások.

A Haloze Formáció jelenléte a szelvény Ny-i részén csak feltételezhető, mivel É felé a Maribori-részmedencében kimutatható (lásd P1 és P2). A legmélyebb, Ljutomeri (Ljut-1/88) fúrás adatainak értelmezése alapján valószínűsíthető, hogy a szelvény középső területén hiányzik a Haloze Formáció. Másrészt, a magyarországi adatok alapján úgy tűnik, hogy

a szelvény legkeletibb részén jelen vannak a prebadeni üledékek. Itt feltehetően meredek, nyugat felé dőlő normál vetők határolják a kárpáti–középső-badeni korú félárkot.

A Lendava Formációnak a szelvény Ny-i részén való hiányát (kiékelődését) a Ha–2/59, –1/59 és Ljut–1/88 fúrások adatai támasztják alá. A Lendava Formáció mélyebb részének turbiditjei a szelvény Ny-i részén még hiányoznak, a Haloze–Ljutomer–Budafai-részmedence középső részén viszont már kivastagodnak, 400–500 m körüli, jelentősebb ingadozásoktól mentes vastagságot elérve. K-i irányban a turbidites összlet vastagsága nő, és a részmedence legkeletibb részén az 1000 m-t is meghaladja. A Lendava Formáció felső részének lejtőüledékei a Maribori-részmedence területén hiányoznak, és a Haloze–Ljutomer–Budafai-részmedence irányában jelennek meg, ahol elérik 100–300 m-es átlagvastagságukat.

A Mura Formáció egységesen kifejlődött az egész szelvény területén, és a Haloze–Ljutomer–Budafai-részmedence területén viszonylag állandó vastagsággal jellemezhető. A deltafront üledékek 100–250 m vastagságúak, míg a deltasíksági üledékek vastagsága 200 m-től több mint 800 m-ig változhat. A Mura Formáció és Ptuj-Grad Formáció határa színform megjelenésű, ami a Haloze–Ljutomer–Budafai-részmedencének a szelvényvel való közel párhuzamos irányából fakad. A Ptuj-Grad Formáció a szelvény középső részén a legvastagabb, ahol vastagsága a 850 m-t is eléri.

#### *P4 földtani szelvény*

##### *FELSŐCSATÁR (Szombathely, Vasvár) ZALACSÁNY (II. sz. melléklet)*

A szelvény a Pennini-egység felszíni előfordulásától indul DK-i irányba (1. ábra). A Rohonci lecsúszósík mentén érintkeznek a levetett szárnyon elhelyezkedő ausztróalpitakarak (Grazi paleozoikum) és az alsó egységben elhelyezkedő jóval mélyebb Penninikum. A lecsúszósíkot a Szombathely SzH–II fúrás harántolta. Ez a jelentős, lapos-szögű vető harántolja Ny-on a Jáki-árkot. Az árkot kárpáti-kora-badeni szintektonikus üledék tölti ki. Ugyanakkor, az igen vastag pannóniai rétegsor is közvetlen a lecsúszósíknak támaszkodik. Ezért valószínű, hogy a lecsúszás a késő-miocénben még folyt vagy reaktiválódott. A Jáki-árok keleti pereménél, Egyházásrádócnál (Rád–2 fúrás) az aljzat megemelkedik. Ezt a hátat DK-en egy szubvertikális oldaleltolódás határolja, amelyet a Rába-vetőként értelmezhetünk, de helyileg közel van az arról lecsatlakozó Viszáki-eltolódáshoz. Számos antitetikus normál vető után a miocén képződmények fokozatosan kivékonyodnak és kiékelődnek a Dunántúli-középhegység felé eső oldalon. Jól megfigyelhető a Szolnoki Formáció medencebéli turbiditjeinek kivékonyodása. Megjegyzendő, hogy a szállítási irány merőleges a szelvényre (UHRIN et al. 2009).

A premiocén aljzatot a D1 kréta deformációs fázis áttolódásai és gyűrődései jellemzik. A Nagytillaj melletti szinklinális magjában jura-kora-kréta korú kőzetek vannak, míg a zalalövői szinklinálisban csak a legfelső triász őrződött

meg. Az áttolódások korrelálnak a P1 és P2 szelvényekben láthatókkal. Az egyik áttolódás Vöckönd mellett (Vö–2 fúrás) a középső-miocén során reaktiválódott; ez a szarmata dextrális oldaleltolódásokhoz csatlakozó, az elmozdulást kompenzáló, rövidülésszerű szerkezetként értelmezhető.

#### *P5 földtani szelvény*

##### *NEMESRÁDÓC, (Zalaszetmihály, Hahót, Nagykanizsa) SZENTA (III. melléklet)*

A P5 szelvény a P4 szelvény folytatása, és eléri a kutatási terület legdélibb részét (1. ábra). Északon áthalad a Bak–Novai-árok területén, amelyet eocén üledékek és magmás kőzetek töltenek ki. Mint a szelvényen és a térképen is látható, ez egy szinklinális, amelyet délen rátolódások határolnak. Ezek a rátolódások már a Balaton-vonalhoz kapcsolódnak, a zóna fő eltolódásaival együtt egy pozitív virágszerkezetet alkotnak. A Balaton-zóna a szelvényen egy széles oldaleltolódási zónaként jelenik meg. Különböző vetőágak határolják a Közép-magyarországi-nyírózóna északi részét, a Magmás-metamorf-zóna kőzeteit, a különféle metamorfotokat és az oligocén tonalit testeket, majd ettől délre a Déli-Karavankazóna permi és mezozoos kőzeteit. Ez a transzpressziós virágszerkezet a D5 fázis során alakult ki (késő-oligocén-kora-miocén), azonban a késő-miocén alatt reaktiválódott (D8 fázis), mivel a pannóniai formációkat különböző vastagságok jellemzik a Magmás-metamorf-zóna két szárnyán (UHRIN et al. 2009); végül, a neotektonikus inverziós D9 fázisban ismét reaktiválódott.

A pozitív virágszerkezeten belül a D1 áttolódás nyoma feltételezhető a permi és mezozoos formációk közeli térbeli helyzete miatt. Ez a szerkezet feltehetően a Litéri- és/vagy Veszprémi-rátolódásoknak az eltolódási ágak közé került, elmozdult szakasza.

A D9 fázis szerkezetei a P5 szelvény D-i részén dominálnak. A pannóniai képződmények vastagságkülönbségeiből látható, hogy a gyűrődés már a késő-miocénben megkezdődött (lásd a Szolnoki Formáció változásait), és egészen napjainkig tartott (FODOR et al. 2005). A gyűrődések belsejében a prepannóniai miocén képződmények látványos kivastagodása arra utal, hogy a gyűrődések a korábbi, feltehetően a D6 fázis szinrift árkainak reaktiválódásai, amint ezt HORVÁTH, RUMPLER (1984) is feltételezi.

A Közép-magyarországi-nyírózóna déli részén a különböző mezozoos egységek a Déli-Karavankai, Dél-Zalai- és Kalniki-egységek egy rátolódási sorozatot reprezentálnak (felülről lefelé), mint ahogyan ezt HAAS et al. (2000) és CSONTOS, NAGYMAROSY (1998) véli. Mindezek az egységek a Közép-Dunántúli-egység részei, amely többfázisú jelentős deformáción mentek át, míg a D5 oldaleltolódásos-rátolódásos (transzpressziós) fázis során megközelítették mai helyzetüket. A szelvény déli részén sejthető, hogy a Közép-dunántúli-egység a Tiszai-egységre toldott rá, valószínűleg a D5 fázis során (CSONTOS, NAGYMAROSY 1998).

*P6 földtani szelvény*

*SZENTGOTTHÁRD (Ivánc, Zalalövő, Szilvágy, Zebecke, Ortaháza, Bázakerettye) LETENYE (III. melléklet)*

Az ÉK–DNy-i irányú szelvény (1. ábra) nyugati részén egy jelentős normálvető található, amely észak felé csapásban, és valószínűleg dőlésirányban és a mélyben a Rechnitz-lecsúszósíkhhoz kapcsolódik. Ez a normálvető valószínűleg metszi a Grazi paleozoikum és a Dunántúli-középhegység-egység tényleges egykori határát, a D1 fázisú kréta takarósíkot. E a laposszögű D6 fázishoz tartozó normálvetőnek a levetett szárnyán található a Radgona–Vas-félárok északi része. A félárkot (ottnangi?)–kárpati–kora-badeni üledékek töltik ki, amelyek az Zalalövő Ir–2 fúrás előtt kiemelkednek. Az árkot a D6 fázisban képződött Viszáki-oldeleltolódás határolja. Ez valószínűleg egy balos vetőzóna, amely transzfer vetőként működik a különböző laposszögű normál lecsúszósíkok a Rohonci- és Baján-vetők között.

Szilvágy és Zebecke környékén a P6 szelvény áthalad a Bak–Novai-árkon. Ezt vastag senon és eocén képződmények építik fel, hasonlóan a P5 szelvényhez. A P6 szelvényen a déli határ nyilvánvalóan egy áttolódás, míg a Zebecke Ze–2 fúrásban a triász rátolódott az eocén formációkra. Mint a P5 szelvényenél már említettük, ez a rátolódás a Balaton-zóna transzpressziós deformációjának a része. A deformációt a badeni Lajtai Formáció zárja, amely az Ortaháza–Kilimáni-hát nagy részét vékonyan befedi (SKORDAY 2010).

A Balaton-zóna pozitív virágszerkezete dél felé tovább folytatódik, de a Budafai-antiklinális táján bonyolult szerkezeti helyzet áll elő. Ezt a klasszikus inverziós szerkezetet számos publikáció ábrázolja (pl. DANK 1962, HORVÁTH, RUMPLER 1984). A szeizmikus és vastagsági adatok értelmezéséből látható, hogy a gyűrődés egy színrift árok, a Haloze–Budafai-árok reaktiválódása. A kárpati sorozat csupán az antiklinális magjában van meg, és a felső-miocén üledékek jóval márgásabbak az antiklinális (korábbi árok) területén, mint a szárnyakon (Ortaháza Or–34 fúrás: mészkő).

Mivel az összes pannóniai képződmény meg van gyűrődve, a végső D9 gyűrődés kora nyilvánvalóan legkésőbbi miocén–kvarter. Mindazonáltal, mint ahogyan azt UHRIN et al. (2009) megjegyzi, a pannóniai formációk vastagság-változásai egy topográfiai magaslatnak (korai gyűrődésnek) már a pannóniai idején történt kialakulását jelzik, nagyjából 7,5 millió év előtt. Ezen időben a Pannon-medence D8 fázisba sorolt posztrift süllyedése még tartott, tehát a neotektonikus reaktiváció időben átfedni látszik a litoszférikus hatóokra visszavezethető termális süllyedéssel.

*P7 földtani szelvény*

*ŠENTILJ (Maribor, Ptuj) HALOZE (IV. melléklet)*

A P7 földtani szelvény alapját a JELEN et al. (2006) által korábban megszerkesztett földtani szelvény képezi. A nagyobb mélységű területek rétegsoraira vonatkozóan nin-

cenek adataink, így egy átlagos rétegsort ábrázoltunk. A szelvény déli részén az egyes kainozoos formációk viszonylag állandó vastagságértékei az elégtelen adatsűrűség következményei. A szelvény Šentiljtől DK felé halad, áthalad Ptujon, és folytatódik a Haloze térségben (1. ábra). A P7 szelvény keresztezi a dél-burgenlandi extenziós blokkokat és a Muraszombati-hát legnyugatabbi részét, valamint a Ptuj–Ljutomer–Budafai-félárok területét.

A szelvény legészakibb részén a Haloze Formáció és Špilje Formáció észak felé dőlő képződményei a Cmurek-részmedencéhez tartoznak. A Muraszombati-hát déli oldalán ugyanez a rétegsor D-i irányban dől, és a Maribori-részmedencéhez tartozik. Tovább D felé a Špilje Formáció és Haloze Formációt a Lendava és Mura Formációk hiánytalan rétegsora fedi, aminek legvastagabb kifejlődései a Haloze–Ljutomer–Budafai-részmedencében lépnek fel. E részmedence aljzatában a P7 szelvény keresztezi a KÉK irányú oldeleltolódások rendszerét, a Ljutomer- és Donat-vetőzónát, amelyek a Periadriai-zónához tartoznak.

A P7 szelvény teljes nyomvonalán a prekainozoos aljzatra vonatkozó közzétett adatokat kizárólagosan néhány, Mariborhoz közeli fúrás szolgáltat. A milonitos nyírózóna jelenik meg a Nyugat-Maribori-árok lejtőin, amely a P1–P3 szelvényekben megismert késő-kréta D2 extenziós deformáció eredménye lehet (I., II. melléklet). A Muraszombati-hát délnyugati részét értelmezésünk szerint a Pohorje Komplexum gneisz és csillámpala összelete alkotja. Ez az egység a Ljutomer-vetőzónáig folytatódik, amittől délre a késő-paleozoos–mezozoos kőzetek, és uralakodóan alsó-triász képződmények a Ljutomer-övet alkotják. A tektonikus kontaktus egy enyhe dőlésű, későbbiekben rátolódásként reaktívált normál vető képezi. A mozgás a D2 és/vagy a D6 fázisban is bekövetkezhetett. A déli blokkban a Déli-Karavankák karbonátos kőzeteit a dextrális oldeleltolódásos Ljutomer-vető határolja. A Ljutomer vetőzóna feltehetően még a neotektonikus fázisban (D9) is aktív volt.

A Haloze Formáció kárpati–kora-badeni korú üledékei a szelvény teljes hosszában jelen vannak. A Muraszombati-háton megfigyelhető antiklinális geometria közel É–D irányú, posztbadeni gyűrődésre utal, amely ott a Maribori-részmedence inverzióját jelzi. Ettől délre, a teljes neogén rétegsor szinformális meghajlása azt mutatja, hogy a meghajlás a Mura Formáció lerakódását követően történt. Ettől délre lép fel a Haloze–Budafai-antiklinális, amely rendkívül nagy amplitudójú. A D6 fázisba tartozó árok reaktivációja a D9 fázisban történt meg (MÁRTON et al. 2002).

*P8 földtani szelvény*

*TRATE (Radenci, Ljutomer) SREDIŠČE OB DRAVI (IV. melléklet)*

A P8 szelvény ÉNy–DK-i irányú. A Cmurek-részmedence DK-i részén indul Radenci felé, és folytatódik DDK-i irányban Ljutomer és Središče ob Dravi felé (1. ábra). Ez a szelvény is JELEN et al. (2006) földtani szelvénye alapján

készült, és a jelenleg elérhető adatok alapján módosítottuk. A prekainozoos aljzat közzétani összetétele a Muraszombati-blokk középső részén mélyített hét fúrás (T–1/69, –2/87, –4/87, –5/87, Ve–1/57, Ve–2/57 and Lo–1/58), és a déli részen mélyített két fúrás (Ljutomer Ljut–1/88 and DS–1/58) alapján ismert. A szelvény déli részén a prekainozoos képződmények ábrázolása lefelé haladva csak egy általános rétegsor alapján történt.

A szelvény északon keresztezi a Dél-Burgenlandi-küszöböt, amelyet a Pohorje Komplexum metamorfítja alkotnak. A Radgona–Vas-félfárok északi határát egy markáns, meredeken dőlő normálvetőraj adja. A Muraszombati-hát tetőzónája környékén szubhorizontális nyírási zónák lépnek fel. A Muraszombati-hát déli lejtője a Ptuj–Ljutomer–Budafai-félfárok felé dől, amelyet a Ljutomer-törészónát kialakító oldaleltolódások is érintenek. A Ljut–1/88 fúrás elérte a felső-triász dolomit egy kis foltját, amelyet értelmezésünk szerint a kréta D1–D2 deformációs fázisok rátolódásos, majd extenziós mozgásainak az eredménye (P3 szelvény, II. melléklet). A D1 fázis során az alsó-középső-triász törmelékes üledékes kőzetek valószínűleg rátolódtak a Pohorje Komplexum közeire (Karavanka-takaró, pl. PLACER 1998, 2008 értelmezése szerint). A D2 fázis során a korábbi takaró extenziós elnyíró-dási felületként reaktiválódott. A délre eső és a Déli-Karavankához tartozó középső–felső-triász karbonátos kőzeteket a Ljutomer-törés határolja. A szelvény déli végén egy másik, markáns szerkezeti zóna jelenik meg, amely már a Donat-vetőzónához tartozik.

A P7 szelvényhez hasonlóan az aljzat morfológiája tükröződik a neogén üledékek geometriájában. A szelvény É-i részén, a Radgona-részmedence területén a Haloze Formáció jelenlétét a P1 szelvényen feltüntetett Šom–1 fúrás alapján valószínűsítjük. A Ljut–1 fúrás adatai alapján a Haloze Formáció a Ptuj–Ljutomer–Budafai-félfárok területén is kifejlődött.

A Špilje Formáció legnagyobb vastagságát a Maribori-részmedencében éri el, és erőteljesen kivékonyodik a szelvény középső részén látható Muraszombati-antiform területén. A szelvénynek ezen a részén megjelenik a Lendava Formáció is; a középső részen mindössze a mélyebb része van meg, és D-i irányban a turbidites alsó rész erőteljes kivastagodása észlelhető.

A Radenci terület fúrásainak adatai és a földtani térkép szerint a Mura Formáció csak a deltasíksági üledékeivel van jelen a Maribori-részmedencében, míg az alsó része (delta-frontüledékek) csak a Maribori-részmedence D-i részén valamint ettől délre, a Haloze–Ljutomer–Budafai-részmedence területén fejlődött ki.

A Ptuj–Ljutomer-szinklinális belsejében a Ptuj-Grad Formáció vastagsága a szelvényen meghaladja a 700 m-t. Ettől D-re minden képződményben kirajzolódik az Ormož–Selnica-antiklinális, melynek megléte fúrási adatokon és felszíni megfigyeléseken alapul. Ez a redő a Lovászi, majd a Budafai-boltozakkal teljesen azonos szerkezeti helyzetű és pliocén-kvarter korú. Mind a szelvény legdélibb részének, mind a Donat-vetőzóna környezetének megszerkesztésében mindössze a fúrási adatokra (Ds–1/58 and Ds–2/69)

támaszkodhattunk. Nyilvánvaló, hogy a neogén képződmények kifejlődése valamelyest különbözik a vető két oldalán. Az É-i blokkban a Mura, Lendava, Špilje és Haloze Formációk ismerhetők fel, amelyek eocén üledékekre települnek. A déli blokkban a rétegtani viszonyok ettől különbözőek, és még nem teljesen tisztázottak.

#### *P9 földtani szelvény*

#### *OCINJE (Martjanci, Petišovci) MURSKI GOZD (IV. melléklet)*

A P9 szelvény a legkeletibb helyzetű a három Észak-kelet-Szlovénián áthaladó, közel párhuzamos szelvény közül (1. ábra). JELEN et al (2006) szerkesztette meg, és e munka keretében a rendelkezésre álló új adatok alapján módosítottuk. A P9 földtani szelvény DK-i irányban lefedi a teljes Prekmurje térséget. Szerkezeti szempontból a szelvény áthalad a Radgona–Vas-félfáron, a Muraszombati extenziós blokk legkeletibb részén és a Ptuj–Ljutomer–Budafai-félfáron. A Radgona–Vas-részmedencével a Radgona-félfárokban és a Haloze–Ljutomer–Budafai-részmedencével a Ptuj–Ljutomer–Budafai-félfárokban a neogén aljzat morfológiája jól látható vetős szerkezetet mutat.

A szelvény É-i végénél, Sotina térségében a prekainozoos aljzatot alacsony fokú metamorfózist szenvedett fillitoid kőzetek építik fel, amelyek itt a felszínre is bukkannak. Feltételezhető, hogy e kőzetek a magyarországi részen, egy szélesebb sávban a felszín alatt folytatódnak — talán ezt érték el a szentgotthárdi fúrások. A Radgona–Vas-félfárok aljzatában a Pohorje Komplexumot értelmezésünk szerint fillitlencse fedi. A fillit a Muraszombati-blokk É-i részét nagyobb elterjedésű, és a korábban említett képlékeny nyírózónába tartozik. E felett triász karbonátok előfordulása ismeretes a Peč–1/91 fúrásban, melyek szintén extenziós allochtonként értelmezhetőek. A Muraszombati-blokk déli részén a Pohorje Formáció gneisz és csillámpala összelete meredek, normálvető lejtőt formál a Ptuj–Ljutomer–Budafai-félfárok irányában. A normálvető a miocén színrift árkot határol, de ugyanakkor az aljzatban elválasztja a metamorfotokat a Ljutomer-öv alsó-középső-triász kőzeteitől. Az átmeneti Ljutomer-zónától D-re a Déli-Karavankák kőzetei jelennek meg, és a szelvény D-i végén permi törmelékes kőzetek mutathatók ki egy jelentős eltolódás (Donat-vető) mozgásának következtében

A Haloze Formáció a Haloze–Ljutomer–Budafai-árok legmélyebb részén van jelen. Fellépte a Radgona–Vas-részmedence területén csak az árok legalján, az aljzatmorfológia alapján valószínűsíthető.

A Špilje Formáció a szelvény É-i részén, a Radgona–Vas-részmedencében a peremvetők mentén hirtelen kivastagodik, D-i irányban, a Muraszombati-háton pedig fokozatosan vékonyodik. A szelvény középső és déli részén, a Haloze–Ljutomer–Budafai-részmedencében dél felé a Špilje Formáció vastagsága fokozatosan növekszik 1100-ról 1600 m-re.

A Lendava Formáció felső (lejtő) része a teljes szelvényen megjelenik, és mindig a badeni–alsó-pannóniai



Špilje Formációra települ. A Muraszombati extenziós blokk területén a Lendava Formáció jelentős kivékonyodása is megfigyelhető. A Haloze–Ljutomer–Budafai-részmedence belsejében a turbidites képződmények vastagsága a 900 m-t is elérheti, míg a Radgona–Vas-részmedencében csak 350 m-t tesz ki a vastagságuk.

A Mura Formáció a szelvény É-i részén számos fúrás rétegsorában felismerhető volt; vastagsága többé-kevésbé állandó: néhány száz m, és az egykori lejtők alatt helyenként vastagabb. Az alsó, turbidites szakasz csak a Radgona–Vas-részmedence területén indul, és a Radgona–Vas- és a Haloze–Ljutomer–Budafai-részmedencék közötti lejtőn drá-

maian kivékonyodik, majd vastagsága ismét nő a Haloze–Ljutomer–Budafai-részmedence területén. A Radgona–Vas-részmedence területén mintegy 350 m-re kivastagodik, a Haloze–Budafai-részmedencében pedig vastagsága eléri a 600 m-t.

A Mura Formáció a szelvény egészén egységesen fejlődött ki, és a Ptuj–Ljutomer-szinformban fedőjében a Ptuj-Grad Formáció található. A Mura Formáció alsó részének a szininformban mért teljes vastagsága kb. 800 m, míg a felső rész delta síkság üledékei eléri az 1200 m-es vastagságot is. A Ptuj-Grad Formáció pliocén–kvarter képződményei a szininformban 750 m-ig vastagodnak ki.

## Irodalom — References

- ÁRKAI, P., BALOGH, K. 1989: The age of metamorphism of the East Alpine type basement, Little Plain, West Hungary: K/Ar dating of K-white micas from very low- and low-grade metamorphic rocks. — *Acta Geologica Hungarica* 32, pp. 131–147.
- BADA, G., GRENERCZY, GY, TÓTH, L., HORVÁTH, F., STEIN, S., CLOETHING, S., WINDHOFFER, G., FODOR, L., PINTER, N., FEJES, I. 2007: Motion of Adria and ongoing inversion of the Pannonian Basin: Seismicity, GPS velocities and stress transfer. — *Geological Society of America Special Paper* 425, doi: 10.1130/2007.2423(16).
- BALLA, Z. 1988: On the origin of the structural pattern of Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* 31 (1–2), pp. 53–63.
- BALLA Z. 1993: A kistáplói gyengén metamorf képződmények tektonikai minősítéséről. — *Földtani Közöny* 123 (4), pp. 465–500.
- BALLA, Z. 1999: On the tectonic subdivisions of Hungary. — *MÁFI Évi Jelentése* 1992–93 (II), pp. 9–14.
- BALOGH, K., ÁRVA-SOÓS, E., BUDA, GY. 1983: Chronology of granitoid and metamorphic rocks in Transdanubia (Hungary). — *Annuaire de l'Institut de Géologie și Geofizică* 61, pp. 359–364.
- BENEDEK, K. 2002: Paleogene igneous activity along the easternmost segment of the Periadriatic-Balaton Lineament. — *Acta Geologica Hungarica* 45, pp. 359–371.
- BENEDEK, K., NAGY, ZS. R., DUNKL, I., SZABÓ, CS., JÓZSA, S. 2001: Petrographical, geochemical and geochronological constraints on igneous clasts and sediments hosted in the Oligo–Miocene Bakony Molasse, Hungary: Evidence for Paleo-Drava River system. — *International Journal of Earth Sciences* 90, pp. 519–533.
- BÖCKH J. 1872: A Bakony déli részének földtani viszonyai. I. — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* 2 (2), pp. 31–166.
- BUDAI T., CSÁSZÁR G., CSILLAG G., DUDKO A., KOLOSZÁR L., MAJOROS GY. 1999: A Balaton-felvidék földtana. Magyarázó a Balaton-felvidék földtani térképéhez, 1:50 000. — *A Magyar Állami Földtani Intézet alkalmi kiadványa* 197, 257 p.
- CSILLAG G., FODOR L., SEBE K., MÜLLER P., RUSZKICZAY-RÜDIGER Zs., THAMÓNÉ BOZSÓ E., BADA G. 2010a: A szélerózió szerepe a Dunántúl negyedidőszaki felszínfejlődésében. — *Földtani Közöny* 140 (4), pp. 463–481.
- CSILLAG G., SZTANÓ O., MAGYAR I., HÁMORI Z. 2010b: A Kállai Kavics települési helyzete a Tapolcai-medencében geoelektromos szelvények és fúrás adatok tükrében. — *Földtani Közöny* 140 (2), pp. 183–196.
- CSONTOS, L., NAGYMAROSY, A. 1998: The Mid-Hungarian line: a zone of repeated tectonic inversion. — *Tectonophysics* 297, pp. 51–72.
- CSONTOS, L., NAGYMAROSY, A., HORVÁTH F., KOVÁČ, M. 1992: Tertiary evolution of the Intra-Carpathian area: a model. — *Tectonophysics* 208, pp. 221–241.
- CZICZER, I., MAGYAR, I., PIPÍK, R., BÖHME, M., ČORIĆ, S., BAKRAC, K., SÜTŐ-SZENTAI, M., LANTOS, M., BABINSZKI, E., MÜLLER, P. 2009: Life in the sublittoral zone of long-lived Lake Pannon: paleontological analysis of the Upper Miocene Szák Formation, Hungary. — *International Journal of Earth Sciences* 98, pp. 1741–1766.
- DANK, V. 1962: Sketch of the deep geological structure of the south Zala basin. — *Földtani Közöny* 92, pp. 150–159.
- DANK V., BODZAY L. 1971: Magyarországi potenciális szénhidrogénkészletek földfejlődéstörténeti háttere. — *Geonómia és Bányászat* 4 (2–4), pp. 261–268.
- DIURASEK, S. 1988: Rezultat suvremenih geofizičkih istraživanja u SR Sloveniji (1985–1987). — *Nafta* 39, pp. 311–326.
- DUDKO A., BENEC G., SELMECI I. 1992: Miocén medencék kialakulása a Dunántúli-középhegység DNy-i részén. — *MÁFI Évi Jelentése* 1990-ről, pp. 107–124.
- DUNKL, I., DEMÉNY, A. 1997: Exhumation of the Rechnitz Window at the border of Eastern Alps and Pannonian basin during Neogene extension. — *Tectonophysics* 272, pp. 197–211.
- 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., MAGYARI Á., FOGARASI A., PALOTÁS K. 1994: Tercier szerkezetfejlődés és késő paleogén üledékképződés Budai-hegységben. A Budai-vonal új értelmezése. — *Földtani Közöny* 124, pp. 129–305.
- FODOR, L., JELEN, B., MÁRTON, E., SKABERNE, D., ČAR, J., VRABEC, M. 1998: Miocene-Pliocene tectonic evolution of the Slovenian Periadriatic Line and surrounding area — implication for Alpine-Carpathian extrusion models. — *Tectonics* 17, pp. 690–709.
- FODOR, L., CSONTOS, L., BADA, G., GYÖRFI, I., BENKOVICS, L. 1999a: Tertiary tectonic evolution of the Pannonian basin system and neighbouring orogens: a new synthesis of paleostress

- data. — In: DURAND, B., JOLIVET, L., HORVÁTH, F., SÉRANNE, M. (eds): The Mediterranean Basins: Tertiary extension within the Alpine Orogen. *Geological Society, London, Special Publications* 156, pp. 295–334.
- FODOR, L., MÁRTON, E., JELEN, B., BÁLDI-BEKE, M., KÁZMÉR, M., RIFELJ, H. 1999b: Connection of the eastern Periadriatic and Mid-Hungarian zones and its implication to Paleogene paleogeography, Miocene extrusion tectonics. — In: SZÉKELY, B., FRISCH, W., KUHLEMANN, J., DUNKL, I. (eds): 4<sup>th</sup> Workshop on Alpine Geological Studies, *Tübingen Geowissenschaftliche Arbeiten* 52, pp. 141–142.
- FODOR, L., JELEN, B., MÁRTON, E., RIFELJ, H., KRALJIĆ, M., KEVRIĆ, R., MÁRTON, P., KOROKNAI, B., BÁLDI-BEKE, M. 2002: Miocene to Quaternary deformation, stratigraphy and paleogeography in Northeastern Slovenia and Southwestern Hungary. — *Geologija* 45 (1), pp. 103–114.
- FODOR, L., KOROKNAI, B., BALOGH, K., DUNKL, I., HORVÁTH, P. 2003: Nappe position of the Transdanubian Range Unit ('Bakony') based on new structural and geochronological data from NE Slovenia. — *Földtani Közlemények* 133, pp. 535–546.
- FODOR, L., BADA, G., CSILLAG, G., HORVÁTH, E., RUSZKICZAY-RÜDIGER, ZS. PALOTÁS, K., SÍKHEGYI, F. 2005: New data on neotectonic structures and morphotectonics of the western and central Pannonian basin. — In: FODOR, L., BREZSNYÁNSZKY, K. (eds): *Proceedings of the workshop on „Application of GPS in plate tectonics, in research on fossil energy resources and in earthquake hazard assessment”*. Magyar Állami Földtani Intézet 204. alkalmi kiadványa, pp. 35–44.
- FODOR, L., GERDES, A., DUNKL, I., KOROKNAI, B., PÉCSKAY, Z., TRAJANOVA, M., HORVÁTH, P., VRABEC, M., JELEN, B., BALOGH, K., FRISCH, W. 2008: Miocene emplacement and rapid cooling of the Pohorje pluton at the Alpine–Pannonian–Dinaridic junction, Slovenia. — *Swiss Journal of Earth Sciences* 101 Supplement 1, pp. 255–271. DOI 10.1007/s00015-008-1286-9
- FÜLÖP J. 1990: Magyarország geológiája. Paleozoikum I. — A Magyar Állami Földtani Intézet Kiadványa, 326 p.
- FÜLÖP J., DANK V. (szerk.) 1987: Magyarország földtani térképe a kainozoikum elhagyásával 1:500 000. — A Magyar Állami Földtani Intézet kiadványa, Budapest.
- GOSAR, A. 1995: Modelling of seismic reflection data for underground gas storage in the Pečarovci and Dankovci structures — Mura depression (in Slovenian with English abstract). — *Geologija* (37–38), pp. 483–549.
- HAAS, J. 1979: A felsőkréta Ugodi Mész-kő Formáció a Bakonyban. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* 61, pp. 1–171.
- HAAS, J. 1983: Senonian cycle in the Transdanubian Central Range. — *Acta Geologica Hungarica* 26 (1–2), pp. 21–40.
- HAAS, J. 1999: Genesis of late Cretaceous toe-of-slope breccias in the Bakony Mts., Hungary. — *Sedimentary Geology* 128, pp. 51–66.
- HAAS, J. ed. 2012: *Geology of Hungary*. — Springer, 244 p.
- HAAS, J., JOCHÁNE EDELÉNYI E., GIDAI L., KAISER M., KRETZOI M., ORAVECZ J. 1984: Sümeg és környékének földtani felépítése. — *Geologica Hungarica series Geologica* 20, 353 p.
- HAAS, J., TÓTHNÉ MAKK Á., GÓCZÁN F., ORAVECZNÉ SCHEFFER A., ORAVECZ J., SZABÓ I. 1988: Alsó-triász alapszelvények a Dunántúli-középhegységben. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve* 65 (2), 356 p.
- HAAS, J., MIOČ, P., PAMIĆ, J., TOMLJENVIĆ, B., ÁRKAI, P., BÉRCZI-MAKK, A., KOROKNAI, B., KOVÁCS, S. & RÁLISCH-FELGENHAUER, E. 2000: Continuation of the Periadriatic lineament, Alpine and NW Dinaridic units into the Pannonian basin. — *International Journal of Earth Sciences* 89, pp. 377–389.
- HAAS, J., BUDAI T., HIPS K., KRIVÁNNÉ HORVÁTH Á. (szerk.) 2004: Magyarország geológiája. Triász. — ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 384 p.
- HAAS, J., BUDAI T., CSONTOS L., FODOR L., KONRÁD Gy. 2010: Magyarország pre-kainozoos földtani térképe 1:500 000. — A Magyar Állami Földtan Intézet kiadványa, Budapest.
- HARDING, T. P. 1974: Petroleum traps associated with wrench faults. — *Bulletin of American Association of Petroleum Geologists* 58, pp. 1290–1304.
- HARZHAUSER, M., PILLER, W. E. 2004: Integrated stratigraphy of the Sarmatian (Upper Middle Miocene) in the western Central Paratethys. — *Stratigraphy* 1, pp. 65–86.
- HÁMOR G. 2001: Magyarázó a Kárpát-medence miocén ösföldrajzi és fáciestérképéhez 1: 3 000 000. — A Magyar Állami Földtani Intézet térképmagyarázó, Budapest, 66 p.
- HORVÁTH, F., RUMPLER, J. 1984: The Pannonian basement: extension and subsidence of an alpine orogene. — *Acta Geologica Hungarica* 27, pp. 229–235.
- JANÁK, M., FROITZHEIM, N., VRABEC, M., KROGH RAVNA, R., 2006. Ultrahigh-pressure metamorphism and exhumation of garnet peridotites in Pohorje, Eastern Alps. — *Journal of Metamorphic Geology* 24, pp. 19–31.
- JELEN, B. 2009: *Structural map of the Tertiary basement and Provisional map of the tertiary basement relief and interpreted faults for the T-JAM Project*. — Geological Survey of Slovenia Ljubljana.
- JELEN, B., RIFELJ, H. 2001: Ali so se globalne klimatske in tektonske spremembe odrazile na karpatijski in badenijski mikroforaminiferi favni v Sloveniji. — In: HORVAT, A. (ed.): 15. Posvetovanje slovenskih geologov, povzetki referatov. — *Geološki zbornik* 16, pp. 38–41.
- JELEN, B., RIFELJ, H. 2002: Stratigraphic structure of the B1 Tertiary tectonostratigraphic unit in eastern Slovenia. — *Geologija* 45 (1), pp. 115–138.
- JELEN, B., RIFELJ, H. 2003: The Karpatian in Slovenia. — In: BRZOBHATÝ, R. ČIČHA, I. KOVAČ M., RÖGL F. (eds): *The Karpatian. A Lower Miocene Stage of the central Paratethys*. Masaryk University, Brno, Czech Republic, pp. 133–139.
- JELEN, B., RIFELJ, H. 2004: Stratigrfska raziskava, Raziskava današnje geodinamike in njenega vpliva na geološki sistem Slovenije. — *Manuscript*, Geological Survey of Slovenia Ljubljana.
- JELEN, B., RIFELJ, H. 2005a: On the dynamics of the Paratethys Sedimentary Area in Slovenia. — *7<sup>th</sup> Workshop on Alpine Geological Studies, Abstract Book*, Croatian Geological Society, Zagreb, pp. 45–46.
- JELEN, B., RIFELJ, H. 2005b: Patterns and Processes in the Neogene of the Mediterranean region. — *12<sup>th</sup> Congress R.C.M.N.S., Abstract Book*, Wien, pp. 116–118.
- JELEN, B., RIFELJ, H. 2005c: The Haloze formation. — In: Project team, Overview of geological data or deep repository for radioactive waste in argillaceous formations in Slovenia. — *Manuscript*, archive of the Geological Survey of Slovenia Ljubljana, pp. 66–68.
- JELEN, B., RIFELJ, H. 2005d: The Špilje formation. — In: Project team, Overview of geological data for deep repository for radioactive waste in argillaceous formations in Slovenia. — *Manuscript*, archive of the Geological Survey of Slovenia Ljubljana, pp. 70–71.

- JELEN, B., RIFELJ, H., 2011: Surface lithostratigraphic and tectonic structural map of T-JAM project area, northeastern Slovenia version 1.0 For T-JAM Project (2009–2011). — *Manuscript*, Geological Survey of Slovenia Ljubljana.
- JELEN, B., RIFELJ, H., BAVEC, M., RAJVER, D. 2006: Opredelitev dosedanjega konceptualnega geološkega modela Murske depresije. — *Manuscript*, Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.
- JÓSVAI J., NÉMETH A., KOVÁCSVÖLGYI S., CZELLER I., SZUROMINÉ KORECZ A. 2005: A Zala-medence szénhidrogén kutatásának földtani eredményei. — *Földtani Kutatás* 42 (1), pp. 9–15.
- JUHÁSZ Á., KÖHÁTI A. 1966: Mezozoós rétegek a Kisalföld aljzatában. — *Földtani Közlöny* 96 (1), pp. 66–74.
- JUHÁSZ Gy. 1994: Magyarországi neogén medencéreszek pannóniai s.l. üledéksorának összehasonlító elemzése. — *Földtani Közlöny* 124, pp. 341–365.
- KÁZMÉR, M., KOVÁCS, S. 1985: Permian-Paleogene Paleogeography along the Eastern part of the Insubric-Periadriatic Lineament system: Evidence for continental escape of the Bakony-Drauzug Unit. — *Acta Geologica Hungarica* 28, pp. 71–84.
- KISS, A., FODOR, L. I. 2007: The Csesznek Zone in the northern Bakony Mts: a newly recognised transpressional element in dextral faults of the Transdanubian Range, western Hungary. — *Geologica Carpathica* 58 (5), pp. 465–475.
- KÓKAY, J. 1976: Geomechanical investigation of the southeastern margin of the Bakony Mts. and the age of the Litér fault line. — *Acta Geologica Hungarica* 20, pp. 245–257.
- KÓKAY, J. 2006: Nonmarine mollusc fauna from the Lower and Middle Miocene, Bakony Mts, W Hungary. — *Geologica Hungarica series Palaeontologica* 56, 196 p.
- KÖRÖSSY, L. 1988: A zalai-medencei kőolaj- és földgáz kutatás földtani eredményei. — *Általános Földtani Szemle* 23, pp. 3–162.
- KUBOVICS, I. 1983: A nyugat-magyarországi crossitit kőzettani jellemzői és genetikája. (Petrological characteristics and genetic features of crossitite from western Hungary) — *Földtani Közlöny* 113 (3), pp. 207–224.
- KURZ, W., HANDLER, R., BERTOLDI, C. 2008: Tracing the exhumation of the Eclogite Zone (Tauern Window, Eastern Alps) by Ar-40/Ar-39 dating of white mica in eclogites. — *Swiss Journal of Geosciences* 101, Supplement, 191–206. DOI: 10.1007/s00015-008-1281-1
- LACZKÓ D. 1911: Veszprém városának és tágabb környékének geológiai leírása. — LÓCZY L. ID. (szerk.): *A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei* II., Geol. Füg. I.
- LÓCZY L. ID. 1913: A Balaton környékének geológiai képződményei és ezeknek vidékek szerinti telepedése. — LÓCZY L. ID. (szerk.): *A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei* II., 617 p.
- LELEKESNÉ FELVÁRI Gy. 1998: Nyugat-magyarországi metamorfitek. — In: BÉRCZI, I., JÁMBOR Á. (szerk.): *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana*. Mol–MÁFI kiadvány, pp. 55–71.
- LÉLKESE-FELVÁRI, Gy., SASSI, R., FRANK, W. 2002: Tertiary S-C mylonites from the Bajánsenye-B-M-I borehole, Western Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* 45, pp. 29–44.
- MAGYAR I. 2009: A Pannon-medence ősföldrajza és környezeti viszonyai a késő-miocénben őslénytani és szeizmikus rétegtani adatok alapján. — *MTA doktori értekezés*, Budapest, 132 p.
- MAJERCSIK Cs. 2009: Selfperemi deltarendszerek progradációjának és tektonikai mozgások általi befolyásoltságának vizsgálata a Közép-Zalai térség pannóniai üledéksorában. — *Szakdolgozat*, ELTE Általános és Történelmi Földtani Tanszék.
- MÁRTON, E., FODOR, L., 2003: Tertiary paleomagnetic results and structural analysis from the Transdanubian Range (Hungary); sign for rotational disintegration of the Alcapa unit. — *Tectonophysics* 363, pp. 201–224.
- MÁRTON, E., FODOR, L., JELEN, B., MÁRTON, P., RIFELJ, H., KEVRIĆ, R. 2002: Miocene to Quaternary deformation in NE Slovenia: complex paleomagnetic and structural study. — *Journal of Geodynamics* 34, pp. 627–651.
- MÉSZÁROS, J. 1983: A Bakony vízszintes eltolódások szerkezeti és gazdasági jelentősége. — *MÁFI Évi Jelentése* 1981-ről, pp. 485–502.
- MÉSZÁROS, J. 1985: Módszertani útmutató a vízszintes elmozdulások szerkesztésében. Bakony hegység, neogén oldaleltolódások. — In: KLEB B. (szerk.): *Gyakorlati szerkezetföldtani továbbképző*, Magyarhoni Földtani Társulat, pp. 59–88.
- MIOČ, P. 1977: Geologic structure of the Drava Valley between Dravograd and Selnica. — *Geologija* 20, pp. 193–230.
- MIOČ, P., ŽNIDARČIČ, M. 1976: *Geological map of Yugoslavia, scale 1:100 000, sheet Slovenj Gradec*. — Geology Survey of Yugoslavia, Beograd.
- NÁDOR, A., LAPANJE, A., TÓTH, Gy., RMAN, N., SZÓCS, T., PRESTOR, J., UHRIN, A., RAJVER, D., FODOR, L., MURÁTI, J., SZÉKELY, E. 2012: Transboundary geothermal resources of the Mura-Zala basin: joint thermal aquifer management of Slovenia and Hungary. — *Geologija* 55 (2), pp. 209–224.
- NÉMETH, K., MARTIN, U. 1999: Late Miocene paleo-geomorphology of the Bakony-Balaton Highland Volcanic Field (Hungary) using physical volcanology data. — *Zeitschrift für Geomorphologie* N.F. 43, pp. 417–438.
- PASCHER, G. 1991: Das Neogen der Mattersburger Bucht (Burgenland). — In: LOBITZER, H., CSÁSZÁR, G. (eds): *Jubiläumsschrift 20 Jahre Geologische Zusammenarbeit Österreich–Ungarn Teil 1*, Wien, pp. 35–52.
- PLACER, L. 1998: Contribution to the macrotectonic subdivision of the border region between Southern Alps and External Dinarides. — *Geologija* 41, pp. 223–255.
- PLACER, L. 2008: Principles of the tectonic subdivision of Slovenia. — *Geologija* 51 (2), pp. 205–217.
- PLENIČAR, M. 1970a: *Geological map of SFRJ, Sheet Goričko, 1:100.000*. — Geological Institute, Beograd.
- PLENIČAR, M. 1970b: *Tolmač Explanatory booklet for the Geological map of sheet Goričko, SFRJ, 1 : 100.000*. — Geological Institute, Beograd, 39 p.
- POGÁCSÁS, Gy. 1984: Results of seismic stratigraphy in Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* 27, pp. 91–108.
- POGÁCSÁS, Gy. 1985: Seismic stratigraphic features of Neogene sediments in the Pannonian Basin. — *Geophysical Transactions* 30, pp. 373–410.
- RÁLISCH-FELGENHAUER, E. 2004: A Közép-dunántúli szerkezeti egység formációi. (Formations of the Mid-Transdanubian Zone). — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése* 2002, pp. 175–187.
- ROYDEN, L. H., HORVÁTH, F., NAGYMAROSY, A., STEGENA, F., 1983: Evolution of the Pannian Basin System. 2. Subsidence and thermal history. — *Tectonics* 2 (1), pp. 91–137.
- SADNIKAR, J. M. 1993: Raziskave za podzemno skladiščenje plina v Sloveniji. — *Rudarsko-Metalurški zbornik* 40 (1–2), pp. 150–167.

- SCHMID, S. M., AEBLI, H. R., HEILER, F., ZINGG, A. 1989: The role of the Periadriatic line in the Tectonic evolution of the Alps. — In: COWARD, M. P., DIETRICH, D., PARK, R. G. (eds): Alpine tectonics. *Geol. Soc. Spec. Publ.* 45, pp. 153–171.
- SCHMID, S. M., FÜGENSCHUH, B., KISSLING, E., SCHUSTER, R. 2004: Tectonic map and overall architecture of the Alpine orogen. — *Swiss Journal of Geosciences* 97 (1), pp. 93–117.
- SCHÖNLAUB, H. P. 1973: Schwamm-Spiculae aus dem Rechnitzer Schiefergebirge und ihre stratigraphischer Wert. — *Jahrbuch Geologische Bundesanstalt* 116, pp. 34–49.
- SKORDAY, E. 2010: Az Ortaháza–Kilimáni-gerinc és északi előterének szerkezete — *Szakkolgozat*, ELTE, 88 p.
- STEENKEN, A., SIEGESMUND, S., HEINRICH, T., FÜGENSCHUH, B. 2002: Cooling and exhumation of the Riesenferner Pluton (Eastern Alps, Italy/Austria). — *International Journal of Earth Sciences* 91, pp. 799–817.
- STRAUSZ, L. 1949: A Dunántúl DNY-i részének kavicsképződményei (Gravels of SW Transdanubia, in Hungarian with English abstract). — *Földtani Közlemények* 79, pp. 8–64.
- STÜWE K., SCHUSTER R. 2010: Initiation of subduction in the Alps: Continent or ocean? — *Geology* 38, pp. 175–178.
- SYLVESTER, A. G. 1988: Strike-slip faults. — *Geol. Soc. Am. Bull.* 100, pp. 1666–1703.
- SZENTGYÖRGYI, K., JUHÁSZ, Gy. K. 1988: Sedimentological characteristics of the Neogene sequences in SW Transdanubia, Hungary. — *Acta Geologica Hungarica* 31, pp. 209–225.
- SZTANÓ O., MAGYARI Á., TÓTH P. 2010: Gilbert-típusú delta a pannóniai Kállai Kavics Tapolca környéki előfordulásában. — *Földtani Közlemények* 140 (2), pp. 167–180.
- SZTANÓ O., MAGYAR I., SZÓNOKY M., LANTOS M., MÜLLER P., LENKEY L., KATONA L., CSILLAG G. 2013: A Tihanyi Formáció a Balaton környékén: típusszelvény, képződési körülmények, rétegtani jellemzés. — *Földtani Közlemények* 143 (1), pp. 445–468.
- TARI, G. 1994: Alpine Tectonics of the Pannonian basin. — *PhD Thesis*, Rice University, Texas, USA. 501 p.
- TARI, G. 1995: Eoalpine (Cretaceous) tectonics in the Alpine/Pannonian transition zone. — In: HORVÁTH, F., TARI, G., BOKOR, Cs. (eds) Extensional collapse of the Alpine orogene and Hydrocarbon prospects in the Basement and Basin Fill of the Western Pannonian Basin. — *AAPG International Conference and Exhibition, Nice, France, Guidebook to fieldtrip No. 6. Hungary*, pp. 133–155.
- TARI, G. 1996: Neoalpine tectonics of the Danube Basin (NW Pannonian Basin, Hungary). — In: ZIEGLER, P. A., HORVÁTH, F. (eds), Peri-Tethys Memoir 2: Structure and Prospects of Alpine Basins and Forelands. *Mém. Mus. Hist. Nat.* 170, pp. 439–454.
- TARI G., HORVÁTH F. 2010: A Dunántúli-középhegység helyzete és eoalpi fejlődéstörténete a Keleti-Alpok takarós rendszerében: egy másfél évtizedes tektonikai modell időszerűsége. — *Földtani Közlemények* 140 (4), pp. 463–505.
- TARI, G., HORVÁTH, F., RUMPLER, J. 1992: Styles of extension in the Pannonian Basin. — *Tectonophysics* 208, pp. 203–219.
- TARI, G., BÁLDI, T., BÁLDI-BEKE, M. 1993: Paleogene retroarc flexural basin beneath the Neogene Pannonian Basin: a geodynamical model. — *Tectonophysics* 226, pp. 433–455.
- TELEKI G. 1936: Adatok Litér és környékének sztratigráfiájához és tektonikájához. (Beiträge zur Stratigraphie und Tektonik der Umgegend von Litér im Balaton-Gebirge). — *A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve* 32 (1), pp. 3–60.
- THÖNI, M. 2002: Sm–Nd isotope systematics in garnet from different lithologies (Eastern Alps): Age results and an evaluation of potential problems for garnet Sm–Nd chronometry. — *Chemical Geology* 185, pp. 255–281.
- TÖRÖK, K. 1992: Cordierite andalusite-bearing micaschist from the Garabonc–1 borehole (Central Transdanubia, W Hungary). — *European Journal of Mineralogy* 4, pp. 1125–1136.
- TRAJANOVA, M. 2002: Pomen milonitov in filonitov Pohorja in Kobanskega. (Significance of mylonites and phyllonites in the Pohorje and Kobansko area). — *Geologija* 45, pp. 149–161.
- UHRIN A., MAGYAR I., SZTANÓ O. 2009: Az aljzatdeformáció hatása a pannóniai üledékképződés menetére a Zalai-medencében. — *Földtani Közlemények* 139 (3), 273–282.
- VÖRÖS, A., GALÁCZ, A. 1998: Jurassic paleogeography of the Transdanubian Central Range (Hungary). — *Rivista Italiana di Paleontologia* 104 (1), pp. 69–84.
- WEBER, J., STOPAR, B., VRABEC, M., SCHMALZLE, G., DIXON, T. 2004: The Adria microplate, Istria peninsula, GPS, and neotectonics in the NE Slovene corner of the Alps. — In: PINTER, N., GRENERCZY, Gy. (eds): *The Adria microplate: GPS Geodesy, Tectonics, and Hazards. NATO ARW, Veszprém, Hungary, Abstract book*, pp. 134–135.
- ŽNIDARČIĆ, M., MIOČ, P. 1988: *Geological map of Yugoslavia, scale 1:100 000, sheet Maribor in Leibnitz*. — Geology Survey of Yugoslavia, Beograd.

## Mellékletek — Appendices\*

### I. melléklet — Appendix I:

- P1 földtani szelvény MARIBOR, (Apače, Cankova, Bajánsenye, Zalalövő, Zalaszentlászló) SZIGLIGET  
 P2 földtani szelvény ARIBOR, (Murska Sobota, Csesztreg, Gelénháza, Zalacsány), HÉVÍZ

### II. melléklet — Appendix II:

- P3 földtani szelvény SLOVENSKA BISTRICA (Ptuj, Ljutomer, Rédics), ORTAHÁZA  
 P4 földtani szelvény FELSŐCSATÁR (Szombathely, Vasvár) ZALACSÁNY

### III. melléklet — Appendix III:

- P5 földtani szelvény NEMESRÁDÓC, (Zalaszmetmihály, Hahót, Nagykanizsa) SZENTA  
 P6 földtani szelvény SZENTGOTTHÁRD (Ivanc, Zalalövő, Szilvágy, Zebecke, Ortaháza, Bázakerettye) LETENYE

### IV. melléklet — Appendix IV:

- P7 földtani szelvény ŠENTILJ (Maribor, Ptuj) HALOZE  
 P8 földtani szelvény TRATE (Radenci, Ljutomer) SREDIŠČE OB DRAVI  
 P9 földtani szelvény OCINJE (Martjanci, Petišovci) MURSKI GOZD

\*Mellékletek a kötet végén. — Appendices at the end of the volume.

## V. melléklet — Appendix V:

Presenon képződmények földtani térképe  
*Geological map of pre-Senonian formations*

## VI. melléklet — Appendix VI:

Prekainozoos képződmények tetőfelületének domborzati térképe a felszint metsző szerkezeti elemekkel együtt  
*Top surface of the pre-Cenozoic formations with cross-cutting structural elements*

## Jelmagyarázat az I–IV. melléletekhez (jelkulcsot lásd a IV. mellékleten)

## KAINOZOOS KÉPZŐDMÉNYEK

1. Negyedidőszaki képződmények általában
2. Pliocén–negyedidőszaki képződmények összevontan
3. Pliocén képződmények
4. Tapolcai Formáció: bazalt, bázikus vulkanoklasztit
5. Somlói–Tihanyi és Zagyvai Formációk: pannóniai aleurolit, homok, lignit, tarkaagyag
6. Somlói–Tihanyi Formáció: pannóniai aleurolit, homok, lignit
7. Mura Formáció felső része: pannóniai aleurolit, homok, lignit, tarkaagyag
8. Mura Formáció alsó része: pannóniai aleurolit, homok, lignit
9. Mura Formáció: pannóniai sziliciklasztit
10. Újfalu Formáció: pannóniai delta homokkő, aleurolit, agyag
11. Algyői Formáció: pannóniai lejtő agyag, aleurolit, homokkő
12. Lendava Formáció felső része: pannóniai aleurolit, homokkő
13. Száki Formáció: pannóniai medenceperemi agyagmárga
14. Lendava Formáció: pannóniai homokkő, aleurolit
15. Szolnoki Formáció: pannóniai turbidites lejtőlábi homokkő, aleurolit
16. Lendava Formáció alsó része: homokkő, aleurolit
17. Késő-miocén képződmények általában
18. Miocén–negyedidőszaki hévforrások képződményei
19. Endrődi Formáció: szarmata–kora-pannóniai mélytavi márga, mészmárga, agyagmárga
20. Spilje Formáció: szarmata–kora-pannóniai agyagmárga, márga, homokkő
21. Tinnye Formáció: szarmata bioklasztos mészkő
22. Kozárdi Formáció: szarmata agyagmárga
23. Szilágyi, Lajtai és Kozárdi Formációk: késő-badeni–szarmata agyagmárga, bioklasztos mészkő
24. Szilágyi Formáció: késő-badeni agyagmárga
25. Szilágyi és Lajtai Formáció: késő-badeni agyagmárga, bioklasztos mészkő
26. Lajtai Formáció kora-badeni része: bioklasztos mészkő
27. Lajtai Formáció: badeni bioklasztos mészkő
28. Középső–miocén képződmények általában
29. Mátrai Formációcsoport: Kárpáti–szarmata andezites vulkanit
30. Tekerési, Lajtai, és Szilágyi Formációk: kárpáti–kora-badeni slír, bioklasztos mészkő, agyagmárga
31. Tekerési, Pusztamiskei és Lajtai Formációk: kárpáti–kora-badeni slír, kavics, bioklasztos mészkő
32. Tekerési és Lajtai Formációk: kárpáti–kora-badeni slír, bioklasztos mészkő
33. Tekerési és Badeni Formációk, Lajtai Formáció Pécs-szabolcsi Tagozata: kárpáti–kora-badeni slír, homok(kő), aleurolit, mészkő

34. Tekerési Formáció: kárpáti–kora-badeni slír
35. Haloze Formáció: kárpáti–kora-badeni slír, homokkő
36. Budafai Formáció: kárpáti homok(kő), aleurolit
37. Ligeterdei és Budafai Formációk: ottngangi–kárpáti kavics, homok(kő), aleurolit
38. Ligeterdei Formáció: ottngangi–kárpáti kavics, homok(kő)
39. Szentmihályi Formáció Pusztamagyaródi Tagozata: oligocén tonalit
40. Szentmihályi Formáció: eocén vulkanoklasztit
41. Padragi Formáció: eocén batiális márga
42. Szőci Formáció: eocén bioklasztos mészkő
43. Eocén képződmények általában

## ALCAPA-EGYSÉG

## AUSZTROALPI TAKRÓEGYSÉGEK

## Dunántúli-középhegységi-egység

44. Jákói, Ugodi, Polányi Formáció: márga, bioklasztos és zátonymészkő,
45. Senon képződmények általában
46. Alsó–kréta pelágikus mészkő, márga, crinoideás mészkő
47. Jura pelágikus mészkő, radiolarit
48. Felső-triász Kösseni Formáció: mészkő, márga
49. Felső-triász Rezi Formáció: intraplatform lemezes dolomit, dolomárga
50. Felső-triász Fődolomit és Rezi Formáció: platform dolomit és intraplatform lemezes dolomit, dolomárga
51. Felső-triász Fődolomit Formáció: platform dolomit
52. Felső-triász Edericsi Formáció: platform mészkő és dolomit
53. Felső-triász Sándorhegyi Formáció: mészkő
54. Felső-triász Veszprémi Formáció: márga, mészkő
55. Felső-triász mészkő, dolomit, márga
56. Középső–felső-triász mészkő, dolomit, márga és vulkanoklasztit
57. Középső–triász tűzköves mészkő, dolomit, vulkanoklasztit
58. Alsó-triász homokkő, aleurolit, dolomit, mészkő, homokkő
59. Paleo-mezozoos sziliciklasztit, karbonát, vulkanit
60. Permi homokkő, aleurolit, konglomerátum
61. Ordóvícium–szilur anchimetamorf agyagpala, homokkő

## Egyéb felső-ausztróalpi-egységek

## Baján Komplexum

62. késő–kréta–kora-miocén milonit, kataklázisos vetőkőzetek

## Felső-Ausztróalpi egységek általában

63. metamorf és nem metamorf paleo–mezozoos képződmények

## Grazi paleozoikum

64. paleozoos fillit, mészpala, metahomokkő, dolomit, szericitpala

*Kobansko Komplexum*

65. zöldpalák

*Koralpe–Wölz takarérendszer*

66. Pohorje Komplexum: csillámpala, gneisz, amfibolit, márvány

**PENNINI-EGYSÉG**

67. Jura–kréta zöldpala, fillit, metahomokkő, szerpentin

**KÖZÉP-MAGYARORSZÁGI-NYÍRÓZÓNA***Magmás-memtamorf-zóna*

68. Paleozoos anchi- és epimetamorfitek, oligocén tonalit

*Ljutomer-öv*

69. alsó-, középső-triász mészkő, dolomit, szilcikasztit

70. Perm képződmények általában

71. Paleozoos képződmények általában

*Dél-Karavankai-egység*

72. Középső–felső triász mészkő, dolomit (platform, lejtő)

73. Alsó-triász képződmények általában

74. Perm képződmények

75. Paleozoos képződmények

*Közép-Dunántúli-egység*

76. Mezozoos-paleozoos képződmények általában

*Dél-Zalai- és Kalniki-egységek*

77. Középső–felső-jura pelágikus mészkő, radiolarit, agyagpala; középső–felső-triász mészkő, dolomit, perm Semjéni Formáció: evaporit, agyagpala, mészkő; és kréta Inkei Formáció: ofiolit mélangé

**TISZAI-EGYSÉG**

78. Paleozoikum: csillámpala, gneisz, amfibolit

**Legend for Appendix I–IV (see the Appendix IV)****CENOZOIC FORMATIONS**

1. Quaternary formations in general
2. Pliocene–Quaternary formations in general
3. Pliocene formations
4. Tapolca Formation: basalt, basic vulcanoclastics
5. Somló–Tihany and Zagyva Formations: Pannonian siltstone, sand, lignite, variagated clay
6. Somló-Tihany Formations: Pannonian siltstone, sand, lignite
7. Mura Formation upper part: Pannonian siltstone, sand, lignite, variagated clay
8. Mura Formation lower part: Pannonian siltstone, sand, lignite
9. Mura Formation: Pannonian siliciclastics
10. Újfalu Formation: Pannonian deltaic sandstone, siltstone, clay
11. Algyő Formation: Pannonian shelf slope clay, siltstone, sandstone
12. Lendava Formation upper part: Pannonian siltstone, sandstone
13. Szák Formation: Pannonian basin-margin claymarl
14. Lendava Formation: Pannonian sandstone, siltstone
15. Szolnok Formation: Pannonian turbiditic toe-of-slope sandstone, siltstone
16. Lendava Formation lower part: Pannonian sandstone, siltstone
17. Upper Miocene formations in general
18. Rocks related to Miocene–Quaternary thermal sources
19. Endrőd Formation: Sarmatian – Early Pannonian deep lacustrine marl, calcareous marl, claymarl
20. Spilje Formation: Sarmatian – Early Pannonian claymarl, marl, sandstone
21. Tinnye Formation: Sarmatian bioclastic limestone
22. Kozárd Formation: Sarmatian claymarl
23. Szilágy, Lajta and Kozárd Formations: Late Badenian – Sarmatian claymarl, bioclastic limestone
24. Szilágy Formation: late Badenian claymarl
25. Szilágy and Lajta Formations: Late Badenian claymarl, bioclastic limestone
26. Lajta Formation, Early Badenian part: bioclastic limestone
27. Lajta Formation: Badenian bioclastic limestone
28. Middle Miocene formations in general

29. Mátrai Formation Group: Karpatian–Sarmatian andezitic vulkanites
30. Tekeres, Lajta, and Szilágy Formations: Karpatian – Early Badenian schlier, bioclastic limestone, claymarl
31. Tekeres, Pusztamiske and Lajta Formations: Karpatian – Early Badenian schlier, gravel, bioclastic limestone
32. Tekeres and Lajta Formations: Karpatian – Early Badenian schlier, bioclastic limestone
33. Tekeres and Badenian Formations, Lajta Fm Pécsszabolcs Member: Karpatian – Early Badenian schlier, sand(stone), siltstone, limestone
34. Tekei Formation: Karpatian – Early Badenian schlier
35. Haloze Formation: Karpatian – Early Badenian schlier, sandstone
36. Budafa Formation: Karpatian sand(stone), siltstone
37. Ligeterdő and Budafa Formations: Ottngian–Karpatian gravel, sand(stone), siltstone
38. Ligeterdő Formation: Ottngian–Karpatian gravel, sand(stone)
39. Szentmihály Fm Pusztamagyaród Member: Oligocene tonalite
40. Szentmihály Formation: Eocene vulcanoclastics
41. Padrag Formation: Eocene bathyal marlstone
42. Szóc Formation: Eocene bioclastic limestone
43. Eocene formations in general

**ALCAPA UNIT****AUSTROALPINE NAPE UNITS****Transdanubian Range Unit**

44. Jákó, Ugod, Polány Fms marlstone, bioclastic and reef limestone, marlstone
45. Senonian formations in general
46. Early Cretaceous pelagic limestone, marlstone, crinoidal limestone
47. Jurassic pelagic limestone, radiolarite
48. Upper Triassic Kössen Fm: limestone, marlstone
49. Upper Triassic Rezi Fm: platy dolomite, dolomarlstone
50. Upper Triassic Hauptdolomite and Rezi Fms: platform dolomite and intra-platform platy dolomite, dolomarlstone
51. Upper Triassic Hauptdolomite Fm: platform dolomite
52. Upper Triassic Ederics Fm: platform limestone, dolomite

- 53. Upper Triassic Sándorhegy Fm: limestone
- 54. Upper Triassic Veszprém Fm: marstone, limestone
- 55. Upper Triassic liemstone, dolomite, marstone
- 56. Middle – Upper Triassic limestone, dolomite, marl, vulcanoclastics
- 57. Middle Triassic cherty limestone, dolomite, vulcanoclastics
- 58. Lower Triassic siltstone, dolomite, limestone, sandstone
- 59. Paleó–Mesozoic siliciclastite, carbonate, vulcanite
- 60. Permian sandstone, siltstone, conglomerate
- 61. Ordovician–Silurian anchimetamorphic slate, metasandstone

#### **Other Austroalpine units**

##### *Baján Complex*

- 62. Cretaceous – Early Miocene mylonitic, cataclastic fault rocks

##### *Upper Austroalpine units in general*

- 63. Metamorphic and non-metamorphic Palaeó–Mesozoic formations

##### *Graz Palaeozoic*

- 64. Palaeozoic phyllite, calcschist, metasandstone, dolomite, sericiteschist

##### *Kobansko Complex*

- 65. greenschists

##### *Koralpe-Wölz nappe unit*

- 66. Pohorje Complex: micaschist, amphibolite, marble

#### **PENNINIC UNIT**

- 67. Jurassic–Cretaceous greenschist, phyllite, metasandstone, serpentinite

#### **MID-HUNGARIAN SHEAR ZONE**

##### *Magmatic-metamorphic Zone*

- 68. Palaeozoic anchi- epimetamorphic rocks, Oligocene tonalite

##### *Ljutomer Belt*

- 69. Lower Middle Triassic limestone, dolomite, siliciclastics
- 70. Permian formations in general
- 71. Paleozoic formations in general

##### *South Karavanka Unit*

- 72. Middle–Upper Triassic limestone, dolomite (platform, slope)
- 73. Lower Triassic formations in general
- 74. Permian formations in general
- 75. Paleozoic formations in general

##### *Mid-Transdanubian Unit*

- 76. Mesozoic–Paleozoic formations in general

##### *South Zala and Kalnik Units*

- 77. Middle–Upper Jurassic pelagic limestone, radiolarite, slate; Middle–Upper Triassic limestone, dolomite; Permian Semjén Fm: evaporite, slate, limestone; and Cretaceous Inke Fm: ophiolitic mélange

#### **TISZA UNIT**

- 78. Palaeozoic micaschist, gneiss, amphibolite





## Hévízhasznosítási helyzetkép a Mura–Zala-medence területén a 2009. december 31-i állapotra

*State-of-the-art of thermal water utilization in the Mura–Zala Basin as of December 31, 2009*

JUHÁSZ ISTVÁN<sup>1</sup>, BÁNYAI PÉTER<sup>1</sup>, TÓTH LAURA<sup>1</sup>, HAMZA ISTVÁN<sup>1</sup>, NINA RMAN<sup>2</sup>, ŠPELA KUMELJ<sup>2</sup>,  
SIMON MOZETIČ<sup>2</sup>, NÁDOR ANNAMÁRIA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Nyugat-dunántúli Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság, 9700 Szombathely, Vörösmarty u. 2.

<sup>2</sup>Geološki zavod Slovenije, 1000 Ljubljana, Dimičeva ulica 14.

<sup>3</sup>Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, 1143 Budapest, Stefánia út 14.

Tárgyszavak: Mura–Zala-medence, hasznosítások felmérése, kérdőív, balneológia, közvetlen hőhasznosítás, földhős hőszivattyú

### Kivonat

A Mura–Zala-medencében a T-JAM projekt céljait szolgáló közös, harmonizált hévízgazdálkodási ajánlások kidolgozásának egyik alapköve volt a jelenlegi termálvíz-hasznosítások felmérése és értékelése. A felmérések alapját a hatóságok által ismert termálvíz-hasznosítóknak kiküldött, a Nemzetközi Geotermikus Szövetség által kidolgozott kérdőívek jelentették, amelyek a közvetlen hőhasznosításra (beleértve a balneológiát is) vonatkozó terelési adatok (hozam, hőmérséklet) alapján lehetővé tették a kapacitás, illetve az éves energiafelhasználás számszerűsítését. A felmérés a sekély geotermikus energiát hasznosító földhős hőszivattyúkra is kiterjedt, bár erre vonatkozóan mind Szlovéniában, mind Magyarországon csak becült értékekkel számoltunk a nyilvántartások hiánya miatt. Az összegzések és kiértékelések alapján a geotermikus energia összes közvetlen hőhasznosítása a földhős hőszivattyúkkal együtt Délnyugat-Magyarországon mindösszesen 74,1 MWt beépített teljesítményt és 665,97 TJ/év energiafelhasználást jelent a 2009. december 31-i állapotra, míg ezek az értékek Északkelet-Szlovéniára vonatkozóan 46,82 MWt, illetve 421,24 TJ/év.

Key words: Mura–Zala Basin, survey of utilizations, questionnaire, balneology, direct heat, ground-source heat pumps

### Abstract

To be able to phrase recommendations for the joint, harmonized thermal groundwater management in the Mura–Zala Basin, which was the ultimate goal of the T-JAM project, it was important to get a coherent picture about the current utilization schemes. This was done by a questionnaire survey based on the templates, elaborated earlier by the International Geothermal Association, which also encompass balneological utilisation. Templates were sent to all known thermal water users in the region. Main production parameters (flow rate, temperature) made it possible to calculate installed capacity (MWt) and annual energy use (TJ/y). The survey also included shallow geothermal energy exploited by ground-source heat pumps, however we could use only estimated numbers in both countries due to the lack of proper registration of heat-pumps. Based on the summary of the data and their evaluation, the total direct use of geothermal energy (including ground-source heat pumps) is 74,1 MWt in SW Hungary representing annual use of energy of 665.97 TJ/y, while these numbers are 46.82 MWt and 421.24 TJ/y for NE Slovenia respectively.

### Bevezetés

A geotermikus energia fűtési (napjainkban immár hűtési célokra is történő) közvetlen hőhasznosítása az egyik legrégebbi, legsokoldalúbb és egyben a leggyakoribb formája a földhő kiaknázásának. Emellett mind Szlovéniában,

mind Magyarországon a termálvizek leggyakoribb hasznosítási módja balneológiai célú. A projekt végső céljait szolgáló hévízgazdálkodási ajánlások megfogalmazásánál nagy jelentősége van a jelenlegi (2009. december 31-i állapot) termálvíz használatok felmérésének, amely alapján képet alkothatunk a főbb hasznosítási módokról, azok

földrajzi elhelyezkedéséről és paramétereiről. Szlovéniában összesen 29 helyen hasznosítják a termálvizet különböző célokra (RAJVER et al. 2010), ezek a hasznosítási körzetek szinte teljes egészében Északkelet-Szlovéniára, azaz a T-JAM projekt területére koncentrálódnak. Magyarországon több mint 900 termálkút ismert 30 °C-nál melegebb kifelővíz-hőmérséklettel, amelynek zömét balneológiai célra hasznosítják, de a mezőgazdaságban több mint 67 hektárnyi üvegház fűtésére, illetve közel 40 településen épületek fűtésére is használják a földhőt (TÓTH 2010). Ezen hasznosítások az ország hegyvidéki területein kívül, minden területre kiterjednek, amelyen belül a legjelentősebb dél-alföldi termálvíz-hasznosítási körzetek mellett a délnyugat-magyarországi (Mura–Zalai-medence) térségnek is jelentős szerepe van.

### A hasznosításra vonatkozó kérdőív

A geotermikus energia hasznosítására vonatkozóan a Nemzetközi Geotermikus Szövetség (International Geothermal Association) egy kérdőívet állított össze, amelyet az ötévente megrendezésre kerülő Geotermikus Világkongresszusok előtt minden ország szakemberei kitöltenek („országjelentés”). Az egységes szemléletű adatfeldolgozás alapján követni lehet a geotermikus energiahasznosítások trendjét és az újabb fejlesztéseket (LUND et al. 2010). A közvetlen hőhasznosításra vonatkozó kérdőív táblázatai magukba foglalják a fürdési célú (balneológiai) termálvíz felhasználást is, annak ellenére, hogy ebben az esetben a kivett hőenergia nem, csak annak „hordozó közege” kerül felhasználásra. A továbbiakban ezt a szemléletet követve a balneológiai célú termálvíz kivételt is a közvetlen hőhasznosítás alatt tárgyaljuk. A kérdőív emellett a földhős hőszivattyúkra vonatkozó információkat is összegzi. A T-JAM projekt hévízhasznosításának felmérése során e nemzetközileg elfogadott kérdőívet küldtük ki minden termálvíz-hasznosítónak a projekt területén egy rövid útmutatóval. A kérdőív táblázatait a felhasználók töltötték ki termelési adataik és helyi ismereteik alapján.

A geotermikus energia közvetlen hőhasznosítására vonatkozó táblázat a különböző hasznosítási típusokba (kivéve földhős hőszivattyúk) történő besorolások mellett azok néhány helyszínen mért adatát összegezi, úgymint áramlási sebesség (~hozam) valamint bemeneti és kimeneti hőmérséklet maximális felhasználásnál (egy vagy több kútból). Ennek alapján a kapacitást ( $MW_t$ ) minden termelőknél ki lehet számolni a táblázatban megadott képlet szerint. További adat az átlag áramlási sebesség éves felhasználásnál, valamint a bemenő és a kimenő hőmérséklet, amennyiben eltér a maximális felhasználásnál mért értéktől. Ezekből az adatokból az éves felhasznált energiát lehet kiszámolni (TJ/yr) szintén a megadott képlet szerint.

A földhős hőszivattyúkra vonatkozó táblázat mutatja az összes földhős hőszivattyú egységek számát, melyek a T-JAM projekt területén működnek mindkét országban

(víztermeléses [W], vízszintes talajkollektoros [H], vagy vertikális talajszondák [V]). A táblázat megadja a hőszivattyú típusának besorolását és/vagy kapacitását, valamint az egyéb vonatkozó adatokat és az éves földből, vagy talajvízből kinyert energia mennyiségét.

A geotermikus energia közvetlen hőfelhasználásának összefoglalását mutató táblázat célja megmutatni a hasznosítás kategóriánkénti megoszlását. Északkelet-Szlovéniában ezek az alábbiak:

- Egyedi helyiségek fűtése (kivéve hőszivattyúk) (H)
- Fürdés és úszás (balneológiát is beleértve) (B)
- Távfűtés (kivéve hőszivattyúk) (D)
- Légkondicionálás (hűtés) (C)
- Üvegházak és talajfűtés (G)

Délnyugat-Magyarországon a felhasználók csak 2 kategóriában alkalmazzák közvetlenül a geotermikus energiát:

- Fürdés és úszás (balneológiát is beleértve) (B)
- Távfűtés (kivéve hőszivattyúk) (D)

### A geotermikus hasznosítás jellemzői a projekt szlovén területén

Északkelet-Szlovéniában a geotermikus energia közvetlen hőhasznosítására vonatkozó kérdőívet a következő felhasználóknak küldtük ki:

1. Moravske Toplice, Terme 3000 d.o.o.
2. Grede Tešanovci d.o.o.
3. Moravske Toplice, Terme Vivat, Počitek-užitek d.o.o.
4. Murska Sobota, Hotel Diana d.o.o.
5. Murska Sobota, Komunala, Javno podjetje d.o.o.
6. Lendava, Terme Lendava d.o.o.
7. Lendava, Nafta-Geoterm d.o.o.
8. Mala Nedelja, BioTerme Mala Nedelja, Segrap d.o.o.
9. Banovci, Terme Banovci d.o.o.
10. Radenci, Terme Radenci, Zdravilišče Radenci d.o.o.
11. Dobrovnik, Ocean Orchids d.o.o.
12. Ptuj, Terme Ptuj d.o.o.
13. Maribor, Terme Maribor d.d.

### Általános jellemzők

A szlovéniai területén 13 helyszínen (1. ábra) a jelenleg becsült közvetlen hőhasználat 381,24 TJ/év (kivéve a földhős hőszivattyúkat, de beleértve néhány nagykapacitású geotermikus hőszivattyút egy helyszínen — lásd lejjebb). A beépített összkapacitás a 13 felhasználónál 38,82  $MW_t$  (1. táblázat).

Az elmúlt 6 évben 4 új közvetlen felhasználó jelent meg Északkelet-Szlovéniában. 3 közülük (Moravske Toplice – Terme Vivat, Tešanovci, Dobrovnik) ugyanazt a regionálisan elterjedt felső-miocén–pliocén homok és laza homokkő víztartó réteget (Mura Formáció) használja, míg Benedikt termelő kútja, ami paleozoikumi metamorf kőzetek vízadóit termeli, még mindig próbaüzem alatt áll.



1. ábra. Geotermikus energiafelhasználók a T-JAM projekt területén (a számok a szövegben megadott felhasználókat jelölik)

Figure 1. Users of geothermal energy on the T-JAM project area (numbers refer to the number of users as listed in the text)

1. táblázat. A geotermikus energia közvetlen hőhasznosítása a 2009. december 31-i állapotra Északkelet-Szlovéniában (kivéve hőszivattyúk)

Table 1. Direct use of geothermal energy (except for ground-source heat pumps) in NE Slovenia as of December 31, 2009

Helyszín	Típus <sup>1</sup>	Maximális hasznosítás			Kapacitás <sup>2</sup> (MWt)	Éves felhasználás		
		Áramlási sebesség (kg/s)	Hőmérséklet (°C)			Átlag áramlási sebesség (kg/s)	Energia- felhasználás <sup>3</sup> (TJ/év)	Kapacitás Tényező <sup>4</sup>
			Bemenő	Kimenő				
Moravske Toplice, Terme 3000	HB	87	61,2	15	15,65	29,7	124,5	0,25
Tešanovci	G	27,8	40	30	1,16	8,3	11	0,30
Moravske Toplice, Terme Vivat	CIIB	12	60	29	1,56	3,8	14,54	0,30
Murska Sobota, Hotel Diana	IIIB	12	43	22	1,05	10	21,37	0,65
Murska Sobota, Komunala	DB	10,3	49	30	0,82	7	17,54	0,68
Lendava Terme	HB	14	59	30	1,7	7,6	28,48	0,53
Lendava Town	D	25	66	40	2,72	15	31,7	0,37
Mala Nedelja	B	22	48,4	27	1,98	6	17,3	0,28
Banovci	HB	23,5	61,8	15	4,59	17	70,9	0,49
Radenci	B	6,5	42	28	0,38	1,5	2,77	0,23
Dobrovnik	G	30	62	15	5,9	2,4	14,6	0,08
Ptuj	BII	23	41	29	1,15	14	21,4	0,59
Maribor	B	1,5	39	13	0,16	1,5	5,14	1,02
Benedikt (tesztfázis)	D							
<b>ÖSSZESEN</b>		<b>294,6</b>			<b>38,82</b>	<b>123,8</b>	<b>381,24</b>	

I = Ipari hőhasznosítás, H = Egyedi hely fűtése (kivéve a hőszivattyúk), C = Légkondicionálás (hűtés), D = Távfűtés (kivéve a hőszivattyúk), A = Mezőgazdasági terményszárítás, B = Balneológia, F = Haltenyésztés, G = Üvegház és talaj fűtése, K = Állattenyésztés, O = Egyéb, S = Hőolvasztás  
 Kapacitás (MWt) = max. átfolyási/áramlási sebesség (kg/s) [belépő hőm. (°C) - kilépő hőm. (°C)] × 0,004184, Energia-felhasználás (TJ/év) = átlag átfolyási/áramlási sebesség (kg/s) × [bemeneti hőm. (°C) - kilépő hőm. (°C)] × 0,1319, Kapacitás tényező = [Éves energia felhasználás (TJ/év)/kapacitás (MW)] × 0,03171.

2. táblázat. A geotermikus energia közvetlen hőfelhasználásának összefoglaló táblázata 2009. december 31-i állapotra ÉK-Szlovéniában

Table 2. Summary of direct heat utilization of geothermal energy in NE Slovenia as of December 31, 2009

Felhasználás	Beépített teljesítmény (MWt)	Éves energiafelhasználás <sup>2</sup> (TJ/év)	Kapacitástényező <sup>3</sup>
Fgyedi helyiség fűtése <sup>4</sup>	11,85	133,85	0,36
Távfűtés <sup>4</sup>	3,29	43,55	0,42
Légkondicionálás (hűtés)	0,13	1,83	0,5
Üvegház fűtés	7,06	25,55	0,11
Haltenyésztés			
Állattenyésztés			
Mezőgazdasági szárítás <sup>5</sup>			
Ipari folyamat hő <sup>6</sup>			
Hóolvasztás			
Fürdés és úszás <sup>7</sup>	16,49	176,46	0,34
Egyéb felhasználás (részletezés)			
<b>Összesen:</b>	<b>38,82</b>	<b>381,24</b>	
Földhős hőszivattyúk	8	40	
<b>Mindösszesen:</b>	<b>46,82</b>	<b>421,24</b>	

<sup>1</sup>Beépített kapacitás (hőteljesítmény) (MWt) = max. áramlási sebesség(kg/s) × [bemenő hőm. (°C) – kilépő hőm. (°C)] × 0,004184.

<sup>2</sup>Éves energia felhasználás (TJ/év) = átlag áramlási sebesség (kg/s) × [bemenő hőm. (°C) – kilépő hőm. (°C)] × 0,1319.

<sup>3</sup>Kapacitástényező = [Éves energia felhasználása (TJ/év) / kapacitás (MW)] × 0,03171. <sup>4</sup>Hőszivattyúkon kívül.

<sup>5</sup>Tartalmazza a gabonák, gyümölcsök és zöldségek szárítását, vizelvonását.

<sup>6</sup>Nem tartalmazza a mezőgazdasági szárítást és vizelvonást.

<sup>7</sup>Tartalmazza a gyógyfürdőket.

### Fürdés és úszás

A baneológiai célra felhasznált termálvizek hőmérséklete a kútfekjéknél 39 °C (Maribor) és 61,8 °C (Banovci) között változik, a fürdési céllal kivett termálvíz összes becsült geotermikus energiája 176,46 TJ/év (2. táblázat).

### Fűtés és légkondicionálás

Hat termálfürdő és sanatórium és 4 rekreációs központ van (3 közülük hotel), ahol a medencéket közvetlenül termálvízzel (Moravske Toplice, Banovci), vagy közvetetten hőcserélőkkel (Terme Lendava) fűtik. Emellett a Hotel Dianában Muraszombaton nagyobb kapacitású (összesen 0,26 MWt) nyitott hurkos, talajvíz alapú hőszivattyús rendszert használnak a termálvíz hőmérsékletének további növelésére, amit a medencékben és fűtésnél vesznek igénybe. Ez kb. 4,75 TJ/év geotermikus energiafelhasználást jelent. 2005-ben hőcserélők alkalmazásával javulást sikerült elérni a jobb hőmérséklet-tartomány kihasználására, elsősorban Moravske Toplicében (Terme 3000) és Banovciban.

A helyiségek fűtésére felhasznált összes geotermikus energia 133,85 TJ/év (2. táblázat). Feltehetően csak a Terme Vivat használ légkondicionálásra geotermikus energiát, ami 2 TJ/év a kitermelt energiából.

### Távfűtés

Jelenleg 2 geotermikus távfűtési rendszer üzemel Szlovéniában. Muraszombaton kb. 300 lakást fűtenek geotermikus energiával októbertől ápriliséig. Lendva belvárosában számos épület fűtésére (iskola, óvoda, lakások) a Nafta Geoterm Co. használ termálvizet, amelyet a befejezéshez közel álló hóolvasztó rendszer üzemeltetésére is fel kívánnak használni. Benediktben a geotermikus alapú távfűtés próbáuzeme folyik és maga az ellátó kút is tesztelés alatt áll. A távfűtésre használt össz geotermális energia 43,55 TJ/év (2. táblázat).

### Üvegházak

Tesanovciban, Moravske Toplice mellett a Grede mezőgazdasági Rt. a Terme 3000-ból kifolyó 40 °C-os termálvizet használja az 1 hektáros üvegház fűtésére, ahol paradicsomot termesztnek. Dobrovnikban az Ocean Orchids Rt. új üvegházaiban, (a korábbi 1,4 hektáros üvegházakat nemrég bővítették 3 hektárra) orchideákat termesztnek hazai és külföldi piacra. Az Ocean Orchids Rt. 3 hőszivattyú egységet használ a vízhőmérséklet szabályozására. Az üvegházak fűtésére felhasznált összes geotermikus energia 25,55 TJ/év (2. táblázat).

3. táblázat. Földhős hőszivattyúk felhasználása a 2009. december 31-i állapotra Északkelet-Szlovéniában

Table 3. Utilization of shallow geothermal energy by ground-source heat-pumps in NE Slovenia as of December 31, 2009

Helyszín	Talaj vagy víz hőm <sup>1</sup> (°C)	Hőszivattyú kapacitás (MWt)	Egységek száma	Típus <sup>2</sup>	COP <sup>3</sup>	Fűtési egyenérték Teljes terhelés <sup>4</sup> óra/év	Felhasznált fűtési energia <sup>5</sup> (TJ/év)	Πűtési energia (TJ/év)
Prekmurje, Podravje	8-16	4	360	W	2,4-6	900-2520	20	
	0-12	2	200	II	2,9-4,5	1200-2520	13	
	2,5-14	2	40	V	3-4,8	1800-1900	7	2
Összesen		8	600				40	2

<sup>1</sup>A talaj, vagy a víz átlaghőmérséklete, <sup>2</sup>A telepítés típusa az alábbiak szerint: V = függőleges földhő szonda, H = vízszintes talajkollektor, W = víz alapú nyílt rendszer, <sup>3</sup>COP = kimeneti hőenergia/a kompresszor bemeneti energiája (hőszivattyú hatásfoka), Teljes terhelés éves üzemórái vagy = kapacitás tényező × 8760, Fűtési energia (TJ/év) = áramlási sebesség (kg/s) × [(bemeneti hőm. (°C) - kilépő hőm. (°C)] × 0,1319 vagy = névleges kimenő energia (kJ/h) × [(COP - 1) / COP] × egyenértékű teljes terhelés óra/év.

### Földhős hőszivattyúk

A jelenleg Szlovéniában beépített hőszivattyú egységek pontos számát nehéz megállapítani, mivel erről nem áll rendelkezésre hivatalos statisztika. A hőszivattyú kereskedők eladási statisztikái adnak alapot a becsléshez, annak ellenére, hogy néhány hazai gyártó és importáru forgalmazó az adatközlésben nem működött közre. Éppen ezért nagyon nehéz megbecsülni, hogy mennyi a földhős hőszivattyú-felhasználás Északkelet-Szlovéniában Szlovénia összes hasonló felhasználásából (e tekintetben az összkapacitás 49,9 MWt és 244 TJ/év a felhasznált földhő energia). A valóságot számszerűsítő nyilvántartások hiányában szakértői becslések alapján azt feltételezzük, hogy összesen kb. 600 beépített hőszivattyú egység van mindegyik típusból (víztermeléses és víztermelés nélküli változatok) Prekmurje és Podravje régiókban, megközelítőleg 8 MW<sub>t</sub> kapacitással, amelyek valószínűleg 40 TJ/év földhő energiát nyernek ki a sekély felszín alatti részekből (3. táblázat). Ezekből becsléseink szerint több mint a fele nyílt rendszerű talajvíz alapú hőszivattyú, amely évente kb. 20 TJ hőt von ki a talajvízből, a maradék zárt rendszerű talajkollektor (kb. 13 TJ) vagy függőleges zárt rendszerű földhőszonda (kb. 7 TJ).

A geotermikus energia összes közvetlen hőhasznosítását Északkelet-Szlovéniában a 2. táblázat összegzi, amely a földhős hőszivattyúkkal együtt mindösszesen 46,82 MWt beépített teljesítményt és 421,24 TJ/év energiafelhasználást jelent.

### Geotermikus alapú elektromos áramtermelés lehetőségei

Jelenleg nincs geotermikus alapú elektromosáram-termelés Szlovéniában. Egy geotermikus alapú erőmű gazdaságos működtetéséhez megfelelően magas hőmérsékletű és hozamú mélybeli víztartó rétegek megléte egyelőre nem bizonyított a területen. Petišovci és Murski gozd területén esetleg léteznek a mélyben erre a célra alkalmas potenciálisan termálvíztartó összetek. Egy geotermikus alapú erőmű megépítésénél mindenképpen figyelemmel kell lenni a visszasajtolásra is, amely a területen nehézségeket jelenthet a termálvizek kedvezőtlen összetétele miatt (RAJVER, LAPANJE

2010). A mesterségesen fejlesztett földhő-rendszerek (Enhanced Geothermal System) alkalmazásának lehetőségeiről szóló vizsgálat szerint Északkelet-Szlovénia egyes területei, ahol a legmagasabb a geotermikus gradiens értéke, potenciálisan alkalmasak lehetnek.

### Geotermikus hasznosítás jellemzői a projekt magyar területrészen

Délnyugat-Magyarországon a geotermikus energia közvetlen hőhasznosítására vonatkozó táblázatot a következő felhasználóknak küldtük ki:

1. Zalaszentgrót, Szentgróti Víz- és Fürdő Kft.,
2. Letenye, ÉKKÖV Kft.,
3. Hévíz, Tóforrás,
4. Hévíz, Szent András Állami, Reumatológiai és Rehabilitációs Kórház,
5. Hévíz, Hotel Aquamarin,
6. Hévíz, Hotel Helios,
7. Hévíz, Danubius Health, Spa Resort,
8. Hévíz, DRV Zrt.,
9. Alsópáhok, Kolping Családi, Hotel Kft,
10. Lenti, Gyógyfürdő Kft.,
11. Zalakaros, Gránit Gyógyfürdő Zrt.,
12. Zalakaros, Karosinvest Idegenforgalmi, Szolgáltató Kft.,
13. Bázakerettye, Önkormányzat, Szolgáltató Kft.,
14. Nagykanizsa, Kanizsa Uszoda Kft.,
15. Galambok, Castrum, Gyógykemping Kft.,
16. Kehidakustány, Kehida Termál, Gyógyfürdő Üzemeltető, és Szolgáltató Kft.,
17. Gelse, Gelse Termál, Vagyonkezelő és, Szolgáltató Kft.,
18. Zalaegerszeg, Thermál Plus Kft.,
19. Pusztaszentlászló, termálfürdő, Eurowild Kft.,
20. Mesteri, Mesteri Termál Kft.,
21. Szentgotthárd, Gotthárd Therm Kft.,
22. Vasvár, Vasi Triász Kft.,
23. Borgáta, Borgáta Forrás Kft.,
24. Celldömölk, Termálfürdő,
25. Sárvár, Termálfürdő,
26. Sárvár, Danubius Hotel,

27. Sárvár, Spirit Hotel,  
28. Szombathely, Termálfürdő.

### Általános jellemzők

A projekt magyarországi területe teljes Zala megyét, valamint Vas megye D-i részét foglalja magába, ahol 28 helyszínen (1. ábra) a jelenleg becsült közvetlen hőhasználat 647,97 TJ/év (4. táblázat) (kivéve a földhős hőszivattyúkat).

A beépített összkapacitás a 28 felhasználónál 70,6 MW<sub>t</sub> (4. táblázat). A vizsgált területen a geotermikus energiát a felhasználók leginkább fürdésre és úszásra hasznosítják, 20 település közül egyetlen helyen található távfűtés. A területen üvegházak fűtésére, egyéb mezőgazdasági célra geotermikus energiát nem hasznosítanak.

A földhős hőszivattyúk elterjedése az elmúlt néhány évben nyert nagyobb lendületet, számuk azonban még mindig csekély.

4. táblázat. A geotermikus energia közvetlen hőhasznosítása a 2009. december 31-i állapotra Délnyugat-Magyarországon (kivéve hőszivattyúkat)

Table 4. Direct use of geothermal energy (except for ground-source heat pumps) in SW Hungary as of December 31, 2009

Helyszín	Típus <sup>1</sup>	Maximális hasznosítás			Kapacitás <sup>2</sup> (MWt)	Éves felhasználás		Kapacitás tényező <sup>3</sup>
		Áramlási sebesség (kg/s)	Hőmérséklet (°C)			Átlag áramlási sebesség (kg/s)	Energia-felhasználás <sup>4</sup> (TJ/év)	
			Bemenő	Kimenő				
Zalaszentgrót, Szentgróti Víz- és Fürdő Kft.								
K-37 kút	B	26	32	30	0,22	1,66	0,44	0,06
Letenye, ÉKKÖV Kft.								
K 59 kút	B	8,5	48	30	0,64	0,19	0,45	0,02
Hévíz								
Tóforrás	B	400	38	30	13,30	400,00	422,00	1,00
Hévíz Szent András Állami Reumatológiai és Rehabilitációs Kórház								
B-14 kút	B	35	38	30	1,17	10,70	11,30	0,30
B 32 kút	B	33	40	30	1,38	4,60	6,00	0,14
Hévíz Hotel Aquamarin								
B-4/a. kút	B	5,6	42	30	0,28	1,70	2,69	0,30
Hévíz Hotel Helios								
K 11 kút	B	11,5	37	30	0,33	7,70	7,10	0,68
Hévíz Danubius Health								
B 15 kút	B	14	41	30	0,64	3,20	4,60	0,23
Hévíz DRV Zrt.								
B 33 kút	B	13	37,5	30	0,40	4,10	4,00	0,32
Alsópáhok Kolping Családi Hotel Kft								
B-7 kút	B	10	38	30	0,33	1,10	1,16	0,11
Lenti Gyógyfürdő Kft.								
B-33 kút	B	13	70	30	2,17	3,30	17,40	0,25
K 23 kút	B	17,5	35	30	0,37	3,80	2,50	0,22
K-12 kút	B	5,7	56	30	0,62	2,00	6,80	0,35
Zalakaros Gránit Gyógyfürdő Zrt.								
K 11 kút	B	19	47	30	1,35	4,20	9,40	0,22
K-14 kút	B	26	53	30	2,50	6,30	19,10	0,24
K 5 kút	B	24	96	30	6,60	1,50	13,00	0,06
K-8 kút	B	36	106	30	11,40	1,14	11,40	0,03
Zalakaros Karosinvest Idegenforgalmi Szolgáltató Kft.								
K-18 kút	B	9	53	30	0,86	1,43	4,34	0,16
Bázakerettye Önkormányzat Szolgáltató Kft.								
K 1 kút	B	2	32	30	0,02	0,14	0,04	0,07
Nagykanizsa Kanizsa Uszoda Kft.								
B-62 kút	B	12	50	30	1,00	2,20	5,80	0,18
Galambok, Castrum Gyógykemping Kft.								
K 7 kút	B	7,5	43	30	0,41	1,74	3,00	0,23

## 4. táblázat. Folytatás

Table 4. Continuation

Helyszín	Típus <sup>1</sup>	Maximális hasznosítás			Kapacitás <sup>2</sup> (MWt)	Éves felhasználás		Kapacitás tényező <sup>1</sup>
		Áramlási sebesség (kg/s)	Hőmérséklet (°C)			Átlag áramlási sebesség (kg/s)	Energia- felhasználás <sup>3</sup> (TJ/év)	
			Bemenő	Kimenő				
Kehidakustány, Kehida Termál Gyógyfürdő Üzemeltető és Szolgáltató Kft.								
K 8 kút	B	25	51	30	2,20	3,17	8,80	0,13
K-12 kút	B	17	51	30	1,50	0,00	0,00	0,00
Gelse, Gelse Termál Vagyongazdálkodó és Szolgáltató Kft.								
K 5 kút	B	8	42	30	0,40	0,28	0,44	0,04
Zalaegerszeg Thermál Plus Kft.								
K-193 kút	B	8	41	30	0,37	0,95	1,38	0,12
K 249 kút	B	10	43	30	0,54	0,00	0,00	0,00
K-286 kút	B	28	98	30	7,97	1,05	9,40	0,04
Pusztaszentlászló, termálfürdő, Eurowild Kft.								
K-2 kút	B	2,7	48	30	0,20	2,00	4,74	0,76
Mesteri, Mesteri Termál Kft.								
K 8 kút	B	7,2	64	30	1,02	1,42	6,37	0,20
Szentgotthárd, Gotthárd Therm Kft.								
B 44 kút	B	16,6	32	30	0,14	1,36	0,36	0,08
Vasvár, Vasi Triász Kft.								
K-10 kút	B	1,00	72	30	0,18	0,86	4,76	0,84
K-10 kút	D	10	72	30	1,76	2,25	12,46	0,22
Borgáta, Borgáta Forrás Kft.								
K-6 kút	B	50	48	30	3,76	0,00	0,00	0,00
K-2 kút	B	12	48	30	0,90	0,95	2,26	0,08
Szombathely, Termálfürdő, Vasviz Zrt.								
B 46 kút	B	5,6	34	30	0,09	2,5	1,32	0,46
B 108 kút	B	9,5	34	30	0,16	1,42	0,75	0,15
Sárvár, Sárvári Gyógyfürdő Kft.								
B 7 kút	B	12,5	44	30	0,73	5,5	10,15	0,44
B-35 kút	B	9,1	44	30	0,53	3,5	6,46	0,38
Sárvár, Danubius Sz. Sz. Zrt., Termál Hotel								
B-44 kút	B	13,3	48	30	1,0	1,36	3,22	0,1
Sárvár, Spirit Hotel, Thermal SPA								
K 53 kút	B	8,6	46	30	0,57	5,57	11,75	0,65
Celldömölk, Városgondnokság, Vulkan Fürdő								
K 45 kút	B	3,6	51	30	0,32	2,0	5,53	0,54
K-46 kút	B	6,6	33	30	0,08	2,2	0,87	0,35
K 60 kút	B	3,3	44	30	0,19	2,4	4,43	0,74
<b>Összesen</b>		<b>995,9</b>	<b>46,9</b>	<b>30</b>	<b>70,60</b>	<b>503,44</b>	<b>647,97</b>	<b>0,29</b>

<sup>1</sup>I = Ipari hőhasznosítás, H = Egyedi hely fűtése (kivéve a hőszivattyúk), C = Légkondicionálás (hűtés), D = Távfűtés (kivéve a hőszivattyúk), A = Mezőgazdasági terményszárítás, B = Balneológia, F = Haltenyésztés, G = Üvegház és talaj fűtése, K = Állattenyésztés, O = Egyéb, S = Hőolvasztás, <sup>2</sup>Kapacitás (MWt) = max. átfolyási/áramlási sebesség (kg/s) [belépő hőm. (°C) - kilépő hőm. (°C)] × 0,004184. <sup>3</sup>Energia-felhasználás (TJ / év) = átlag átfolyási/áramlási sebesség (kg/s) × [bemeneti hőm. (°C) - kilépő hőm. (°C)] × 0,1319. <sup>4</sup>Kapacitás tényező = [Éves energia felhasználás (TJ/év) / kapacitás (MW)] × 0,03171.

## Fürdés és úszás

A kérdőíves felmérés eredménye alapján, a vizsgált területen 20 településen 28 termálvíz felhasználót tartunk nyilván, a vízhasználók 43 termálkutat üzemeltetnek fürdőzés, illetve balneológiai célból. A 43 kútból termelt évi átlagos vízhozam 107 l/s, az éves kitermelt hőenergia 226

TJ/év. Hévízen található egy természetes tóforrás, ahol éves átlagban 400 l/s hozamú termálvíz tör fel, 422 TJ/év energiát szállítva. A termálkutatkból és a tóforrásból együttesen 507 l/s termálvíz kerül fürdési célú hasznosításra, 635,51 TJ/év energiát szállítva (4. és 5. táblázatok). A tóforrás nagy mennyiségű elfolyó vízének további hasznosítását jelenleg több vállalkozás tervezi.

5. táblázat. A geotermikus energia közvetlen hőfelhasználásának összefoglaló táblázata 2009. december 31-i állapotra DNy-Magyarországon

Table 6. Summary of direct heat utilization of geothermal energy in SW Hungary as of December 31, 2009

Felhasználás	Beépített teljesítmény (MWt)	Éves energiafelhasználás <sup>2</sup> (TJ/év)	Kapacitástényező <sup>3</sup>
Egyedi hely fűtése <sup>4</sup>			
Távfűtés <sup>4</sup>	1,76	12,46	0,22
Légkondicionálás (hűtés)			
Üvegház fűtése			
Hallenycsés			
Állattenyésztés			
Mezőgazdasági szárítás <sup>5</sup>			
Ipari folyamat hő <sup>6</sup>			
Hőelvonás			
Fürdés és úszás <sup>7</sup>	68,84	635,51	0,29
Egyéb felhasználás (részletezés)			
<b>Összesen:</b>	<b>70,6</b>	<b>647,97</b>	
Földhős hőszivattyúk	3,5	18	
<b>Mindösszesen:</b>	<b>74,1</b>	<b>665,97</b>	<b>0,3</b>

<sup>1</sup>Beépített kapacitás (hőteljesítmény) (MWt) = max. áramlási sebesség (kg/s) × [bemenő hőm. (°C) - kilépő hőm. (°C)] × 0,004184. <sup>2</sup>Éves energia felhasználás (TJ/év) = átlag áramlási sebesség (kg/s) × [bemenő hőm. (°C) - kilépő hőm. (°C)] × 0,1319. <sup>3</sup>Kapacitástényező = [Éves energia felhasználása (TJ/év) / kapacitás (MW)] × 0,03171. <sup>4</sup>Hőszivattyúkon kívül. <sup>5</sup>Tartalmazza a gabonák, gyümölcsök és zöldségek szárítását, vizelvonását. <sup>6</sup>Nem tartalmazza a mezőgazdasági szárítást és vizelvonást. <sup>7</sup>Tartalmazza a gyógyfürdőket.

### Távfűtés

Távfűtésre a termálvizet egyetlen településen, Vasváron hasznosítják, ahol a 72 °C-os vízzel egy lakótelepet fűtenek. A felhasznált hőenergia 12,46 TJ/év (4. és 5. táblázatok). Emellett Zalaegerszegen tervezik egy kórház és néhány közintézmény termálvízzel való fűtését. Itt a visszasajtoló rendszer kiépítése még nem fejeződött be.

### Földhős hőszivattyúk

Szlovéniához hasonlóan, Magyarországon is igen nehéz a beépített hőszivattyú egységek számát megállapítani a nyilvántartások hiánya miatt, és egyedül a zárt rendszerek engedélyezését végző bányakapitányságok adataira lehet hagyatkozni. A vizsgált terület Zala megyei részén a pécsi, a Vas megyei részén a Veszprémi Bányakapitányság által kiadott engedélyek száma Zala megyében 13 darab, Vas megyében 3 darab, mely a tényleges hőszivattyú-használatot nem tükrözi, az valószínűleg ennél jóval magasabb.

A vízkitermeléssel járó nyílt rendszerek esetében az engedélyező hatóság a szombathelyi székhelyű Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség, ahol azonban ilyen típusú hőszivattyú-használat nem került engedélyezésre, és a földtani adottságok sem kedvezőek ehhez (kiterjedt kavicsos allúviumok hiánya). Természetesen nem lehet kizárni néhány engedély nélkül kiépített rendszer működését.

A területen túlnyomórészt a földhős hőszivattyúk vertikális változatát alkalmazzák, jellemzően 50 m-es, esetenként 100 m-es szondák alkalmazásával. A hőszivattyúk esetenkénti használata már az 1990-es évektől megfigyelhető, de gyakorlatilag elterjedésükről az utolsó 10 évben beszélhetünk, nagyobb számú alkalmazás az utóbbi néhány évben (kb. 2005-től) figyelhető meg.

A területen üzemelő egységek számát a Magyar Hőszivattyú Szövetség 2009. évi országos jelentése és TÓTH (2010) alapján országos adatokból, becsléssel határoztuk meg. Becslésünk alapján a vizsgált területen mintegy 98 helyen üzemelhet hőszivattyú, éves szinten 18 TJ/év hőenergiát (talajból vagy vízből kinyert energia) és 4 TJ/év hűtési energiát kibocsátva (6. táblázat).

A geotermikus energia összes közvetlen hőhasznosítását Délnyugat-Magyarországon az 5. táblázat összegzi, amely a földhős hőszivattyúkkal együtt mindösszesen 74,1 MWt beépített teljesítményt és 665,97 TJ/év energiafelhasználást jelent.

6. táblázat. Földhős hőszivattyúk felhasználása a 2009. december 31-i állapotra DNy-Magyarországon

Table 6. Utilization of shallow geothermal energy by ground-source heat-pumps in SW Hungary as of December 31, 2009

Helyszín	Talaj vagy víz hőm <sup>1</sup> (°C)	Hőszivattyú kapacitás (MWt)	Egységek száma	Típus <sup>2</sup>	COP <sup>3</sup>	Hűtési egyenérték Teljes terhelés <sup>4</sup> óra/év	Felhasznált fűtési energia <sup>5</sup> (TJ/év)	Hűtési energia (TJ/év)
Zala megye	10-15	2	64	V	3-5	2000	12,5	2,9
	10-15	0,5	6	W	3-5	2000	0,5	0,1
Vas megye	10-15	1	28	V	3-5	2000-4800	5	1
<b>Összesen</b>		<b>3,5</b>	<b>98</b>				<b>18</b>	<b>4</b>

<sup>1</sup>A talaj, vagy a víz átlaghőmérséklete. <sup>2</sup>A telepítés típusa az alábbiak szerint: V = függőleges földhőszonda, W = víz alapú nyílt rendszer,

<sup>3</sup>COP = kimeneti hőenergia/a kompresszor bemeneti energiája (hőszivattyú hatásfoka). <sup>4</sup>Teljes terhelés éves üzemórái vagy = kapacitás tényező × 8760. <sup>5</sup>Fűtési energia (TJ/év) = áramlási sebesség (kg/s) × [(bemeneti hőm. (°C) - kilépő hőm. (°C)] × 0,1319, vagy = névleges kimenő energia (kJ/h) × [(COP - 1) / COP] × egyenértékű teljes terhelés óra/év.



### Geotermikus alapú elektromos áramtermelés lehetőségei

Elektromos áramot termelő geotermikus erőmű Magyarországon nem működik, noha több helyen folynak kutatások ilyen típusú erőmű telepítésére. A vizsgált területen Zala megyében, Ortaháza–Iklódbördöce körzetében egy pilot projekt kivitelezése történt a MOL Nyrt. részvételével, termelő és visszasajtoló kutak kialakításával. A kutak elégtelen áramlási sebessége miatt a projektet leállították.

### A két ország régióinak összehasonlítása a geotermikus energiafelhasználás terén

A két ország régióinak összehasonlítása során az alábbi következtetések vonhatók le (7. táblázat, 2. ábra).

7. táblázat. Geotermikus hasznosítások összefoglalása a Mura-Zalai-medencében

Table 7. Comparison of utilization of geothermal energy in the Mura-Zala Basin

Felhasználási terület	Áramlási sebesség maximális hasznosításnál (kg/s)	Beépített kapacitás (MWt)	Átlagos áramlási sebesség (kg/s)	Éves energiahasználat (TJ/yr)	Kapacitás tényező	SZLOVÉNIA					MAGYARORSZÁG									
						Áramlási sebesség maximális hasznosításnál (kg/s)	Beépített kapacitás (MWt)	Átlagos áramlási sebesség (kg/s)	Éves energiahasználat (TJ/yr)	Kapacitás tényező	Áramlási sebesség maximális hasznosításnál (kg/s)	Beépített kapacitás (MWt)	Átlagos áramlási sebesség (kg/s)	Éves energiahasználat (TJ/yr)	Kapacitás tényező					
Egyedi fűtés	81	11,85	38	133,85	0,36															
Távfűtés	32,2	3,29	20	43,55	0,42						10,00	1,76	2,25	12,46	0,22					
Légkondicionálás (hűtés)	1	0,13	0,5	1,83	0,50															
Üvegház fűtése	57,8	7,06	11	25,55	0,11															
Fürdés és úszás (beleértve balneológiát)	122,6	16,49	54,3	176,46	0,34						985,90	68,84	501,19	635,51	0,29					
<b>Összesen</b>	<b>294,6</b>	<b>38,82</b>	<b>123,8</b>	<b>381,24</b>							<b>995,90</b>	<b>70,6</b>	<b>503,44</b>	<b>647,97</b>						
Földhős hőszivattyú*		8		40								3,5		18						
<b>Mindösszesen</b>		<b>46,82</b>		<b>421,24</b>								<b>74,1</b>		<b>665,97</b>						

\*Ezek a számok a legjobb becslés alapján lettek megadva, mivel a földhős hőszivattyúk pontos száma nem ismert.

### Áramlási sebesség maximális hasznosításnál

Ahogy az várható volt a nagyobb terület és a nagyobb múltira visszatekintő hasznosítás miatt, a termásvíz termelő kutak össz áramlási sebessége sokkal nagyobb a Mura-Zalai-medence magyarországi részén, mint Szlovéniában. A magyar oldalon az áramlási sebesség maximális felhasználáskor 995,9 kg/s, amely 43 kútból, és a hévízi tóforrásból adódik össze, ez utóbbi egymagában 400 kg/s értéket ad. A 25 szlovén termálkút összes áramlási sebessége maximális felhasználáskor 294,6 kg/s.

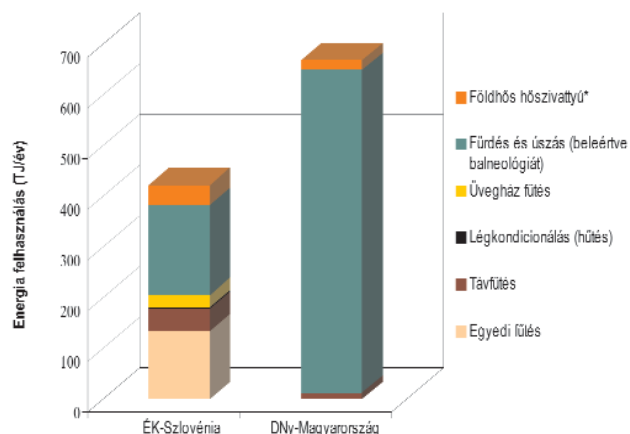
### Átlagos áramlási sebesség

Az átlagos áramlási sebesség többek között azt mutatja, hogy mennyire termelékenyek a termásvíz tartó rétegek és

műszakilag mennyire hatékonyak a kutak. A magyar részen az átlagos áramlási sebesség összesen 503,44 kg/s (vagyis alig több, mint a fele a teljes áramlási sebességnek maximális hasznosításnál), amely szintén tartalmazza a hévízi forrás adatát (400 kg/s). Szlovéniában ez az érték 123,8 kg/s (vagy 42%-a a teljes áramlási sebességnek maximális hasznosításnál). Az értékek azt mutatják, hogy a kutak hatékonysága mindkét országban alacsony.

### A termálkutat beépített kapacitása

A kutak nagyságrendileg eltérő számából adódóan értelemszerűen ez az érték szintén jóval nagyobb a magyar részen: 70,6 MWt (beleértve a hévízi tóforrás teljesítményét is), míg a szlovén részen 38,82 MWt.



2. ábra. Éves geotermikus energia felhasználás a T-JAM projekt szlovéniai és magyar területén felhasználási kategóriák szerint

Figure 2. Annual use of geothermal energy in the Slovenian and Hungarian part of the T-JAM project according to utilization categories

### *Éves felhasznált geotermikus energia*

Az éves felhasznált geotermikus energia a magyar területén 2 hasznosítási kategóriában 647,97 TJ/év, mely a szlovén oldalon 381,24 TJ/év 5 felhasználási

kategóriában (földhős hőszivattyúk nélkül). Bár mindkét országban a fürdési (balneológiai) hasznosítás részaránya kimagasló, a jelentős különbség felhívja a figyelmet magyar oldalon a geotermikus erőforrások sokrétűbb kihasználásnak lehetőségére (2. ábra).



### Irodalom — References

- LUND, J. W., FREESTON, D. H., BOYD, T. L. 2010: Direct Utilization of Geothermal Energy 2010 Worldwide Review. — In: HORNE, R. (ed.): *Geothermal: the energy to change the World: proceedings of the World Geothermal Congress, 25–30 April 2010, Nusa Dua, Bali, Indonesia*, 23 p.
- RAJVER, D., LAPANJE, A. 2010: *Bilanca uporabe geotermalnih toplotnih črpalk in ocena možnosti izgradnje geotermalnih elektrarn do leta 2020 v Sloveniji za potrebe akcijskega načrta OVE*. — Ljubljana, Geološki zavod Slovenije, 2010. 25 p.
- RAJVER, D., LAPANJE, A., RMAN, N. 2010: Geothermal development in Slovenia: country update report 2005–2009. — In: HORNE, R. (ed.): *Geothermal: the energy to change the World: proceedings of the World Geothermal Congress, 25–30 April 2010, Nusa Dua, Bali, Indonesia*, 10 p.
- TÓTH, A. 2010: Hungary Country Update 2005–2009. — In: HORNE, R. (ed.): *Geothermal: the energy to change the World: proceedings of the World Geothermal Congress, 25–30 April 2010, Nusa Dua, Bali, Indonesia*, 8 p.

## A Mura–Zala-medence geotermikus viszonyai

### *Geothermal conditions of the Mura–Zala Basin*

DUSAN RAJVER<sup>1</sup>, MURÁTI JUDIT<sup>2</sup>, TÓTH GYÖRGY<sup>2</sup>, NÁDOR ANNAMÁRIA<sup>2</sup>, ANDREJ LAPANJE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Geološki zavod Slovenije, 1000 Ljubljana, Dimičeva ulica 14.

<sup>2</sup>Magyar Földtani és Geofizikai Intézet, 1143 Budapest Stefánia út 14.



Tárgyszavak: geotermikus adatok, hőmérséklet térkép, anomália, konvekció

#### **Kivonat**

A Mura–Zala-medence geotermikus viszonyainak pontosabb megismeréséhez mindkét országban összegyűjtöttük a fúrásokból és kutakból a hőmérsékletre, a geotermikus gradiensre, a kőzetek hővezető-képességére vonatkozó adatokat és a számított hőáramsűrűség-értékeket. A szlovén és a magyar területen eltérő típusú adatok álltak rendelkezésünkre: míg Magyarországon főként talphőmérsékleti adatok voltak elérhetőek, addig a szlovén területen stacionárius hőmérsékletmérési adatok, hővezető- és hőtermelő-képességre vonatkozó mérések is rendelkezésre álltak. A projekt keretében öt magyar fúrásban kiegészítő hőmérséklet-szelvényezést is végeztünk. Az adatok egységes kiértékelése alapján a hőmérsékleti értékek inter- és extrapolálásával hőmérséklet-eloszlási térképeket szerkesztettünk a felszín alatti 500, 1000 és 2000 m-es mélységekre, valamint a fő termálvizadó, a Mura és Újfalui Formáció tető- és talpszintjére. A kirajzolódó hőmérsékleti tér néhány jellegzetes, lokális hatásokhoz köthető anomáliát mutat. Ezek részben az erősen töredezett-karsztosodott aljzatban létrejövő konvektív áramlásokkal (pl. Szlovéniában Benedikt térsége, Magyarországon a Hévízi-tó és Sümeg térsége, a Nagylengyeltől Ny-ra eső területek), részben a prekainozoos aljzat felszín közeli helyzetével (pl. Murszombati-magaslat) magyarázhatóak. A környezetnél alacsonyabb negatív hőmérsékleti anomáliák egyrészt a karsztos konvekciónak a leáramló zónáját jelzik (pl. Zalalövőnél, valamint Nagylengyel és Zalaegerszeg között), illetve a mély üledékes medencéket (pl. Ljutomer–Ptuj depresszió).

Keywords: geothermal data, temperature map, anomaly, convection

#### **Abstract**

In order to have a better understanding on the geothermal conditions of the Mura–Zala Basin, temperature, geothermal gradient, heat conductivity and heat-flow data from boreholes have been collected both in Slovenia and in Hungary. Datasets were different: in Hungary more borehole-temperature data were available, while in Slovenia steady-state temperature measurements were overwhelming with measured data available on the heat conductivity and heat production capacity of the rocks, too. In Hungary complementary temperature logging was performed in five boreholes. Based on the joint evaluation of the datasets, temperature distribution maps were edited for the depths of 500, 1000 and 2000 m below the surface and for the top and bottom of the main thermal water aquifer, the Mura and Újfalú Formation. The constructed temperature field shows some characteristic positive anomalies, which are either related to the convective heat transport in the fractured-karstified basement (e.g. Benedikt in Slovenia, surroundings of Lake Hévíz and areas west from Nagylengyel in Hungary), or to the shallow depth of the pre-Cenozoic basement (e.g. the Murska Sobota High). The negative temperature anomalies can be linked to the descending parts of the convective currents (e.g. Zalalövő, between Nagylengyel and Zalaegerszeg), or to the deep sedimentary depressions (e.g. Ljutomer–Ptuj).



## Bevezetés

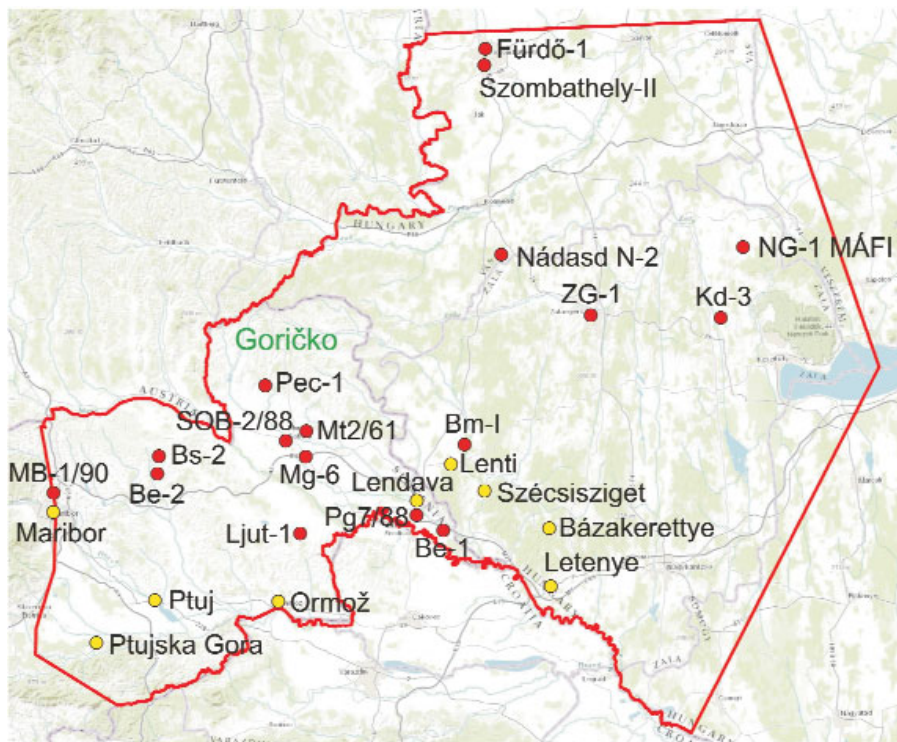
A geotermikus modellezés célja, hogy átfogó képet adjon a vizsgálat tárgyát képező térrész mélybeli hőmérsékleti viszonyairól, a potenciálisan felhasználható hőenergia készleteiről, a hőáramot és hőmérséklet-eloszlást befolyásoló földtani tényezőkről. A Föld belsejében található hatalmas hőkészlet, amely főként a földköpenyben lévő radioaktív elemek bomlásából származik, részben a kőzetek szilárd vázában, részben a bennük lévő pórusokat és repedéseket kitöltő fluidumokban tározzódik. Mindebből következő az is, hogy a geotermikus modellekben mind a hővezetésből származó (az egymással fizikai kapcsolatban lévő részecskék közötti) hőáramot (kondukción), mind a kőzetek pórusaiban, repedéseiben levő fluidumok (felszín alatti vizek) áramlásából származó hőszállítást (konvekció) vizsgálják. A potenciálkülönbségek által vezérelt felszín alatti vízáramlások jelentős mértékben módosíthatják a kondukciónból származó elsődleges hőmérsékleti teret. Emellett az inhomogén hőmérsékleti tér következtében a vízsűrűség-különbségek hatására a felhajtóerő önmagában is képes vízáramlásokat beindítani, vagy a meglévőket módosítani. Ahol a mért/ismert hőmérsékleti adatok a kondukción hőáramból származtatott hőmérsékleti térrel eltérő képet rajzolnak ki, ott szinte biztosan feltételezhetőek konvekciós vízáramlások.

Egy terület geotermikus modelljének kialakítása során először a legfőbb adatok és jellemzők (hőáramsűrűség térkép, a különböző mélységekhez tartozó hőmérséklet-elosz-

lások, a litosztratigráfiai egységekre vonatkoztatott hővezető-képesség értékei, illetve néhány jellemző kútra a hőmérséklet/mélység profil) összegyűjtése és előzetes értékelése történik meg. Ezek alapján általános kép alakítható ki a vizsgálandó terület geotermikus viszonyairól, és ezek jelenthetik a fő bemenő adatokat, illetve peremfeltételeket is egy későbbiekben elkészíthető numerikus hőtranszportmodell számára. A T-JAM projekt keretében nem volt célkitűzés összekapcsolt numerikus áramlási és hőtranszportmodell elkészítése. A projektterületről összegyűjtött geotermikus adatok, illetve új mérések elvégzésének célja elsősorban a terület geotermikus viszonyaira vonatkozó ismeretességi szint növelése, illetve a numerikus áramlási modellből (TÓTH et al. 2013) származó vízáramlások pontosítása volt a kirajzolódó hőmérsékleti anomáliák alapján.

## Az értékeléshez felhasznált hőmérsékleti alapadatok

A geotermikus értékeléshez szükséges legfontosabb információk általában a rezervoár geometriája (térbeli helyzete és kiterjedése), típusa (porózus, repedezett), hőmérséklete, nyomása, valamint a pórusokban tárolt folyadékok jellemzői (gáztartalom, vízminőség). Ezen adatok jelentős része a terület fúrásaiból és hévízkútjaiból származik. A rezervoárookra vonatkozó földtani ismereteket a terület geológiai felépítését tárgyaló cikk (FODOR et al. 2013), míg a tárolt fluidumok minőségi jellemzőit a vízgeokémiai



1. ábra. A szövegben említett kutak és főbb területek helyszínrajza

Piros kör = kút/forrás, sárga kör = település

Figure 1. Location of boreholes and main areas mentioned in the text

Red circle = well/borehole, Yellow circle = settlement

viszonyokat ismertető tanulmány (Szócs et al. 2013) tartalmazza. Jelen cikkben a hőmérsékleti tér jellemzéséhez felhasznált fúrási adatokat, illetve az ezekből szerkesztett térképeket és azok értelmezését tárgyaljuk.

A projekt szlovéniai területének nyugati részén a kutak főleg Maribor és Ptujška Gora körzetében vannak, míg délen Ptuj, Bukovci és Ormož vidékén. A délkeleti részeken a Lendava és Petišovci térségében lévő kutak közel találhatóak a magyar és a horvát határhoz, és a keleti részek fúrásai is a magyar határ mellett helyezkednek el. Az északon lévő kutak Goričko körzetében találhatóak (1. ábra).

A projekt magyarországi, Zala és Vas megyei kanozoos medenceterületein számos olyan működő hévízkút van, melyből megfelelő információk adhatók a geotermikus és hidrodinamikai értékelések részére. A szlovén–magyar határ mentén, vagy közel ahhoz találhatóak ezek közül a Lenti, Szécsisziget, Bázakerettye és Letenye térségi kutak (1. ábra). Az alaphegység nagy (3–5 km-es) mélysége miatt az aljzati vízadókra nincs működő termelő- vagy monitoringkút kiképezve. Részletes geotermikus adatokat (hőmérsékleti karotázst és magokon mért hővezető-képesség adatokat együttesen) csak a Bárszentmihályfa-I (Bm-I) fúrásból ismerünk.

Különböző típusú hőmérsékletmérések 154 szlovéniai és 288 magyar fúrásból álltak rendelkezésre. A fúrások különböző céllal mélyültek, túlnyomó részük szénhidrogén-kutatásból származik, ezt követik a geotermikus célú, vagy hévízkutak, végül kisebb számban találhatóak a szerkezetkutató, vízkutató és egyéb fúrások.

Mindkét országban öt különböző típusú hőmérsékletmérés adatai álltak rendelkezésre, amelyek megbízhatósága eltérő, a mélységi hőmérsékleti tér kiszámításához különböző mértékben vehetőek figyelembe, illetve különböző korrekciókra szorulnak. Ezek az alábbiak.

### *Talpheőmérséklet mérés*

A fúrások (különösen a szénhidrogén-kutató fúrások) mélyítése közben, vagy a fúrások befejezését követő talpheőmérséklet-mérések abban az időben történnek, amikor a fúrások okozta zavarok miatt a hőegyensúly még nem állt be, ezért ezen adatok korrekcióra szorulnak. Bizonyos esetekben, amikor a korrekcióhoz szükséges egyéb információk hiányoznak, a korrekciókat nem lehet elvégezni, ezek igen kevésbé megbízható hőmérsékleti adatoknak tekinthetők. Szerencsére az elmúlt évtizedben már számos, (de nem valamennyi) szénhidrogén-kutató fúrásban elvégezték az állandósult állapotra vonatkozó hőmérséklet- és nyomásméréseket, amelyek így magasabb megbízhatósági kategóriát képviselnek.

### *A fúrások bizonyos vizsgálati szakaszain mért hőmérséklet adatok (DST – drill stem test)*

A potenciális olaj és gáztároló megismerésére irányuló rétegvizsgálatok során elvégzett hőmérsékletmérések az extrapolált talpheőmérsékleti adatoknál megbízhatóbbak.

### *Hőmérsékletmérések egyedi pontokban*

Gyakran több hőmérsékletmérés is történik egy-egy fúrásban, de nem olyan sűrűn, mint a pontról-pontra mérések során (pl. 25, 50 vagy 100 méterenként, de nem a teljes fúrás hosszában). Az ilyen típusú mérések is minőségi szempontból a megbízhatóak közé sorolhatók.

### *Folyamatos hőmérsékleti karotázsmérések*

A legjobb minőségű adatok azokból a kutakból származnak, melyek hosszabb ideig (több mint öt évig) álltak. A folyamatosan mért karotázs hőmérsékletmérések jó megbízhatóságú adatoknak tekinthetőek, különösen az utóbbi években használt karotázstechnikák esetében.

### *Pontról-pontra történő hőmérsékletmérések*

Meghatározott sűrűségben, általában 5 vagy 10 méterenként mérnek hőmérsékletet. Amennyiben ezek a mérések hosszabb ideje álló kútban történtek, a legjobb minőségű adatok közé sorolhatók.

Szlovéniában valamennyi típusú hőmérsékletmérés adatai rendelkezésre álltak a vizsgált kutakból: talpheőmérséklet mérés (83 kút), DST-teszt (10 kút), folyamatos termokarotázs szelvényezés (28 kút), pontról pontra történő hőmérsékletmérés (28 kút), hőmérsékletmérések egyedi pontokban (89 kút).

Magyarországon az értékeléshez felhasznált adathalmaz alapját a DÖVÉNYI et al. (1983) által publikált gyűjtemény tartalmazza, amelyből a T-JAM projekt területére 288 fúrás esik. A katalógus az OKGT, a Vituki és a MÁFI adatain alapul. A hőmérséklet adatok (1) állandósult állapotok melletti méréseken, (2) vízkutak vagy olajkutak rétegpróbái (DST tesztek) alkalmával végzett méréseken alapszanak, vagy (3) empirikus módszer segítségével a kifolyó víz hőmérséklet és vízhozam alapján számított értékeket tartalmazzák. A projekt magyarországi területéről 15 kútból ismertek pontról-pontra végzett részletes hőmérsékletmérések, amelyeket a GeoLog Kft. végzett. Ezek közül 5, régebb óta nem termelő figyelőkút igen részletes hőmérséklet-szelvényezésére a T-JAM projekt keretében került sor. Emellett a területre eső hévízkutak (149 mélyfúrású vízkút) mélységi és kifolyó víz hőmérsékletét is figyelembe vettük az értékelés során.

### **A hőáramot és a hőmérséklet eloszlást meghatározó tényezők**

#### *Hővezető-képesség*

Adott felszín alatti test hővezető-képessége — adott hőáram-sűrűség mellett — meghatározza a hőmérséklet térbeli eloszlását, feltételezve, hogy tisztán csak konduktív hőárammal számolunk. A kőzetek hővezető-képességét laboratóriumban magmintákon mérik, vagy a formációk kőzettani összetételéből irodalmi adatok felhasználásával lehet megbecsülni. Északkelet-Szlovéniában 24 fúrásból

vett 129 kőzetmintán készültek laboratóriumi hővezető-képesség mérések. A közvetlen méréseket Szlovéniában a ljubljani egyetemen készített tranziens elven működő műszerrel mérték (Faculty of Physics and Mathematics of Ljubljana University; RAVNIK 1991; RAVNIK et al. 1995).

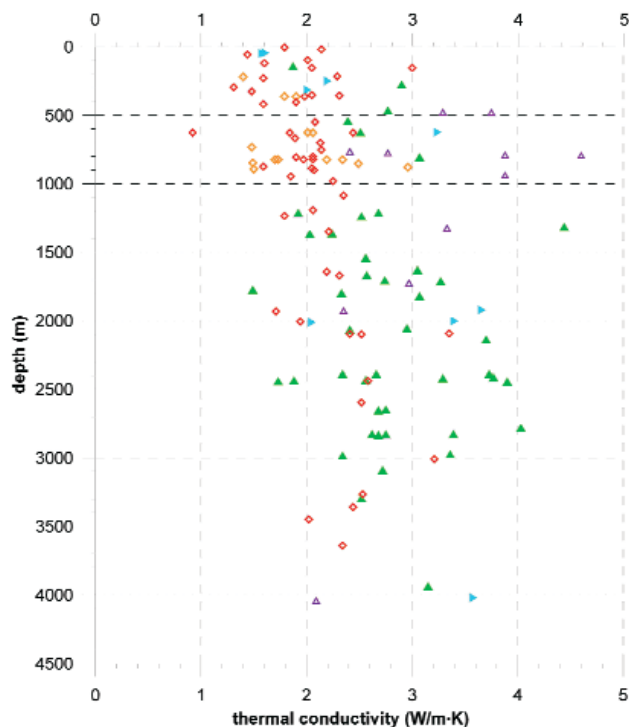
A magyarországi hővezető-képességi értékek az Eötvös Loránd Tudományegyetem Geofizikai Tanszékén végzett több száz laboratóriumi mérésen alapulnak (DÖVÉNYI et al. 1983, DÖVÉNYI, HORVÁTH 1988). A vizsgált magminták eredeti víztartalmát viaszborítással őrizték meg a mérés pillanatáig, vagy vákuum segítségével telítették a mérés elvégzéséhez. Ezeket a méréseket háromszor ismételték meg a mérési hibák csökkentése érdekében.

A rendelkezésre álló mérési adatok mellett figyelembe vettük a kőzetek hővezető képességére vonatkozó irodalmi adatokat is. KAPPELMEYER, HAENEL (1974), valamint ZOTH, HAENEL (1988) szerint a kőzetek hővezető-képessége ( $K_T$ ) 0,7 és 3,0 W/(m·K) között változik. STONESTROM, BLASCH (2003) szerint telített porózus közegre vonatkoztatva a hővezető-képesség a következőképpen alakul: 2,2 W/(m·K) homokok, 1,4 W/(m·K) agyagok és 2,9 W/(m·K) talajok és agyagok esetében.

A projektterület szlovéniai oldalán a legfontosabb kőzetek hővezető-képességét a következő adatok mutatják (W/(m·K) egységben):

- homok, laza homokkő: 1,4 és 2,96 között, (átlag: 1,93),
- kompakt homokkő, homokos, meszes kőzetliszt, breccsa homokkő és márga: 1,49 és 4,44 között, (átlag: 2,78),
- agyag, márga, agyagkő, márgás és agyagos kőzetliszt: 0,92 és 3,21 között, (átlag: 2,09),
- metamorfitok: zöldpala, csillámpala, gneisz, filonit, eklogit: 2,09 és 4,6 között (átlag: 3,21),
- karbonátos kőzetek, (dolomit, mészkő): 2,01 és 3,66 között, (átlag: 2,88).

Az Északkelet-Szlovénia fúrásaiban megismert hővezető-képesség-adatokat a litológia figyelembevételével a 2. ábra



2. ábra. Északkelet-Szlovénia fúrásaiból származó kőzetek hővezető-képessége a főbb litológiai egységek szerint csoportosítva (a T-JAM projekt területén)

Jelmagyarázat: sárga rombusz = homok, laza homokkő, zöld háromszög = homokkő, homokos, meszes aleurit, breccsa, vörös rombusz = agyag, márga, agyagkő, lila háromszög = metamorf zöldpala, agyagpala, gneisz, fillonit, eklogit, két háromszög = karbonátos kőzetek (mészkő, dolomit)

Figure 2. Thermal conductivity of rocks from the boreholes of NE Slovenia grouped according to lithology (T-JAM Project area)

Legend: yellow rhombus = sand, loose sandstone, green triangle = sandstone (compact), siltstone (sandy, calcareous), breccia, red rhombus = clay, marl, claystone, marly and clayey siltstone, lilac triangle = metamorphic: greenschist, micaschist, gneiss, phyllonite, eclogite, blue triangle = carbonate rocks (dolomite, limestone)

1. táblázat. Jellemző hővezető-képesség értékek a magyarországi neogén üledékes kőzetek homokos és agyagos csoportjaiban (DÖVÉNYI, HORVÁTH 1988 nyomán)

Table 1. Thermal conductivity of the Neogene sedimentary rocks of Hungary (sandy and clayey categories (after DÖVÉNYI, HORVÁTH 1988))

A magminta származási mélysége	Porozitás (%), a magminták litológiáját figyelembe véve		Hővezető-képesség érték, magmintákon mért adatok alapján (W/(m <sup>2</sup> K))		A vertikálisan váltakozó homok/agyagrétegek átlagos hővezető-képesség értéke (W/(m <sup>2</sup> K)) 4 homokrétteg arány (%) esetében			
	Agyagok	Homokkővek	Agyagok	*Mélység (m terep alatt)	Agyagok	Homokkővek	Agyagok	*Mélység (m terep alatt)
500	48	43	1,3	500	48	43	1,3	500
1000	32	38	1,7	1000	32	38	1,7	1000
1500	19	30	2,1	1500	19	30	2,1	1500
2000	11	21	2,4	2000	11	21	2,4	2000
2500	5,0	14	2,6	2500	5,0	14	2,6	2500
3000	3,1	8	2,7	3000	3,1	8	2,7	3000
3500	2,9	6	2,8	3500	2,9	6	2,8	3500
4000	2,8	4	2,8	4000	2,8	4	2,8	4000
4500	2,7	3	2,8	4500	2,7	3	2,8	4500
5000	2,6	2	2,8	5000	2,6	2	2,8	5000

\*Mélység alatt a medence folytonos üledékképződése során „elért” legnagyobb érték értendő, későbbi denudáció, erózió feltételezése nélkül.

mutatja be.

Magyarországon a neogén üledékes kőzetek hővezető-képesség értékeit 'homokkő' és 'agyag' típusokba csoportosították. Az elsőbe a homokokat, homokköveket, az utóbbiba az agyagokat, kőzetliszteket és ezek enyhén konszolidált változatait sorolták, majd a csoportokra vonatkozó értékeket a mélység függvényében ábrázolták (DÖVÉNYI, HORVÁTH 1988). A vizsgálatok alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a neogén üledékes kőzetek hővezető-képesség értéke főként a porozitásuk függvénye, a fő litológiai csoportjukon ('homokkő', illetve 'agyag') belül. Az 1. táblázatban közöljük a porozitás-mélység trendeket és ezek kombinációját a mért hővezető-képesség értékekkel.

A magyarországi laboratóriumi mérések alapján néhány konszolidált kőzetfajtára az alábbi hővezető-képességi értékek adhatók meg: mezozoos mészkövek: 2,7–3,1 W/(m·K), dolomitok: 4,4 W/(m·K); palák: 2,8 W/(m·K); paleozoos homokkövek: 2,7 W/(m·K); metamorf kőzetek:

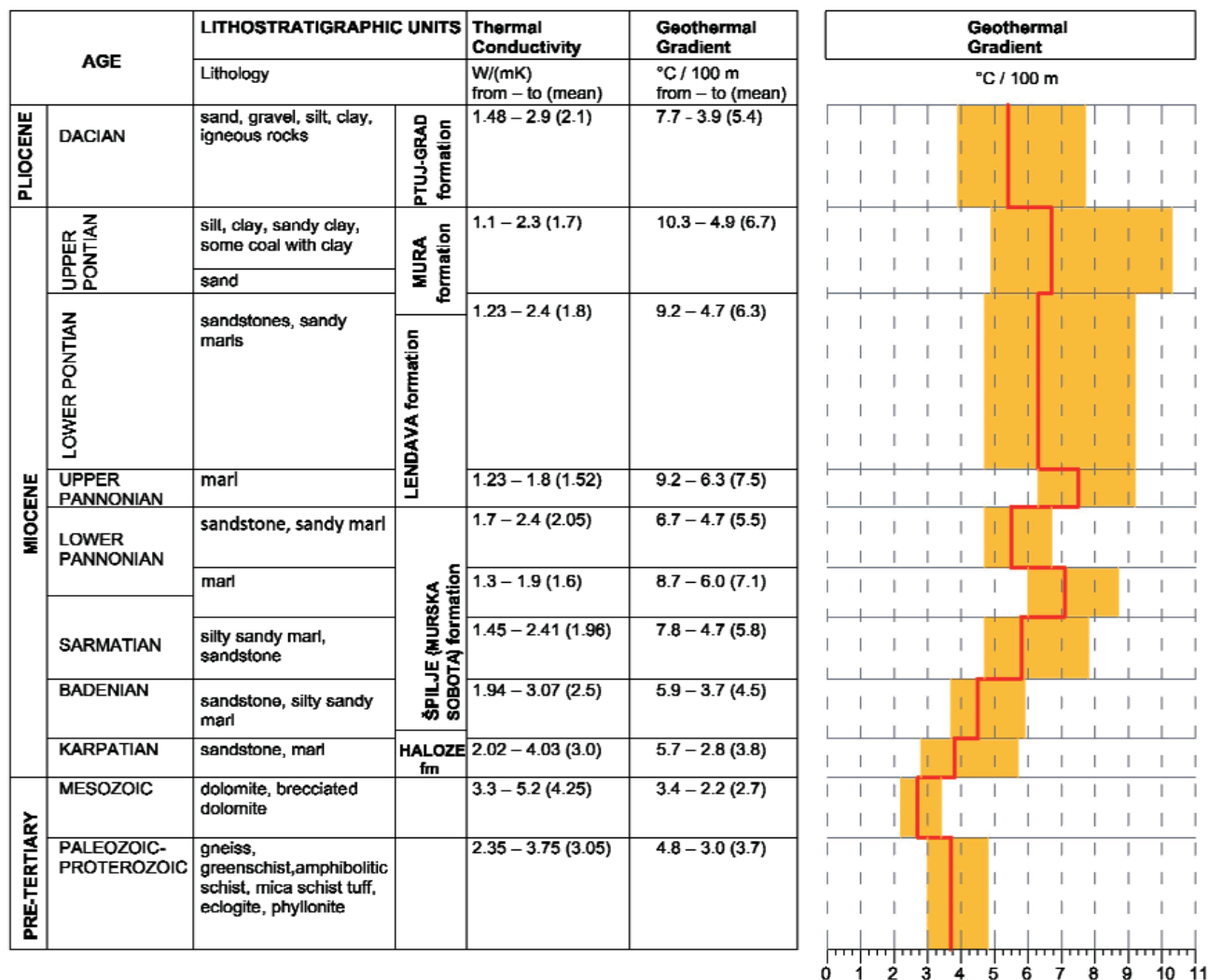
3,1 W/(m·K). Ha a karbonátos formációként megadott egységben a dolomit uralkodó mennyiségű, akkor a hővezető-képessége is kissé magasabb.

### Geotermikus gradiens

Vízáramlás nélküli és homogén közegben a hőmérséklet mélység szerinti eloszlása a geotermikus gradienssel jellemezhető.

Állandó hőáramot feltételezve a hővezető-képesség és a geotermikus gradiens között fordított arányosság áll fenn, azaz minél kisebb a gradiens, annál jobb a hővezető-képesség és fordítva. Az alacsonyabb hővezető-képesség az agyagos és márgás kőzetekre jellemző, ezért a geotermikus gradiens értéke a „medencekitöltő” üledékes sorozatokban nagyobb. Ugyanakkor a karbonátos és kristályos kőzetek hővezető-képessége magasabb, ezért a medencealjzatban a geotermikus gradiens értéke lecsökken.

A projekt szlovéniai területrésze geotermikus adatainak



3. ábra. A mért hővezető képesség értékek a litológiai egységek szerint, valamint a számított geotermikus gradiensek intervalluma és középértéke Északkelet-Szlovéniában

Figure 3. Measured values of heat-conductivity of the different lithological units and calculated range of geothermal gradients with mean values in NE Slovenia

összegző értékelését a 3. ábra mutatja. Minden egyes rétegtani egységen belüli litológiai típushoz egy jellemző mért hővezetőképesség-tartomány tartozik. Az ábra feltünteti ezek átlagértékeit, valamint a geotermikus gradiens értékeket és azok intervallumát is. Nagyobb geotermikus gradiens értékek jellemzik a fiatal laza és alig konszolidálódott üledékeket (Lendava, Mura, Ptuj–Grad Formációk), míg szűkebb tartományban mozognak az idősebb miocén Špilje és Haloze Formációk keményebb kőzetei és a prekainozoos kőzetek is.

A geotermikus adatok hasonló részletes összegzése ez ideig nem készült el a magyarországi területrészekre. Mind-

**2. táblázat.** A geotermikus gradiens alakulása a mélység függvényében

*Table 2. Geothermal gradients at different depths*

Mélység (m)	Geotermikus gradiens (°C/km) SLO	Geotermikus gradiens (°C/km) IUU
500	50,1	49,8
1000	46,8	47,4
2000	42,8	45,6
4000	38,1	42,4

azonáltal a geotermikus gradiensnek középértékei a mélység függvényében hasonlóképpen alakulnak a T-JAM projekt szlovéniai és magyarországi részterületein (2. táblázat).

### *Felszín alatti vízáramlás*

A kondukción kívül mind a függőleges, mind a vízszintes felszín alatti vízáramlások is befolyásolják a hőtranszportot. A repedezett, de leginkább a karsztosodott karbonátos kőzetek nagy permeabilitással rendelkeznek, amely a csapadékvíz nagy százalékának beszivárgását teszi lehetővé és így a lefelé áramló hideg víz az egész beszivárgási területen hűti a környezetét. Három–négy km mélységben a víz felmelegszik és kedvező áramlási pályák (pl. törésvonalak, repedések) mentén felfelé áramlik, majd hévízforrásokban lép a felszínre. A beszivárgással ellentétben a feláramlás kis területekre koncentrálódik, ezért a fűtött területek nagysága jóval kisebb, mint a hűtött területeké. Ennél fogva a felszíni karsztos területek alacsony felszín alatti hőmérsékletekkel és hőárammal jellemezhetők.

A medence területek alatt található, közel vízszintesen rétegzett porózus üledékekben a függőleges irányú vízáramlási sebesség nagyságrendekkel kisebb, mint a vízszintes irányú, ezért ez — a karsztos területekkel ellentétben — nem befolyásolja jelentősen a hőmérséklet-eloszlást.

### *Üledékképződés/erózió*

Az üledék-felhalmozódás hőtani hatásaira szintén figyelemmel kell lenni különösen olyan területeken (amilyen a Pannon-medence is), ahol több ezer méter vastag, különböző hőtani paraméterekkel rendelkező üledék halmozódott fel. A terület délkeleti határán csatlakozó Dráva-medencében a neogén és kvarter üledékek vastagsága meghaladja

a 4000 métert, az üledék-felhalmozódás okozta hőáramdeficit itt eléri a 20 mW/m<sup>2</sup>-t (LENKEY 1999), a Zalai-medence esetében ez kevésbé számottevő tényező. A T-JAM projekt területén a medencebeli feltöltést követő kiemelkedés során számottevő, több száz méteres erózió is bekövetkezett, melynek hőáramnövelő hatásával számolni kell.

### *Tektonikai szerkezetek*

A tektonikai szerkezetek vízáramlásra gyakorolt hatásuk miatt jelentősek a hőtranszport szempontjából (kényszerpályák). Ezek közül is kiemelkedő fontosságúak azok a vertikálisan több száz méter hosszúságú jó vízvezető szerkezetek, csatornák, melyeken a magas hőmérsékletű víz kis hűlési gradiens mellett jut a felszín közelébe. Az ilyen jelenséget hőliftnek nevezzük, melynek döntő szerepe van a regionális szabad, vagy részben gravitációsan vezérelt konvekciós áramlások létrejöttében.

Szlovénia északkeleti részén Benedikt és környéke szolgáltat jó példát a mélységi metamorf kőzetekben zajló konvekcióra (KRALJIĆ et al. 2005), ahol a Benedikt Be–2-es termelőkút 82–86 °C-os hőmérsékletű vizet termel.

Magyarországon, Zalaegerszeg, Nagylengyel és Zalakaros térségében számos geotermikus anomália köthető függőleges vagy közel függőleges, nagy permeabilitású vízvezető zónákhoz. Egyes területeken (pl. Zalaegerszeg) a vizek alacsony oldottanyag-tartalma aktív utánpótlódással jellemzett vízáramlásra utal, más részeken (pl. Zalakaros) a vizek nagy sótartalma termikus (szabad) konvekcióval kialakuló zárt áramlási cellát jelez.

### *Vulkanizmus és utótevékenységei*

A vulkáni aktivitás általában magas hőáramot eredményez, azonban az elmúlt 10 millió évben inaktív vulkánok nem okoznak megnövekedett hőáramot, mivel a magmakamrák ennyi idő alatt kihűltek (LENKEY 1999). Ennek a tényezőnek ezért a T-JAM projekt területén nincsen jelentősége.

### **A T-JAM projekt terület geotermikus viszonyai**

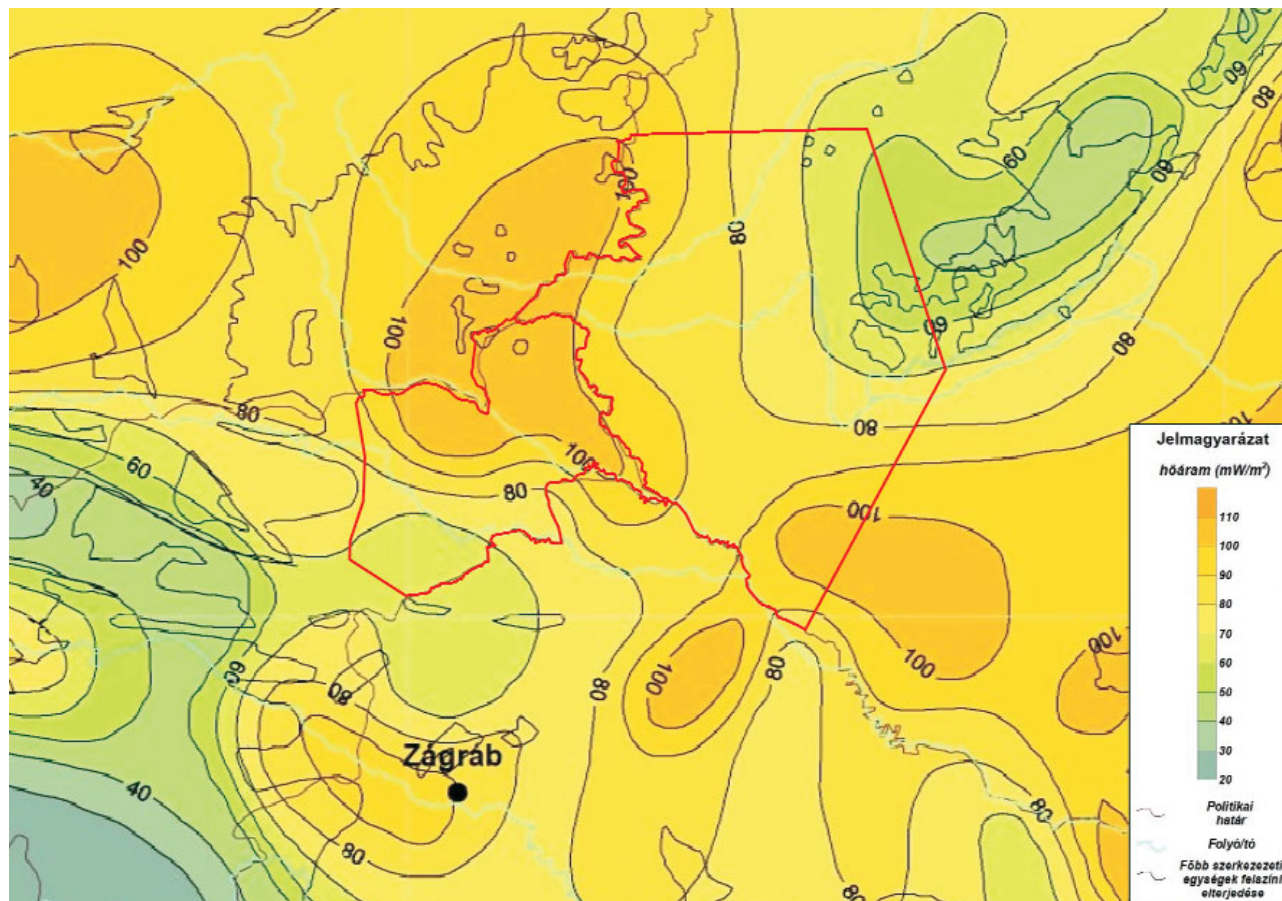
Magyarország területe — ezen belül vizsgált területünk a Mura–Zala-medence — a Pannon-medence alatti különlegesen vékony, 60–100 km-es litoszféra miatt sorolható geotermikus adottságait tekintve Európa élvonalába. A földkéreg is vékonyabb a világtáznál: mindössze 24–26 km vastag, vagyis mintegy 10 km-rel vékonyabb a szomszéd területekhez képest. A litoszféra kivékonyodása a kora- és középső-miocénben lejátszódott geodinamikai események (a Pannon-medence kialakulásának) következménye, amelyek során a forró asztenoszféra közelebb került a felszínhez (ROYDEN et al. 1983). Mindezek következtében mind a hőáram, mind a geotermikus gradiens értéke (90–100 mW/m<sup>2</sup>, illetve 45 °C/km) mintegy másfélszerese a kontinentális átlagnak.



A vizsgált terület és környezetének földi hőáram-sűrűségét a 4. ábra szemlélteti. A térkép Magyarországon 27 db hőáram-meghatározáson és mintegy 1500 hőáram-bebecslésen alapszik, míg a határon kívüli részek HURTER, HAENEL (2003) térképsorozatából származnak. A szintvonalakkal ábrázolt értékek pontossága  $\pm 15\%$ . A térkép elkészítése óta Magyarországon nem történt újabb hőáram-

lefelé áramló hideg karsztvíz hűti a környezetét. Az értékek fokozatosan nőnek DNy felé, ahol a szlovén határ közelében elérik a 90–100 mW/m<sup>2</sup> értéket.

Az alábbiakban a projekt során a magyar és a szlovén területre összegyűjtött, és az értékeléshez felhasznált legfontosabb archív, illetve újonnan mért adatokat ismeretjük.



4. ábra. A vizsgált terület és környezete földi hőáram-sűrűsége (LENKEY et al. 2002)

Figure 4. Heat flow density map of the project area and its surroundings (LENKEY et al. 2002)

meghatározás, és az újabb fúrásokban mért hőmérsékletek is összhangban vannak a korábbi mérésekkel, így a hőáramkép nem változott.

Szlovéniában a terület DNy-i részén a hőáram-sűrűség 60–70 mW/m<sup>2</sup> körül van, mely fokozatosan növekszik északkelet felé, a magyar határ irányában. A legmagasabb értékek — 120 mW/m<sup>2</sup> felett — a Muraszombati- magaslaton Lénárttól Moravske Toplicéig és a Pečarovci–Dankovci területen található, amely a kis mélységben található prekainozoos aljzattal és az aljzat kőzeteiben levő konvekciós zónákkal magyarázható. Kisebbs anomália (110 mW/m<sup>2</sup> feletti) található Lendaván, amelynek területe Délnyugat-Magyarországra is átnyúlik.

A magyarországi oldalon szélesebb skálán mozognak az értékek (60–100 mW/m<sup>2</sup>). Legalacsonyabb értékei a Keszthelyi-hegység területén található, KÉK-en, ahol a

#### Geotermikus adatok a projekt magyar területéről

A terület konvektív hőáramára vonatkozóan a T-JAM projekt területén egyedül a Szombathely Szh–II mélyfúrásból álltak korábbról adatok rendelkezésre (3. táblázat). Az ismeretesség növelése céljából ezért a projekt keretén belül a Geo-Log Kft. 2010 őszén további öt fúrásban végzett folytonos termoszelvényezést (4. táblázat, 1. ábra). A kútszerkezet ellenőrzésére kútátmérő és természetesgamma-mérések is történtek.

A Szombathely Fürdő–1 jelű kút teljes mélysége 1498,6 méter, ahol a korábbi talphőmérséklet mérés 83,5 °C-os értéket adott. Az új mérések során a hőmérséklet és természetes gamma szelvényezés 3,3 és 758,8 méter között történt, a felső-pannóniai homokos, aleuritós-agyagos rétegsorban (Tihanyi Formáció).

3. táblázat. A Szombathely Szh-II fúrásban korábban mért hőtani paraméterek

Table 3. Summary of main geothermal parameters measured earlier in borehole Szombathely Szh-II

Mélység (m)	Hővezetőképesség (W/mK)	Korrigált hővezetőképesség (W/mK)	Áram (mW/m <sup>2</sup> )
0-1003	$k_{sh}=1,83$ $k_{st}=2,6$	"	-71,9
1003-1062	$k=2,54$	"	108,7
1062-1810	$k_{sh}=1,99$ $k_{st}=3,28$	2,93	
1010-1913	$k=2,66$	2,46	
1913-2064	$k=3,61$	3,18	
2064-2085	$k=2,84$	2,56	
2085-2150	$k=3,42$	2,97	
0-2150			90,2

sh - agyag, st - homokkő.

A nyugalmi helyzetben mért hőmérséklet–mélység (T–z) szelvény 59 méteres mélységig 14,2 °C-os értéket mutat, majd többnyire állandó mértékű a hőmérséklet növekedése egészen a mért szakasz aljáig (758,8 m), ahol 42,89 °C a hőmérséklet. Ennek alapján az átlagos geotermikus gradiens 59 métertől a mért szakasz aljáig 41 °C/km-nek adódik. A litológiától való hőmérsékletfüggésre utaló jel a mért szakaszon nem volt megfigyelhető.

A Nagygörbő Ng-1 jelű kút teljes mélysége 1517 méter, korábban itt nem történt talphőmérséklet mérés. A fúrás a felső-pannóniai rétegeket (Újfalui és Hansági Formációk) harántolta, majd ez alatt a felső-miocén Tinnyei és Szilágyi

Agyagmárga és a Rákosi Mészke Formációkat. Ennek fekéjében a középső-miocén (Bádeni Aggag, Tari Dácittufa, Tekeresi Slír) és alsó-miocén (Budafai, Szászvári, Gyulakeszi Riolituffa) formációk települnek. A fúrás legalsó részén oligocén Csatai Formációt tárt fel. A hőmérséklet 1,6–1106,9 méter, míg a természetes gamma szelvényezés 1,6–1105,4 méteres mélységekben történt, a kút eddig a mélységig volt szelvényezhető.

A nyugalmi körülmények között mért T–z szelvény 42 méterig állandó hőmérsékletet mutatott (11,8 °C), majd közel egyenletes mértékben emelkedett a mért szakasz végéig (1106,8 m-es mélységben 30,17 °C). A számított átlagos gradiens értéke a 42–1106,8 m-es szakaszra 17,25 °C/km. A profil némi változékonyságot mutat a gradiensben, amely valószínűleg a kőzettani változékonysággal hozható összefüggésbe. 380 méteres mélységig a T–z görbéről egy kisebb gradiens olvasható le, míg az ez alatti kevésbé permeábilis rétegekben magasabb gradienssel emelkedik a hőmérséklet.

A Hegyháthodász Nádasd N-2 jelű fúrás teljes mélysége 2395 méter, létesítéskor 1536 méteres mélységben 73,9 °C-os talphőmérsékletet mértek. A fúrás a felső-pannóniai homokos agyagos, aleuritos üledékeket (Tihanyi Formáció) harántolta 1146 méterig. Ez alatt az Algyői Formáció homokos, márgás, aleuritos rétegei következnek 1322 méterig. A Szolnoki Formáció agyagos márga, homokos márga, homok és agyagos homok rétegei az 1322–1832 méteres mélységek között találhatók.

A szelvényezés 1832,3 méterig történt, melynek során a maximális hőmérséklet 91,8 °C-nak adódott 1832,2 méterben. A T–z szelvény nem mutatott különösebb jellegzetességet, közel egyenletes hőmérsékletnövekedés volt megfigyelhető a mélység felé, kivéve a litológiával és esetleges vízmozgással összefüggésbe hozható kis mértékű változatosságot. A 11–1832,2 méteres mélységekre számolt átlagos gradiens 44,09 °C/km (11,5 °C-os felszín közeli hőmérsékletet figyelembe véve).

A Kehidakustány Kd-3 jelű fúrás teljes mélysége 3212,3 méter, létesítéskor 1498,6 méteres mélység eléréskor a kifolyó víz hőmérsékletét 44 °C-nak mérték. A kút egy

4. táblázat. A T-JAM projekt keretében mért kutak alapadatai

Table 4. Basic data of boreholes measured in the frame of the T-JAM project

A kút neve	Fürdő-1	Ng-1 MÁFI megfigyelőkút	Nádasd N-2	Kd-3	Zg-1
Település	Szombathely	Nagygörbő	Hegyháthodász	Kehidakustány	Zalaegerszeg
EÖV_Y	465000	507825	467794	500844	480493
EÖV_X	212500	179478	179117	167577	171473
z	211,6	168,46	209,7	124,3	?
Létesítés éve	1960	1972	1957	1964	1999
Talpmélység (m)	1498,6	1517	2112,6	3213,3	940
Szűrőzött szakasz teteje (m)	600	1192	1728	213,5	901
Szűrőzött szakasz alja (m)	937	1315	1736	222	925
Szűrők száma	7	1	1	1	3
Talphőmérséklet (°C)	83,5	?	73,9	?	44,8
Kifolyó víz hőmérséklete (°C)	37	?	64	44	27
Statikus vízszint (m)	-47,2	-23	-6,9	-9,0	-35,8
Maximális hozam (l/min)	600	?	?	42	?

vékony kvarter fedő után a felső-pannóniai Somlói Formáció homokos, aleuritos agyagrétegeit harántolta. A hőmérséklet mérése itt technikai korlátok miatt csak a kút legfelső szakaszán 3–209,3 méter, míg a természetes gamma szelvényezés 3–207,8 méteres mélységekben történt.

A T–z szelvény csekély litológiai változásokat mutat. A legmagasabb hőmérsékletet (53,83 °C) mindössze 209,2 m-ben mérték, és a felszín közelében is 16,5 °C a hőmérséklet, ebből adódóan a hőmérsékleti gradiens a 10–209,2 méteres mélységekre igen magas értéket ér el: 187,4 °C/km. Ez arra utal, hogy a kút hőmérsékletét a felső 210 méterben nagyobb mélységből felfelé áramló termálvíz befolyásolja.

A *Zalaegerszeg Zg–1* jelű kút teljes mélysége 940 méter, a létesítéskor mért talphőmérséklet 46 °C volt. A fűrés egy vékony kvarter fedő alatt felső-pannóniai homokos, aleuritos rétegeket harántolt. Az új mérések során a hőmérséklet 3–937,6 méter, míg a természetes gamma szelvényezés 3–936,1 méteres mélységekben történt.

A szelvényezés során a maximális hőmérséklet 44,8 °C-nak adódott 937,6 méterben. A T–z görbe nagy változékonyságot mutat a felső 200 méterben, mely a litológiával hozható összefüggésbe. A homokosabb rétegekben a mért hőmérsékletet a hűvösebb rétegvíz áramlása befolyásolja. Mivel T–z görbe mérés nem nyugalmi körülmények között történt, nem lehet egyértelmű következtetéseket levonni a stacionárius hőmérsékleti állapotra, mivel a hőmérsékletek, illetve a számított gradiensek attól függenek, mennyi ideig termeltették, illetve pihentették utána a kutat, így az itteni adatok csak tájékoztató jellegűek. Ezt egyértelműen alátámasztja, hogy az interpolált hőmérséklet trendvonal értéke 35,36 °C/km, míg a 200–937,6 méteres mélységek között a mért T–z görbéből számolt gradiens csupán 26,84 °C/km. A 764–937 méteres mélységek között 150 l/perc hozamú szivattyúzási teszt alatt mért T–z profil 840–857 méterben szűrőzött szakaszt tárt fel, ahol a víz belép a kútba.

### Geotermikus adatok a projekt szlovén területéről

Az átlagos hőáramsűrűséget Szlovéniában 27 fűrésből határozták meg. Hővezető-képesség értékeket 24 fűrés kőzetmintáin mérték. Három fűrésben megbízható hőmér-

séklet–mélység szelvény állt rendelkezésre, amelyekben a hővezető-képesség az azonos földtani felépítéssel rendelkező szomszédos kutakból lett meghatározva.

A hőáramtérkép pontosításához azokon a helyeken, ahol kevés fűrés adat állt rendelkezésre, korábban néhány egydimenziós konduktív modell (elméleti hőmérséklet–mélység profil) alapján számított adatot használtak fel a térkép megbízhatóságának javítása érdekében. A számított felszíni hőáramsűrűségek többsége a 90 és 130 mW/m<sup>2</sup> tartományba esik. A legkisebb értéket (66 mW/m<sup>2</sup>) a Jan–1/04 jelű fűrésben Janežovciban, a legnagyobbat (155 mW/m<sup>2</sup>) a Pg–9/89 fűrésben Petišovciban kapták.

A mélybeli hőmérséklet-eloszlás jobb megismerése érdekében számos, hosszabb ideje lezárt szénhidrogénkútban mértek 100 vagy 200 méteres sűrűséggel hőmérséklet- és nyomásértékeket. Az alábbiakban Északkelet-Szlovénia a közelmúltban vizsgált néhány jellegzetes kútját mutatjuk be, amelyek elősegítik a geotermikus értelmezést. Ezeknek kívüli számos más kút található, melyekben azonban többnyire termálisan nem egyensúlyi helyzetben mérték a hőmérsékletszelvényt, talphőmérséklet, Drill Stem Test-et (DST - részletes fűrés közbeni rétegvizsgálat) és az egyedi mélységekben mért hőmérséklet-értékeket.

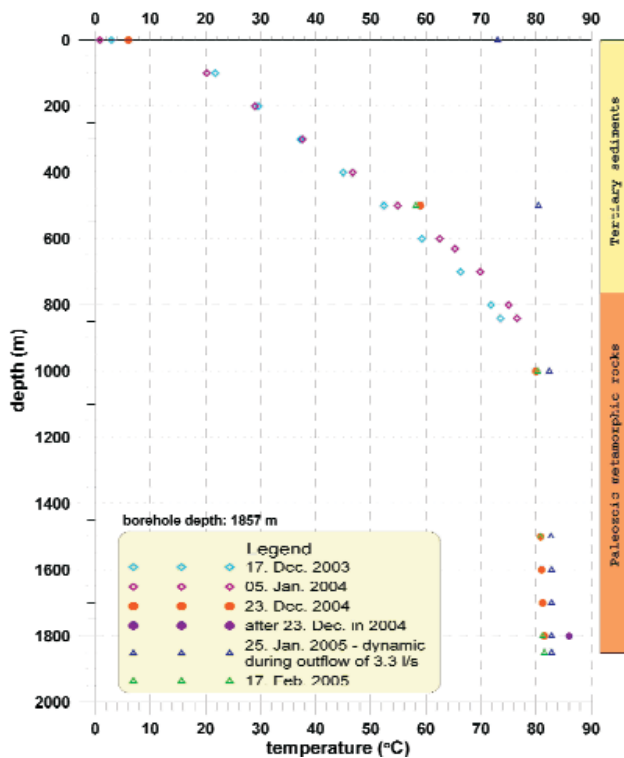
*Benedikt* területén az 1976-ban létesített 788 méter mély BS–2 jelű fűrésben a 635 méterig tartó hőmérséklet-szelvényezés megemelkedett hőmérsékleti gradienst (82 °C/km) mutatott a kainozoos rétegekben, melynek okául a metamorf aljzatban zajló konvektív áramlást feltételezték. A fűrésben mért hőmérsékletadatokról meghatározták a hőáramsűrűséget a mélység függvényében, melyet az egyes mélységek ±20 méteres intervallumára átlagolt geotermikus gradiensekből számoltak ki a hővezető-képesség meghatározásával együtt, amely így átlagosan 145 mW/m<sup>2</sup>-nek adódott (RAVNIK et al. 1987) (5. táblázat.). A magas hőáram okául feltételezett konvektív hőtranszport csak 2004-ben nyert igazolást, amikor 877 méterrel távolabb lemélyítették az 1857 m mély Be–2 jelű fűrészt (5. ábra). A Be–2 fűrés végig harántolta a kainozoos rétegeket (agyag, homokos agyag, márga, kőzetliszt, mészkő-breccsa, homokkő) és 760 méteres mélységben elérte a paleozoos metamorf kőzeteket (metamorf zöldpala fácies (fillit), muszkovitos biotitos csillámpala, váltakozva dolomitos márvánnyal, amfibolittal

5. táblázat. Hőmérséklet értékek és hőtani paraméterek a Benedikt BS–2-es fűrésben.

Table 5. Geothermal parameters from borehole BS–2 at Benedikt

Mélység (m)	Képződmény	Geotermális gradiens (mK/m)	Hővezető képesség (W/m <sup>2</sup> K)	Mért hőmérséklet (°C)	Származtatott hőáram-sűrűség q (mW/m <sup>2</sup> )
155	homokkő	70	3.00	27.6	210
230	kőzetlisztes márga	100	1.59	33.8	159
405	homokos márga	70	1.90	50.1	133
420	homokos márga	70	1.59	51.2	111
465	homokkő	70	2.77	54.4	194
772	zöldpala	40*	2.41		96
781	csillámpala, tufás	40*	2.77		111
átlagos q					145

\*772 és 781 m-ben becült értékek jelentősebb vízáramlás feltételezett kizárásával a teljes fűrésre számolt konstans hőáramsűrűséggel (q) számolva.



5. ábra. A Benedikt Be-2/04 fúrásban mért hőmérséklet értékek az egyszerűsített rétegsorral (KRALJIC et al. 2005 nyomán)

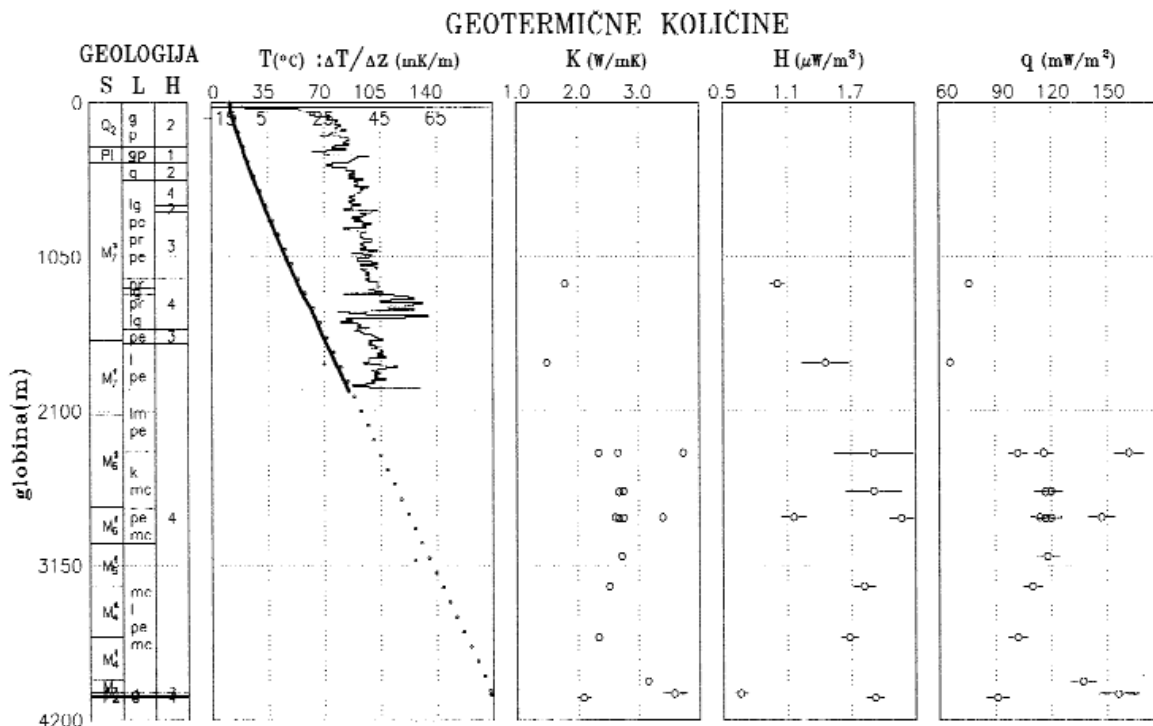
Figure 5. Temperature measurements in the borehole Benedikt Be-2/04 in static conditions (after KRALJIC et al. 2005)

és kvarcittal), amely 82–86 °C-os hőmérsékletű termálvizet szolgáltat.

Szlovénia legmélyebb szénhidrogén-kutató fúrásában, a *Ljutomer Ljut-1* kútban több alkalommal végeztek hőmérsékletméréseket. A fúrás pleisztocén és pliocén üledékeket harántolt, majd vastag, főként márga, homokkő és kőzetliszt változásából álló miocén üledékes rétegsort (felső-pontusitól a kárpátiig). Ez alatt felső-triász kovás, breccsás, dolomitos mészkövet, végül ordovicium előtti gneiszet tárt fel a fúrás.

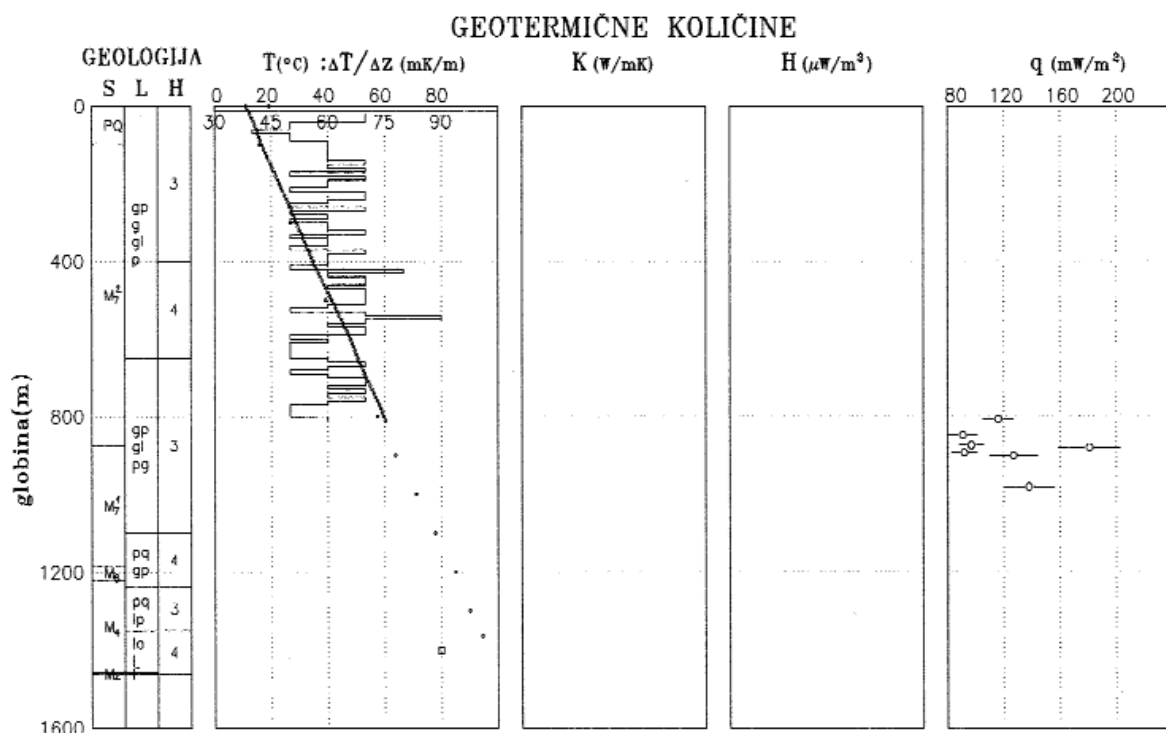
A 4026 méteres mélységben a maximális hőmérséklet 173,4 °C-nak adódott. A hőmérséklet–mélység szelvény (6. ábra) nem mutat egyedi jellegzetességet. A kainozoos rétegekben az átlagos geotermikus gradiens 40,3 °C/km, az ebből, valamint a hővezető-képességből számolt hőáramsűrűség 116 mW/m<sup>2</sup>-nek adódott.

A szénhidrogén-kutatósi céllal létesült *Rimska Čarda-i Mt-2/61 jelű* kútban a pliocéntól badeniig terjedő üledékes rétegsort (agyag, homok, homokos agyag és konszolidált homokkő, márgával) harántolták, majd a fúrás a paleozoos enyhén metamorf kőzetekben (fillithez hasonló csillámpala) állt le. Az első pontszerű, 10 méterenként végzett hőmérsékletmérést a 10–810 méteres mélységközben hosszú pihentetési idő után végezték. A hőmérséklet–mélység görbe nem mutat vízbeáramlásra utaló jelenséget, vagy egyéb jellegzetességet, tendenciája lineáris (7. ábra). A kainozoos kőzetekben mért geotermikus gradiensből (61 °C/km) és a közeli, Moravske Toplice-i, hasonló litológiájú fúrásból átvett hővezető-képesség értékből meghatározott hőáramsűrűség 120 mW/m<sup>2</sup>-nek adódott.



6. ábra. A Ljutomer Ljut-1-es kút egyszerűsített geológiai szelvénye a mért hőmérséklet-profillal, a számolt geotermikus gradiens, hővezető-képesség, radioaktív hőtermelési értékek, és szakaszokra számolt hőáramsűrűség értékek bemutatásával (GeoZS adatbázis)

Figure 6. Simplified geological profile of the borehole Ljutomer Ljut-1 with the measured temperature profile, calculated geothermal gradient, heat conductivity, radioactive heat-production, and heat flow density calculated for some identified intervals (Geo-ZS database)



7. ábra. Az Mt-2/61-es, Rimska Čarda-i kút egyszerűsített geológiai szelvénye a mért hőmérsékletprofillal, a számolt geotermikus gradiens, és szakaszokra számolt hőáramsűrűség értékek bemutatásával (Geo-ZS adatbázis)

Figure 7. Simplified geological profile of the borehole Mt-2/61 with the measured temperature profile, calculated geothermal gradient, and heat flow density calculated for some identified intervals (Geo-ZS database)

A *Petišovci Pg-7/88* jelű szénhidrogén-termelő kút a pleisztocéntől kárpátiig terjedő üledékes rétegsort fúrta át, főként homokos agyagot és kevés kőszent harántolva. A fúrás a szelvény nagyobbik hányadában homokkővet és kőzetlisztet tárt fel. Az első hőmérsékletmérés még fúrás közben történt az 50–1790 méteres mélységközben 50 méteres szakaszonként. A második szelvényezésre 6 nappal a fúrás befejezése után került sor a 2500–2890 méteres szakaszon 20 méteres mérési sűrűséggel. Ez utóbbi esetben a hőmérséklet–mélység görbe jobban tükrözi a kút környezetének hőmérsékleti viszonyait (8. ábra). A kainozoos kőzetekben az átlagos geotermikus gradiens  $48\text{ °C/km}$  és a hőáram-sűrűség  $137\text{ mW/m}^2$ . A maximális hőmérséklet a fúrás talpán (2782 méter)  $146\text{ °C}$  volt.

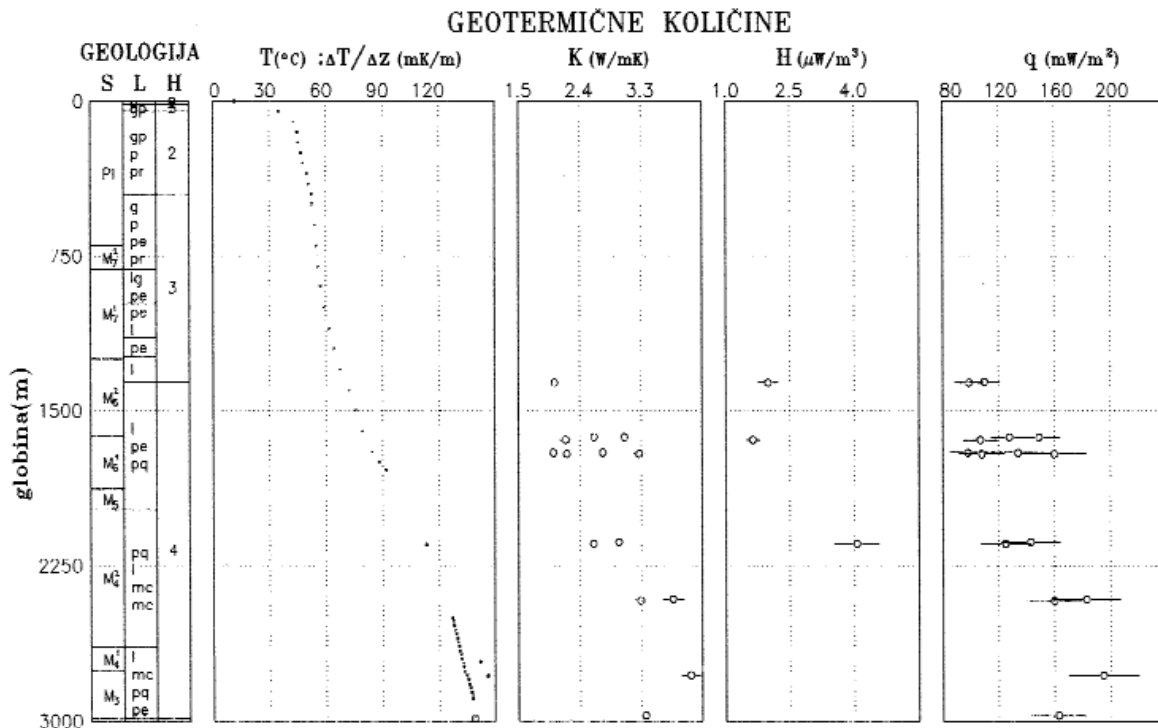
A *Pečarovci Peč-1/91* jelű kút pliocén és a vastag miocén rétegsort (főként agyag, homok, kőszén a felső részen, valamint homokkő, márga, kőzetliszt és konglomerátum a szelvény nagyobb hányadában) tárt fel. A fúrás talpának közelében 115 méter vastagságban harántolt mezozoos dolomitot és dolomitbreccsát, végül paleozoos metamorf kőzetekben (főként fillit) állt meg. Az első hőmérséklet-szelvényezést még a fúrás során végezték 300–1388 méteres mélységben. Ez alapján néhány gyenge vízáramlási zónát feltételeztek a 680–690, a 740–750 és az 1060–1070 méteres mélységben. Később még négy mélységben végeztek hőmérsékletmérést a 1862 és 2098 méter közötti szakaszon. A fúrásban a maximális hőmérsékletet ( $104\text{ °C}$ -t) 2001 méter mélyen mérték (9. ábra). A kainozoos kőzetekben a geotermikus gradiens értéke a fenti mérésekből számolva

$45\text{ °C/km}$ -nek adódott, a hővezető-képességeket felhasználva a számolt hőáramsűrűség  $111\text{ mW/m}^2$ .

A *Murski Gozd-i, Mg-6* jelű kút a pleisztocén (agyag, homok) és miocén (felső-pontusi–kárpáti) üledékeket (agyag, homok, márga, márgás agyag, homokkő, márgás homokkő) harántolt egészen 3732 méterig, majd triász (esetleg perm) agyagos dolomitbreccsában állt meg. Úgy talphőmérséklet, mint DST mérés tekintetében Szlovénia legmagasabb mélységi hőmérsékletét ( $202\text{ °C}$ ) 3739 méteres mélységben mérték. Egy hosszabb állásidő után pontszerű hőmérséklet mérést végeztek a 100–1570 méteres mélységekben (10. ábra). A kainozoos kőzetekben a geotermikus gradiens értéke a fenti mérésekből számolva  $51\text{ °C/km}$ -nek adódott, a hővezető-képességeket felhasználva a számolt hőáramsűrűség  $124\text{ mW/m}^2$ .

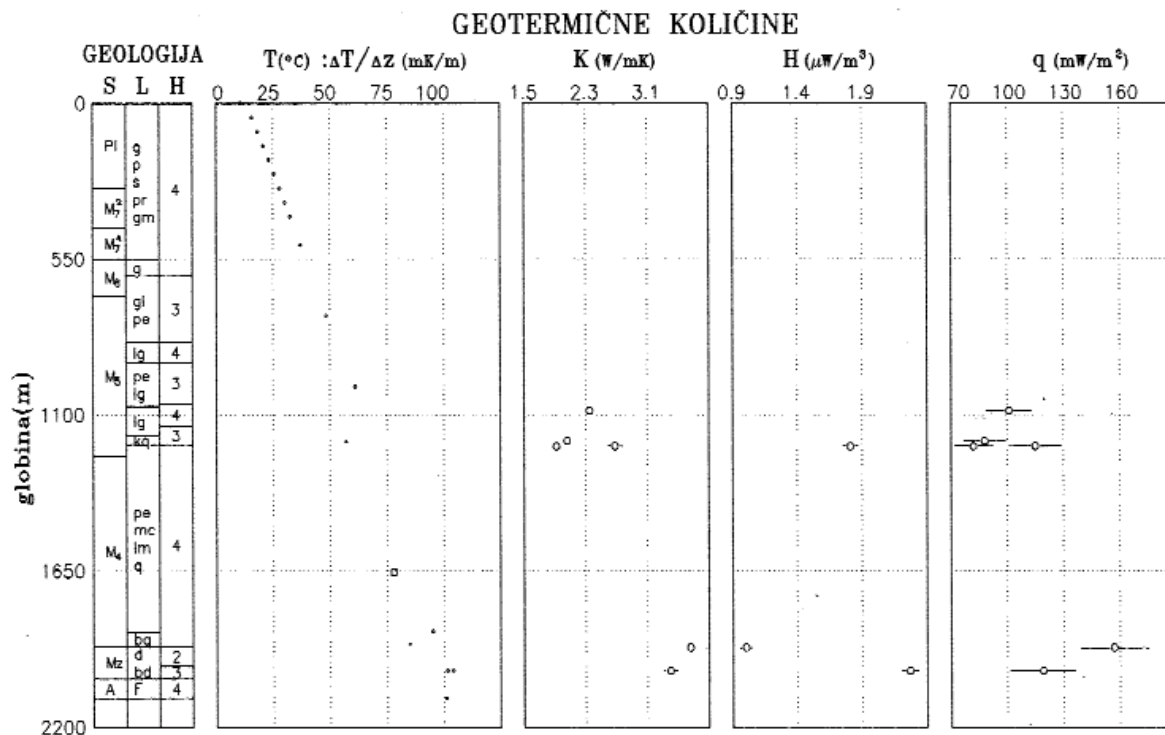
A *Benica Be-1-es kút* pliocén–badeni korú üledékeket fúrta át, felső szakaszán agyaggal és homokkal, mélyebben márga és homokkő váltakozásával. A 2001 márciusában végzett nem egyenközű (200–500 méterenkénti) pontszerű hőmérsékletmérésből származtatott geotermikus gradiens értéke  $49\text{ °C/km}$ , a maximális hőmérsékletet 2755 méteres mélységben  $124\text{ °C}$  (11. ábra). A hőáramsűrűséget a fúrásban nem határozták meg.

A *Maribor MB-1/90-es kút* miocén üledékes rétegeket, főként márgát, homokos márgát és homokkővet harántolt, majd a fúrásban 639 méteres mélységtől paleozoos metamorf kőzetek következnek: főként gneisz, kevés amfibolittal és eklogittal. Pontszerű hőmérsékletmérést többször végeztek, a legmegbízhatóbb mérés 1992 szeptemberében



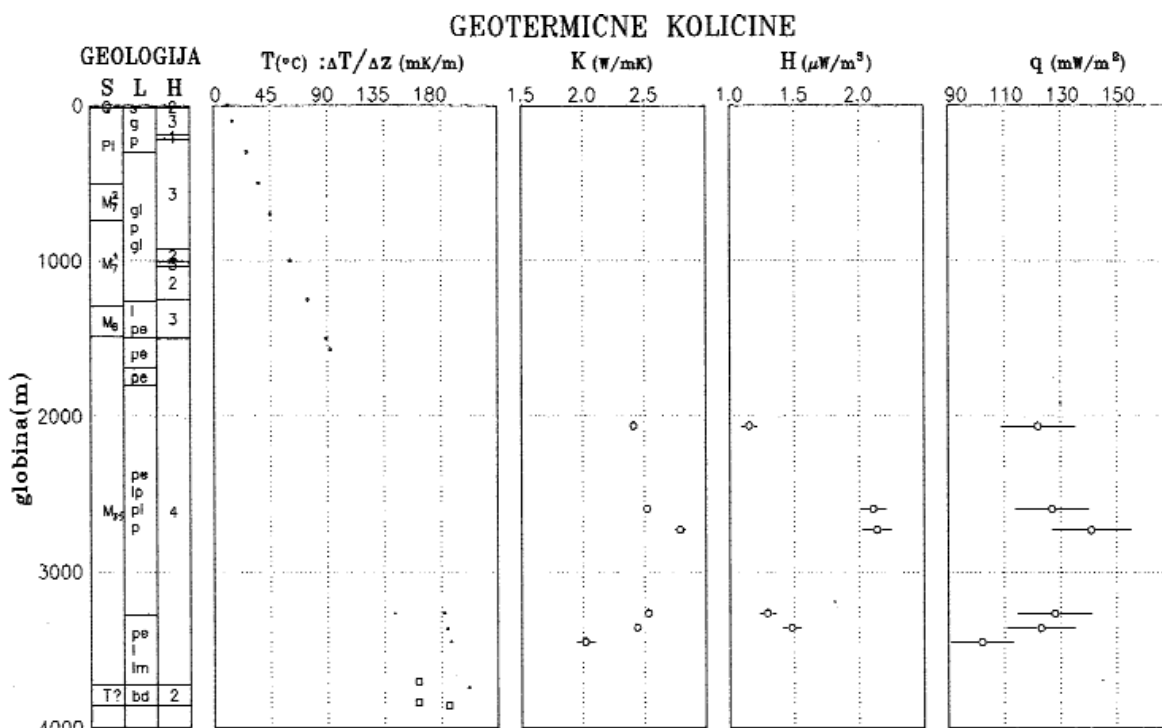
8. ábra. A Petišovci Pg-7/88 jelű kút egyszerűsített geológiai szelvénye az utolsó mért hőmérsékletprofillal, a számolt geotermikus gradiens, hővezető-képesség, radioaktív hőtermelési értékek, és szakaszokra számolt hőáramsűrűség értékek bemutatásával (Geo-ZS adatbázis)

Figure 8. Simplified geological profile of the borehole Petišovci Pg-7/88 with the measured temperature profile, calculated geothermal gradient, heat conductivity, radioactive heat-production, and heat flow density calculated for some identified intervals (Geo-ZS database)



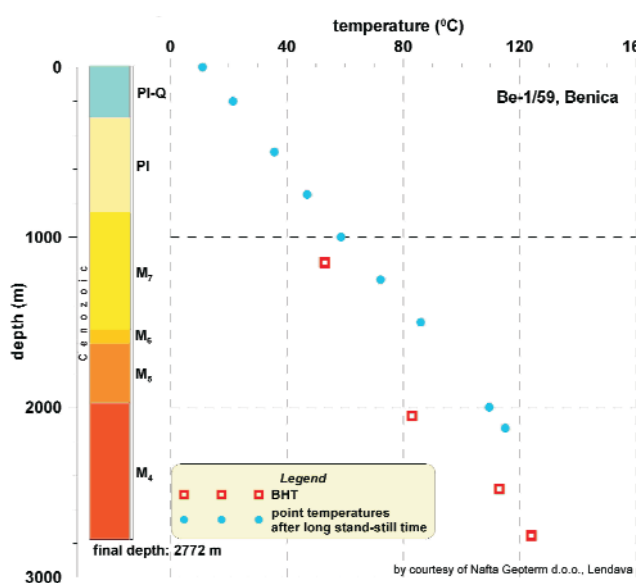
9. ábra. A Pečarovci Peč-1/91 jelű kút egyszerűsített geológiai szelvénye az utolsó mért hőmérsékletprofillal, a számolt geotermikus gradiens, hővezető-képesség, radioaktív hőtermelési értékek, és szakaszokra számolt hőáramsűrűség értékek bemutatásával (Geo-ZS adatbázis)

Figure 9. Simplified geological profile of the borehole Pečarovci Peč-1/91 with the measured temperature profile, calculated geothermal gradient, heat conductivity, radioactive heat-production, and heat flow density calculated for some identified intervals (Geo-ZS database)



10. ábra. A Murski gozd Mg-6 jelű kút egyszerűsített geológiai szelvénye az utolsó mért hőmérsékletprofilal, a számolt geotermikus gradiens, hővezető-képesség, hővezető-képesség, radioaktív hőtermelési értékek, és szakaszokra számolt hőáramsűrűség értékek bemutatásával (Geo-ZS adatbázis).

Figure 10. Simplified geological profile of the Mg-6 borehole with the measured temperature profile, calculated geothermal gradient, heat conductivity, radioactive heat-production, and heat flow density calculated for some identified intervals (Geo-ZS database)



11. ábra. A Benica Be-1 jelű kútban mért hőmérsékletértékek, az egyszerűsített rétegoszloppal.

Figure 11. Measured temperatures and simplified geological profile of the Be-1 borehole

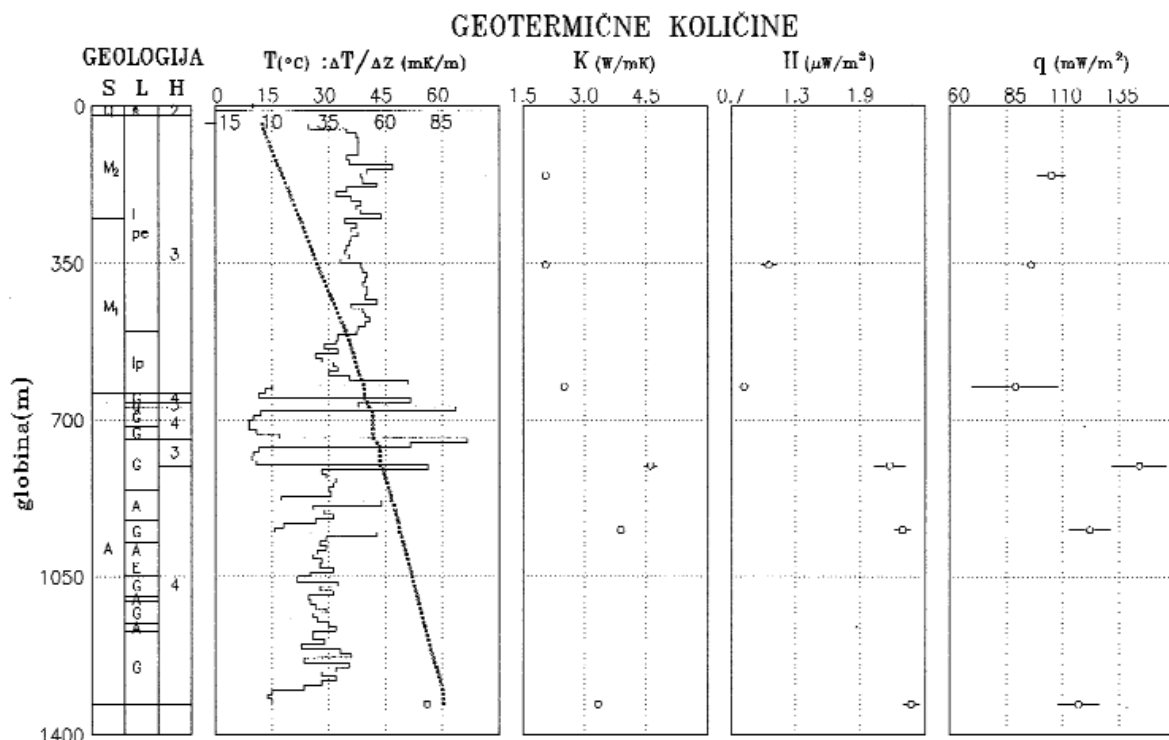
történt a 40–1330 méteres intervallumban. Ennek során az 1330 méteres mélységben 60,4 °C-t mértek. A kainozoos rétegekben a geotermikus gradiens 46 °C/km, míg mélyebben a metamorf kőzetekben ez csupán 30,4 °C/km.

A hővezető-képesség-adatokkal számolt felszíni hőáramsűrűség 112 mW/m<sup>2</sup> (12. ábra).

A Muraszombat SOB-2/88 hévíztermelő kút teljes egészében pliocén (agyag, homok, kőzetliszt, kőzetlisztes és homokos agyag) és a felső-pontusi (homok, kőzetliszt, homokos márga, puha homokkő) üledékeket tár fel 887 méteres mélységig. Hőmérsékletmérést számos alkalommal végeztek. Az első mérés a fúráskihajtás félidejében történt, amikor 580 méterben 46,8 °C, 840 méterben 57 °C-ot mértek. A kútesztek elvégzése és 3 hónapnyi pihentetés után mért hőmérséklet–mélység görbe (13. ábra) legsajátosabb szakasza a 420–760 méteres mélységköz, amely nyilvánvalóan termásvíz beáramlását tükrözi a mélyebb permeábilis homokos és kőzetlisztes rétegekből egészen 450 méteres mélységig, ahonnan felfelé nem mutatható ki további áramlás. A legnagyobb hőmérsékletet (60,75 °C) 870 méteres mélységben mérték. A geotermikus gradiens átlagos értéke a fúrás teljes mélységére kb. 57 °C/km, míg a felszíni hőáram sűrűség 100 mW/m<sup>2</sup>-nek adódik.

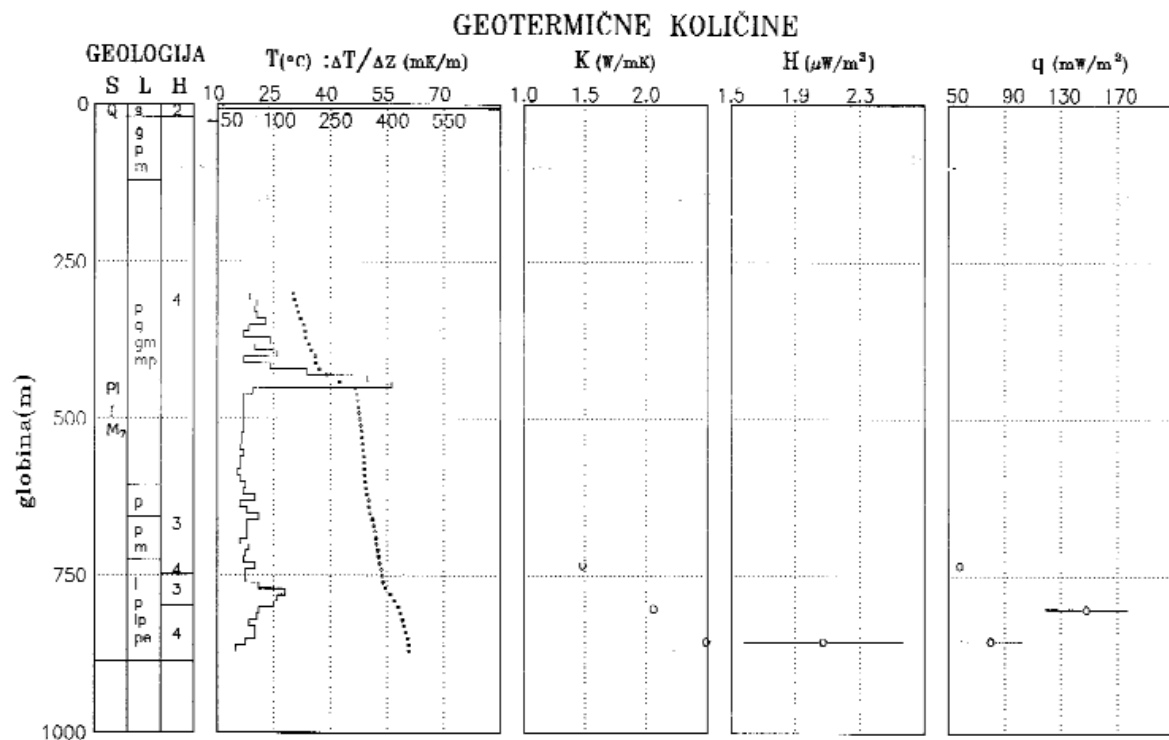
### Hőmérséklet–mélység térképek

A nagyszámú forrásból származó hőmérsékletadatok lehetővé tették, hogy kiválasztott mélységekre (a felszín alatt 500, 1000 és 2000 méter) az adott pontban (fúrásban) a mélységhez legközelebb eső hőmérsékletadatot a számolt geotermikus gradiens segítségével inter- vagy extrapoláljuk, s így hőmérséklet–mélység térképeket szerkesztünk. A



**12. ábra.** A Maribor MB-1/90 jelű kút egyszerűsített geológiai szelvénye az utolsó mért hőmérsékletprofillal, a számolt geotermikus gradiens, hővezetőképesség, radioaktív hőtermelési értékek, és szakaszokra számolt hőáramsűrűség értékek bemutatásával (Geo-ZS adatbázis)

*Figure 12.* Simplified geological profile of the Maribor MB-1/90 borehole with the measured temperature profile, calculated geothermal gradient, heat conductivity, radioactive heat-production, and heat flow density calculated for some identified intervals (Geo-ZS database)



**13. ábra.** A Murszombat SOB-2/88 jelű kút egyszerűsített geológiai szelvénye az utolsó mért hőmérsékletprofillal, a számolt geotermikus gradiens, hővezetőképesség, radioaktív hőtermelési értékek, és szakaszokra számolt hőáramsűrűség értékek bemutatásával (Geo-ZS adatbázis)

*Figure 13.* Simplified geological profile of the SOB-2/88 borehole with the measured temperature profile, calculated geothermal gradient, heat conductivity, radioactive heat-production, and heat flow density calculated for some identified intervals (Geo-ZS database)



számolt hőmérsékletértékek a nagyobb mélységekben túlbecsültek lehetnek, különösen azokon a területeken, ahol az aljzat kis mélységben található, mivel a szórványos adatok miatt nem minden esetben tudtuk figyelembe venni az aljzat eltérő litológiájából adódó, hővezető-képesség változást.

#### Hőmérséklet 500 méter mélységben

A Maribor–Ptuj vonaltól keletre gyakorlatilag mindenütt magasabb a hőmérséklet, mint  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A legmagasabb hőmérsékletek a Muraszombati-magaslaton, illetve Benedikt és Radenci térségében találhatóak, ez utóbbiban  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál magasabb hőmérséklet is várható (14. ábra). Ezek a zónák a valóságban a térképen ábrázoltnál feltételezhetően keskenyebbek. Enyhe hőmérsékletanomália található még a Ljutomeri-árok felett Lendava és Murski gozd környékén. A Muraszombati-magaslat hőmérséklet anomáliáját az aljzat felszínközeli helyzete okozza, míg a Benedikt környéki anomáliát a metamorf aljzatban levő konvektív áramlás, mely valószínűleg jelen van Moravske Toplice közelében és Muraszombattól (Murska Sobota) északkeletre is.

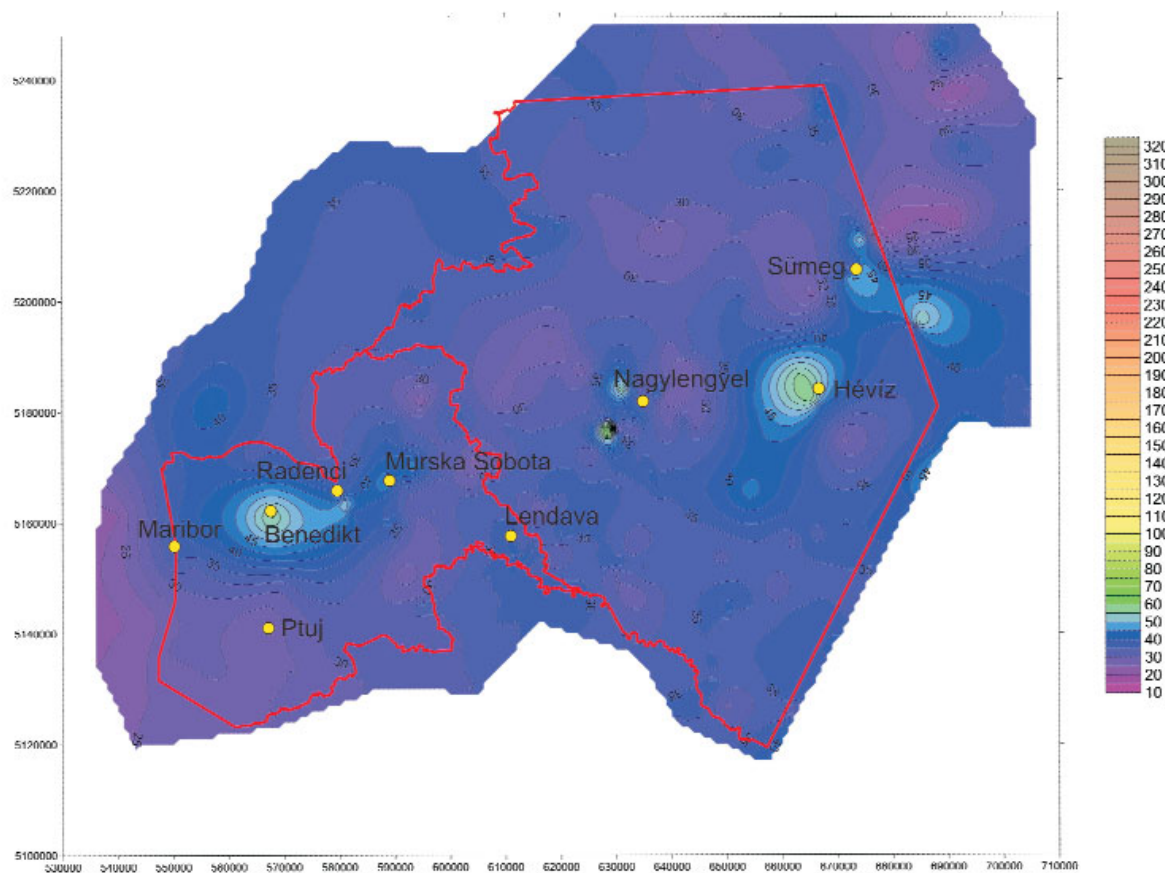
A magyarországi oldalon, egyes területeken a hőmérséklet magasabb mint  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$ : a Hévízi-tó és Sümeg térségében levő anomalikus értékeket a feláramló termál karsztvizek okozzák. A porózus medencében szintén található pozitív hőmérséklet-anomáliával jellemzett területek: Szilágy és Csonkahegyhát, melyek a nagylengyeli olajmező

nyugati részén találhatóak. Ez az anomália feltehetően az 1800–2000 méter mély karsztos aljzatban lévő, regionális konvektív áramlás felszálló ágának következménye.

#### Hőmérséklet 1000 méter mélységben

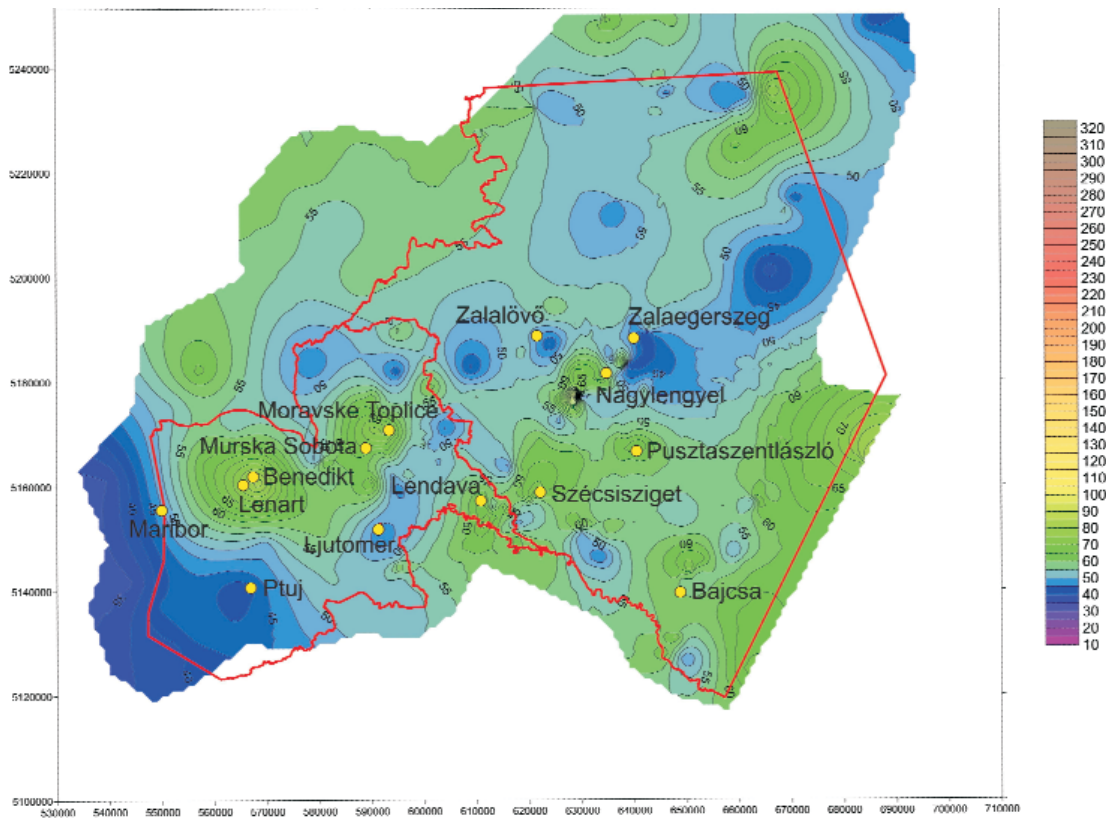
A hőmérséklet-eloszlás ebben a mélységben (15. ábra) közel hasonló az 500 méterben ismertetethez, a Maribor–Ptuj vonaltól keletre  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  feletti. A legmagasabb,  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot meghaladó hőmérsékletű terület Lenarttól Benedikten át Moravske Toplicéig húzódik. Az itt mért  $66\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os hőmérséklet a benedikti és Moravske Toplice-i kutakban megbízható mérésekből származik. Lendavától délkeleti irányban (Murski gozd)  $58\text{ }^{\circ}\text{C}$  feletti érték várható. A benedikti és valószínűleg a muraszombati és moravske toplicei anomália sávja a valóságban keskenyebb a térképen ábrázoltnál, azonban egyelőre bizonytalan, hogy mely irányban és milyen mértékben elnyújtott. Az anomália feltételezhető oka néhány nagy elvetési magasságú vető és az erős töredezettség a sekély mélységben elhelyezkedő aljzat metamorf kőzeteiben, amely lehetővé teszi a konvektív hőáramlást.

A magyarországi részeken a  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  feletti hőmérsékletek pozitív, míg a  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  alattiak negatív hőmérsékleti anomáliát jeleznek. A pozitív anomália oka az aljzatban található mély konvektív zóna felszálló ága lehet, ahogyan azt az 500 méteres mélységnél említettük. A pusztaszentlászlói anomália az aljzat magas topográfiai helyzetéhez köthető. Nem találtunk



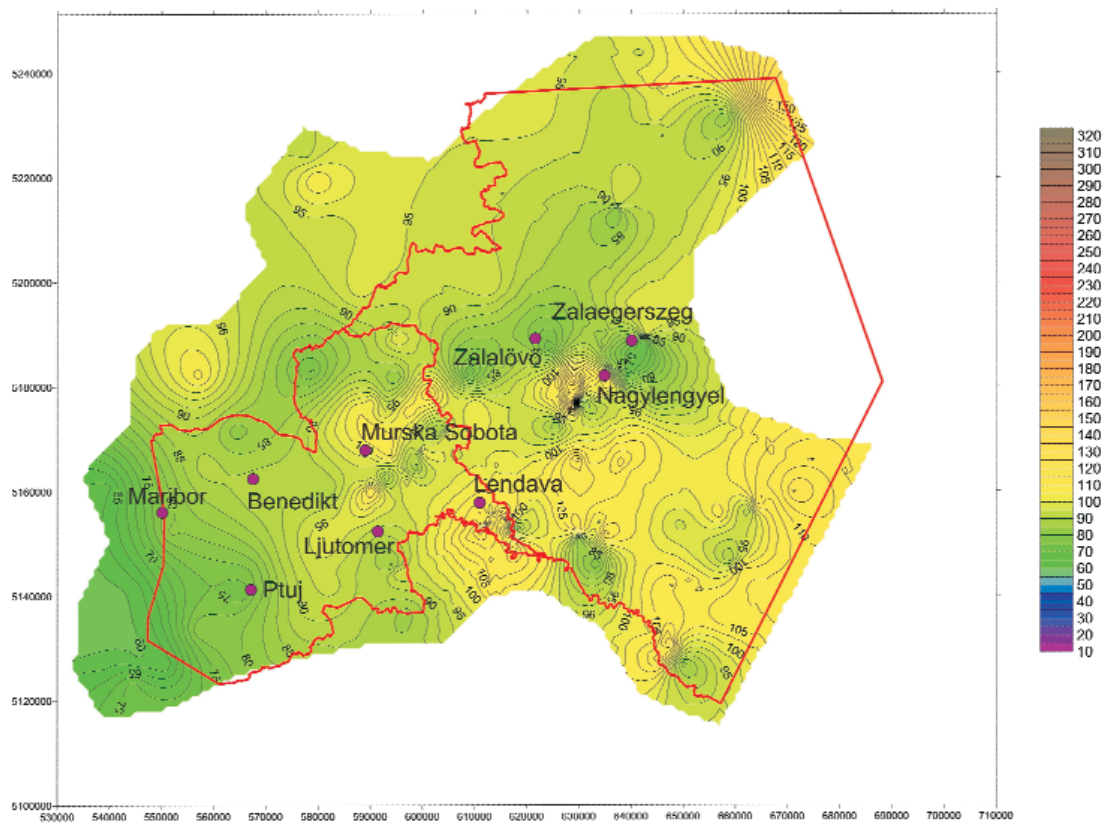
14. ábra. Hőmérséklet-eloszlás 500 méter mélységben a felszín alatt

Figure 14. Temperature at a depth of 500 m



15. ábra. Hőmérséklet-eloszlás 1000 méter mélységben a felszín alatt

Figure 15. Temperature at a depth of 1000 m



16. ábra. Hőmérséklet-eloszlás 2000 méter mélységben a felszín alatt

Figure 16. Temperature at a depth of 2000 m

mindezidáig ésszerű magyarázatot a bajcsai és szécsi-szigeti anomáliákra. A nyugat-nagy lengyeli pozitív anomáliától nyugatra, északra és északkeletre található negatív anomáliák az 1800 méternél mélyebben található karsztrendszerben, lefelé irányuló vízáramlással magyarázhatók.

#### Hőmérséklet 2000 méter mélységben

A Maribor–Ptuj vonaltól keletre szinte mindenütt magasabb a hőmérséklet, mint 80 °C (16. ábra). Ebben a mélységben Benediktnél már nem nyilvánvaló az anomália, mivel itt a termálvízáramlás a kainozoos kőzetekben eredményez igen nagy geotermikus gradienst. Ennek alapján feltételezhetjük, hogy a konvekciós áramlás zónája nem hatol 2 km-nél mélyebbre. Muraszombatnál és attól északkeletre a szlovén–magyar határ felé, Veržejn és Lendava tágabb körzetében 100 °C feletti értékek várhatóak. A környezetenél alacsonyabb hőmérsékletek jellemzik a Ljutomer–Ptuj depressziót.

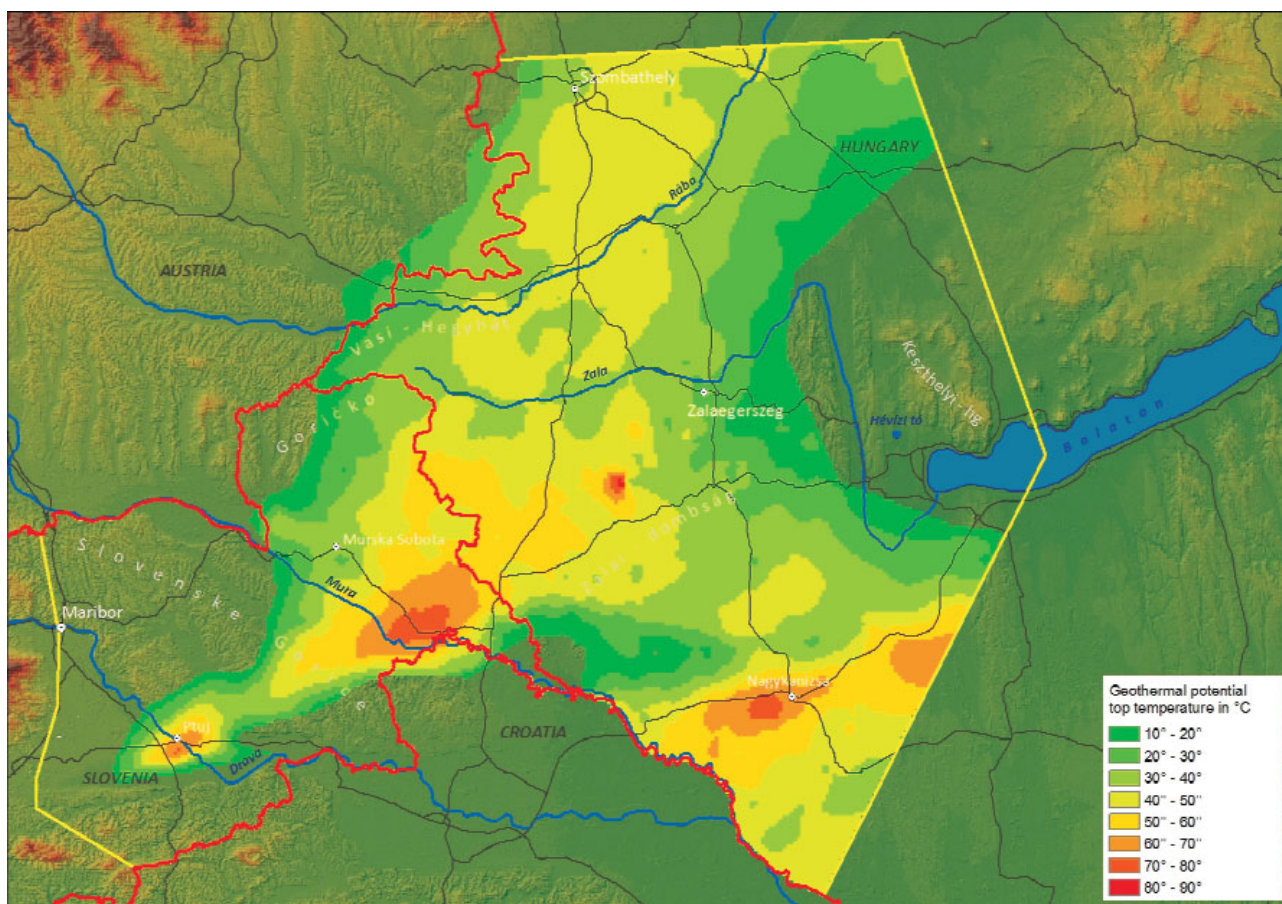
Magyarországon a 100 °C-nál magasabb hőmérsékleti anomáliák Nagy lengyel-nyugat és Zalaegerszeg-észak térségében a termálkarsztbeli regionális konvektív áramlásnak a következményei. Hasonlóan, a 75 °C-nál alacsonyabb negatív anomáliák Zalalövőnél és Nagy lengyel és Zalaegerszeg között ugyanennek a karsztos konvekciónak a leáramló zónáját jelzik.

#### A Mura–Újfalui Formáció hőmérsékleti viszonyai

A térség fő termálvízadó összelete a felső-pannóniai Mura–Újfalui Formáció deltafront fáciesű homokköves rétegsora, amely a T-JAM projekt vizsgálatainak közép-pontjában állt. Az összlet tetejére és aljára szerkesztett hőmérséklet eloszlást a 17. és 18. ábrák mutatják. A termálvízadó tetejének várható legmagasabb hőmérséklete (17. ábra) Szlovéniában 70–80 °C Mota, Razkrižje, Črenšovci és Gaberje között, és szintén magas, 60–70 °C egy szélesebb területen Ljutomer, Dobrovnik, illetve Genterovci és Dolga vas között. Ezen a területen található a prekainozoos aljzat a legnagyobb mélységben, a felszín alatt (több mint 5000 m). Kisebb anomália 60–70 °C-os hőmérséklettel Ptujtól délkeletre figyelhető meg. Ezen a területen a prekainozoos medencealjzat szintén elég mélyen, a felszín alatt kb. 4000 m-es mélységben található.

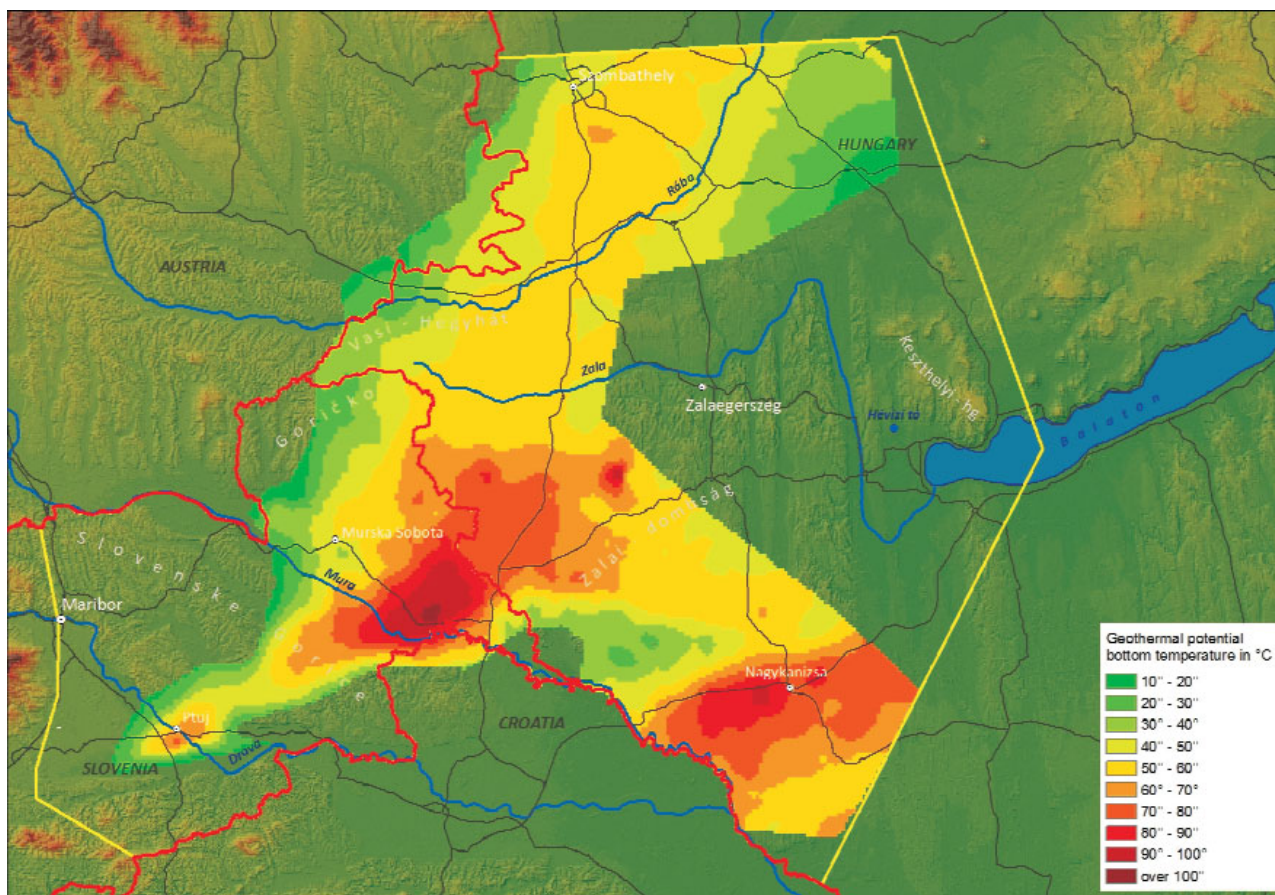
Magyarországon a legmagasabb hőmérséklet (70–80 °C) Zalalövő környékén és Nagykanizsától délnyugatra figyelhető meg. Zalalövő közelében egy kis területen a hőmérséklet a 80–90 °C-ot is elérheti.

A víztartó összlet alján modellezett legmagasabb hőmérsékleti eloszlás szerint (18. ábra) Szlovéniában 90–100 °C körüli hőmérséklet várható Melinci és Črenšovci,



17. ábra. Számított hőmérséklet-eloszlás a Mura–Újfalui Formáció termálvíztartó összletének tetején

Figure 17. Calculated temperature distribution at the top of the Mura–Újfalui thermal water aquifer



18. ábra. Számított (modellezett) hőmérséklet-eloszlás a Mura–Újfalui Formáció termálvíz-tartó összletének alján

Figure 18. Modelled temperature distribution at the bottom of the Mura–Újfalui thermal water aquifer

valamint Dolga vas és Genterovci között. A magas hőmérsékletet a vízázó aljának nagy mélysége okozza. Ptujnál a várható hőmérséklet 60–70 °C, vagy esetleg azt kissé meghaladó. A 70–80 °C-os hőmérséklet-tartomány nyugaton Ljutomer és Veržej irányából Délnyugat-Magyarország felé, Lenti és Csesztreg irányába húzódik. Zalalövő térségében egy kisebb, 100 °C-ot meghaladó anomáliára lehet számítani. Egy jelentősebb anomália feltételezhető

Nagykánizsa térségében a város és a horvát határ között, ahol a hőmérséklet 80–90 °C, vagy azt akár meghaladó is lehet.

Fontos hangsúlyozni, hogy a legmagasabb hőmérsékletet mutató területeken nem mélyültek mélyfúrások, így közvetlen hőmérsékletmérési eredmények nem álltak rendelkezésre.

## Irodalom — References

- DÖVÉNYI, P., HORVÁTH, F., LIEBE, P., GÁLFI, J., ERKI, I. 1983: Geothermal conditions of Hungary. — *Geophysical Transactions* 29 (1), 3–114.
- DÖVÉNYI, P., HORVÁTH, F. 1988: A review of temperature, thermal conductivity, and heat flow data from the Pannonian Basin. — In: ROYDEN, L. H., HORVÁTH, F. (eds): *The Pannonian Basin, a Study in Basin Evolution*. — *American Association of Petroleum Geologists Memoirs* 45, 195–233.
- FODOR L., UHRIN A., PALOTÁS K., SELMECZI I., TÓTHNÉ MAKK Á., RIZNAR, I., TRAJANOVA, M., RIFELJ, H., JELEN, B., BUDAI T., KOROKNAI B., MOZETIČ, S., NÁDOR A., LAPANJE, A.: A Mura–Zala-medence vízföldtani elemzést szolgáló földtani-szerkezetföldtani modellje. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2011*, pp. 47–92.
- HOCHSTEIN, M. P. 1988: Assessment and modeling of geothermal reservoirs (small utilization schemes). — *Geothermics* 17, 15–49.
- HURTER, S., HAENEL, R. 2002: *Atlas of Geothermal Resources in Europe*. Commission of the European Communities. — EC Publication Nr. 1781 1.
- KAPPELMEYER, O., HAENEL, R. 1974: *Geothermics with special reference to application*. — *Geoexploration Monographs* 1 (4), Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart, 238 p.

- KRALJIĆ, M. (ed) 2005: *Poročilo o izgradnji vrtine Benedikt-2 (Be-2)*. — Technical report, Nafta Geoterm, Lendava.
- LENKEY, L. 1999: *Geothermics of the Pannonian basin and its bearing on the tectonics of basin evolution*. — Phd thesis, Vrije Universiteit, Amsterdam, 215 p.
- LENKEY, L., DÖVÉNYI, P., HORVÁTH, F., CLOETINGH, S. 2002: Geothermics of the Pannonian basin and its bearing on the neotectonics. — *EGU Stephan Mueller Special Publication Series 3*, 29–40
- RAVNIK, D. 1991: Geotermične raziskave v Sloveniji; Geothermal investigations in Slovenia. — *Geologija* 34, 265–303. (in Slovenian, with English summary)
- RAVNIK, D., RAJVER, D., URAN, B. 1987: Geotermične raziskave v vrtini BS-2/76 (Benedikt). Geotermalne karte Slovenije. — Internal report, GeoZS, Ljubljana.
- RAVNIK, D., RAJVER, D., POLJAK, M., ŽIVČIČ, M. 1995: Overview of the geothermal field between the Alps, the Dinarides and the Pannonian basin. — *Tectonophysics* 250, 135–149.
- ROYDEN, L. H., HORVÁTH, F., NAGYMAROSY, A., STEGENA, L. 1983: Evolution of the Pannonian basin system: 2. Subsidence and thermal history. — *Tectonics* 2, 91–137.
- STONESTROM, D. A., BLASCH, K. W. 2003: Determining temperature and thermal properties for heat-based studies of surface-water ground-water interactions. — In: STONESTROM, D. A., CONSTANTZ, J. (eds): Heat as a tool for studying the movement of groundwater near streams. — *U.S. Geological Survey Circular* 1260, 81–89.
- SZŐCS T., RMAN, N., TÓTH GY., LAPANJE, A., PALCSU L.: A Mura-Zala-medence felszín alatti vízeinek geokémiája. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2011*, pp. 123–144.
- TÓTH GY., MURÁTI J., RMAN, N., KRIVIC, J., BIZIAK, M.: A Mura-Zala-medence numerikus áramlási modellje. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2011*, pp. 145–167.
- ZOTH, G., HAENEL, R. 1988: Appendix. — In: HAENEL, R., RYBACH, L., STEGENA, L. (eds): *Handbook of terrestrial heat-flow determination with guidelines and recommendations of the International Heat Flow Commission*. — Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 449–466.



## A Mura–Zala-medence felszín alatti vizeinek geokémiája

### *Hydrogeochemistry of the groundwater in the Mura–Zala Basin*

SZŐCS TEODÓRA<sup>1</sup>, NINA RMAN<sup>2</sup>, TÓTH GYÖRGY<sup>1</sup>, ANDREJ LAPANJE<sup>2</sup>, PALCSU LÁSZLÓ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Magyar Földtani és Geofizikai Intézet H–1143 Budapest Stefánia út 14.

<sup>2</sup>Geološki zavod Slovenije, 1000 Ljubljana, Dimičeva ulica 14.

<sup>3</sup>MTA ATOMKI, H–4026 Debrecen Bem tér 18/c.

Tárgyszavak: Pannon-medence, Mura–Zala-medence, termálvíz, vízkémia, határral osztott víztest, izotóp

#### Kivonat

A Pannon-medence nyolc országa számos felszíni és felszín alatti vízkészleten osztozik. Mindezidáig nem volt közös stratégia a határral osztott felszín alatti vízkészletek gazdálkodásával, vagy akár csak felmérésével, értékelésével kapcsolatban. A magyar–szlovén kétoldalú T-JAM projekt a medence nyugati szélén található potenciális határral osztott hideg és termál, felszín alatti víztartók azonosítására és jellemzésére összpontosított. Atöbb mint 7 km vastag neogén üledéksorozattal kitöltött Mura–Zala-medence Szlovénia ÉK-i és Magyarország DNY-i részén található. Jelentős hideg és meleg víztartókat termelnek e régióban, de határon átnyúló jellemzőik mindezidáig ismeretlenek voltak. Hét jellemző víztartóból, összesen 24 db új hideg- és termálvíz mintát gyűjtöttünk a két ország érintett régióiban különböző kémiai, izotóp, gáz és nemesgáz vizsgálatokra, az aktív felszín alatti vízáramlási útvonalak és az átlagos tartózkodási idő meghatározása, valamint az országhatárral osztott víztartók lehatárolása érdekében. Jelen viz-geokémiai kutatás Szlovénia irányából Magyarország felé történő aktív határon átnyúló vízáramlást igazolt két, döntően zárt tükrű víztartóban. A sekélyebb, pliocén–késő-pannóniai korú Ptuj–Grad (SLO) és Zagvva, valamint Somló–Tihanyi (HU) formációk hideg és langyos vizeket tárolnak. Az alattuk elhelyezkedő késő-pannóniai-pontusi korú Újfalu (HU) és Mura (SLO) Formációval jellemezhető termál víztartók szintén az aktív regionális áramlási rendszer részét képezik, csapadék eredetű redukív alkáli vizekkel. Ugyanakkor a medence középső részén ez utóbbi – valószínűleg hidraulikailag – elkülönül a felette levő áramlási rendszertől. A vizek összetétele a Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> típusú fiatal beszivárgású hidegvizektől, a Na-HCO<sub>3</sub>-os termálvizekig változik, míg az alsó- és középső-miocén képződmények határral nem osztott, döntően zárt víztartói Na-Cl-os nagy sótartalmú vizeket tárolnak. A nátrium és az összes oldottanyag-tartalom általában a mélységgel növekszik. A könnyebb izotópok szintén gyakoribbak a mélység felé, az aktív vízáramlású víztartókra jellemző –87 és –75‰ deutérium, illetve –11,9 és –10,4 ‰ között változó oxigén-18 izotóp értékekkel. Ezekben a vizekben a <sup>14</sup>C értékek döntően 6,1 pmC-nél kisebbek. Az izotóp és nemesgáz adatok együttes értelmezése a pleisztocén utolsó interglaciálisa során történt aktív beszivárgásra utal.

Keywords: Pannonian Basin, Mura-Zala Basin, thermal water, transboundary groundwater body, hydrogeochemistry, isotope

#### Abstract

A large part of the Pannonian Basin is divided between 8 countries, which share many surface and subsurface water resources. So far there has been no common strategy to manage or even evaluate the transboundary groundwater resources. The bilateral Hungarian–Slovenian T-JAM project focused on the identification and characterization of the potential transboundary cold and thermal groundwater aquifers situated in the western rim of the basin. The Mura–Zala Basin, investigated in this project, covers NE Slovenia and SW Hungary, and is filled with a more than 7 km thick succession of Neogene sediments. Important regional cold and geothermal aquifers are exploited there, but their cross-border characteristics were previously unknown. Different chemical, isotope, gas and noble gas analyses were made of 24 cold and thermal water samples of 7 characteristic aquifers in both countries with the intention of identifying active groundwater flow paths, estimating average groundwater residence times and delineating joint transboundary aquifers. This hydrogeochemical research confirmed active cross-border flow from Slovenia to Hungary in two predominately confined aquifers. The shallower Pliocene – Upper Pannonian Ptuj–Grad (SLO) and Zagvva and Somló–Tihanyi (HU) Formations store cold to lukewarm water. The Pannonian–Pontian geothermal aquifers in the Újfalu (HU) and Mura (SLO) Formations, located deeper, are also a part of the regionally active flow system with alkaline and reductive water of meteoric origin. However, they are probably hydraulically separated from the upper flow system in the central part of the basin. The water evolves from a Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> type in freshwater to a Na-HCO<sub>3</sub> type in geothermal aquifers, while a Na-Cl brine is stored in rather isolated, Lower and Middle Miocene non-transboundary aquifers.

TDS and sodium content generally increases with depth. Lighter isotopes also gain importance with depth, ranging from -87 to -75‰ for deuterium and -11.9 to -10.4‰ for oxygen-18 in the active regional aquifers. Carbon-14 values are mostly below 6.1 pmC in these waters. Combined interpretation of isotopic and noble gas results indicates an active recharge during the Pleistocene last interglacial period.

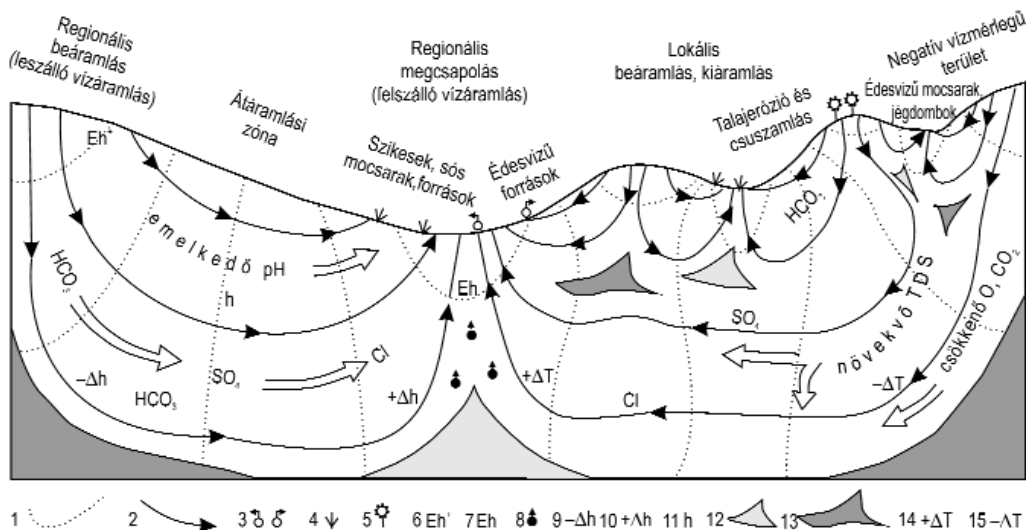
## Bevezetés

A T-JAM projekt kutatási területe víz-geokémiai viszonyainak vizsgálata során a STUYFZAND (1999) és TÓTH J. (1999) által is leírtakkal (1. ábra) összhangban, az áramlási rendszerek különböző áramlási pályái mentén végbemenő folyamatokat és hatásaikat vizsgáltuk.

A víz-geokémiai értékelés döntően egy leíró típusú modell interpretáció, de része a hidrogeológiai transzportmodellezésnek is (TÓTH et al. 2013) és azokon a területeken, ahol elegendő adat áll rendelkezésre egydimenziós víz-kőzet kölcsönhatás modelleket is lehet készíteni az egyes áramlási pályák mentén. Ez utóbbi esetben, különböző folyamatokat lehet modellezni és az ion-telítettség indexet is meg lehet határozni, melynek segítségével kijelölhetőek azok a zónák, ahol túltelítettség várható. Ez az információ hasznos lehet úgy a termásvíz, mint az ivóvíz hasznosítóknak, mivel a túltelítettségéből adódó vízkőkiválás (különböző ásványok kicsapódása) jelentősen megnehezítheti a vízkitermelést.

A víz-geokémiai modell hasznos információkat nyújt az áramlási rendszerek megértéséhez és bemenő adatot, illetve független kontrollt biztosít a geotermikus modell számára a geotermális elemek, geotermométerek alapján történt hőmérséklet-számításokkal. A felszín alatti rezervoár-hőmérséklet becslésére egyéb kémiai geotermométer (kalcedon és kvarc (FOURNIER 1973, 1977), Na/K (GIGGENBACH 1988), Na-K-Ca (FOURNIER, TRUESDELL 1973), Na-K-Ca-Mg (FOURNIER, POTTER 1979), K<sup>2</sup>/Mg (GIGGENBACH 1988), Na/Li and Mg/Li (KHARAKA, MARINER 1989) megfelelőségét is ellenőrizni lehet.

A jelen víz-geokémiai modell célja a közös határon átnyúló víztartók víz-geokémiai tulajdonságok alapján történő lehatárolása, a Mura–Zala-medence felszínalatti áramlási rendszerének víz-geokémiai jellemzése, a felszín alatti víz és annak oldottgáz-tartalma feltételezhető eredetének a megadása, és a lehetséges keveredési zónák kijelölése.



1. ábra. A főbb víz-geokémiai jellemzők az egyes áramlási rendszerek áramlási pályái mentén (TÓTH J. 1999)

1 - ekvipotenciális felület, 2 - áramvonal, 3 - forrás (hideg, meleg), 4 - nedvességkedvelő növények, 5 - szárazságtűrő növények, 6 - oxidatív redox viszonyok, 7 - redukzív redox viszonyok, 8 - felhalmozódás fölötti anyagnyomok (érc, evaporit, szénhidrogén), 9 - hidraulikusnál kisebb pórusnyomás, 10 - hidraulikus pórusnyomás, 11 - hidraulikusnál nagyobb pórusnyomás, 12 - hidraulikai csapda, szállított anyagok és hőmérséklet konvergenciája, felhalmozódása, 13 - kvázi stagnáló zóna (nagy TDS), 14 - pozitív geotermikus gradiens anomália, 15 - negatív geotermikus gradiens anomália

Figure 1. The main hydrogeochemical characteristics along flow paths in different flow systems (TÓTH J. 1999)

1 - line of equal hydraulic head, 2 - flow line, 3 - spring (cold, warm), 4 - phreatophytes, 5 - xerophytes, 6 - oxidizing redox conditions, 7 - oxidizing redox conditions, 8 - mineral (metallic, evaporite, hydrocarbon) traces above accumulations, 9 - subhydrostatic hydraulic heads, 10 - hydrostatic hydraulic heads, 11 - superhydrostatic hydraulic heads, 12 - hydraulic trap, convergence and accumulation of transported matter and heat, 13 - quasi-stagnant zone (increased TDS), 14 - positive temperature and gradient anomaly, 15 - negative temperature and gradient anomaly



## A fő víz-geokémiai folyamatok áttekintése a T-JAM projekt területén

A területen összesen 12 jelentős, a felszín alatti vizek összetételét meghatározó folyamattal kell számolni. A terület legutolsó, badeni tengerelöntése során a nagyobb sűrűségű sós víz kiszorította a tengerelöntést megelőző időszakban az idősebb (paleozoos és mezozoos) kőzetek repedés, karszt- és pórusrendszerében tárolt „édes” vizeket (1).

A szarmata csökkent sós vízi tengerből származó vizek közül (a tengerrel borított részek alatt), csak a leülepedett üledékbe zárt víz maradhatott fenn (2), kivéve azokon a helyeken, ahol elzárt öblökben hipersalin víz jött létre. Ezeken a részekben a hipersalin víz kiszoríthatta a kisebb sűrűségű vizet (3).

A badeni-szarmata időszak korallzátonyos, alapkonglomerátumos szigetein beszivárgó csapadékvíz csak ott maradhatott meg (4), ahol, sem az azóta folyamatosan utánpótlódó csapadék-beszivárgás fiatalabb vizei (5), sem a csökkent sós vízi Pannon-tó édesvíznél nagyobb sűrűségű vize (6), nem szorította ki őket (a megemelkedő vízszintű területek alatt).

A Pannon-tó mélyebb részein képződő finomszemcsés üledékek nemcsak, hogy bezárták az adott időszak csökkent sós vizeit, de rossz vízvezető képességük miatt az újabb üledékretegek súlyának egy részét is e vizekre hárították. Az így létrejött túlnyomásos zónák felől felfelé, a kisebb hidrosztatikus nyomásállapotú részek felé szivárgás, és oldott anyag migráció alakult ki. Ugyancsak feltételezhető, hogy lefelé, a fekvő azon részei felé is zajlott áramlás és migráció, amelyek a mélyben horizontálisan hidraulikai kapcsolatban lehetnek a gravitációs áramlású részekkel. Ezekben az esetekben, a rossz vízvezető zónákban végbemenő víz-kőzet kölcsönhatások eredményeként szelektív migrációra kell számítani (7).

A csökkent sós vízi – tavi üledékképződéssel egyidős, illetve az ezt követő időszakok édesvízi (tavi és folyóvízi) üledékeiben már az akkori térszíni viszonyok és klíma által meghatározottan kialakultak az intermedier és regionális felszín alatti vízáramlások, több esetben felcserélve, kiszorítva a korábbi pórusvizeket. A gravitációs áramlási rendszerek víz-geokémiai viszonyait a beszivárgási (bepárlódási és más klimatikus adottságok, valamint a talaj – beszivárgó csapadék-víz kölcsönhatások) körülmények határozták meg, melyeket az áramlási pályák menti víz-kőzet kölcsönhatások és keveredések tovább alakítottak (5a, 5b, 5c stb.). Az áramlási rendszerek feláramlási zónájának felszín közeli részében az oxidatív állapotú vizekkel való keveredések mellett a talajvízpárolgás is alakította, alakítja a vizek összetételét (8).

A fent említett folyamatok mellett a T-JAM projekt térségében még jelentős geotermikus (9), szervesanyag-érési, -lebomlási (10), mélységi és autochton gázok hozzákeveredési és ezt kísérő ásványoldódási folyamatokkal is (11) számolni kell. Végül itt kell megemlíteni a helyenként előforduló, ismert vagy valószínűsíthető evaporitos környezetek vízösszetételt módosító hatásait is (12).

A Föld belső hőjének felfűtő hatására létrejövő konvektív vízáramlások megváltoztatják a keveredési helyszíneket és intenzitásokat, a hőmérsékletváltozás hatására megváltozott víz-kölcsönhatások, ioncserék, beoldódások és kiválások jönnek létre. E hatások lehetnek a regionális, meden-

cefejlődéshez kapcsolódó hőáramlás következményei és lehetnek lokális, vulkanitokhoz kapcsolódó hatások is.

A nagy mélységből feláramló gázok közül a reaktív CO<sub>2</sub> kőzet- és vízösszetételt módosító hatása lehet jelentős. A szerves anyagok érése és átalakulása során mind a szerves mind a szervesetlen komponensekben jelentkeznek változások.

A különböző erők hatására létrejövő (gravitációs és sűrűségkülönbségek által kialakuló) áramlások vizeinek kémiai összetétele jelentős mértékben megváltozik a helyenként előforduló jól oldódó evaporitos rétegekkel érintkezve.

## A felszín alatti víz és oldott gáz eredete

A Mura-Zala-medence felszín alatti vizeinek különböző eredetét már ŽLEBNIK (1979) és PEZDIČ (1991, 2003) megállapította, amelyet a T-JAM projekt kutatásai is alátámasztottak.

A legfiatalabb felszín alatti vizek Szlovéniában a kvarter kavicsokban, a pliocén Ptuj-Grad (JELEN et al. 2006) és a pontusi Mura Formáció rétegeiben, Magyarországon a holocén és kvarter üledékekben tárolt fiatal beszivárgó meteorikus vizek.

A pannóniai-pontusi Mura és Lendava (Lendvai) Formáció rétegeiben elhelyezkedő és a rossz utánpótlódású idősebb meteorikus vizek kora Radencinél 100 és 7000 év közé esik (PEZDIČ 1991). Az erős redukív környezetnek köszönhetően ezek a vizek szén-dioxid (CO<sub>2</sub>), kén-hidrogén (H<sub>2</sub>S) és metán (CH<sub>4</sub>) gázokat, valamint geogén eredetű vasat, arzént, mangánt és ammóniát is tartalmaznak. Hasonló, de idősebb meteorikus eredetű vizek találhatóak a Zagyva és az Újfalui Homokkő Formáció, illetve más felső-pannóniai üledékek rétegeiben. Az utóbbi vizek kora 10 és 30 ezer év közötti.

A legidősebb vizek a stagnáló kainozoos hígult sós vizek, amelyek a kelet-szlovéniai Lendava, Špilje és Haloze Formáció elzárt víztározóiban helyezkednek el. Ezek az olajos-sós vizek termo-ásványos kémiai összetételűek és jelentős mennyiségben tartalmaznak metánt és egyéb szénhidrogéneket. A magyarországi pannóniai üledékek túlnyomásos rétegei hasonlóak az izolált vízáradó és vízzáró összletekben tárolt stagnáló kainozoos hígult sós vizekhez. A szlovéniai mezozoos karbonátokban tárolt vizek kora hasonlóan idős lehet, de ezen vizek beszivárgása a kainozoos tengeri üledékek süllyedéséhez köthető (KRALJ, PO. 2007). Néhol a beszivárgás vízvezető törések, törésszisztemek mentén történt, míg más területeken e víztartók hidraulikusan elzártak a környezetüktől. Néhány izolált térrésztől eltekintve, mint például a sárvári terület, ahol kiugróan nagy az összes oldottanyag-tartalom, a magyarországi mezozoos karbonátokban tárolt víz meteorikus eredetű és a beszivárgás az utóbbi 40 ezer év során történt.

A víz kén-hidrogén- (H<sub>2</sub>S) és szulfát-tartalma az anyakőzetek szulfát- és szulfidásványaihoz köthető. A Strukovci, Dankovci és Ljutomer fúrásokban az alaphegység dolomitos kőzeteiben evaporitik (szulfát) voltak azonosíthatók. Ezzel

ellentétben a szulfidásványok (pirit, markazit) a kevésbé permeábilis kainozoos agyag és kőzetlisztes összletekben gyakoriak, így ezek az ásványok lehetnek a víz kéntartalmának a forrásai.

Nagy mennyiségű oldott  $\text{CO}_2$  található a Rába-vonal mentén, mely Benedikt, Ščavniška dolina, Radenci, Radgona (a), Korovci, Strukovci és Nuskova kútjaiban volt kimutatható. Jelenlétét a Rába-vonal menténa Radgona-Vaš tektonikai félárok metamorf közeteinek kigázósodásával hozták kapcsolatba (KRALJ, P., KRALJ, PO. 1998, LAPANJE 2007). A kigázósodás a mai napig tartó folyamat a dolomitnak a kvarccal és agyagásványokkal  $80\text{--}160\text{ }^\circ\text{C}$ -on történő reakciójának köszönhetően (PEZDIČ et al. 1995).

A vizek  $\text{CO}_2$ - és  $\text{H}_2\text{S}$ -tartalmának másik eredete a szerves anyag érés és a szulfátredukció. A korábbi tanulmányok szerint a köpeny eredet kevésbé valószínűsíthető. A gázok mind vízzel együtt, mind önmagukban is szivároghatnak a rétegekben (PEZDIČ 1991).

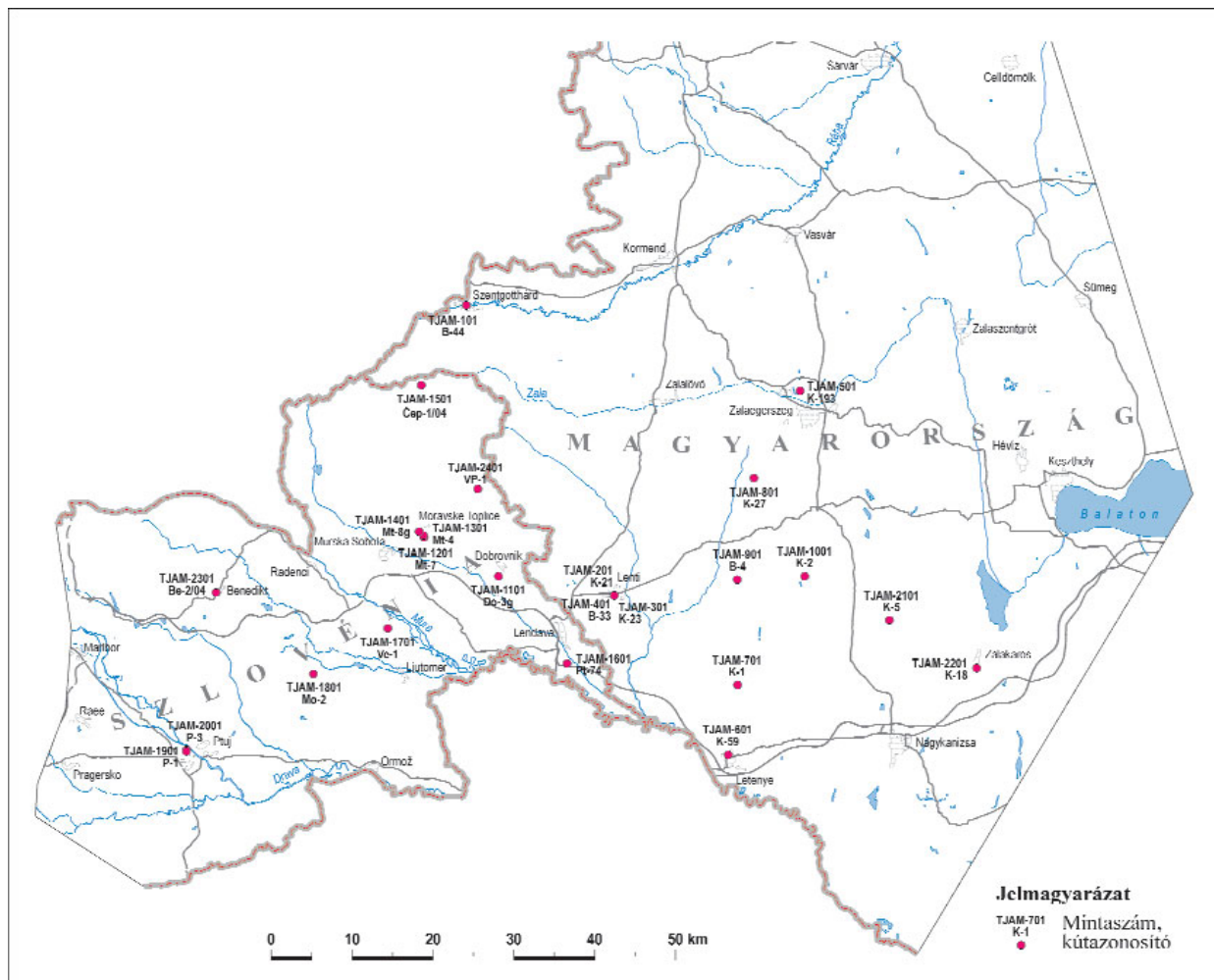
Metán ( $\text{CH}_4$ ) képződése a szerves termogén anyagéréséhez kapcsolódik (kerogén képződés) az ún. „olaj ablak” feltételek mellett (PEZDIČ 1999).

## Archív és új víz-geokémiai adatok értelmezése a T-JAM projekt keretében

### Terepi munka tervezése és a vízmintavétel

A projekt keretében végzett vízmintavételek egyik célja kiegészítő víz-geokémiai információ szerzése volt mind a magyar, mind a szlovén kutatási területre, mely egyben a közös hidrogeológiai áramlási és transzportmodellezés kalibrálásához és a határon átnyúló hévízgazdálkodás kidolgozásához is segítséget nyújtott (2. ábra). A terepi vízmintavételek és a kapcsolódó laboratóriumi vizsgálatok úgy Magyarországon, mint Szlovéniában a Magyar Állami Földtani Intézet feladata volt, de a szlovéniai vízmintavétel szervezési feladatait a Szlovén Geológiai Szolgálat végezte. A felszín alatti vizek mintázásához hatósági engedélyekre nem volt szükség, viszont a kutak tulajdonosai/üzemeltetői hozzájárulása elengedhetetlen volt, amelyet minden mintavétel előtt megszereztünk.

Első lépésként 61 termálkutat jelöltünk ki a magyarországi kutatási területen. Bár Magyarországon a  $30\text{ }^\circ\text{C}$ -nál magasabb hőmérsékletű vizeket tekintjük termálvíznek, a



2. ábra. Vízkémiai mintázási pontok a T-JAM projekt területén

Figure 2. Localities of hydrogeochemical field sampling sites in the T-JAM project area

1. táblázat. A T-JAM projekt keretében gyűjtött vízminták

Table 1. Groundwater samples collected in the framework of the T-JAM project

Település	Kút neve	Mintázás időpontja	Mintázott vízadók
Szentgotthárd	B 44	2010. 5. 11.	Somlói és Tihanyi Formációk, valamint Pal
Lenti	K 21	2010. 5. 12.	Somlói és Tihanyi Formációk
	K-23		Somlói és Tihanyi Formációk
	B-33		Újfalu Formáció
Zalaegerszeg	K-193	2010. 5. 13.	Újfalu Formáció
Letenyc	K-59	2010. 5. 18.	Újfalu Formáció
Bázakerettye	K-1		Újfalu és Algyői Formációk
Ormándlak	K 27	2010. 5. 19.	Zagyva Formáció
Gutorfőde	B 4		Somlói és Tihanyi Formációk
Pusztaszentlászló	K 2		Lajta Mészke Formáció
Gelse	K 5	2010. 10. 12.	Miocén, valamint Algyői és Szolnoki Formációk
Zalakaros	K-18		Újfalu Formáció
Dobrovník	Do-3g		Mura Formáció
Moravske Toplice	Mt-7	2010. 6. 8.	Mura Formáció
	Mt-4		Špilje és Ilalze Formáció
	Mt 8g		Mura Formáció
Šalovci	Čep 1/04	2010. 6. 9.	Ptuj-Grad Formáció
Lendava	Pt 74	2010. 6. 16.	Mura Formáció
Banovci	Ve 1	2010. 6. 15.	Mura Formáció
Moravci v Slovenskih goricah	M -2		Mura és Lendava Formáció
Ptuj	P-1		Ptuj-Grad Formáció
	P-3	Mura Formáció	
Benedikt	Be-2/04	2010. 10. 28.	Paleozoos metamorf kőzetek
Prosenjakovci	VP-1/00		Ptuj-Grad Formáció

kiválasztás során a 25 °C-os és annál melegebb kifolyó hőmérsékletű vizet adó kutakat vettük figyelembe. Szlovéniában 70 darab 20 °C-nál magasabb hőmérsékletű vizet adó kutat jelöltünk ki. Az összegyűjtött kútdatok alapján kiválasztottuk a 24 mintázandó kutat (2. ábra) a teljes kutatási területen, egyrészt elhelyezkedésük alapján, másrészt az üzemelésük alapján, és ahol lehetséges volt, figyelve a fő, határon átnyúló vízadóval való kapcsolatukra is.

2. táblázat. A kiválasztott laboratóriumok és az általuk elvégzett vizsgálatok

Table 2. Selected laboratories and type of groundwater analysis performed

Analízis típusa	Választott laboratórium
Általános kémia, nyomelemek	Magyar Állami Földtani Intézet Laboratóriuma
$^{14}\text{C}$ és $\delta^{13}\text{C}$ vízből (DIC), trícium	Hydrosys Kft.
$\delta^{34}\text{S}$ vízből ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	MTA Geokémiai Kutatóintézet
$\delta^{13}\text{C}$ szénhidrogénekből ( $\text{CH}_4$ )	
Nemes gáz $\delta\text{D}$ , $\delta^{18}\text{O}$	
TOC Fenolindex, Fenolok (ahol a fenolindex >20 $\mu\text{g/l}$ )	Bálint Analitika Kft.
Acetát-propionát (ahol a IOC >8), PAH (ahol $T_m >60^\circ\text{C}$ és KOI>2)	Országos Közegészségügyi Intézet
F, S <sup>2-</sup> , I, Br	
Oldott gáz, szeparált gáz	Vizkutató Vízkémia Kft.
Nehéz szénhidrogének oldott gázból, illetve szeparált gázból (ahol a $\text{CH}_4$ nagy)	
Radon	Eötvös Loránd Tudományegyetem
Rádium	Ben Gurion University Izrael

24 új vízmintavételre és ezek különböző analitikai vizsgálataira (1. táblázat) került sor a T-JAM projekt keretében. A fő komponensek mellett, nyomelem, stabil- és radioaktív izotóp, oldott és szeparált gáz, nemesgáz és szervesanyag-tartalom meghatározását végeztük el.

A vízminták fő- és nyomelemeinek meghatározását a Magyar Állami Földtani Intézet akkreditált laboratóriuma végezte. A többi analízist külső laboratóriumok készítették.

Erre a célra meghívásos pályázatokat hirdettünk. A kiválasztott laboratóriumokat a 2. táblázat ismerteti.

A vízmintavételt (3–4. ábra) a Magyar Állami Földtani Intézet (NAT által akkreditált) Akkreditált Vízmintavevő Csoportja hajtotta végre.

A mintavételt mindig szoros együttműködés előzte meg az analízist végző laboratóriumokkal, a mintavételi utasítás egyeztetése és a mintavételi edények átadása-átvétele miatt. Az egyik leginkább időigényes feladat a radiokarbon kormeghatározáshoz szükséges vízminta-kezelés volt. A gyakran 60–120 liternyi víz (a hidrogén-



3-4. ábra. Termásvíz mintavétel (baloldali a Benedikt Be-2, jobboldali a Lenti B-33)

Figure 3 and 4. Field sampling of thermal water in Benedikt well Be-2 (Slo) (left) and Lenti well B-33 (Hu) (right)

karbonát tartalom függvényében meghatározott vízmennyiség) karbonát-tartalmának kinyeréséhez, először a karbonátot le kellett csapatni, majd ezt követően a csapadék feletti vizet le kellett fejteni a csapadék kinyeréséhez. Hasonlóan nagy vízmennyiség, körülbelül 60 l kiindulási vízminta volt szükséges a rádiumminták terepi előkészítéséhez. E vízminta mennyiséget mangán-oxid szálakkal feltöltött szűrőoszlopokon kellett átvezetni (meghatározott) sebességgel, majd a filter mosását követően a töltetet légmentesen zárható műanyag tasakokba kellett helyezni. A vízmintákat az általános vízkémiai vizsgálatokhoz hűtve tároltuk. A szerves komponensek vizsgálatához, a rádiumvizsgálatokhoz és a gázvizsgálatokhoz a mintavételeket követő legrövidebb időn belül kellett a minta előkészítéseket elvégezni, és a mintákat a laboratóriumokba elszállítani.

#### *A kémiai és izotópadatok értékelése*

Az új vízminták értékelése mellett az archív adatokat is összegyűjtöttük mind a szlovéniai, mind a magyar kutatási területre. Az adatok eredete és pontossága eltérő, mivel az elmúlt évtizedek különböző szervezetei által gyűjtött mintáiból, illetve különböző laboratóriumokban végzett elemzésekől származnak. Annak ellenére, hogy az analitikai eljárások sokat fejlődtek az elmúlt években, a különböző forrásokból származó adatok összehasonlíthatóak.

Az adatok feldolgozása során a kiugró adatokat kihagytuk, de ennek ellenére előfordulhatnak nem reprezentatív adatok az adatbázisban, mivel az összes adat eredeti dokumentációjának ellenőrzésére nem volt lehetőség. Ahol több mint egy adat volt elérhető egy kútra, ott vagy egy reprezentatív adatsorral, vagy a mediánok értékével szá-

moltunk. Az adatok értelmezését különböző numerikus és grafikus szoftverek segítették, mint például az MS Excel, AquaChem, Statistica és Grapher szoftverek.

#### *A hidrosztratigráfiai egységek korrelációja a vízkémiai tulajdonságok alapján*

Első lépésként a különböző formációkból származó vizek megkülönböztetése volt a cél. Az adatértelmezés során sikerült korrelálni néhány rétegtanilag korrelálható formáció vízmintájának adatait, míg más esetekben ez a korreláció nem volt lehetséges, a lokálisan elszigetelt vízadók miatt. A 3. táblázat a víz-geokémiai értelmezés során használt hidrosztratigráfiai egységek formáció „korrelációját” mutatja. Összesen 533 kút adata került feldolgozásra.

Szlovéniában 70 különböző termálkutat és 5 vízadó formációt vizsgáltunk: a Ptuj-Grad (22 minta), a Mura (19 minta), a Lendava (7 minta), a Špilje & Haloze (18 minta) Formációban, és a mezozoos (főleg dolomittartalmú) alaphegységi karbonátokban (4 minta). A szlovéniai paleozoos metamorf kőzetekből csak 2 vízminta elemzési adata állt rendelkezésre, ezek alapján értelmezés nem készült. Összességében elegendő elemzési adat állt rendelkezésre, hogy értékeljük a szlovéniai felszín alatti vizek általános kémiai összetételét.

Magyarországon több formációt, illetve formációcsoportot lehetett elkülöníteni, így 11 egységben lehetett tanulmányozni a különböző komponensek koncentráció-eloszlásait. A magyarországi mintáknál azokat a kútadatokat is figyelembe vettük, ahol csak egy vizsgált paraméter adata volt meg, így a minták száma sokkal nagyobb volt, mint a szlovéniai területen.

3. táblázat. A víz-geokémiai értelmezés során használt hidrosztratigráfiai egységek a formáció „korreláció” alapján

Table 3. Hydrostratigraphic units based on Formation “correlation” used in hydrogeochemical interpretation

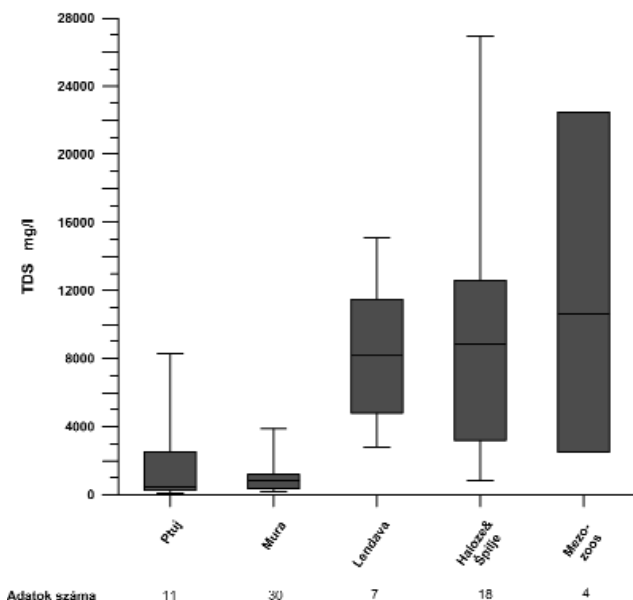
Szlovénia		Magyarország	
Formáció neve	Formáció kora	Formáció neve	Formáció kora
		magyarországi kvarter	kvarter
Ptuj-Grad Formáció	pliocén		
Mura Formáció	pontusi	Zagyva, Somlói és Tihanyi Formációk	felső-pannóniai
		Újfalui Homokkő Formáció	
Lendava Formáció	pannóniai	Algyői Formáció	alsó-pannóniai
		Szolnoki Homokkő Formáció	
		Lendrői Marga Formáció	alsó-pannóniai
		Kozárdi Agyagmárga Formáció	szarmata
		Szilágyi Agyagmárga Formáció	baderi
		Tekeresi, Budafa, Békési, Ligeterdői Formáció	baderi-kárpai
Špilje&Haloze Formáció	kárpai-alsó-pannóniai		
		Lajta mészkő	baderi
		alsó-miocén kőzetek és üledékek	eggenburgi-kárpai
		vulkáni kőzetek és üledékek	cocén oligocén
mezozoos karbonátok	mezozoikum		
		mezozoos kőzetek	mezozoikum
		büki dolomit	devon
paleozoos metamorf kőzetek	paleozoikum	paleozoos metamorf kőzetek	Paleozoikum
		különböző formációk kevert vizei	

Az egyes szlovéniai és magyarországi formációkban tárolt vizek általános vízminőségi összetételét Box & Whisker diagramok (5–16. ábra) segítségével vizsgáltuk.

A Box & Whisker diagramok alapján a szlovéniai pliocén és a magyar negyedidőszaki–felső-pannóniai formációk korrelálhatók, mivel e rétegek felszín alatti vizei kis oldottanyag-tartalmúak, és nagy kationaráránnyal ( $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ )  $mgé/l / (Na^{+}+K^{+})$   $mgé/l$  jellemezhetők.

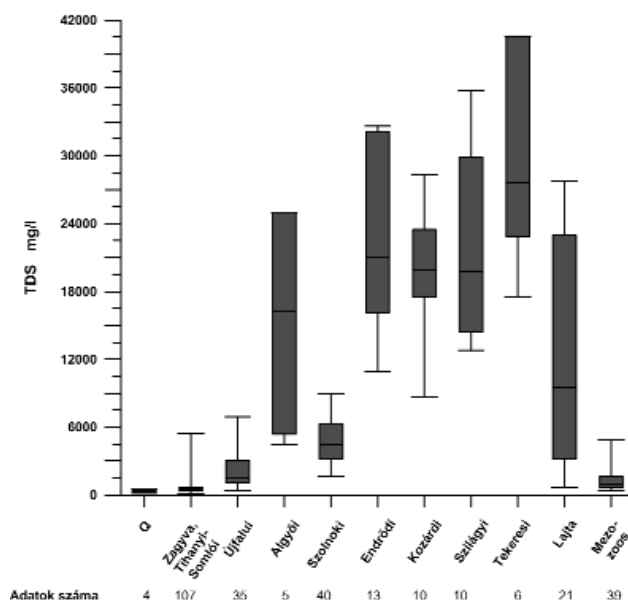
A Mura és Újfalui Formáció szintén összehasonlíthatóak, a vizek oldottanyag-tartalma nagyobb, viszont kation arányuk kisebb. Hasonlóan az előzőekhez, a Lendava és Szolnoki Formációk vizei is összevethetőek, de nagyobb oldottanyag-tartalom jellemzi őket.

A fent ismertetett összes formáció potenciális határon átnyúló termákvíz-tartó, mivel a vizek kémiai összetétele hasonló és a határon átnyúló áramlás hidrogeológiai lehetőséges. Ezzel ellentétben, számos magyarországi mio-



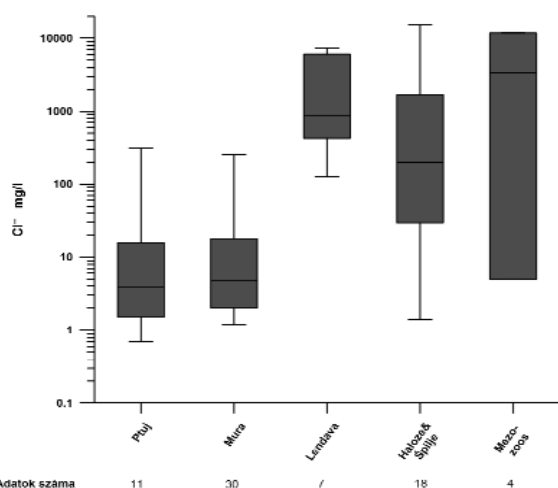
5. ábra. A felszín alatti vizek összes oldottanyag-tartalom eloszlása öt szlovéniai formációban

Figure 5. TDS content distribution in groundwater in five Slovenian Formations



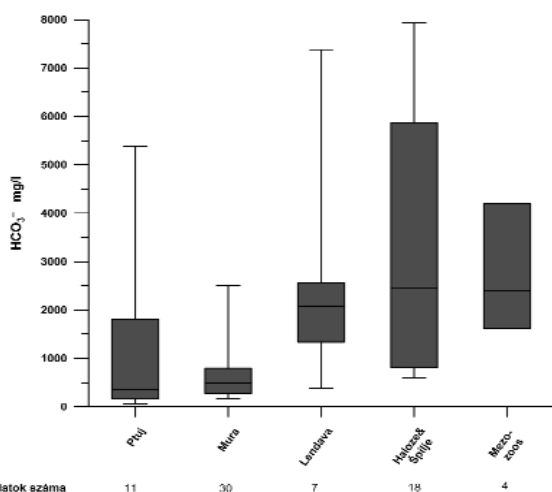
6. ábra. A felszín alatti vizek összes oldottanyag-tartalom eloszlása tizenegy magyarországi formációban

Figure 6. TDS content distribution in groundwater in eleven Hungarian Formations



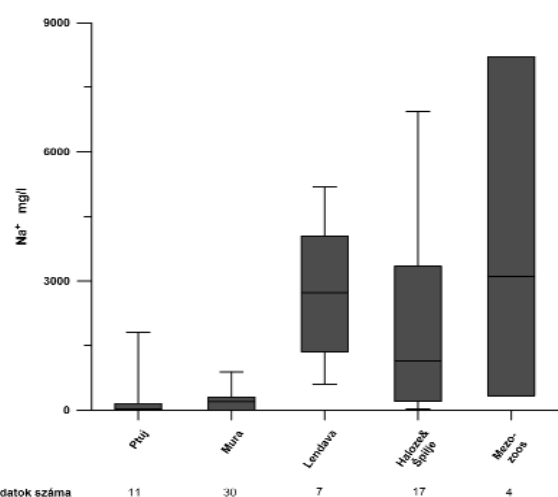
7. ábra. A felszín alatti vizek klorid-tartalom eloszlása öt szlovéniai formációban

Figure 7.  $Cl^-$  concentration distribution of groundwater in 5 Slovenian Fms



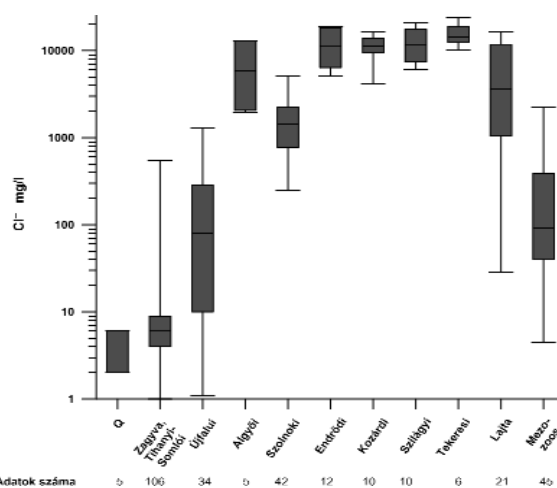
9. ábra. A felszín alatti vizek hidrogén-karbonát-tartalom eloszlása öt szlovéniai formációban

Figure 9.  $HCO_3^-$  concentration distribution of groundwater in 5 Slovenian Fms



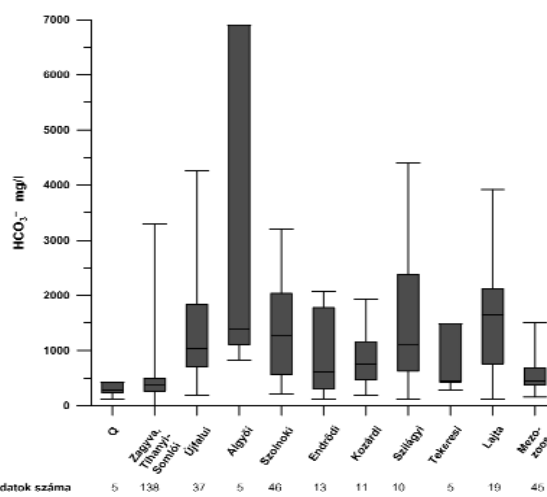
11. ábra. A felszín alatti vizek nátrium-tartalom eloszlása öt szlovéniai formációban

Figure 11.  $Na^+$  concentration distribution of groundwater in 5 Slovenian Fms



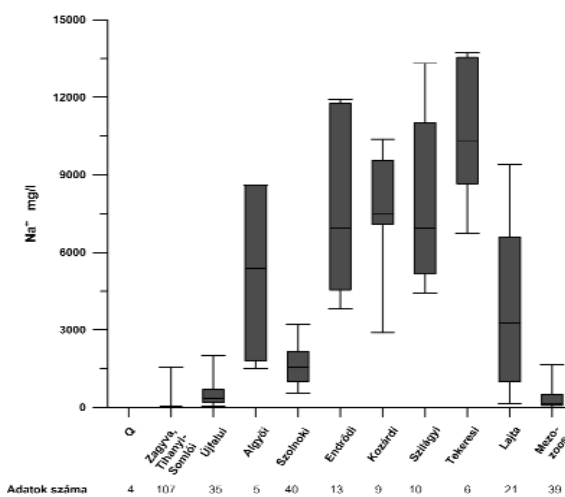
8. ábra. A felszín alatti vizek klorid-tartalom eloszlása tizenegy magyarországi formációban

Figure 8.  $Cl^-$  concentration distribution of groundwater in 11 Hungarian Fms



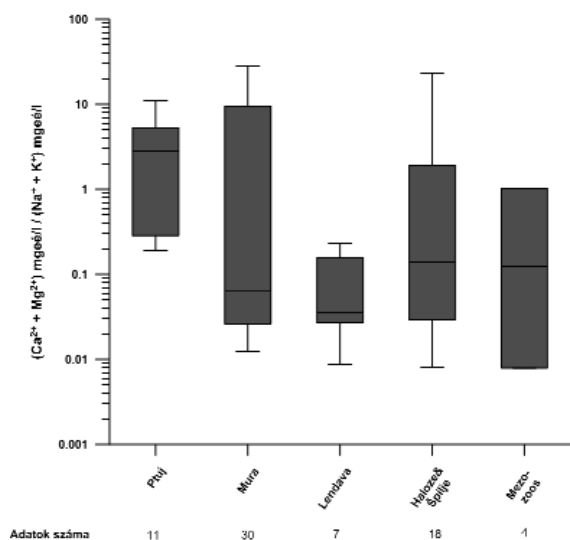
10. ábra. A felszín alatti vizek hidrogén-karbonát-tartalom eloszlása tizenegy magyarországi formációban

Figure 10.  $HCO_3^-$  concentration distribution of groundwater in 11 Hungarian Fms



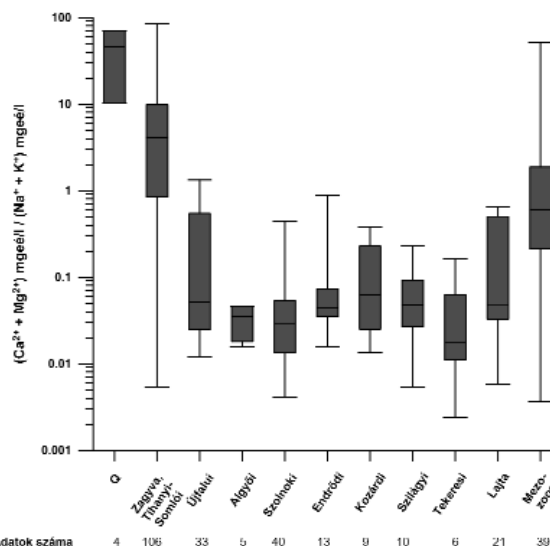
12. ábra. A felszín alatti vizek nátrium-tartalom eloszlása öt magyarországi formációban

Figure 12.  $Na^+$  concentration distribution of groundwater in 11 Hungarian Fms



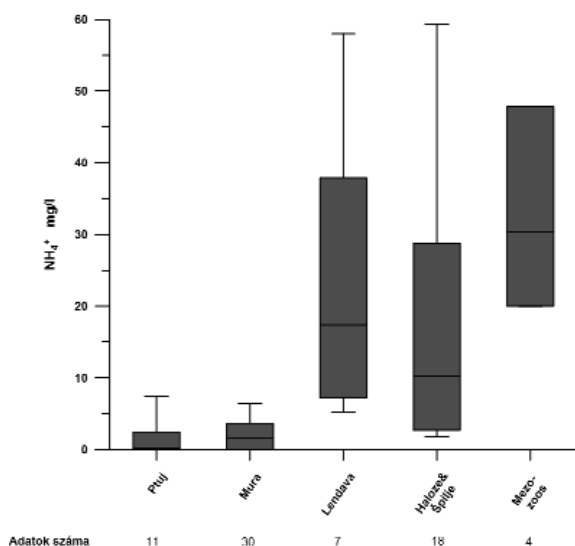
13. ábra. A felszín alatti vizek  $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$  mgeé/l /  $(Na^+ + K^+)$  mgeé/l kation arány eloszlása öt szlovéniai formációban

Figure 13. Cation ratio distribution of groundwater in five Slovenian Formations;  $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ meq /  $(Na^+ + K^+)$ meq



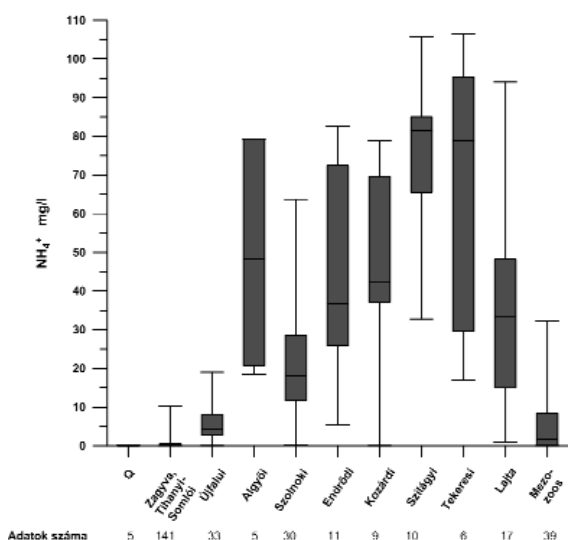
14. ábra. A felszín alatti vizek  $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$  mgeé/l /  $(Na^+ + K^+)$  mgeé/l kation arány eloszlása tizenegy magyarországi formációban

Figure 14. Cation ratio distribution of groundwater in eleven Hungarian Formations;  $(Ca^{2+} + Mg^{2+})$ meq /  $(Na^+ + K^+)$ meq



15. ábra. A felszín alatti vizek ammónium-tartalom eloszlása öt szlovéniai formációban

Figure 15.  $NH_4^+$  concentration distribution of groundwater in five Slovenian Formations



16. ábra. A felszín alatti vizek ammónium-tartalom eloszlása tizenegy magyarországi formációban

Figure 16.  $NH_4^+$  concentration distribution of groundwater in eleven Hungarian Formations

cén formáció korlátozott vagy elszigetelt víztartó, kiugróan nagy összes oldottanyag (TDS) -tartalommal. Egyértelmű, hogy a T-JAM projekt keretében vizsgált mezozoos vízadók nem összevethetők, mivel a magyarországi víztartók hígabb vizet tartalmaznak nagyobb kation aránnyal, míg a szlovéniai mezozoos vízadók hígult sós vizek.

A felszín alatti vizek általános kémiai összetétele

A felszín alatti vizek (termál- és hideg vizek) összes oldottanyag (TDS) tartalmát megvizsgáltuk a mélység

függvényében, majd ezt követően az általános kémiai összetételt a hidrosztratigráfiai egységek szerint értékeltük (4. táblázat).

A kutatási terület felszín alatti vizei TDS értékeinek mélység szerinti változásai megértéséhez megvizsgáltuk a TDS értékek vertikális eloszlását a szűrőzött szakasz középértékének tengerszinthez viszonyított értéke függvényében (17. ábra). Látható, hogy az összes oldottanyag-tartalom a mélységgel nő, a legnagyobb értékek –1500 és –2000 méter (mBf) mélyről származó vizekben találhatóak. E mélység alatt kisebb oldottanyag-tartalmú vizek

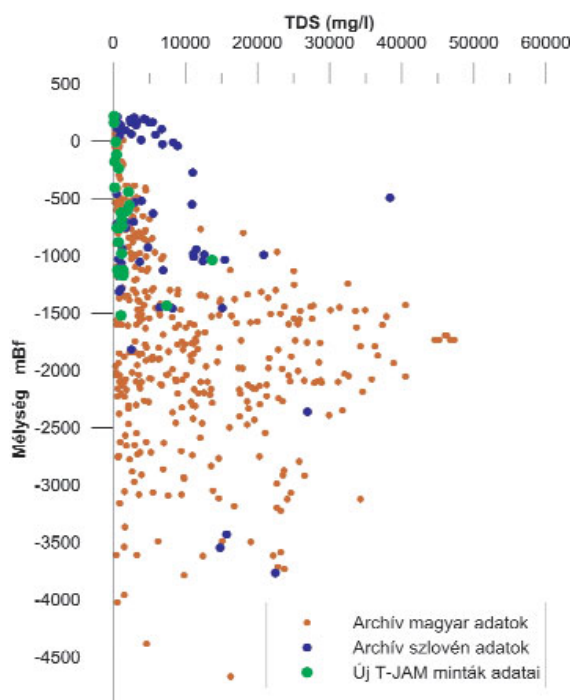
4. táblázat. A víz-geokémiai értelmezésre felhasznált adatok száma formációnként

Table 4. Number of data based on formations used for further hydrogeochemical interpretation

Formáció	Adatok száma
Kvarter, HU	4
Ptuj-Grad Formáció, SLO	32
Zagyva + Somló + Tihanyi Formációk, IJU	95
Mura/Újfalvi Formáció	40
Algyői Formáció, IJU	5
Lendava/Szolnoki Homokkő Formáció	39
Špilje&Haloze ,SLO + Kárpáti Badeni Formációk*, IJU	74
Lajta Mészke Formáció, IJU	17
Alsó-miocén kőzetek és üledékek, IJU	12
Vulkáni kőzetek és üledékek, IJU	11
Mesozoos karbonátok, SLO	4
Mesozoos kőzetek, IJU	60
Büki Dolomit, HU	2
Paleozoos metamorf kőzetek	12
Különböző formációk kevert vizei	126

\* FODOR et al. 2. ábra.

találhatóak. A magyar vízminták nagyobb oldottanyag-tartalmúak, mint a szlovéniai minták a –1300 és –3500 méter (mBf) mélységintervallumban, amely nagy valószínűséggel a hosszabb áramlási pályának köszönhető a magyar oldalon. Azonban a fűrés kivitelezése közben történt szennyeződés szintén oka lehet a nagy TDS értékeknek, így a nagyon nagy (30 000 mg/l TDS) értékeket meghaladó adatokat óvatosan kell kezelni az értékelés



17. ábra. TDS eloszlás az átlagos szűrőzött szakasz mélysége függvényében

Figure 17. TDS distribution versus average captured aquifer depth

során. A 250 és –500 méter (mBf) közötti mélységben a szlovéniai minták összes oldottanyag-tartalma nagyobb, mint az ebből a mélységből származó magyarországi mintáké, amelynek oka a megemelkedett aljzat, illetve a pre-pannóniai képződmények felszíni kibukkanása lehet a szlovéniai oldalon. A T-JAM projekt keretében gyűjtött vízminták összes oldottanyag-tartalma beleillik a többi minta által adott megoszlási trendbe.

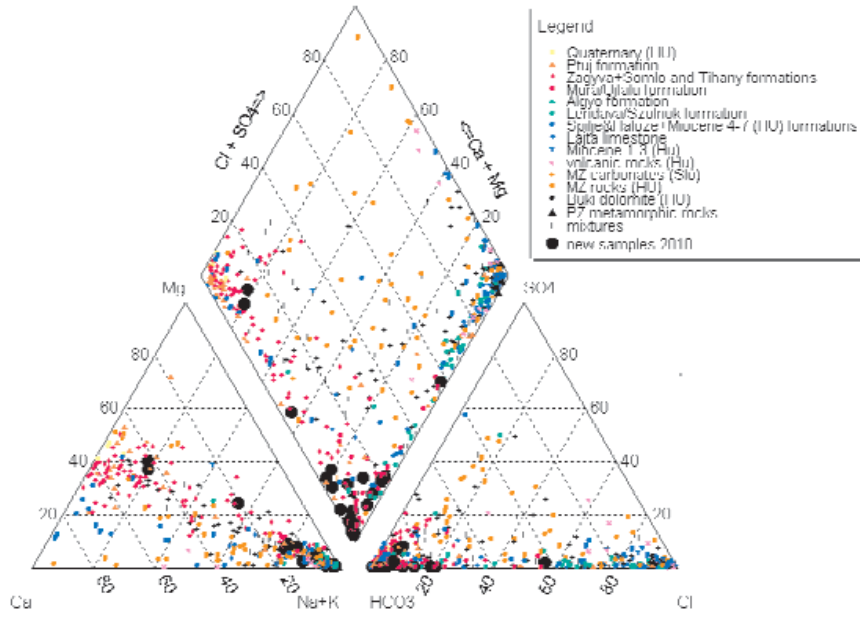
Piper-diagramok (18. és 19. ábra) segítségével vázoltuk a legfontosabb kémiai különbségeket a különböző víztartók mintái között. A negyedidőszaki és pliocén vízadók esetében a Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> víztípus dominál. A felső-pannóniai Zagyva, Somló és Tihanyi, valamint Ptuj-Grad Formáció alsó rétegei emelkedő tendenciájú kation (kalcium-nátrium) ioncsere karaktert mutatnak, a hosszabb tartózkodási idő miatt. A mélyebb szinteken a víz Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> típusról Na-HCO<sub>3</sub> típusúvá változik.

A pannóniai–pontusi Mura és Újfalvi Formáció alkáli Na-HCO<sub>3</sub> típusú vizeket tartalmaznak, ahol az ioncsere folyamat már majdnem lezajlott. Helyenként, e víz gazdag kloridban vagy szulfátban a keveredésnek köszönhetően. A pannóniai márgás Algyői Formáció vize meglehetősen izolált, sós, Na-Cl típusú. Ezzel ellentétben, a pannóniai Lendava és Szolnoki Formációk kevésbé izoláltak a környezetüktől, így gyakran kevertek más miocén korú vizekkel, így anion-tartalmuk változatos. A középső- és felső-miocén formációk, mint a Špilje & Haloze Formáció eltérő jellegű vizeket tartalmaznak a betemetődési mélységtől függően. Ahol a rétegek kibukkannak a felszínre, ott a beszivárgó víz Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> típusú, míg a mélyebben fekvő rétegek esetén a hosszabb tartózkodási idő, az ioncsere, a keveredés, az oldottgáz-tartalom és egyéb geokémiai folyamatok megváltoztatják a kémiai összetételt, így a felszín alatti vizek összetétele a Na-HCO<sub>3</sub> típustól a Na-Cl típusig változik. Na-Cl típusú sós vizek találhatóak a badeni Lajta Mészkeben, néha nagyobb kalcium és hidrogén-karbonát tartalommal. Az alsó-miocén vizek dominánsan Na-HCO<sub>3</sub> és Na-Cl típusú alkáli és sós vizek.

Az eocén és oligocén vulkáni kőzetek ásványos vizei Na-(Ca)-Cl-(HCO<sub>3</sub>) karakterűek, a változatos ásványi összetételüknek köszönhetően. A szlovéniai mesozoos karbonát vízadók vize híg Na-Cl típusú sós víz, míg a magyarországi területeken kisebb oldottanyag-tartalmúak a vizek, több ion — Ca-Mg-(Na)-HCO<sub>3</sub>-(Cl)-(SO<sub>4</sub>) — kombinációjával. Na-Cl típusú sós vizek találhatóak a devon korú Büki Dolomitban, amely elszigetelt vízadót képvisel. A legidősebb képződmények a paleozoos metamorf kőzetek, amelyek általában nem jelentős vízadók, de ahol repedezett karbonátlenséket tartalmaznak, ott jelentős víztartók alakulhatnak ki, mint amilyen a Rába-törésvonal környezetében is található. Ezekben az összetételekben a vizek az alkáli típustól a Na-Cl típusig változhatnak és összes oldottanyag-tartalmuk nagy.

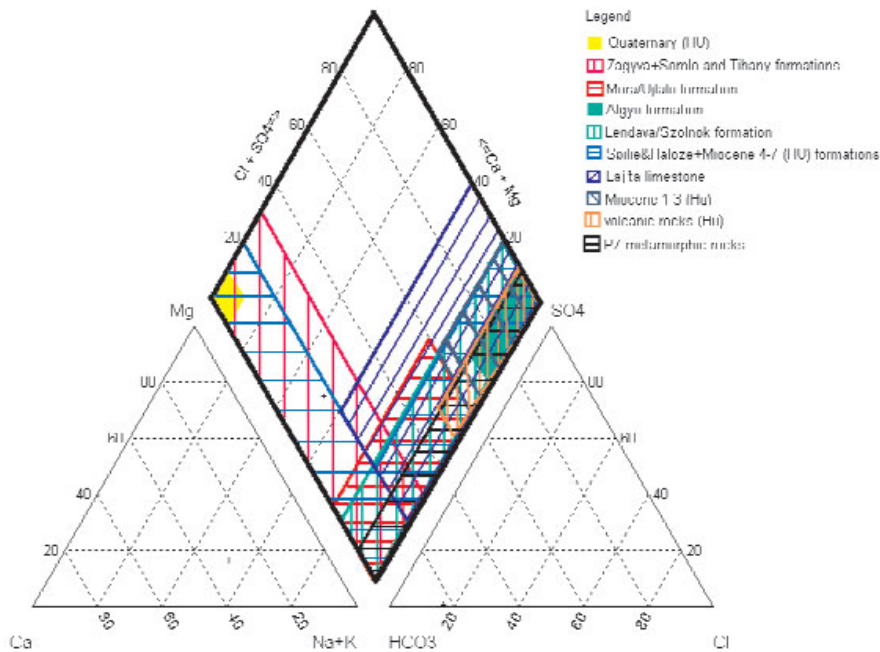
A T-JAM projekt keretében, 2010-ben gyűjtött vízminta mindegyike a vízadójára jellemző kémiai típust mutatja. A Piper-diagramok alapján, a mintázott vizek a híg vizektől az





18. ábra. A felszín alatti vizek általános kémiai összetétele; Piper-diagram, minden formáció összes mintája

Figure 18. General groundwater composition; Piper-diagram, all samples from all Formations



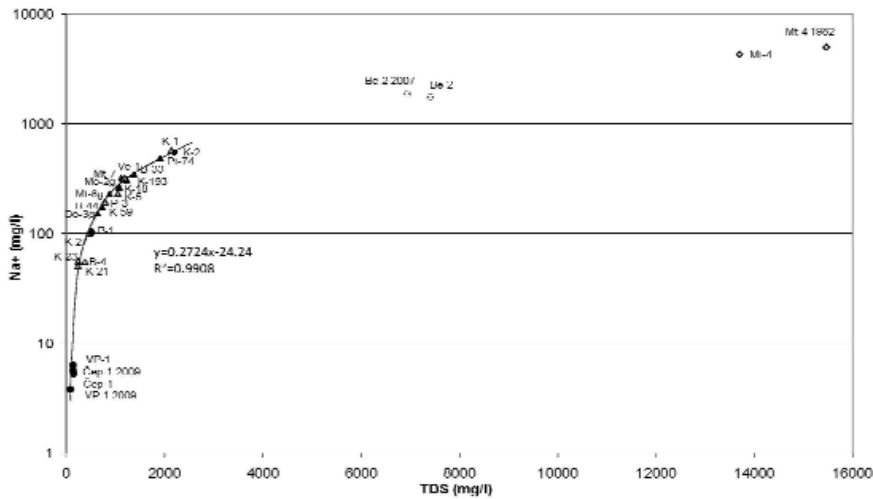
19. ábra. A felszín alatti vizek általános kémiai összetétele; Piper-diagram, a 10 kiválasztott formáció víztípusa

Figure 19. General groundwater composition; Piper-diagram showing 10 selected Formations

alkáli és sós vizekig terjednek a hidrosztratigráfiai egységnek megfelelően. A fő víz-geokémiai folyamatok az ioncsere, a keveredés, és a fokozott ásványi beoldódás az oldottgáz-tartalom következtében. Azonban nem minden formáció része az aktív áramlási rendszernek. Néhány, főleg miocén víztartó esetén a víz az eredetileg beszivárgott sós víz, amely az idők folyamán egyensúlyba került a környezetben.

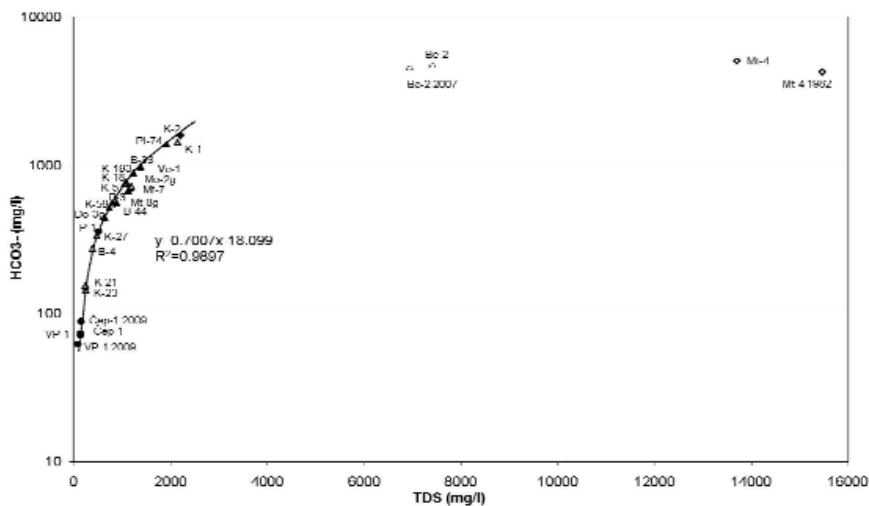
### A mintázott felszín alatti vizek kémiai értékelése

Szignifikáns korreláció ( $R^2=0,99$ ) figyelhető meg (20. és 21. ábra) az összes oldottanyag-tartalom és a nátrium-, illetve hidrogén-karbonát-tartalom között. A legkisebb értékek a Ptuji-Grad Formáció vizeiben fordulnak elő és az áramlási pálya mentén a koncentrációk nőnek. A növekvő



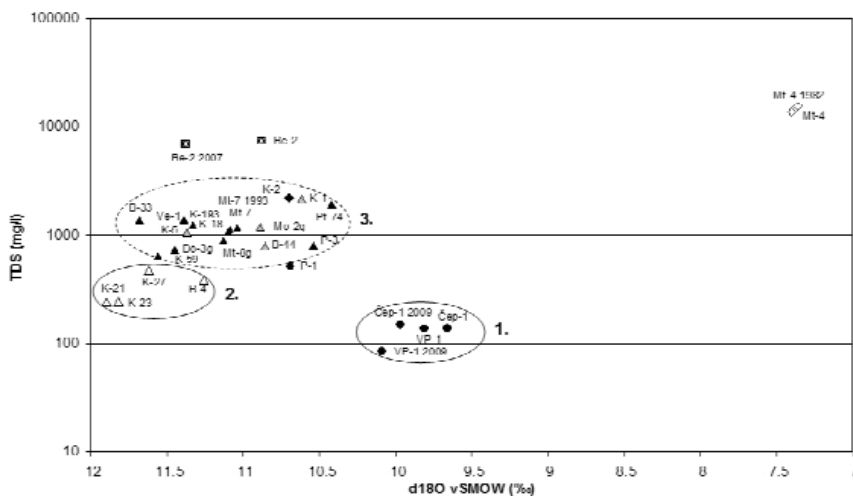
20. ábra. A  $\text{Na}^+$  koncentráció a TDS függvényében

Figure 20. TDS versus  $\text{Na}^+$  distribution



21. ábra. A  $\text{HCO}_3^-$  koncentráció a TDS függvényében

Figure 21. TDS versus  $\text{HCO}_3^-$  distribution



22. ábra. A  $\text{Cl}^-$  koncentráció a  $\text{Na}^+$  függvényében

Figure 22.  $\text{Na}^+$  versus  $\text{Cl}^-$  distribution

értékek összhangban vannak a víz-adók sztratigráfiai egységeinek korával a fiatalabbtól az idősebbig; Ptuj-Grad, Zagyva, Mura és Újfalui (Somló és Tihanyi), Lendava és Szolnoki Formációk. A különböző egységek kevert vizeiből származó minták közöttes koncentrációkat mutatnak. A legnagyobb koncentrációk, amelyek a trendvonaltól messzebb esnek, a Špilje & Haloze Formációt szűrőző Mt-4-es kútból származnak, amelynek vize gazdag gázokban és szénhidrogénekben is. A benedicti kút mintája (Be-2) szintén eltérő összetételt mutat, valószínűleg a 2 végső tag között helyezkedik el, és a repedezett karbonát-lencsés metamorf aljzat vizét termeli. Mindkét minta nátrium- és hidrogén-karbonát-tartalma kicsi a trendvonalhoz képest. Ezen túlmenően, a klorid-TDS és a klorid-nátrium (22. ábra) arányok nem mutatnak jelentősen elkülöníthető trendet, a Be-2 és Mt-4 minták nátriumtöbbletet mutatnak a kloridértékekhez képest. Mivel a klorid konzervatív elem, ez a jelenség arra utal, hogy egyéb kémiai folyamatok is aktívak a vízadóokban.

A nyomelem-koncentrációk alapján a következő megfigyelések tehetőek. A paleozoos alaphegység (Be-2) és a Špilje & Haloze Formációk (Mt-4) vízmintái karakterisztikusan különböznek a többi vízminta nyomelem-összetételétől, mint ahogy a főkomponens és izotópadatokból is látható. A B, Li, V, Rb, Sr, Cs és Tl koncentrációja egy-két nagyságrenddel nagyobb, mint a többi mintában. A legkisebb B-, Li- és Rb-koncentráció a relatív friss beszivárgású vizekben található (lásd később az izotóp- és nemesgázmérések értelmezését), a Ptuj-Grad Formációra (VP-1, Čep-1) és a Zagyvai-Somló-Tihanyi Formációkra (K-21, K-23, K-27, B-4) szűrőzött kutak vizeiben. E kutak vizeinek van a legkisebb TOC (összes szerves szén) tartalma is. A Špilje & Haloze Formáció vizeinek van a legnagyobb TOC tartalma, kétszer olyan nagy, mint a többi mintáé, és a minta PAH (351  $\mu\text{g/l}$ ), fenolindex (1850  $\mu\text{g/l}$ ) és a teljes fenol tartalma (62 600  $\mu\text{g/l}$ ) is kiugróan nagy.

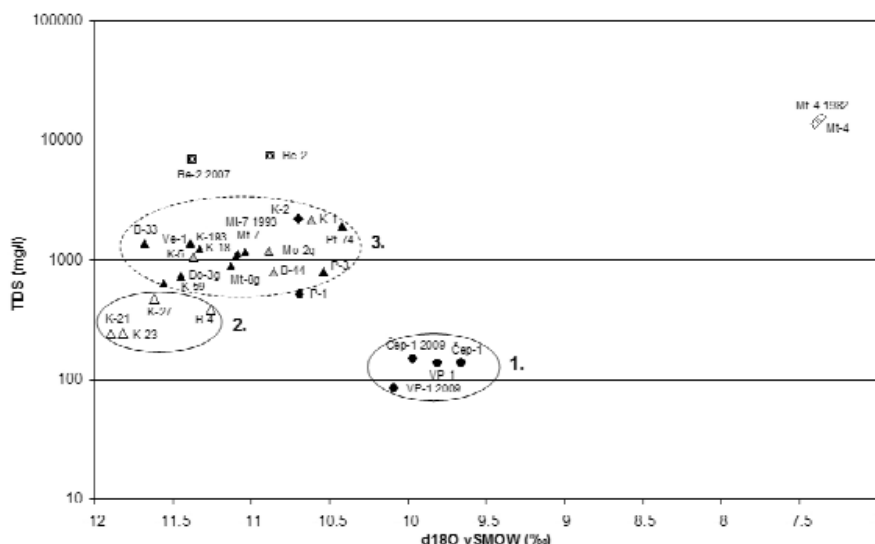
### A termálvizek izotóp-geokémiai jellemzése

Értékelésünket a  $\delta^{18}\text{O}$ , a  $\delta\text{D}$ , a  $^{14}\text{C}$ , a  $\delta^{13}\text{C}$  és trícium mérések adataira alapoztuk (23–26. ábrák).

Az izotópadatok a minták csoportosulásait mutatja, mely kissé eltér a TDS grafikonoktól. A  $\delta^{18}\text{O}$  és a  $\delta\text{D}$  adatai alapján (24. ábra) megállapítható, hogy a minták többsége a csapadékvízvonalra esik, amely jelzi csapadék-eredetüket. A felszín alatti víz korát (átlagosan eltelő idő a beszivárgás időpontjától) a  $^{14}\text{C}$  radioaktív bomlásából számoltuk. Azokon a helyeken, ahol fiatal (friss) víz beszivárgása, hozzákeveredése is várható volt, ott trícium mérés is történt.

A legfiatalabb, holocén ( $\delta^{18}\text{O} > -10\text{‰}$ ,  $^{14}\text{C} > 70$  pmC) során beszivárgó vizek a Ptuj-Grad Formációra szűrőzött Čep-1 és VP-1 sekély kutakban voltak, melyek a szlovéniai Goričko dombságban találhatóak (1. csoport). A Čep-1 kútban lévő víz tríciumtartalmú, ami nagyon fiatal (utóbbi 50 évben történt) beszivárgásra utal. A VP-1 kút vize is recens, a  $^{14}\text{C}$  mérések alapján feltételezhetően fiatalabb, mint 1000 év. A többi vízminta erős paleoklimatikus eltolódást mutat az idősebb felszín alatti vizek felé (CLARK, FRITZ 1997). A Ptuj-Grad Formációban legmélyebben szűrőzött kút Ptuj térségében (P-1) található, körülbelül 50 km DNy-ra a Čep-1 és VP-1 kutaktól, és lényegesen idősebb vízkort mutat.

A következő csoport (K-21, K-23, K-27, B-4), amely a  $\delta^{18}\text{O}$ -TDS,  $\delta^{18}\text{O}$ -klorid és  $\delta^{18}\text{O}$ ,  $\delta^{13}\text{C}$  ábrákban is látható (23., 25., 26. ábra) a Somlói-Tihanyi Formáció Lenti környéki felszín alatti vizei (2. csoport). E vizek meglehetősen kis oldottanyag-tartalmúak és  $^{18}\text{O}$ -ban valamint D-ban viszonylag szegények. Amennyiben elfogadjuk, hogy a Somlói-Tihanyi Formáció felszín alatti vize része egy aktív áramlási rendszernek, akkor a negatívabb  $\delta^{18}\text{O}$  és  $\delta\text{D}$  adatok alapján egy magasabb beszivárgási területet feltételezhetünk. A  $\delta^{13}\text{C}$  értékeik sokkal negatívabbak, mint az Újfalui Formáció többi vízmintájáé. A  $^{14}\text{C}$  tartalmuk kicsi és a becsült vízkor több mint 25 000 év.

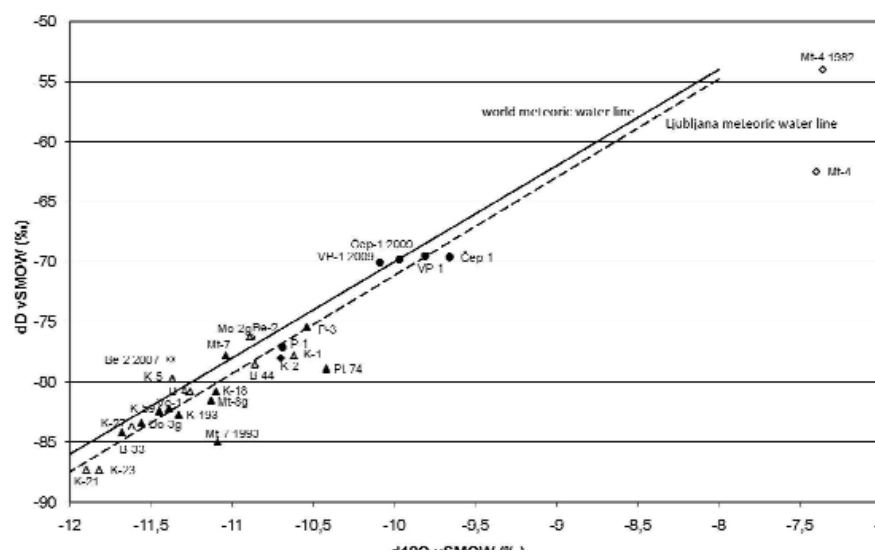


23. ábra. TDS tartalom a  $\delta^{18}\text{O}$  függvényében

1 - Holocén beszivárgású vizek a Goričko dombságban, Ptuj-Grad Formáció sekély felszín alatti vizei, 2 - Lenti környéki Somló-Tihanyi (Zagyva) Formáció felszín alatti vizei, 3 - Jellemzően a Mura és Újfalui Formáció felszín alatti vizei (teli fekete háromszög). Hasonló összetételűek a miocén képződményekben tárolt kevert vizek (teli szürke háromszög), valamint a Lajta Mészaköböl származó vízminta (teli rombusz)

Figure 23. TDS versus  $\delta^{18}\text{O}$  distribution

1 - Holocene infiltration in the Goričko Hills, shallow groundwater in the Ptuj-Grad Formation, 2 - Groundwaters stored in the Somló-Tihanyi (Zagyva) Formations near Lenti, 3 - Mainly groundwaters from the Mura and Újfalui Formations (filled black triangles). Mixed groundwaters stored in the Miocene formations (filled grey triangles) and in the Lajta Limestone (filled rhombus) have similar compositions

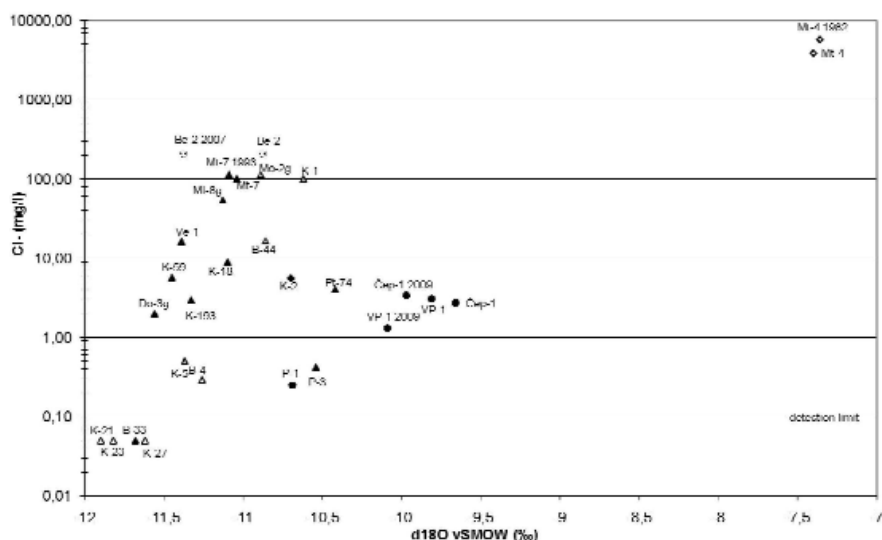


24. ábra.  $\delta\text{D}$  a  $\delta^{18}\text{O}$  függvényében

Figure 24.  $\delta^{18}\text{O}$  versus  $\delta\text{D}$  distribution

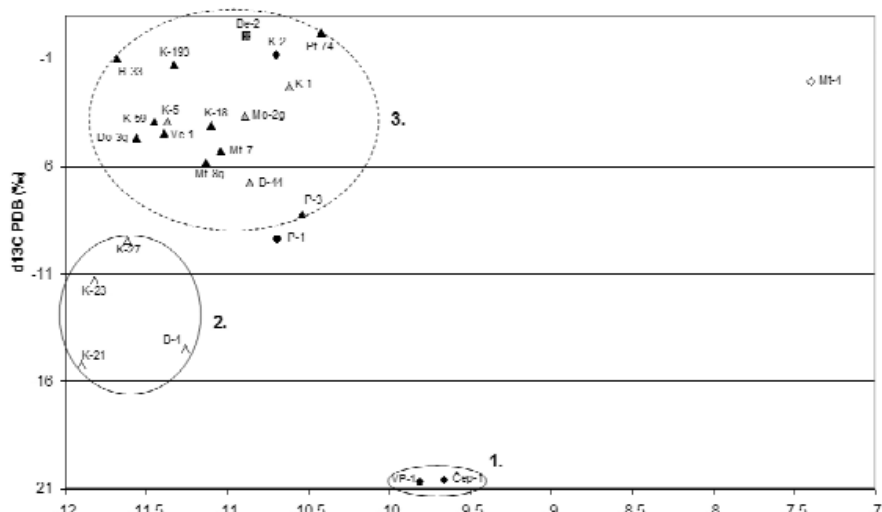
Feltételezhető, hogy a Ptuj-Grad, Zagyva és Somló-Tihanyi Formációk felszín alatti vizei egy aktív regionális áramlási rendszer részei, amely utánpótlódása ÉNy-i irányból, döntően a Goričko dombság térségéből történik.

A vízminták többsége (3. csoport zöme) a Mura és Újfalui Formációk felszín alatti vizéből származik, amely a pleisztocén során szivárgott be. A  $^{14}\text{C}$  és a  $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta\text{D}$  adatok alapján e termálvizek idősek; a becsült vízkor 20 000 évnél idősebb. Mivel a  $^{14}\text{C}$  értékek nagyon kicsik (általában kisebbek, mint 4



25. ábra. Cl<sup>-</sup> koncentráció a δ<sup>18</sup>O függvényében

Figure 25. δ<sup>18</sup>O versus Cl<sup>-</sup> distribution



26. ábra. δ<sup>13</sup>C adatok a δ<sup>18</sup>O függvényében

1 - Holocén beszivárgású vizek a Goričko dombságban, Ptuj-Grad formáció sekély felszín alatti vizei, 2 - Lenti környeki Somló-Tihanyi (Zagyvai) Formáció felszín alatti vizei, 3 - Jellemzően a Mura és Újfalvi Formációk felszín alatti vizei (teli fekete háromszög), valamint a miocén képződményekben tárolt kevert vizek (teli szürke háromszög), a Lajta Mészkből (teli rombusz) és a paleozoos metamorf mészkőből származó vízminta (teli kereszt)

Figure 26. δ<sup>18</sup>O versus δ<sup>13</sup>C distribution

1 - Holocene infiltration in the Goričko hills, shallow groundwater in the Ptuj-Grad Formation, 2 - Groundwaters stored in the Somló-Tihanyi (Zagyva) Formations near Lenti, 3 - Mainly groundwaters from the Mura and Újfalvi Formations (filled black triangles). Mixed groundwaters stored in the Miocene Formations (filled grey triangles), in the Lajta Limestone (filled rhombus) and in the Palaeozoic metamorphic limestone (filled cross) have similar compositions

pmC, de néhány minta esetében az alsó mérési határ közelében), míg a δ<sup>18</sup>O és a δD értékek pozitívabbak, mint ami a „tipikus jégkorszaki” felszín alatti vizekre jellemző, ezen adatok az utolsó interglaciális alatti csapadék beszivárgásra utalnak. Az adatok térbeli eloszlásáról egy nagyon lassú vízarámlásra lehet következtetni, mely azért valószínűleg az aktív regionális vízarámlás része. Az országhatár környékén (Lenti-Lendava-Letenyé vonalában), az adatok egy aktív

múltbeli utánpótlódási területet jeleznek. Mivel a mintasűrűség szórva-nyos, ezért további mintavétel és adatelemzés szükséges a megbízható következtetések levonásához.

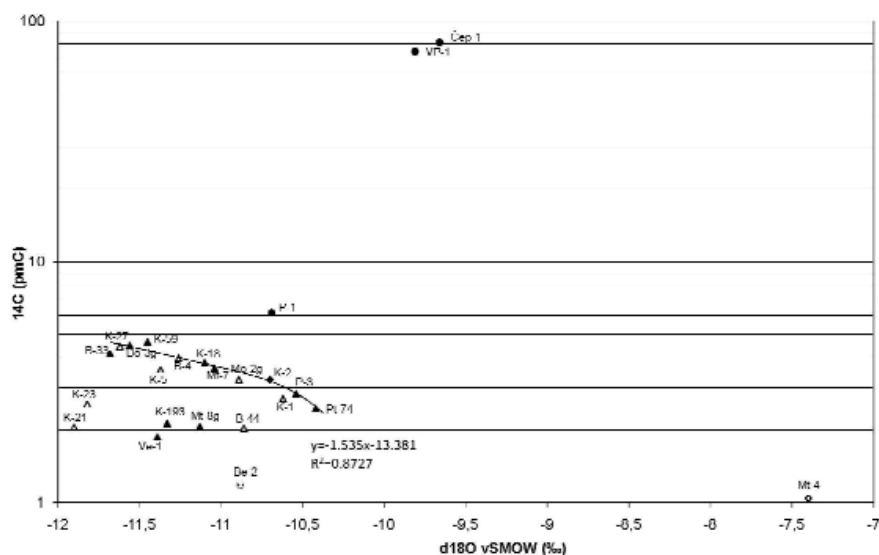
Leginkább eltérő vízminta a miocén Špilje & Haloze Formációban szűrőzött Mt-4 kútból származik. Az eltérő vízösszetételnek több oka is lehet, egyrészt lassú vagy stagnáló regionális vízarámlás mellett magas hőmérsékleten lejátszódó víz-kőzet kölcsönhatás, vagy erős evaporációs körülmények közötti beszivárgás. A párolgás hatásának a valósínűségét a Balaton (δD=5,2×δ<sup>18</sup>O-13,8; BARNA, FÓRIZS 2007) és a Kelemenszék-tó (δD=5,58×δ<sup>18</sup>O-17,9; SIMON 2010) hasonló evaporációs vonalai támasztják alá. A karbonátos kőzetek oldódása gyakran erősödik a kationcsere folyamatoknak köszönhetően, amelyet már a főkomponens elemzések során is megállapíthattunk. E vízminta mutatja a legidősebb vízkort a szlovéniai felszín alatti vizek közül, de a különböző víz-kőzet kölcsönhatások miatt, további értékelés javasolt.

Máshol, az általános vízminőségi képtől eltérő vízminta izotópos összetétele az oldott gázokkal történt izotópcseré (CO<sub>2</sub>, metán), vagy keveredés eredménye lehet. A Be-2 kút vize egyértelműen csapadék eredetű, de vagy idősebb és fiatalabb felszín alatti víz keveredéséből származik, vagy a CO<sub>2</sub> feldúsulás következtében több ásvány kioldására képes.

A negatív δ<sup>18</sup>O értékek és a nagyon kis kloridkoncentrációk az országhatár körzetében (Lenti-Lendava régiójában), a pleisztocén egy hidegebb periódusa során történt beszivárgásra utalnak, mikor gyakorlatilag sem evaporáció, sem evapotranspiráció nem történt.

A <sup>14</sup>C radioaktív bomlás alapján δ<sup>13</sup>C korrekcióval és korrekció nélkül is elvégeztük a vízkor számításokat (27. ábra). A vizsgáló laboratórium által közölt vízkorok friss víz és 28 600 év között változnak. A B-33, K-193, K-2, K-1 és Pt-74 kutak esetén a közölt vízkor sokkal fiatalabb volt a feltételezett vízkornál.

Megvizsgálva a mintázott vizek δ<sup>13</sup>C adatainak eloszlását, látható, hogy széles tartományban, -21‰ és +2‰ között, változnak. A VP-1 és Čep-1 kutak mintái nagyon negatív δ<sup>13</sup>C



27. ábra.  $^{14}\text{C}$  adatok a  $\delta^{18}\text{O}$  függvényében

Figure 27.  $\delta^{18}\text{O}$  versus  $^{14}\text{C}$  distribution

értékekkel jellemezhetőek, melyek nagyon hasonlóak a talaj- $\text{CO}_2$   $\delta^{13}\text{C}$  értékeihez. Ez összhangban van a nagyon fiatal (recens) beszivárgással és egy gyakorlatilag víz-kőzet kölcsönhatásmentes sekély víztartóba tartozást jeleznek.

A B-33, K-193, K-2, K-1, Pt-74, Be-2 és Mt-4 kutak vízmintái erőteljes, döntően karbonáttal és  $\text{CO}_2$ -vel lejátszó, víz-kőzet kölcsönhatást mutatnak. Ezekben az esetekben a  $\delta^{13}\text{C}$  értékek jelentősen eltolódtak a pozitív irányba, és nem alkalmazhatóak a radiokarbon vízkorszámítások korrekciójához, mivel az eredetileg beszivárgott víz oldott szervesetlen szén (DIC) tartalma nagymértékben megváltozott.

Azokban az esetekben, amikor jelentős víz-karbonátos kőzet kölcsönhatással vagy  $\text{CO}_2$  jelenlétével kell számolni, a felszín alatti vizek esetében a vízkorszámítások sokkal realisabbak a  $^{14}\text{C}$  bomlásából számítva, mint ahogy PLUMMER et al. (2004) is javasolja.

A B-33, K-193, K-2, K-1, Pt-74, Be-2 és Mt-4 kutak vízmintáinak jelentős hidrogén-karbonát-tartalma az áramlási pálya mentén végbement erős víz-kőzet és/vagy víz-kőzet- $\text{CO}_2$  kölcsönhatást mutat. A Be-2 és Mt-4 kutak adatainak kizárásával, ahol a többi mintához képest még sokkal jelentősebb hidrogén-karbonát többlet figyelhető meg a karbonátok és a  $\text{CO}_2$  hozzájárulásából, egyértelmű összefüggés ( $R^2=0,69$ ) figyelhető meg a  $\delta^{13}\text{C}$  és a hidrogén-karbonát-tartalom között. Minél pozitívabb a  $\delta^{13}\text{C}$  érték, annál nagyobb a felszín alatti víz hidrogén-karbonát-tartalma.

#### A vizsgált szlovéniai kutak egy részében megfigyelt kémiai változások

Ilyen hatásokat mutattak ki Murska Sobota környékén (KRALJ, P., KRALJ, P. 2000, KRALJ, P. 2001). A túltermelés hatással van a kémiai összetételre, a vízszintre és a hőmérsékletre a termelt rétegek korlátozott utánpótlódása miatt. A vizsgált kutak mindegyike két különböző vízadó szintet szűrő össze. Radenci környékén oxigén- és kénizotópokat használtak a változások meghatározásához (PEZDIČ 2003). Itt

idősebb meteorikus víz áramlik az intenzíven termelt vízadók felé. A kút üzemeltetői ezen túl a vízszint csökkenését és hőmérsékletváltozást is jeleztek. A T-JAM projekt szlovéniai területén azonosított vízminőségi változások helyszíneit a 28. ábra (RMAN et al. 2008) szemlélteti.

A magyarországi területen nem mutatható ki jelentős változás sem a termálvíz hőmérsékletében, sem a kémiai összetételben a termelő kutak esetén. Egyedüli kivétel a Hévízi-tó környéki intenzív víztermelés, amely módosította az áramlási irányokat, és ennek eredményeként a kitermelt víz hőmérsékletét is (TÓTH Gy. et al. 2009). E változásokat vizsgálatunk is alátámasztották.

A 23–27. és 29. ábrák alapján látható, hogy Szlovéniában némely termálvíz összetétele megváltozott a termelés során. Például, az Mt-4 kút vízében csökkent a nátrium-, klorid- és az összes oldottanyag-tartalom, a deutérium sokkal kevesebb és több a hidrogén-karbonát, mint 30 éve. Lehetséges, hogy a mélyebb vízadók lassan kiürülnek, és napjainkban kisebb oldottanyag-tartalmú, hígabb vizeket termelnek. A negatívabb deutérium felé való eltolódás magyarázata pillanatnyilag nem ismert.

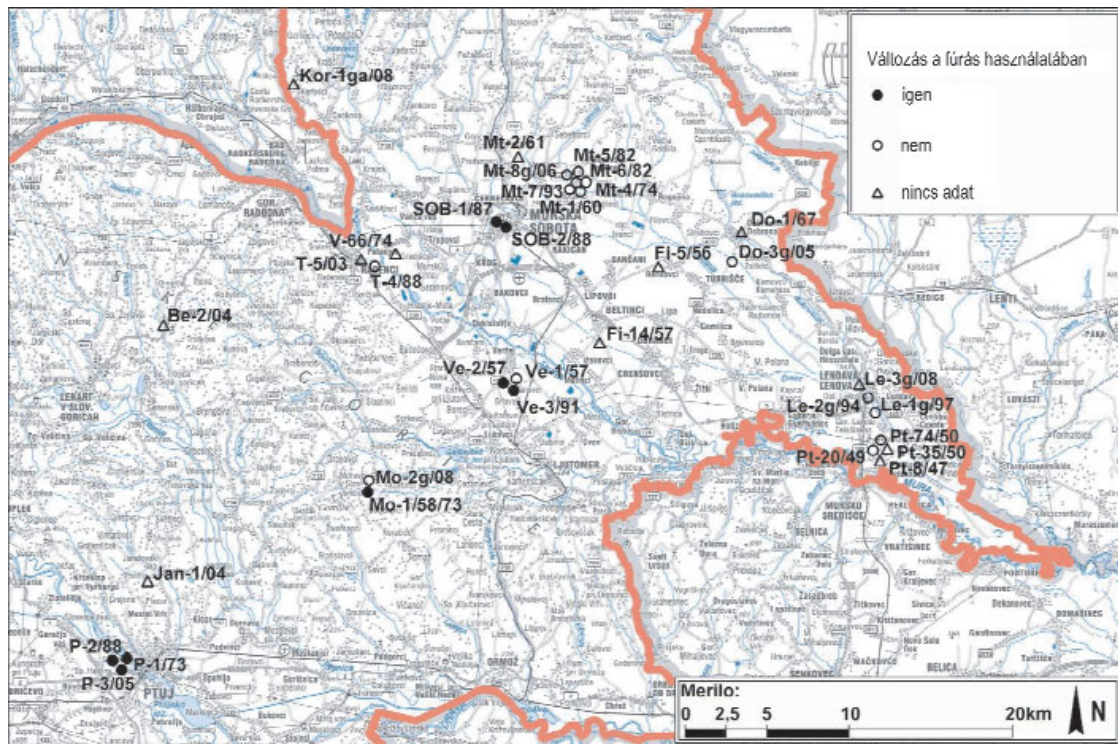
A Be-2 kút vízében több az oldott anyag, a hidrogén-karbonát, és pozitívabb az oxigén- és deutériumizotóp, mint 3 éve (KRALJ et al. 2009). A korábbi mintavétel a fúrás követően közvetlenül történt, és nem lehet kizárni, hogy kevert víz mintázására került sor. Azonban az is lehetséges, hogy az eredetileg termelt víz és a  $\text{CO}_2$ -gáz között oxigén-izotóp-csere történt, mivel a környezetével kezdetben egyensúlyban volt, míg a termelés hatására a víz most nincs egyensúlyban és a meteorikus hatás megerősödött.

Az Mt-7-es kút vize pozitívabb deutérium értéket és kicsit kisebb nátrium- és klorid-tartalmat mutat, mint 1993-ban. Elképzelhető, hogy a mélyebb vízadóban csökken a víz mennyisége, azonban, a deutérium-érték változása még nem értelmezett.

Az Mt-8-as kút vize nem hasonlítható össze egyetlen egy régebbi elemzéssel sem, mivel minden ionkoncentráció és oldottanyag-tartalom megnőtt. Érdekes megemlíteni, hogy az Mt-8-as kút két különböző formációra szűrődött, a Mura és a Špilje & Haloze Formációra, két különálló szűrővel, amelyek cementdugóval vannak elkülönítve. Vizsgálataink azt mutatják, hogy ez a cementdugó nem tökéletesen vízzáró, így előfordulhat szivárgás az idősebb és ásványosabb Špilje & Haloze Formációból.

A Do-3g kút szintén két szakaszt szűrő a Mura Formációban, amelyek most szabad kifolyásúak. A felső vízadó még mindig a legtöbb vizet adja, úgy mint 2005-ben, de a termálvíz nitráttartalmára jelenleg nincs pontos magyarázat.

A lendvai Pt-74-es kút szintén csökkenő összes oldottanyag-tartalmat, és ion-koncentrációkat mutat, a hidrogén-



28. ábra. Azonosított változások a termálkutakban a T-JAM projekt szlovéniai területén (RMAN et al. 2008)

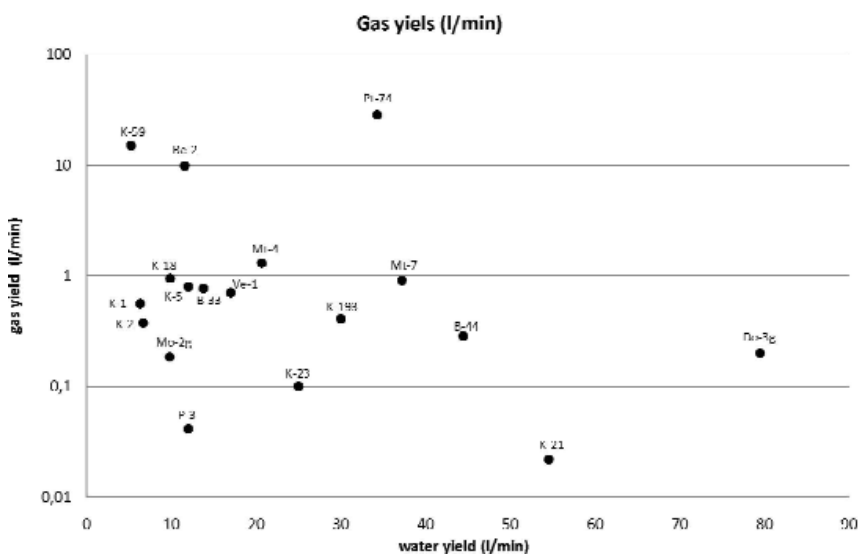
Figure 28. Identified changes in thermal wells in the Slovenian part of the T-JAM project area (RMAN et al. 2008)

karbonát kivételével. A legvalószínűbb magyarázat erre megint a tárolt víz mennyiségének csökkenése a mélyebb vízadókban.

A sekélyebb VP-1 és Čep-1-es kutak vizének kémiai összetételében is megfigyelhető változás a termelés kezdete óta. Mindkét kút a Ptuj-Grad Formáció egy többretegű homokos-kőzetlisztes összetétre van szűrőzve, amelynek kiterjedése valószínűleg korlátozott. A Čep-1-es kút magasabb térszínen található és sekélyebb, mint a VP-1-es kút, míg kémiai összetételére csökkenő TDS és hidrogén-karbonát-

tartalom, valamint növekvő ( $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ) mgeél / ( $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ) mgeél kation arány jellemző. Lehetséges, hogy friss víz beáramlása indukálódott. Ezzel szemben a VP-1-es kút körülbelül 40%-os növekedés mutat a TDS-értékben és az összes főkomponens-koncentrációban, ami azt jelzi, hogy lehetséges, hogy a kitermelés hatására a környező kőzetlisztes összetetkekből szivárgás indult el.

#### A termálvízminták oldott és szeparált gáz összetétele



29. ábra. Gáztartalom a vízhozam függvényében

Figure 29. Gas yield versus water yield

A T-JAM projekt kutatási területén a termálvizek eltérő gázösszetételűek és gáztartalmúak. A 29. ábra a gáztartalom és a vízhozam kapcsolatát ábrázolja, mutatva a helyenkénti nagy gáztartalmat. E kapcsolat nem közvetlenül a víztartó földtani felépítésének függvénye, hanem sokkal inkább jól átjárható törések, esetleg földgáz vagy olajmezők közelségéhez, valamint túlnyomósos zónák jelenlétére utal. Azoknál a kutaknál, ahol főleg szén-dioxid a fő gázalkotó (Be-2, Mt-4) ott a csövekben karbonátkiválás jelentkezik, mely problémát okoz. Azoknál a kutaknál, ahol elsősorban metán a fő gázforma (Pt-74, Ve-1) ott a vízkőlerakódás nem jelent problé-

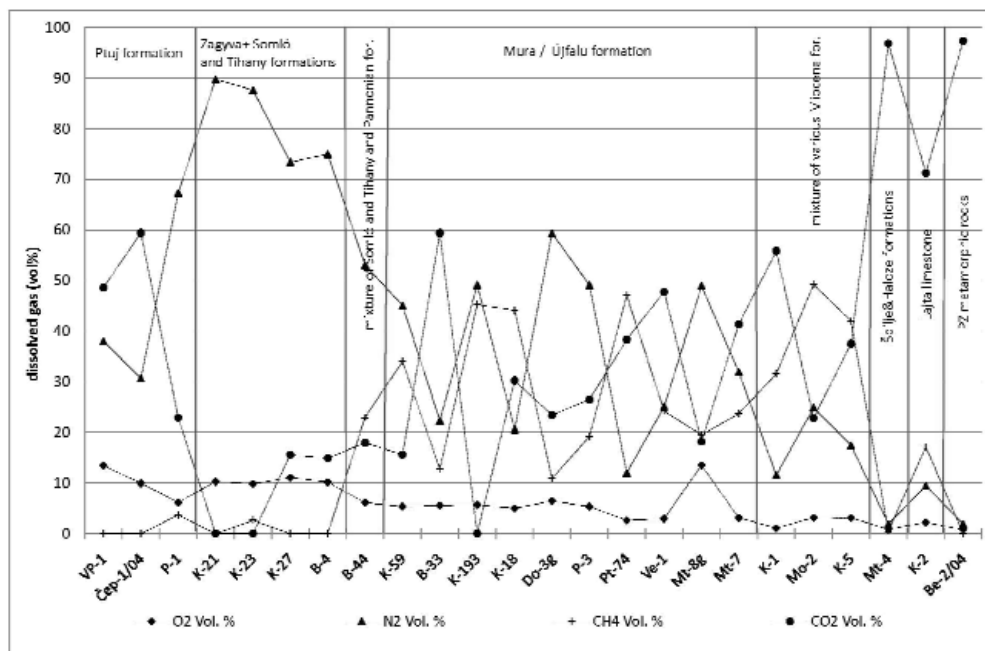
mát, és elegendő gázmentesítő létesítése a felhasználás során.

A termákvízminták oldott és szeparált gáztartalmai különbségeket mutatnak (30. és 31. ábra) a vízádó formációk szerint. A szén-dioxid gyakran a legfőbb oldott gáz a Ptuj-Grad formáció vizeiben. A Zagyvai és a Somlói-Tihanyi Formáció vizeiben elsősorban oldott levegő van, mivel döntően oldott nitrogén található bennük.

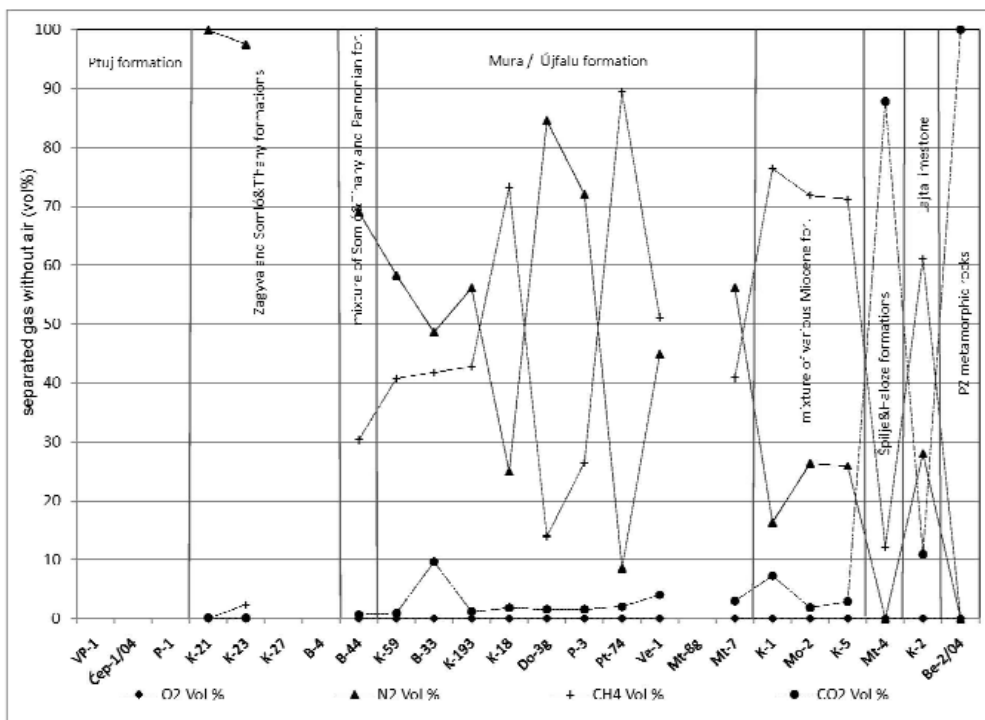
A Mura és az Újfalui Formációban helyenként feldúsulhat a szén-dioxid vagy a metán, de főleg oldott nitrogént tartalmaz a víz.

Hasonló dúsulások figyelhetők meg a különböző miocén formációk kevert vizeiben.

Az eltemetett mélyebb és idősebb vízádók, a Špilje és Haloze Formáció, a Lajta Mészkö, és a paleozoos metamorf kőzetek felszín alatti vizei szén-dioxidban erősen dúsultak.



30. ábra. Oldott gáz összetétele  
Figure 30. Dissolved gas composition



31. ábra. Levegő nélküli szeparált gáz összehasonlítás  
Figure 31. Comparison of separated gas without air

Hasonló a trend figyelhető meg a szeparált gáz összetételénél is.

### A mintázott vizek nemesgáz összetétele és az ebből levonható következtetések

A projekt keretein belül vett vízmintákból meghatároztuk egyes nemesgázok koncentrációit (He, Ne és Ar) és izotóparányait. A mérési eredményeket a 5. táblázat mutatja. A héliumkoncentrációk  $5 \times 10^{-8}$  ccSTP/g -tól  $6 \times 10^{-6}$  ccSTP/g-ig tartó tartományt fednek le, ami felszín alatti többlethélium-képződésre utal (ccSTP = normál-köbcentiméter: cubic centimetre at standard temperature [0 °C] and pressure [1 atm]). A neonkoncentrációk  $4 \times 10^{-8}$  és  $4 \times 10^{-7}$  ccSTP/g között vannak. Mivel a neonra vonatkozó egyensúlyi oldódási komponens általában  $1,7-2,2 \times 10^{-7}$  ccSTP/g

körül mozog, ezért a  $10^{-8}$  ccSTP/g nagyságrendben lévő koncentrációk felszín alatti kigázosodásra utalnak (32. ábra). Ez valószínűleg a felszín alatti vízben képződő gázbuborékok, főleg metánbuborékok hatására történik. A  $2,5 \times 10^{-4}$  ccSTP/g alatti argonkoncentrációk ezt a jelenséget erősítik meg. A K-193-as minta neonizotóp-aránya ( $^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}=10,21$ ) arra utal, hogy a kigázosodási folyamatra az oldatóság mellett a diffúzió is befolyással van. Három minta esetén (K-193, Mt-8g és a P-3) a  $^{40}\text{K}$  bomlásából származó radiogén argont sikerült kimutatni: ezen esetekben a  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  arány jelentősen nagyobb, mint 300.

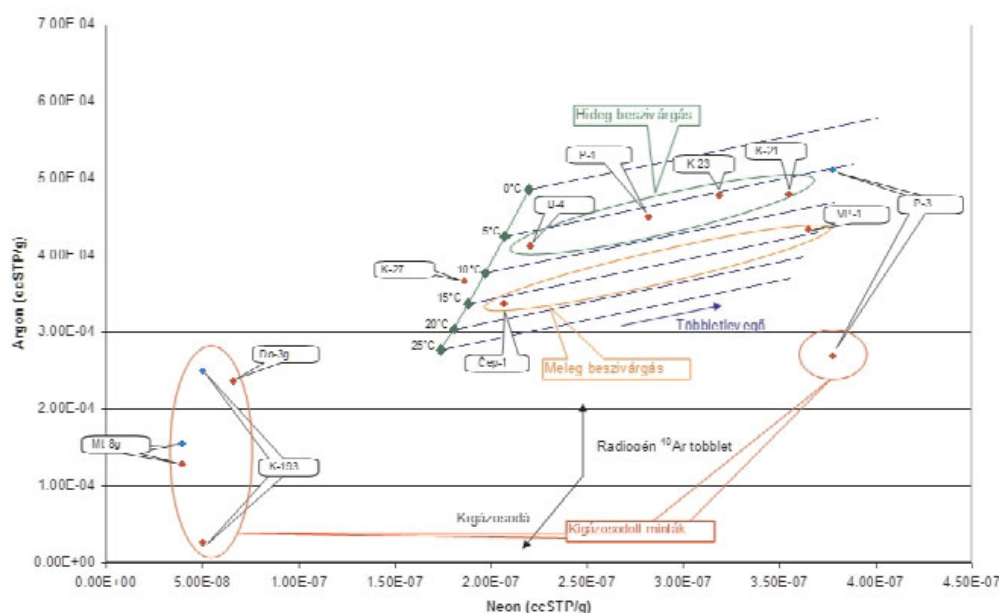
A nemesgáz-koncentrációk és izotóparányok értelmezését a 32. ábra mutatja. A zöld négyzetek olyan argon- és neonkoncentrációkat jelölnek, ahol a víz oldódási egyensúlyban van a környező levegővel. Ezek a koncentrációk 200 m tengerszint feletti magasságra — mint a lehetséges

5. táblázat. A minták nemesgáz tartalma és izotóp arányai

Table 5. Noble gas concentrations and isotope ratios of samples

Tűrás	He (ccSTP/g)	Ne (ccSTP/g)	Ar (ccSTP/g)	$^3\text{He}/^4\text{He}$	R/R*	$^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$	$^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$
B 44	2,16E-06	1,88E-07		5,31E-07	0,383	9,95	
K 21	9,84E-07	3,55E-07	4,79E-04	3,61E-07	0,261	9,75	295,0
K 23	3,36E-07	3,19E-07	4,78E-04	3,92E-07	0,284	9,80	297,3
K-193	9,19E-07	5,03E-08	2,49E-04	6,33E-07	0,457	10,21	2890,9
K-27	2,22E-07	1,86E-07	3,66E-04	3,24E-07	0,234	9,81	296,7
B-4	3,02E-07	2,21E-07	4,12E-04	3,40E-07	0,246	9,74	296,6
Do-3g	1,78E-07	6,63E-08	2,36E-04	3,88E-07	0,280	9,83	301,3
Mt 8g	5,57E-07	3,96E-08	1,54E-04	1,15E-06	0,828	9,85	357,9
Čep 1	5,35E-08	2,07E-07	3,36E-04	1,82E-06	1,314	9,78	301,8
P 1	2,00E-06	2,82E-07	4,50E-04	1,35E-07	0,097	9,76	299,4
P 3	6,65E-06	3,78E-07	5,11E-04	6,82E-08	0,049	9,74	560,8
VP-1	9,80E-08	3,65E-07	4,34E-04	1,30E-06	0,942	9,77	294,2

\*R/Ra a minta (R) és a levegő (Ra)  $^3\text{He}/^4\text{He}$  izotóp aránya.



32. ábra. A vízminták argonkoncentrációi a neonkoncentrációk függvényében

Figure 32. Argon versus neon concentrations of water samples



beszivárgási terület magassága — lettek kiszámolva. Mivel a felszín alatti vizekben az egyensúlyi oldódási komponens túl mindig található többlet levegő, ezért ezt a lehetőséget kék vonalakkal jelöltük. A piros pontok jelölik a mintákra vonatkozó argon-neon koncentrációkat. Ebben az argonkoncentrációk nem tartalmazzák a radiogén komponens. A teljes argonkoncentrációkat (beleértve az radiogén argont is) a kék pontok jelölik. A 32. ábráról többek között le lehet olvasni a beszivárgási hőmérsékleteket. Az adott argon-neon koncentrációpárhoz tartozó pontot a kék többletvegő-egyenessel párhuzamosan vissza kell vetíteni az oldódási egyensúlyi koncentrációkat összekötő egyenesre, és le kell olvasni a hőmérsékletet. Látható, hogy a Čep-1 és a VP-1 jelű vizek nagyjából 15 °C-on szivárogtak a felszín alá, míg más vizek (K-21, K-23, B-4 és a P-1) 6–7 °C-on. Néhány minta felszín alatti kigázosodást szenvedett el. Csökkent argon- és neonkoncentrációk láthatók K-193, Do-3g, Mt-8g, P-3 vízminták esetén. Ezek a koncentrációk kisebbek, mint az egyensúlyi oldódási komponensek, mintha a gáz egy része eltűnt volna a vízből. A K-27 mintán szintén látszik — noha kisebb mértékben — a kigázosodás. Ezekben a vizekben a metántartalom nagyobb, mint a sekély vizekben tapasztalható. Mindezen felül, három vízminta (K-193, Mt-8g, P-3) radiogén argont ( $^{40}\text{Ar}$ ) is tartalmaz, ami a megemelkedett  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$  izotóparányból látszik.

A 33. ábrán láthatóak a vízmintákban oldott hélium izotóparányai a hélium koncentrációjának függvényében. Azokban a mintákban a legnagyobb az oldott hélium  $^3\text{He}/^4\text{He}$  izotóparánya (Čep-1, VP-1), amelyekben a legkevesebb a hélium ( $<1 \times 10^{-7}$  ccSTP/g). Ezekben a minták-

ban a nagyobb izotóparányt a tríciumból származó  $^3\text{He}$  okozza. Ez a két vízminta, főleg a Čep-1, fiatalnak tűnik ( $<50$  év), s egy meleg időszakban szivárogtak be (33. ábra).

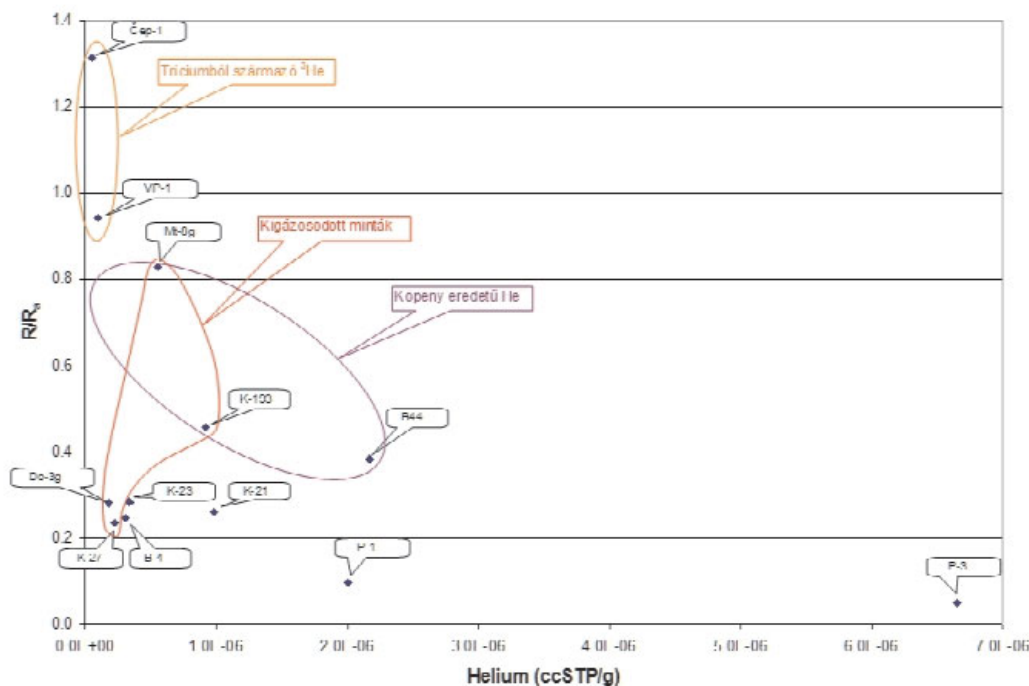
A többi mintában sokkal több a hélium, mint az előző két mintában (33. ábra). Ami az izotóparányt ( $^3\text{He}/^4\text{He}$ ) illeti, általánosságban megállapítható, hogy minél több a hélium, annál kisebb az izotóparánya. A többlethélium lehet egyrészt kéreg eredetű (alfa-bomló izotópok termelik), másrészt köpenyi, primordiális hélium, vagy mindkettő. Azonban, ha azt feltételezzük, hogy csakis kéregi hélium található a vizekben ( $R/R_a=0,002$  izotóparánnyal), akkor a legtöbb esetben a héliumizotóp-arányoknak kisebbeknek kellene lenniük. Az eddigi elemzések alapján azt mondhatjuk, hogy a B-44, K-193, Mt-8g vízminták számottevő mennyiségben biztosan tartalmaznak köpenyi héliumot ( $R/R_a=8$ ).

A nemesgáz-elemzésekből az alábbiakra következtethetünk.

A Ptuj-Grad Formáció vizei a Goričko dombság területén (VP-1, Čep-1) fiatal és meleg periódusban beszivárgó vizek. Relatív recens beszivárgásukat (néhány tíztől néhány száz évesig) nagy  $^{14}\text{C}$  értékük ( $>70\%$  pmC) és relatíve pozitív  $\delta^{18}\text{O}$  értékük is alátámasztja ( $-10\%$  felett).

A Ptuj-Grad Formáció vizei Ptujnál (P-1) és a Somlói-Tihanyi Formáció vizei Lentinél (K-21, K-23, B-4) hideg periódus alatt szivárogtak be. A beszivárgási hőmérséklet meghatározását akadályozzák a kigázosodott minták, de a stabilizotóp-vizsgálatok és a  $^{14}\text{C}$  értékek alapján állítható, hogy a többi minta is hideg periódusban szivárgott be.

A Mura és az Újfalui Formáció vízmintái (K-193, Mt-8g, Do-3g, P-3) erős felszín alatti kigázosodást mutat-



33. ábra. A héliumizotóp-arányok a héliumkoncentráció függvényében ( $R$  és  $R_a$ :  $^3\text{He}/^4\text{He}$  izotóparány a mintában és a levegőben)

Fig. ure 33. Helium isotope ratio versus helium concentration ( $R$  and  $R_a$ :  $^3\text{He}/^4\text{He}$  isotope ratio in the sample and air)

nak és a Do–3g kivételével mindben kimutatható a  $^{40}\text{K}$  radioaktív bomlása. A B–44, K–193 és Mt–8g minták köpeny eredetű héliumot tartalmaznak.

### A határon átnyúló vízadók azonosítása víz-geokémiai vizsgálatok alapján

A T-JAM projekt keretében kivitelezett víz-geokémiai értékelés egy egyedülálló, egységes és újszerű víz-geokémiai módszert ismertet a határral osztott termálvizek azonosítására és értékelésére.

Az archív vízminőségi adatok és a T-JAM projekt keretében mintázott és elemzett termál- és hideg vizek értékelése alapján a következőket lehet megállapítani (SZÓCS et al. 2012) az északkelet-szlovéniai és délnyugat-magyarországi kutatási területre:

— Magyarország és Szlovénia között léteznek határral osztott termálvízterületek. A szlovéniai Ptuj–Grad Formáció felszín alatti vizei a magyarországi Somló–Tihanyi Formáció felszín alatti vizeivel alkotnak egy rendszert. A szlovéniai Mura Formáció felszín alatti vizei a magyarországi Újfalui Formáció felszín alatti vizeihez hasonlóak. A szlovéniai Lendava Formáció felszín alatti vizei megfeleltethetők a magyarországi Szolnoki Formáció felszín alatti vizeinek.

— Az azonosított határral osztott felszín alatti termálvízterületekben (lásd előző pontban) a vízáramlás hidraulikailag lehetséges, melyet a vízminőség is alátámaszt.

— A Ptuj–Grad, Zagyvai és Somló–Tihanyi Formáció vizei valószínűleg egy aktív regionális áramlási rendszert alkotnak, mely utánpótlódási területe a szlovéniai Goričko dombság térségében található. Az áramlási irány Szlovénia irányából Magyarország irányába feltételezhető. E vizek kis oldottanyag-tartalmúak és nagy  $(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})$  mgeél/l /  $(\text{Na}^{+}+\text{K}^{+})$  mgeél/l kation arány jellemzi őket. A Ptuj–Grad Formáció vizeiben a szén-dioxid gyakran a legfőbb oldott gáz, míg a Zagyvai és a Somló–Tihanyi Formáció vizeiben elsősorban oldott levegő van, mivel oldott nitrogén található döntően.

— A Mura és az Újfalui Formációban tárolt felszín alatti víz szintén része az aktív áramlási rendszernek, de feltételezhetően hidraulikusan elkülönül a sekélyebb rendszertől. E vizek oldottanyag-tartalma nagyobb, viszont  $(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})$  mgeél/l /  $(\text{Na}^{+}+\text{K}^{+})$  mgeél/l kation arányuk kisebb az előzőekhez képest. A minták erős kigázosodást mutatnak. Helyen-

ként feldúsulhatnak szén-dioxidban vagy metánban, de főleg oldott nitrogént tartalmaz a víz.

— A Lendava és a Szolnoki Formáció felszín alatti vize feltehetően nem része az aktív regionális áramlási rendszernek. E felszín alatti vizek az előbbiekkal körülbelül egy időben szivárogtak be, de jelenleg feltehetően többé-kevésbé stagnánsak és a környezetüktől elzártak. Ebből adódóan nagy oldottanyag-tartalmúak.

— A miocén formációk víztartói nagy valószínűséggel kis kiterjedésűek, vagy környezetüktől elzártak, ezért a határon átnyúló felszín alatti vízáramlás kevésbé valószínű. Nagy oldottanyag-tartalommal rendelkeznek.

— A két ország mezozoos víztartói nem összevethetőek. A mezozoos képződmények karsztvizére vonatkozóan csak szórványos adatok állnak rendelkezésre a magyar oldalról, így vízminőségi alapon nem lehet követni a szlovéniai karbonátok Rába-törzészona menti keleti folytatását. Ebből adódóan a határral osztott felszín alatti vízáramlás lehetőségét egyelőre nem lehet megbízhatóan vizsgálni. A magyar oldalon a karbonátos vízadókban híg vizek találhatóak nagy  $(\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+})$  mgeél/l /  $(\text{Na}^{+}+\text{K}^{+})$  mgeél/l kation aránnyal, míg a szlovéniai oldalon hígult sós vizek vannak.

— Erőteljes, döntően karbonátokkal és  $\text{CO}_2$ -al lejátszódó, víz–kőzet kölcsönhatás esetén a  $\delta^{13}\text{C}$  értékek jelentősen eltolódnak pozitív irányba, és nem alkalmazhatók a radio-karbon vízkorszámítások korrekciójához, mivel az eredetileg beszivárgott víz oldott szeretlen szén (DIC) tartalma nagymértékben megváltozik.

Ugyan csak 24 db új kiegészítő vízmintavétel történt, és az adatok térbeli eloszlása még mindig szórványos, ennek ellenére a T-JAM projekt új ismeretekkel szolgált a határral osztott termálvizek beazonosításához és víz-geokémiai jellemzőik meghatározásához.

### Köszönetnyilvánítás

Köszönet illeti a Magyar Állami Földtani Intézet Akkreditált Vízmintavevő Csoportjának a projektben résztvevő tagjait, különösen TIHANYINÉ SZÉP Esztert, PÁLFI Évát és KATONA Gabriellát a víz-geokémiai értékelések alapját képező megbízható mintavételek előkészítéséért és kivitelezéséért. Köszönettel tartozunk LAJTOS Sándornak az archív vízminőségi adatok összegyűjtéséért, a Geoinformatikai Osztály munkatársainak az informatikai háttér biztosításáért.

## Irodalom — References

- BARNA G., FÓRIZS I. 2007: A Balaton stabilizotóp-hidrológiai karakterisztikája. Térbeli eloszlás és a párolgási izotóp-effektus. — *Hidrológiai Közlöny* 2007 (1), pp. 35–41.
- CLARK, I., FRITZ, P. 1997: *Environmental isotopes in Hydrogeology*. — Lewis Publishers, USA. 328 p.
- FOURNIER, R. O. 1973: Silica in thermal waters: laboratory and field investigations. — *Proceedings International Symposium on Hydrogeochemistry and Biogeochemistry, Tokyo*, pp. 122–139.
- FOURNIER, R. O. 1977: Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems. — *Geothermics* 5, pp. 41–50.
- FOURNIER, R. O., TRUESDELL, A. H. 1973: An empirical Na-K-Ca geothermometer for natural waters. — *Geochimica et Cosmochimica Acta* 37, pp. 1255–1275.
- FOURNIER, R. O., POTTER, R.W. 1979: Magnesium correction to the Na-K-Ca chemical geothermometer. — *Geochimica et Cosmochimica Acta* 43, pp. 1543–1550.
- GIGGENBACH, W. F. 1988: Geothermal solute equilibria: Derivation of Na–K–Mg–Ca geothermometers. — *Geochimica et Cosmochimica Acta* 52, pp. 2749–2765.
- JELEN, B., RIFELJ, H., BAVEC, M., RAJVER, D. 2006: *Opredelitev dosedanega konceptualnega geološkega modela Murske depresije*. — Geološki zavod Slovenije, Ljubljana, 56 p.
- KHARAKA, Y., MARINER, R. 1989: Chemical geothermometers and their application to Formation waters from sedimentary basins. — In: NAESER, N. D., MCCULLOCH, T. (eds): *Thermal History of Sedimentary Basins: Methods and Case Histories*. Springer-Verlag, New York, pp. 99–117.
- KRALJ, P. 2001: Das Thermalwasser-System des Mur-Beckens in Nordost-Slowenien. — *Mitteilungen zur Ingenieurgeologie und Hydrogeologie* 81. Aachen.: Lehrstuhl für Ingenieurgeologie und Hydrogeologie der RWTH, 82 p.
- KRALJ, P., KRALJ, PO. 1998: *Poročilo za leto 1998b. Geotermalna energija. Možnosti zajema termalne vode v Benediktu. II faza*. — Geološki zavod Slovenije, Ljubljana, 17 p.
- KRALJ, P., KRALJ, PO. 2000: Overexploitation of geothermal wells in Murska Sobota, northeastern Slovenia. — *Proceedings World Geothermal Congress, Japan, May-June 2000*. pp. 837–842.
- KRALJ, P., EICHINGER, L., KRALJ, PO. 2009: The Benedikt hydrothermal system (north-eastern Slovenia). — *Environmental Geology* 58, pp. 1653–1661.
- KRALJ, PO. 2007: Pripombe k članku »Izvor in kemijska sestava termalnih in termomineralnih vod v Sloveniji« avtorja A. Lapanja, (Geologija 49/2, 2006). — *Geologija* 50 (1), pp. 205–214.
- LAPANJE, A. 2007: Nekaj pojasnil k pripombam dr. Polone Kralj na članek "Izvor in kemijska sestava termalnih in termomineralnih vod v Sloveniji", (Geologija 49/2, 2006). — *Geologija* 50 (1), pp. 215–220.
- PEZDIČ, J. 1991: *Izotopi v termo-mineralnih vodnih sistemih*. — PhD thesis. Univerza v Ljubljani, FNT Montanistika, Ljubljana, 157 p.
- PEZDIČ, J. 1999: *Izotopi in geokemijski procesi — univerzitetni učbenik*. — Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, Ljubljana. 269 p.
- PEZDIČ, J. 2003: Origin and migration of gases in the Pannonian sedimentary basin. — *Proceedings of ICGG 7*, pp. 47–49.
- PEZDIČ, J., DOLENEC, T., PIRC, S., ŽIŽEK, D. 1995: Hydrogeochemical properties and activity of the fluids in the Pomurje Region of the Pannonian Sedimentary Basin. — *Acta Geologica Hungarica* 39 (1), pp. 319–340.
- PLUMMER, L. N., BEXFIELD, L. M., SCOTT, K. A., SANFORD, W. E. BUSENBERG, E. 2004: Geochemical Characterization of Ground-water Flow in the Santa Fe Group Aquifer System, Middle Rio Grande Basin, New Mexico. — *Water-Resources Investigations Report* 03-4131. USGS Reston, Virginia, 414 p.
- RMAN, N., LAPANJE, A., PRESTOR, J., MOZETIČ, S., MATOZ, T., STROJAN, M. 2008: *Poročilo o tehničnem pregledu termalnih vrtin v severovzhodni Sloveniji za potrebe izdaje koncesij za uporabo termalne vode*. — Geološki zavod Slovenije, Ljubljana, 25 p.
- SIMON, SZ. 2010: Characterization of groundwater and lake interaction in saline environment, at Kelelemenszék Lake, Danube-Tisza Interfluve, Hungary. — *PhD dolgozat, Eötvös Loránd Tudomány Egyetem*, 167 p.
- STUYFZAND, P. J. 1999: Patterns in groundwater chemistry resulting from groundwater flow. — *Hydrogeology Journal* 7 (1), pp. 15–27.
- SZŐCS, T., RMAN, N. SÜVEGES, M., PALCSU, L., TÓTH, G., LAPANJE, A. 2012: The application of isotope and chemical analyses in managing transboundary groundwater resources. — *Applied Geochemistry*, DOI: 10.1016/j.apgeochem. 2012. 10.006.
- TÓTH, J. 1999: Groundwater as a geologic agent: An overview of the causes, processes, and manifestations. — *Hydrogeology Journal* 7 (1), pp. 1–14.
- TÓTH GY., CSERNY T., GÁL N., JOCHÁNÉ EDELÉNYI E., JORDÁN GY., ROTÁRNÉ SZALKAI Á., VISZKOK J. 2009: Déli-Bakony-Zalamedence regionális hidrogeológiai modell és felszín alatti áramlás szimuláció. Karsztvíz kutatási projekt. Zárójelentés. — *Kézirat*, Hantken Miksa Alapítvány, Budapest, 147 p., 4 melléklet.
- Tóth Gy., MURÁTI J., RMAN, N., KRIVIC, J., BIZJAK, M. 2013: A Mura-Zala-medence numerikus áramlási modellje. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2011*, pp. 145–167.
- ŽLEBNIK, L. 1978: Terciarni vodonosniki v Slovenskih goricah in na Goričkem. — *Geologija* 21, pp. 311–324.
- ŽLEBNIK, L. 1979: *Karta termalnih in mineralnih vod Slovenije v merilu 1:200 000 (III. Faza) — letno poročilo*. — Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.

## A Mura–Zala-medence numerikus áramlási modellje

### *Numerical flow model of the Mura–Zala Basin*

TÓTH GYÖRGY<sup>1</sup>, MURÁTI JUDIT<sup>1</sup>, NINA RMAN<sup>2</sup>, JURE KRIVIC<sup>2</sup>, MIRAN BIZJAK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Magyar Földtani és Geofizikai Intézet H–1143 Budapest Stefánia út 14.

<sup>2</sup>Geološki zavod Slovenije, 1000 Ljubljana, Dimičeva ulica 14.

Tárgyszavak: Mura–Zala-medence, hidrosztratigráfiai egységek, hidraulikus potenciál, kalibráció, leszívás, scenáriók, Visual ModFlow

#### Kivonat

A szlovén–magyar határon átnyúló, nagy kiterjedésű felső-pannon delta-front fáciesű homokos összletben (Újfalui, illetve Mura Formáció) zajló regionális termálvíz áramlási rendszer numerikus vízföldtani modellezésének célja az áramlási rendszer pontos megismerése, az esetleges határon átnyúló hatások kimutatása és számszerűsítése volt, amely a közös hévízgazdálkodási stratégiák megtervezésének alapja. A több mint 17 000 km<sup>2</sup>-es nagyságú modellezési területen a felső-pannoniai és negyedidőszaki üledékes összletet 2 km mélységig összesen 6 modell rétegre osztottuk fel. A hidrosztratigráfiai egységek hidraulikai jellemzőinek (porozitás, permeabilitás), valamint a preme felételek (utánpótlódás, megcsapolás, hideg- és termálvíz termelések) meghatározása után a modellfuttatást a Visual ModFlow szoftverrel végeztük 500×500 m-es vízszintes felbontású cellaméretben. A modell kalibrálása során felhasználtuk az állandó vízfolyások vízszintjeinek helyzetét, a hideg- és termálvíztartó összletre vonatkozó potenciálértékeket, a felszín alatti vízáramlás sebességére utaló <sup>14</sup>C, <sup>18</sup>O és <sup>3</sup>D izotópadatokat, amelyek a projekt keretében gyűjtött vízmintákból származnak, valamint a Hévízi-tó vízmérlegét. A modell fő eredményei az egyes modellrétegekre megszerkesztett hidraulikus potenciáltérképek, amelyekből meghatározhatóak voltak a fő vízáramlási irányok, a leszívási (depressziós) térképek, amelyek mutatták a szlovéniai és magyarországi termálvíz- és hidegvizes termelések által okozott depressziókat és azok mértékét a határszelvényben, valamint a felszín alatti vízmérleg a közösen kijelölt, határon átnyúló Mura–Zala termálvíztestre a termelés előtti, a jelenlegi termelési viszonyokat, illetve egy extrém, a jelenleginél ötször nagyobb vízkivételt feltételező változatokra. Bár a Szlovénia felől utánpótlódó termálvízkészlet a jelenlegi kitermelések mellett fenntartható módon hasznosítható, a határszelvényben ez már jelenleg is kb. 5–7 m-es depressziót okoz, amely a hidegvíztermelések figyelembevételével eléri a 6–8 m-es nagyságrendet. Ennek fő oka az Északkelet-Szlovéniában Muraszombat térségében folyó jelentős termálvízkivétel. A magyar oldalon a határtól távolabbi számottevő termálvíz-termelési körzetek (Szombathely–Sárvár és Zalakaros környéke) helyi depressziókat okoznak.

Key words: Mura–Zala Basin, hydrostratigraphic units, hydraulic head, calibration, depression, scenarios, Visual ModFlow

#### Abstract

The aim of the hydrogeological numerical modelling of the Upper Pannonian delta front facies sandstone aquifer in the transboundary region between Slovenia and Hungary was to get a better understanding of the regional thermal groundwater flow system, and to quantify the possible transboundary effects, which serve as a basis for joint management strategies. The modelled areas was more than 17 000 km<sup>2</sup> large, where the Upper Pannonian and Quaternary sedimentary succession was divided into 6 model layers down to depth of 2 km. After defining the hydraulic parameters (porosity, permeability) of the main hydrostratigraphic units, and the boundary conditions (recharge, drain, as well as cold- and thermal water productions), the modelling itself was done by the software Visual ModFlow in a 500×500 m horizontal grid. Water level of permanent creeks, hydraulic heads for the cold and thermal water aquifers, <sup>14</sup>C, <sup>18</sup>O és <sup>3</sup>D isotope data referring to the rate of groundwater movement, as well as the water budget of Lake Hévíz were used for calibration. The main outputs of the model are the hydraulic potential maps calculated for the model layers, which outlined the main flow directions, the different depression maps which showed the drawdown effects of cold and thermal water productions, as well as the water budget of the recommended transboundary thermal groundawter body Mura–Zala for the natural (pre-exploited) state, for the current productions, and for an extreme scenario supposing thermal water productions 5 times higher than today. Although thermal groundwater reserves, which are mainly re-charged from Slovenia can be utilized in a sustainable way at the current

production rates, a 5–7 m depression is observed at the border in the main thermal water aquifer, which might be as much as 6–8 m, if effects of cold water productions are also considered. The main reason for this transboundary depression is the large-scale thermal water abstraction in NE Slovenia in the surroundings of Murska Sobota. The main thermal water production regions in Hungary (Szombathely–Sárvár and Zalakaros) cause regional depressions.

## Bevezetés

A szlovén–magyar határon átnyúló, nagy kiterjedésű felső-pannóniai homokos termálvíz-tartó összleteket széles körben hasznosítják mindkét országban bármiféle összehangolt gazdálkodási stratégia, vagy a kitermelhető termálvíz mennyiségére vonatkozó közös megállapodás nélkül. Ez idáig nem mutattak ki határon átnyúló súlyosan káros hatásokat. Ugyanakkor, hogy elkerüljük a későbbi lehetséges konfliktusokat a két országbeli vízhasználók és hasznosítási módok (pl. balneológiai és/vagy közvetlen hőhasznosítások) között, illetve, hogy biztosítsuk a termálvíz fenntartható használatát, egy összehangolt termálvíz-gazdálkodási rendszer kialakítása szükséges. A határokon átnyúló víztestekkel való közös gazdálkodás kidolgozásához a döntéshozóknak többek között ismerniük kell a hasznosítások korlátait (azaz a felhasználható vízkészletek mennyiségi és minőségi határait), valamint tudniuk kell a különböző hasznosítási típusok közötti interferenciákról is. E kérdések jelentős része megválaszolható numerikus áramlási- és transzportmodell segítségével, mely a modell különleges igényeit szolgáló, szisztematikusan felépített közös adatbázison és információkon nyugszik. A T-JAM projekt keretében végzett numerikus modellezés számára ezen input információkat a közösen kialakított geotermikus adatbázis adatai, illetve a földtani, vízgeokémiai és geotermikus vizsgálatok eredményei szolgáltatták (FODOR et al. 2013, RAJVER et al. 2013, JUHÁSZ et al. 2013, SZÓCS et al. 2013, PRESTOR et al. 2013).

## A modell koncepciója

Egy hidrogeológiai modell koncepciója erősen függ a megoldani kívánt feladattól. A T-JAM projekthez kapcsolódó kérdések megválaszolásához egy regionális, nagy mélységű hidrogeológiai modell kialakítása tűnt a legjobb megoldásnak, amely magába foglalta:

- a terület termálvíz áramlási rendszereinek áttekintését a korábbi, a térségben végzett modellezési munkák tapasztalatai, illetve publikációk alapján

- a modellterület vertikális és horizontális lehatárolását,

- a földtani modellben (FODOR et al. 2013) meghatározott fő hidrosztratigráfiai (hidrogeológiai) egységek térbeli lehatárolásának esetleges további pontosítását a modell igényei szerint, illetve kapcsolatuk kialakítását a tervezett modellrétegekkel,

- a modellfuttatás típusának meghatározását (perma-

nens, nem-permanens, vagy másképpen tranzienst, vagy mindkettőt),

- a megfelelő modellező program (szoftver) kiválasztását.

## *Termálvíz áramlási rendszerek általános jellemzése a Mura–Zala-medence területén*

A Pannon-medence regionális vízáramlási rendszere általánosságban a medencebeli nyomásviszonyok, potenciálszintek, a vizek kémiai jellege, a geotermikus anomáliák (az átlagosnál alacsonyabb geotermikus gradiens a beszivárgó hideg csapadékvizek hűtő hatását, míg a magasabb a felszálló termálvizek fűtő hatását tükrözi) alapján jól körvonalazható (pl. ERDÉLYI 1979, TÓTH 1999).

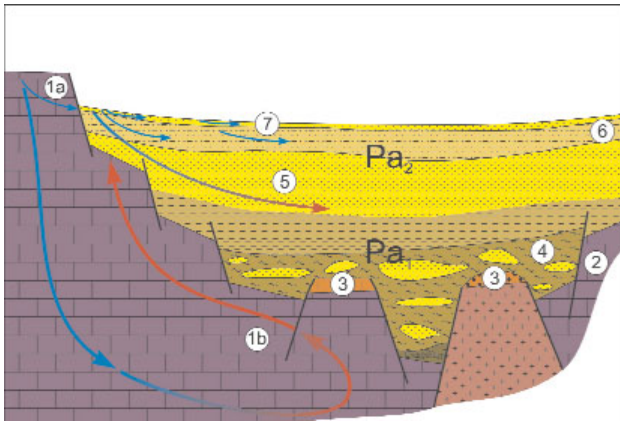
A regionális vízáramlási rendszer motorja alapvetően a beszivárgási (medenceperemek, hegy- és dombvidékek) és megcsapolási (medencék) területek közötti topográfiai eltérésből adódó hidraulikus potenciálkülönbség, a megfelelő utánpótlódás (beszivárgás) és a nagy mélységben elhelyezkedő jó vízvezető tulajdonságokkal rendelkező képződmények, amelyek nagy területeken a felszínre is bukkannak.

A Pannon-medence regionális termálvíz áramlási rendszerét két nagy egységre lehet osztani: a medence aljátát felépítő karsztosodott-repedezett alaphegységre, és a porózus medencekitöltő üledékekre, mindkettő nagy jelentőségű a Mura–Zala-medence területén, bár a T-JAM projekt célkitűzéseinek megfelelően elsősorban a porózus medencebeli vízáradások zajló termálvíz-áramlások vizsgálatára összpontosított.

Az alaphegység vízvezető zónáinak döntő többségét az alaphegység legfelső, mállott, illetve karsztosodott részei alkotják. A hegyvidéki részek szabad felszínű repedés- és karsztvizei biztosítják főként az utánpótlását a gravitációsan vezérelt alaphegységi áramlási rendszernek. Ennek két formája lehetséges:

- a medenceperemi, illetve a hegyvidéken belüli hidegforrásokon felszínre jutó *egyszerű gravitációs karsztvízáramlási rendszer* (helyi-, vagy köztes karsztvíz-áramlási rendszer) (1. ábra), amelyet a vizsgált területen a Déli-Bakony és a Keszthelyi-hegység felszínén lévő nyílt karsztterületeken beszivárgó vizek képviselnek, és amelyeknek egy része a peremi részek felszínre jut. Ilyenek a Keszthelyi-hegység déli részén fakadó hideg források (pl. a több tíz l/s hozamú Erzsébet-, János- és a Festetics-forrás), valamint a Hévízi-tó forrásbarlangjában megjelenő hidegforrás is.

- a medencekitöltés alá áramló, *kevert gravitációs és*



**1. ábra.** A Pannon-medence regionális vízáramlási rendszerének sematikus modellje

1a – egyszerű gravitációs karsztvíz áramlási rendszer 1b – kevert gravitációs és geotermikus vezérlésű rendszer (regionális karsztvízáramlás. Ennek lefelé irányuló része a karbonátos összlet felső 100 méter körüli vastagságú karsztosodottabb részein áramlik, a kék vonal itt tehát szelvényünkbe bevetített formát jelent), 2 – mélybeli elszigetelt karbonátos-repedezett rezervoárok zárt termikus konvekcióval 3 – a karbonátos-repedezett aljzatra közvetlenül települő idősebb miocén vízvezető képződmények (abrázios és parti homokok, kavicsok, illetve a zátonymészkövek, -homokok), 4 – túlnyomásos zónák, 5 – regionális gravitációs vízáramlási rendszer a medenceüledékekben, 6 – köztes vízáramlási rendszer a medenceüledékekben, 7 – sekély vízáramlási rendszer a medenceüledékekben

**Figure 1.** Schematic model of groundwater flow systems in the Pannonian Basin

1a – gravity-driven cold karst flow system, 1b – mixed gravity and geothermal (density)-driven flow system (regional karst flow system. Its downward directed path flows in the upper (cca. 100 m thick) karstified part of the basement rocks, therefore the blue line only indicates its projected position), 2 – deep isolated carbonate-fractured reservoirs with closed convection, 3 – Miocene aquifers (abrasional and shore sands, gravels, reef carbonates etc.) directly overlying the karstified-fractured basement rocks, 4 – overpressured zones, 5 – regional flow system in the porous basin fill, 6 – intermediate flow system in the porous basin fill, 7 – local (shallow) flow system in the porous basin fill

geotermikus vezérlésű rendszer (regionális karsztvíz áramlás) (1. ábra), melynek megcsapolói természetes körülmények között főként a hegységperemi langyos és meleg források, amelynek példája a T-JAM projekt magyarországi területén a Hévízi-tó forrása, amely a világ egyik legnagyobb természetes termálvízű forrástava. A Mura-Zala-medence regionális karsztvíz-áramlási rendszerét a Déli-Bakonyban és a Keszthelyi hegységben beszívárgott vizek táplálják, amelyek döntő része a triász és kréta karbonátokból álló medencealjzat felső, karsztosodott zónáiban áramlik a medencealjzat mélyebb részei felé. A nagyobb sűrűségű hidegebb víz áramlása során felmelegszik, sűrűsége csökken. Azokon a medence belseji részeken, ahol jó vízvezető-képességű és jelentős vertikális kiterjedésű szerkezettel találkozunk, létrejön az úgynevezett „hő-kémény” jelenség (nyílt konvekciós áramlások), amelyeken át a feláramló vizek a megcsapolási pontok felé irányulnak. A geotermikus anomáliák alapján a Zalai-medencében is feltételezzük ilyen hő-kémények meglétét, pontosabban azok alját a 3000–3500 m mélységben, elsősorban a Nagylengyeltől északnyugatra, nyugatra eső részeken. A vízáramlások a hő-kémények aljáig széles sávban nagy terület hőjét össze-

gyűjtve érkeznek, majd a forrásokig tartó visszaáramló melegágban az áramlások már szűkebb területre koncentrálnak és valamelyest hűlnek, de még így is a normális geotermikus viszonyokhoz képest 20–40 °C magasabb hőmérsékletűek.

A medencealjzatban egyes mélybeli, utánpótlódás nélküli, vagy törések menti csekély utánpótlódással rendelkező, elszigetelt helyzetű karbonátos, vagy repedezett metamorf kőzettestek stagnáló termálvizet tartalmazhatnak (1. ábra), ez elsősorban a projekt szlovéniai területére jellemző. Amennyiben a geometria (a zárt alaphegységi víztárolókból kiinduló függőleges, vagy közel függőleges vízvezető zónák) lehetővé teszi, ezekben zárt termikus konvekciós áramlási rendszer alakulhat ki (pl. Benedikt térsége).

A Pannon-medencében az alaphegységi részekkel gyakran egy hidraulikai egységet alkotnak az arra közvetlenül települő idősebb miocén (badeni, szarmata) vízvezető képződmények: az abrázios és parti homokok, kavicsok, illetve a zátonymészkövek, -homokok (1. ábra). Ez elsősorban a projektterület magyarországi részére jellemző, ahol jelenetesebb miocén vízadók ismertek (pl. Bükkfürdő környete).

Az alaphegységi karsztos repedezett rendszer helyenként a fedő rétegek vízáramlási rendszeréhez kapcsolódik, azokból vizet átvehet, illetve azokba vizet átadhat. Erre jellemző példa a kutatási területen a Hévízi-tó nyugati és északi környete (pl. Zalacsány térsége), ahol a triász karsztos és repedezett kőzetekre közvetlenül pannóniai vízvezető formációk települnek, amelyek rétegvizei a termálkarszt-rendszert táplálják. A keveredéséből származó karsztkorroziós folyamatok hatására e térségben jelentősen megnövekedett a rétegek vízvezető-képessége, biztosítva azt is, hogy a különböző hőmérsékletű és összetételű meleg és langyos karsztvizek is keveredni tudjanak, hozzájárulva az itteni termálvizek speciális vízkémiai jellegéhez.

A fentiekben ismertetett, az alaphegység mezozoos kőzeteiben, illetve az azokhoz hidrodinamikailag foltszerűen kapcsolódó idősebb miocén képződményekben zajló regionális karsztvízáramlási rendszer mellett, azzal természetesen hidrogeológiailag összefüggően, a porózus medencekitöltő üledékekben történő regionális vízáramlások szintén döntő jelentőségűek. A helyenként több-ezer m vastag miocén–pliocén („pannóniai”) medencekitöltő üledék-összlet mélyen fekvő, elszigetelt részein alapvetően stagnáló, vagy csak lassú migrációval jellemezhető folyamatokkal kell számolnunk. Az itteni vizek általában a legutolsó tengerelöntés, vagy csökkent sós vízi elöntés fosszilis rétegvizét tartalmazzák. Ezek általában a vastagabb, rossz vízvezető, agyagos, agyagmárgás részeken kialakuló túlnyomásos zónák főként kompaktációs eredetűek, esetenként tektonikus és diagenetikus hatások is szerepet játszhatnak kialakulásukban (1. ábra). E túlnyomásos zónákból a magasabb medencebeli, vagy mélyebb helyzetű alaphegységi vízvezető egységek felé való lassú, keresztáramlásokkal történő vízáramlásoknak alapvetően vízminőségi, vízgeokémiai szempontból van jelentősége: noha az innen származó víz mennyisége ritkán haladja meg az említett

vízvezetők vízforgalmát, magas oldottanyag-tartalmuk jelentősen hozzájárulhat a vízvezető rendszerek karakterének, esetenként „gyógyhatása”-nak kialakulásához. A Zalai-medence keleti részén drill-stem test (DST) mérésekkel is igazolható a túlnyomásos rétegek jelenléte, amelyek elsősorban a vastagabb miocén–alsó-pannóniai agyagmárgás résekben közbezárt vízvezető homokkövekhez kapcsolódnak. A medence nyugati és délnyugati részein már nem rendelkezünk ilyen közvetlen nyomásmérésen alapuló információval, ugyanakkor a vízminőségi értékelések azt jelzik, hogy a medence közepétől a peremek felé valószínűsíthető vízáramlás az alaphegységi és esetleg az alsó-pannóniai homokos vízvezető szintekben.

A medencekitöltő üledéksorozat vízáradóin belül külön érdemes kezelni az egymástól elkülönülő, gyenge hidrodinamikai kapcsolatban álló turbidit-fációs homoktesteket, melyek ugyan kis kiterjedésűek és gyenge vízvezető-képességűek, de gyakran tartalmaznak magas hőmérsékletű sós vizeket értékes oldottanyag (pl lítium)-tartalommal.

A medenceterületek porózus üledékösszetételben zajló gravitációs áramlási rendszerek regionális, köztes- (intermedier) és lokális rendszerekre oszthatók (1. ábra), a T-JAM projekt keretében végzett vízföldtani modellezési munkák alapvetően erre az áramlási rendszerre összpontosítottak. Noha a nagy vastagságú üledékes összlet homokos, kőzetlisztes, agyagos, márga tartalmú rétegek „dobostorta” szerű váltakozása építi fel, ahol az agyagos-márgás rétegek vízvezető képessége 1-2 nagyságrenddel alacsonyabb, mint a homokoké, ez elegendő ahhoz, hogy a homokrétegek közötti hidraulikai kapcsolatot biztosítsa, így az összlet egy hidrosztratigráfiai egységként kezelhető.

Az egységen belül a legmélyebb regionális gravitációs vízáramlási rendszer a felső-pannóniai deltafront, deltasíkság fációs homokösszetétel (Újfalui/Mura Formáció) aljáig hatol le. A Mura–Zala-medence bizonyos területein (pl. Lenti környéke) a Zagytvai Formáció is még része lehet e regionális nagy áramlási rendszernek. A vizsgált területen a 25–30 °C-nál melegebb porózus termálvizek ebből a rendszerből táplálkoznak. A vízáradó összlet vízvezető képességét a változó homok, aleurit és agyagrétegek miatt az erős anizotrópia jellemzi, a regionális léptékben végzett számításoknál az anizotrópia tényező (horizontális és vertikális vízvezető képesség hányadosa) értéke meghaladja a 5000-et. A vertikálisnál nagyobb mértékű horizontális permeabilitás következtében a réteggéssel párhuzamos áramlási irányok a jellemzőbbek. Ezen túlmenően, ahol a medence belsejében a már említett túlnyomás észlelhető, ott ennek eredményeként a vízáramlás a medenceperemek felé irányul. Természetes megcsapolási formái a jellegzetes ásványvíz források (szlatinák), melyek évszázadok óta ismertek a szlovéniai Goričko, Radenci és Nuskova területén. A medence szedimentációs és azt követő eróziós földtani folyamatai a felső-pannóniai üledékösszlet rétegződéseinek térbeli alakulását, és így az áramlási kényszerpályákat, az utánpótlódási és megcsapolási lehetőségeket is alapvetően befolyásolták. Kedvező esetben (mint pl. a Zalai-medencét ért kiemelkedések és eróziók miatt) az összlet alsó részein lévő homokos

vízadó rétegcsoportok rétegfejei a felszínre bukkanva közvetlenül kapcsolódhatnak a dombvidékek magasabb hidraulikus potenciálú részeihez (pl. Radenci környéke), viszonylag gyors és közvetlenebb utánpótlást biztosítva a termálvizek számára. E regionális gravitációs vízáramlási rendszer fő utánpótlódási területe a T-JAM projekt terület nyugati részén található, szlovéniai, ausztriai és részben magyarországi dombvidéki területeken. A rendszer fő megcsapolási közege egyrészt a Dráva-völgy horvátországi, magyarországi része, másrészt a Hévízi-tó, a fentiekben már említett Hévízi-tó környéki keveredési zónán keresztül.

A köztes (intermedier) áramlási rendszerek főleg az alluviális síksági fációs (Zagyvai és kisebb részben az Újfalui formációk Magyarországon, illetve a Ptuj-Grad és részben a Mura Formáció Szlovéniában) többszintes vízáradó homokrétegekhez kapcsolódnak. Jelentőségét az adja, hogy a projektterület magyarországi részén e rétegvizek jelentik a települések számára az ivóvízbázist (pl. Zalaegerszeg, Nagykanizsa és Szombathely), másrészt szerepet játszanak mind a porózus, mind az alaphegységi termálvizek utánpótlásában is.

A felszínhez legközelebbi talajvizes és sekély rétegvizes áramlási rendszer alapvetően két eltérő típusba sorolható. A dombvidéki területeken a prekvarter üledékek mállottabb, vagy durvább szemcseösszetétellel rendelkező zónájában, a magasabb térszíni helyzetű részekben beszivárgott víz a völgyek kvarter (főleg holocén) allúviumát táplálja, ahol ez a lokális áramlás esetenként találkozhat az intermedier és — mélyebb helyzetekben — a regionális áramlások felszín közelébe érő részeivel. A másik típusba a jelentősebb nagy patakok és folyók mély helyzetű szélesebb alluviális vízáradó rendszerei tartoznak jó vízvezető homok, homokos kavics és kavics összetételükkel, amely a mélyebb áramlások számára a megcsapolást jelentik.

### *A modellterület lehatárolása*

#### Horizontális kiterjedés

A modellterület magában foglalja a T-JAM projekt teljes területét, beleértve a fő pannóniai porózus termálvizek tartó-rendszert, valamint azok legközelebb található medencehatárokig való kiterjesztését, ahol az lehetséges volt (osztrák és magyar részek). A szomszédos területekig való kiterjesztés oka az, hogy figyelembe kívántuk venni az elfogadott modell határon belépő, a modellezett térrészre hatással levő horizontális vízáramlási rendszereket is. Ugyanakkor a modellszámítások eredményeit csak a fő pannóniai víztartó rendszer laterális kiterjedésére korlátoztuk (deltafront jellegű Mura Formáció Szlovéniában és felső-pannóniai formációk Magyarországon). A megnövelt, téglalap alakú modellterület koordinátái, UTM rendszerben a következők:

K–Ny irányban	(X): 546 000 és 689 000
É–D irányban	(Y): 5 118 000 és 5 240 000
A modellterület mérete:	143×122 km
Horizontális felbontás (grid méret)	500×500 m

## Vertikális kiterjedés

A modell alsó határoló felülete (talpa) a Pannonmedence regionális áramlási rendszerének általános ismerete alapján került meghatározásra. Mivel a T-JAM projekt során megválaszolandó kérdések a regionális miocén, pliocén és kvarter nagy mélységű víztartó rendszerre vonatkoznak, a modell vertikális kiterjedését a 2 km-es mélységben határoztuk meg.

### A 3 dimenziós modellrétegek és hidrosztratigráfiai egységek

A hidrosztratigráfiai egységek a vízföldtani szempontból azonos módon viselkedő kőzettesteket, formációkat foglalják magukba. Ugyanakkor a numerikus modellezés a modellterületre sajátos rétegeket ad meg, így egy modellréteg számos hidrosztratigráfiai egységet tartalmazhat, vagy néhány hidrosztratigráfiai egység különböző modellrétegekhez is tartozhat.

Néhány korábbi regionális modell tapasztalatait (JOCHÁNÉ EDELÉNYI et al. 2005, TÓTH et al. 2010) is felhasználva a numerikus modell felépítése során először kialakítottuk a talajvizes sekély víztartó (1. modellréteg) 3 dimenziós helyzetét, majd ehhez kapcsoltuk a mélyebb, fedett, nyomás alatti rétegeket.

A regionális vízármlási rendszer alja a felső-miocén

(panóniai) deltafront kifejlődésű homokos összetételű talpánál húzható meg. Térbeli helyzete a földtani modell (FODOR et al. 2013) segítségével került meghatározásra. A deltafront-rendszer (a Mura és az Újfalui Formáció alsó része) egy hidrosztratigráfiai egységnek tekinthető (a modell 6. rétegének felel meg). A deltafront üledékein települő, fiatalabb deltasíkság és alluviális formációk négy (2., 3., 4 és 5.) modellrétegben kerültek elkülönítésre, illetve mindegyiket külön hidrosztratigráfiai egységként kezeltük. A deltasíkság és az alluviális formációk ezen tagolása az 1. és a 6. réteg felszíne között arányosan történt.

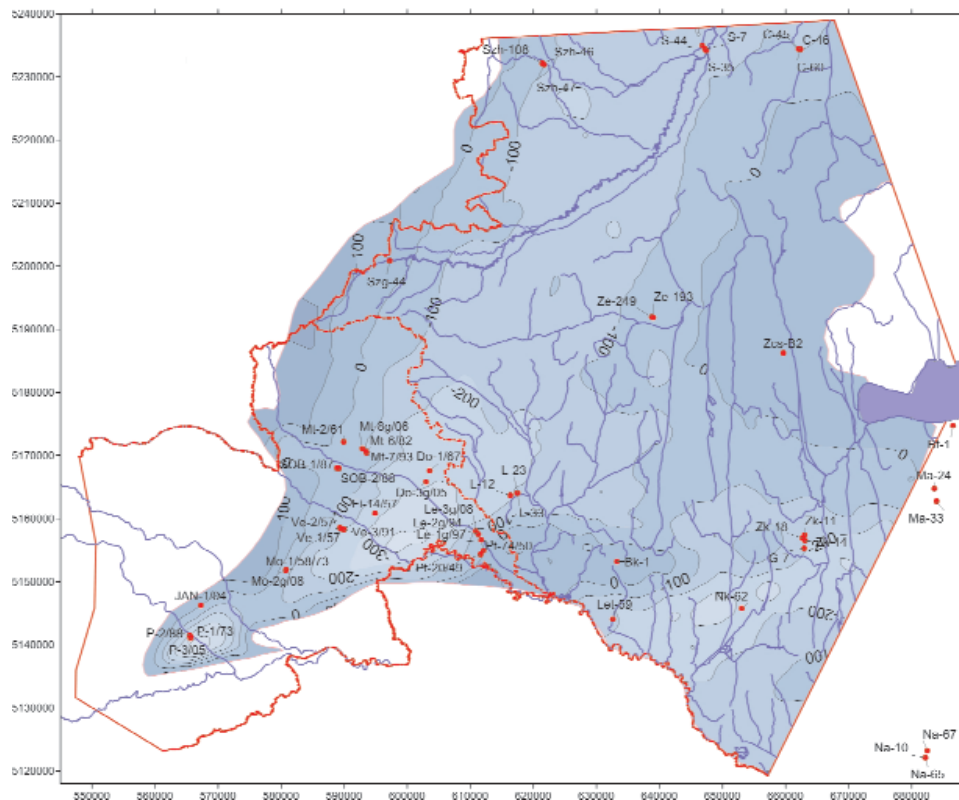
Mindezek alapján a hidrosztratigráfiai egységek és modellrétegek kapcsolata az alábbi:

— sekély, szabad víztükrű, úgynevezett „talajvíztartó” komplexum, amely a síkvidéken a durvakavicsos allúviumot, a dombvidéken a völgyekben és a völgyoldalakon a holocén és a felső-pleisztocén folyóvízi teraszokat és finomszemcsés porózus talajvíztartó képződményeket tartalmazza (1. modell réteg).

— a deltasíkság és alluviális rendszer (a Mura Formáció felső része, és a Zagyvai Formáció képződményei) (2–5. modellrétegek)

— felső-panóniai deltafront üledékek (a Mura Formáció alsó része és az Újfalui Formáció), mint a fő porózus termálvíztartó komplexum (6. modellréteg)

Ezek a csoportok alkotják a 3 dimenziós modell vázát. A rétegek a későbbi felosztások során finomításra kerültek a 3



2. ábra. A 2. modellréteg talpa (m asl) (a vörös színel jelölt legfontosabb termálkutak erre a felső zónára nem szűröztek)

Figure 2. Depth of the 2<sup>nd</sup> model layer (m asl) (main thermal wells indicated by red dots are not screened for this upper interval)



dimenziós áramlási utak és a hidraulikus potenciálmezők jobb szemléltetése érdekében, vagy a legfontosabb részek — így pl. a magyarországi területeken a nagyobb ivóvízművek vízkivételeinek — leírásához (2. modellréteg).

A 2. modellréteg (deltasíkság és alluviális összlet legfelső része) képviseli a fő hideg sekély rétegvízartó komplexumot (2. ábra), melyet széles körben használnak a magyar oldalon a vízművek ivóvíztermelés céljára. A legnagyobb hozamú termelők Zalaegerszegen és Szombathelyen találhatóak. Szlovéniában ezt a réteget a vízművek nem nagyon hasznosítják, mivel az ivóvíz biztosítására más kiváló lehetőségek is rendelkezésükre állnak: alluviális kavics és részben parti szűrészű víztartók a Mura és a Dráva folyók mentén (az 1. modellrétegnek megfelelően).

A 4. modellréteg (deltasíkság és alluviális összlet mélyebb része) víztartó komplexuma leginkább langyos (20–30 °C) vizeket tartalmaz. Jelenleg ezeket az egységeket nem hasznosítják intenzíven. A régió néhány részén az ebben a rétegben tárolt vizet ásványvíztermelésre használják, vagy tervezik használni.

A 6. modellréteg a fő termálvízartó (>30 °C) összlet, a teljes régióban, a Mura és az Újfalvai Formáció deltafront homok-közetliszt rétegsorából épül fel, amely a gravitációs áramlási rendszer alját képviseli (3. ábra). Feküje a felsőmiocén Lendava és az Algyői Formációk agyagos vízzáró vízrekesztő komplexuma. A deltafront üledékek a szlovéniai területen a felszínre bukkannak, meghatározva a modell peremait. A magyarországi részen, csupán néhány kilo-

méterre a Hévízi-tótól, a 6. modellréteg fekvő üledékei homok és kavics, melyek jó hidraulikus kapcsolatot képeznek a termálkarszrendszer felé az aljzatban.

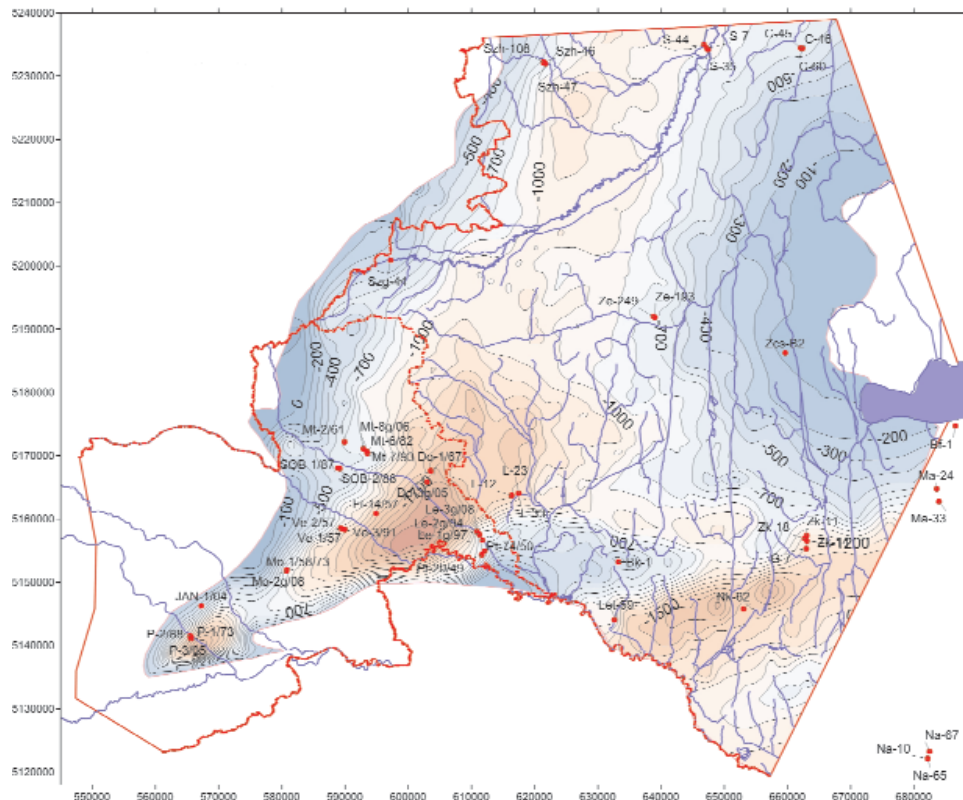
### A modellfuttatás típusa

A regionális modellel a jelenlegi állapotot, mint permanens rendszert képeztük le, mivel a megfigyelt kutak hidraulikus potenciáljai és vízszintjei jórészt stagnáltak az évszázad első tíz évében; mutatva, hogy a jelenlegi termelések az utánpótlódással nagyjából egyensúlyra jutottak. Ugyanakkor néhány területen, az újabb termelési területek környékén, a vízszint csökkenése volt megfigyelhető. Ennek ellenére ebben a nagy kiterjedésű regionális modellben ezek a lokális átmeneti hatások nem kerültek beépítésre, viszont alapul szolgálhatnak a jövőben helyi tanulmányok elkészítéséhez.

A termelés előtti állapotot szintén permanens modellel jellemeztük. Ez a két permanensmodell-eredmény szolgált alapul a további előrejelzési, vagy „scenárió” modellezési változatokhoz.

### A modellezéshez használt szoftver

A regionális hidrogeológiai modell a Visual ModFlow (VMOD) szoftverrel készült, amely világszerte szabványos, 3 dimenziós véges differencia elven működő vízáramlás modellező szoftver, a USGS által kialakított ModFlow egy grafikus felülete.



3. ábra. A 6. modellréteg (fő termálvízartó összlet) talpa (m asl)

Figure 3. Depth of the 6<sup>th</sup> model layer (main thermal water aquifer) (m asl)

A VMOD professzionális 3 dimenziós vízáramlás és szennyezőanyag transzport modellezésére alkalmas, mely:

- Grafikusan tervezi a modell hálóját, tulajdonságmezőit és peremfeltételeit.
- Megjeleníti a modell bemenő paramétereit 2, vagy 3 dimenzióban.
- Vízáramlás, útvonal és szennyezőanyag transzport modelleket futtat.
- Automatikusan kalibrálja a modellt a WinPEST segítségével, vagy lehetővé teszi a manuális („próba és hiba”) módszerek használatát.

## A modell bemenő paramétereit

### A hidrosztratigráfiai egységek hidraulikai jellemzői

#### Vízvezetőképesség, permeabilitás

Különböző módszerek állnak rendelkezésre a hidrosztratigráfiai egységek vízvezető képességének és permeabilitásának meghatározására. Ezek magmintákon végzett laboratóriumi mérések, fúrólukban végzett vizsgálatok, kúttesztek, egymásra hatás vizsgálatok, valamint a korábbi modellekben kalibráció nyomán kapott eredmények. Ezek az értékek lokális modellezéshez hasznosak, illetve referencia, vagy reprezentatív adatként használhatóak a regionális modellekben. Ugyanakkor a regionális, nagy léptékű

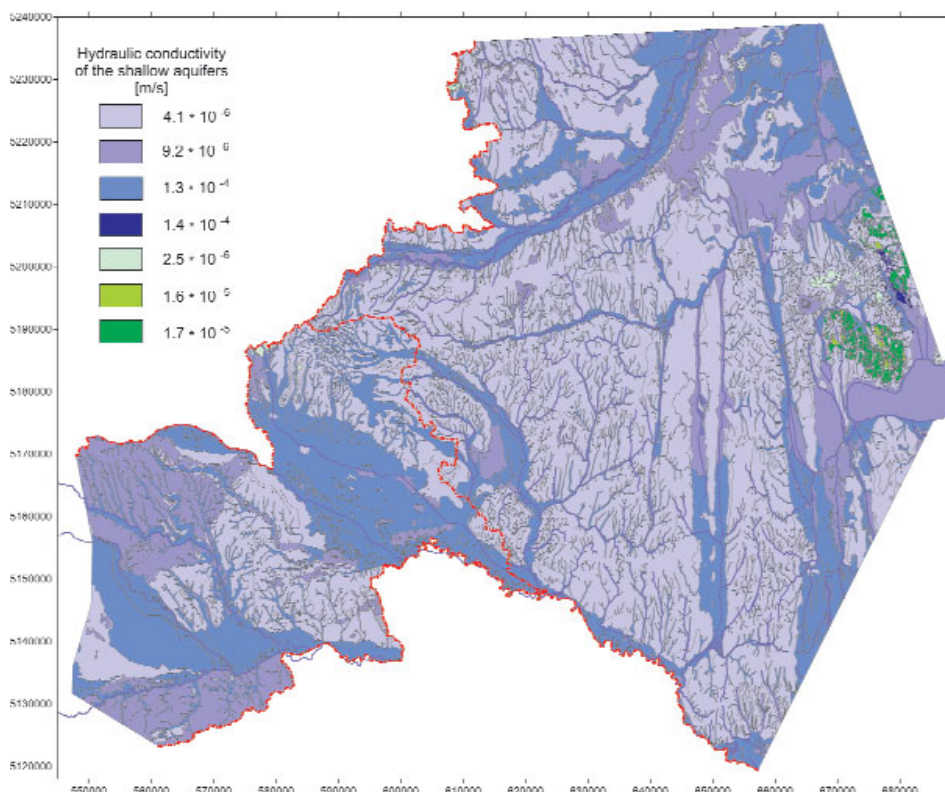
modellekben a vezetőképesség-értékek a modellrétegek nagyobb részének jellemző paramétereit, vagy a víztartó-vízáró összletek egy modellrétegbe történő összevonásának hatékony eszközei. A Pannon-medencére készült nagy regionális léptékű modellben (JOCHÁNÉ EDELÉNYI et al. 2005, TÓTH et al. 2010) a kalibráció során már kialakítottunk ilyen regionális szivárgási tényező értékeket.

A modellezés első fázisa során ezeket a paraméter értékeket (horizontális és vertikális vízvezető képesség —  $K_{xy}$  és  $K_z$ ), melyeket léptékük miatt nevezhetünk konnektivitás értékeknek, rendeltük hozzá minden egyes modellréteghez, amelyet azonban később a próba-hiba kalibrációs fázis során helyenként módosítottunk ott, ahol a számított értékek eltértek az eredetileg mértéktől.

A legfelső, nyílt víztükrű víztartók (1. modellréteg) hidrosztratigráfiai egységeinek lehatárolását a fedett földtani térkép alapján készítettük el, az egységek vízföldtani paramétereit az ENWAT projekt keretein belül végzett regionális modellezés során szerzett tapasztalatokon alapulnak (BREZSNYÁNSZKY et al. 2008, PETHŐ et al. 2010). Az 1. modellréteg hidraulikus vezetőképesség értékeit a 4. ábra mutatja be.

#### Porozitás

A porozitás értéktartománya laboratóriumi mérések, geofizikai szelvények, analógiák és korábbi modellek tapasztalatai alapján került meghatározásra a regionális



4. ábra. A sekély víztartók hidraulikus vezetőképességei (m/s) (1. modell réteg)

Figure 4. Hydraulic conductivity of the shallow aquifers (m/s) (model layer 1)

hidrogeológiai modellhez. A kalibráció során egy általános effektív porozitásértéket (0,15) határoztunk meg, melyet végül minden modellrétegre alkalmaztunk.

### Peremfeltételek

#### Utánpótlódás

A csapadékból történő diffúz, területi beszivárgás a legfőbb tényező a regionális modell utánpótlódásának szabályozásában. Az eltérő felszíni litológiával rendelkező, különböző utánpótlódási területek meghatározásának alapja a fedett földtani térkép, melyet a beszivárgás meghatározásához meteorológiai adatokkal kombináltunk (csapadék és hőmérséklet).

A projektterület egésze a mediterrán, kontinentális, hegyvidéki és alföldi klímazónák találkozásánál fekszik. Az éves csapadékadatok az utolsó 20 évben mindkét országban hozzáférhetőek voltak (5. ábra). A terület csapadékminimuma Magyarországon található; értéke 600 mm/év alatti a csapadék maximuma Szlovéniában van értéke 1150 mm/év feletti.

Az egységes és harmonizált földtani térkép (FODOR et al. 2013) különböző földtani egységeit a hasonlóságok és analógiák alapján minősítettük. A minősített formációkat 4 fő egységbe osztottuk (kőzetliszt, homok, repedezett kőzet, karszt) (6. ábra).

A csapadék és a földtani információk összekapcsolásához egy egyszerű algoritmust használtunk az éves csapadékösszeg és a beszivárgás között, melyet MAUCHA dolgozott ki, az Aggteleki-karszt jósvafői mintaterületén, (MAUCHA 1990) :

$$R = 1/a \times P^2;$$

ahol, „R” a beszivárgási ráta mm/év-ben, „a” a legfelső 0,5–2 m-es rétegben a talajt alkotó kőzetek típusától függő konstans, „P” a csapadék mennyisége mm/év-ben. Az „a” érték néhány reprezentatív talaj-kőzet típusra: karszt: 2500, homokos képződmények: 5000, kőzetliszt, agyagos kőzetliszt: 10 000.

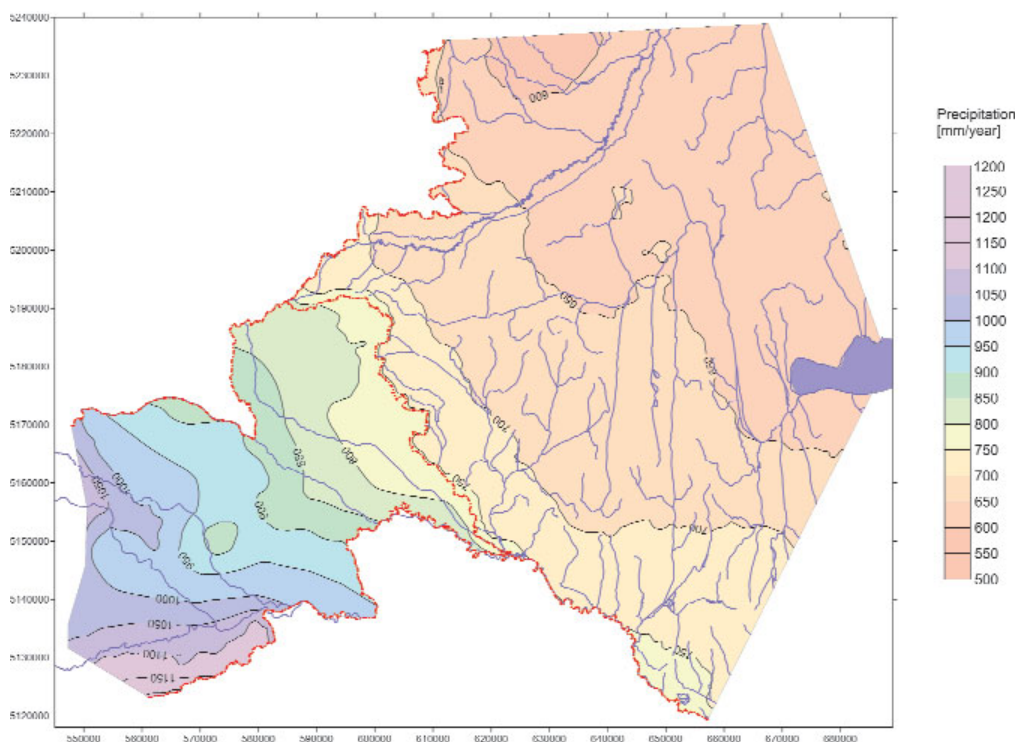
Az éves csapadékösszeg többéves átlaga, valamint a földtani formációk csoportjai a fent említett képlet szerint kerültek összekapcsolásra, melyből megkaptuk a beszivárgási értékeket (7. ábra), amelyeket a korábbi alapvízhozamméréseinkre alapított beszivárgási értékekre kalibráltuk (Magyarország talajvízforgalmi térképe, 1:500 000, 1985).

### Megcsapolási peremfeltételek (drének, folyók, egyéb)

A regionális modellben a digitális domborzati modellből (SRTM, RABUS et al. 2003) származtatott felszíni topográfiát, mint drén peremfeltételt (szivárgási felületet, „seepage face”-t) alkalmaztuk a modell teljes felszínén. Ezzel a megoldással biztosítottuk a mélyebb völgyek megcsapolási szerepét felső peremfeltételként. A főbb folyók mentén, a mérőállomásokon mért átlagos vízszinteket használtuk a számított értékek ellenőrzéséhez.

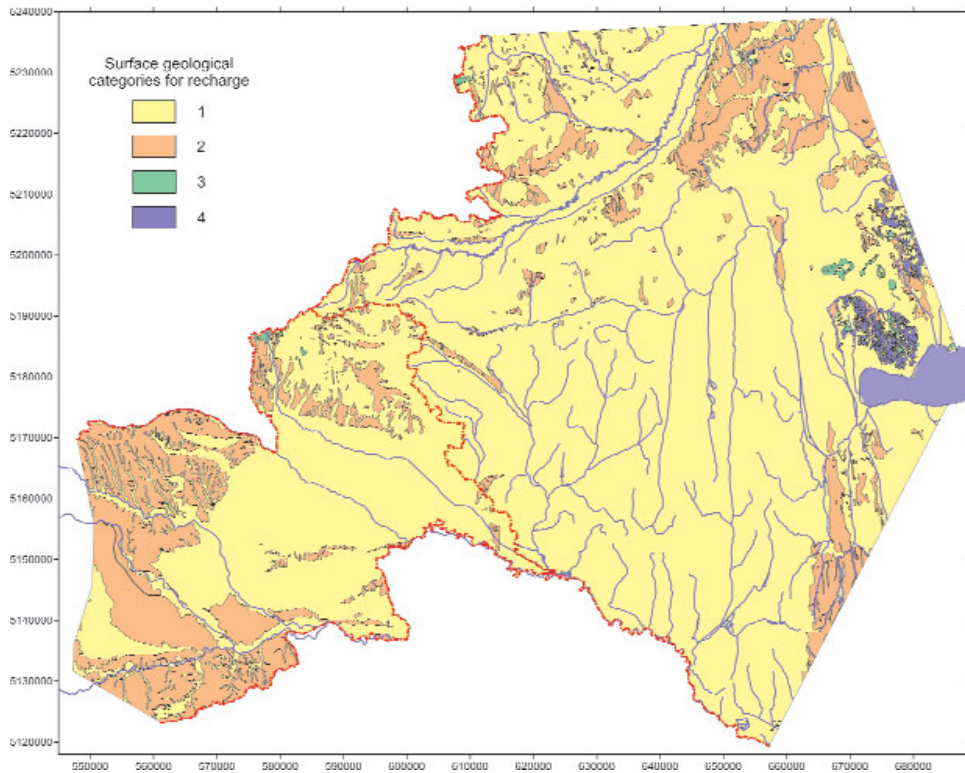
### Termelő kutak, hozamok

Minden jelentősebb felszín alatti vízkivételi adat összegyűjtésre került. A szabad víztükrű víztartókra mélyült kutak adatait nem vettük figyelembe, hiszen ezeknek csak elenyésző hatásuk van a termálvizes rendszerre.



5. ábra. Az elmúlt 20 év csapadékmennyisége (mm/év)

Figure 5. Annual average precipitation (mm/year) during the last 20 years

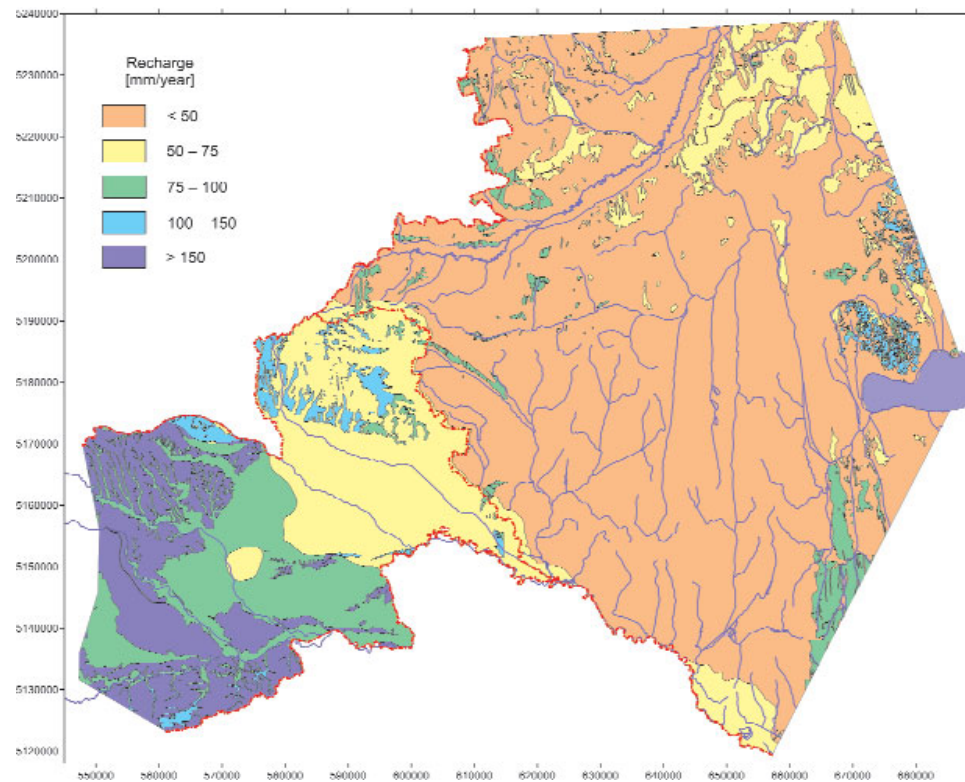


6. ábra. A felszíni földtani képződmények fő csoportjai a beszivárgás szempontjából.

1 – kőzetliszt, agyagos kőzetliszt, talajrétegek, 2 – homok és más durvaszemcsés üledékrétegek, 3 – repedezett metamorf és vulkáni kőzetek, 4 – karsztosodott karbonátos kőzetek (mész- és dolomit)

Figure 6. Main categories of geological formations on the surface with regard to infiltration

1 – silt, clayey silt, soil, 2 – sand and other coarse-grained sediments, 3 – fractured metamorphic and volcanic rocks, 4 – karstified carbonate rocks (limestone, dolomite)



7. ábra. A fő utánpótlódási kategóriák (mm/év)

Figure 7. Main recharge categories (mm/year)

A termelő kutakat négy fő csoportba osztottuk:

— Termálkutak Szlovéniában. Vízadók: Ptuj, Mura és Lendava Formációk (1. táblázat).

— Termálkutak Magyarországon. Vízadók: Újfalu és Zagyvai Formációk (2. táblázat).

— Hideg vizes, rétegvízutak Szlovéniában.

— Hideg vizes rétegvízutak Magyarországon.

A fentebbi felbontás oka, hogy a modellezés során külön, illetve együtt is tanulmányoztuk a termelő rendszerek depressziós hatásait.

A számításoknál alkalmazott hideg rétegvíztermelések értéke a magyarországi részeken 101928 m<sup>3</sup>/nap, a szlovéniai részeken pedig 2808 m<sup>3</sup>/nap volt. A jelentős eltérés oka az, hogy a szlovéniai oldalon ivó- és ipari víztermelés céljára a nagyobb folyók kavicsos allúviumából nyerik a vizet, míg a magyarországi nagyobb települések, főleg Szombathely és Zalaegerszeg térségében inkább a pannoniai rétegvizeket hasznosítják.

1. táblázat. Termálvíz termelés a modellezett terület szlovéniai részén

Table 1. Thermal water production on the Slovenian part of the model area

Kút ID	Helyi név, település	X_UTM	Y_UTM	Szűrő tető a felszín alatt (m)	Szűrő talp a felszín alatt (m)	Termelési ráta (m <sup>3</sup> /nap)	Vízadó képződésű
JAN-1/2004	Občina Destrnik	567270	5146269	679	680	0.00	Ptuj Formáció
P-1/73	Termé Ptuj	565642	5141278	822	1064	487.39	Ptuj Formáció
P-2/88	Termé Ptuj	565466	5141504	1173	1053	-210.28	Ptuj Formáció
Do-1/67	Občina Dobrovnik	603560	5167592	1439	1871	0.00	Mura Formáció
Do-3/05	Ocean Orchids	602984	5165837	1554	1570	-206.03	Mura Formáció
Mo-1/58/73	Bioterme Mala Nedelja	580716	5151767	925	1107	-87.67	Mura Formáció
Mt-6/82	Termé 3000	593457	5170643	858	974	-1213.35	Mura Formáció
Mt-7/93	Termé 3000	593520	5170377	831	985	-717.67	Mura Formáció
P-3/05	Termé Ptuj	565615	5141034	1645	1572	-569.28	Mura Formáció
Pt-74/50	Termé Lendava	612072	5154927	666	833	-68.49	Mura Formáció
Ve-1/57	Termé Banovec	589681	5158342	1246	1363	-115.89	Mura Formáció
Le-3/08	Natfa Cicoterm	610851	5158031	922	1217	0.00	Mura Formáció
Mt-8/06	Termé Sončni park Vivat	592881	5171124	831	905	-326.67	Mura Formáció
Fi-14/57	Sončni vrt	594882	5160834	1461	1881	0.00	Mura Formáció
Le-2/94	Natfa Geoterm	611284	5157533	788	1493	-547.95	Mura Formáció
Le-1/97	Termé Lendava	611732	5156617	663	1458	-273.97	Mura Formáció
Mo-2/08	Bioterme Mala Nedelja	580782	5151943	924	1513	0.00	Mura Formáció
Pt-20/49	Termé Lendava	611594	5154314	720	909	-68.49	Mura Formáció
SOB-1/87	Komunika Murska Sobota	588837	5168000	700	870	82.19	Mura Formáció
SOB-2/88	Zvezda Džana	589164	5167944	699	848	-38.36	Mura Formáció
Ve-3/91	Termé Banovec	589953	5158312	1261	1467	-279.45	Mura Formáció
Mt-2/61	Rimska Čarda	589909	5172178	802	1412	0.00	Lendava Formáció
Ve-2/57	Termé Banovec	589299	5158536	1172	1570	43.01	Lendava Formáció

2. táblázat. Termálvíz termelés a modellezett terület magyarországi részén

Table 2. Thermal water production on the Hungarian part of the model area

Kút ID	Település	Helyi név	X_UTM	Y_UTM	Szűrő tető a felszín alatt (m)	Szűrő talp a felszín alatt (m)	Termelési ráta (m <sup>3</sup> /nap)
Zk-18	Zalakaros	Hotel Karos SPA K-18 kat.sz. termálkút	662682.37	5156930.50	762.00	898.60	-176
Zk-14	Zalakaros	ZK 9.IV jelű kút K-14 kat.sz.	663097.25	5156535.38	681.00	936.00	686
Zk-11	Zalakaros	ZK-6.III jelű kút K-11 kat.sz.	663023.20	5157388.61	648.40	781.80	-795
Zc-193	Zalaegerszeg	Gévházi termálfürdő komplexum K-193 termálkút	639007.16	5191865.51	839.97	924.90	-145
Zc-249	Zalaegerszeg	Gévházi termálfürdő komplexum K-249 termálkút	638789.25	5191955.36	873.03	932.90	-38
Zes-B2	Zalaegerszeg	Inter Termál Kft. B-2 kat.sz. termálkút	659630.21	5186250.72	80.30	87.00	-7
Szh-46	Szombathely	Termálfürdő II.sz.kút B-46	621404.17	5232230.50	601.90	658.80	-222
Szh-47	Szombathely	Termálfürdő III.sz.kút B-47	621719.26	5231946.49	557.00	880.50	-37
Szh-108	Szombathely	Termálfürdő I/A. kút B-108	621415.07	5232116.93	597.44	621.40	-187
Szg-44	Szentgotthárd	Termálfürdő B-44 kat.sz.kút	597194.71	5200870.14	404.00	520.00	-109
S-44	Sárvár	Thermal Hotel B-44 termálkút	646769.15	5234993.21	982.00	1276.20	123
S-35	Sárvár	Gyógy és Wellness fürdő B-35 termálkút	647435.05	5234181.68	887.60	1018.60	263
S-7	Sárvár	Gyógy és Wellness fürdő B-7 termálkút	647224.97	5234371.04	916.00	987.00	-527
Nk-62	Nagykanizsa	Nagykanizsa Strand B-62	653048.24	5145809.52	1311.00	1630.00	-171
Na-65	Nagyatád	Nagyatád Kórház	682160.93	5122128.10	657.00	708.00	-912
Na-10	Nagyatád	Kórház-Rendelőintézet	682160.93	5122128.10	657.80	664.00	-178
Na-67	Nagyatád	Strandfürdő Nagy-1.j.meddő C.II	682480.33	5123262.25	850.00	950.00	-301
Ma-33	Marcali	Gyógyfürdő és Szabadidő Közp.III. termálkút	683954.74	5162733.45	792.12	1188.00	-121
Ma-24	Marcali	PM II. termálkút fenntartás	683570.66	5164756.87	577.00	717.00	-60
Let-59	Letenye	Termálfürdő K-59 kat.sz. termálkút	632599.62	5144055.09	1026.05	1036.40	-103
L-12	Lenti	Strandfürdő K-12 termálkút	616342.60	5163688.87	984.00	1175.00	177
L-33	Lenti	Strandfürdő B-33 kat.sz.kút	617453.05	5164072.62	1305.00	1376.80	-289
L-23	Lenti	Strandfürdő K-23 termálkút	617494.93	5164075.78	512.00	639.50	-340
G-7	Gálambok	Castrum Gyógykezelő Kft. K-7 kat.sz. termálkút	662930.67	5155300.23	667.00	710.00	-143
C-60	Celldömök	Vulkán Fürdő Cell-6 jelű K-60 kat.sz termálkút	662379.95	5234385.41	1121.50	1237.00	-90
C-45	Celldömök	Vulkán Fürdő Cell-4 jelű K-45 kat.sz termálkút	662043.09	5234432.02	1123.00	1202.00	-88
C-46	Celldömök	Vulkán Fürdő Cell-5 jelű K-46 kat.sz termálkút	662044.60	5234422.08	629.85	647.00	-185
Bk-1	Bázakerettye	Strandfürdő K-1 kat.sz termálkút	633273.91	5153202.35	556.50	594.40	-3
Bf-1	Balatonfenyves	Gyenesei Sándor termálkút	686561.11	5174724.74	454.00	462.00	-14

## A modell futtatása

### Kalibráció

#### Mért potenciálszintek

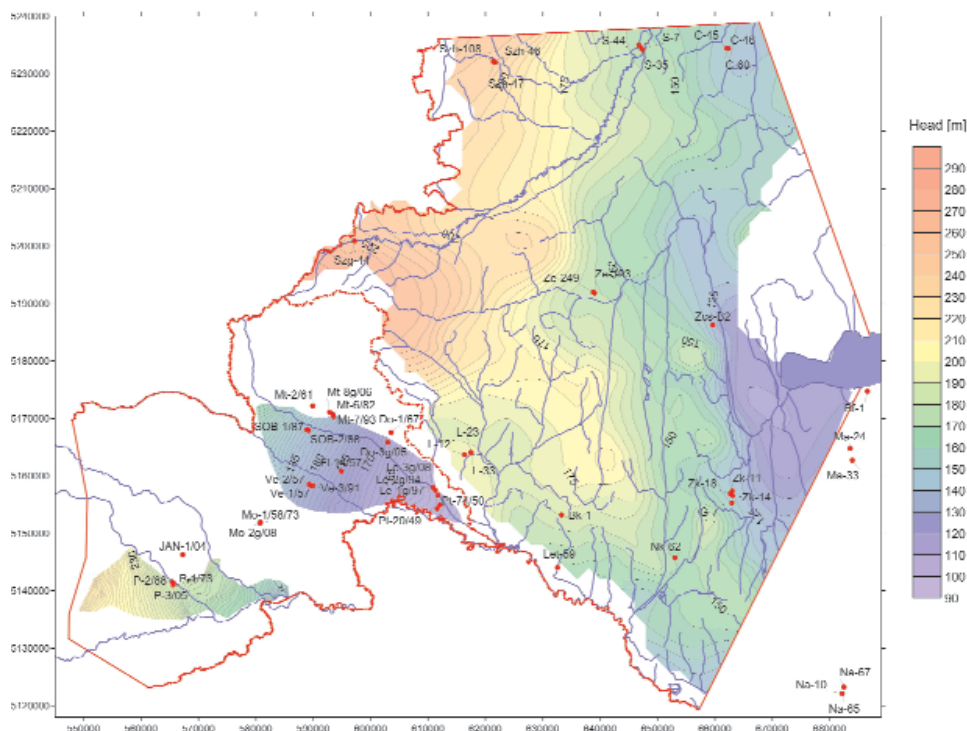
A regionális modell kalibrálása során az éves egyidejű egyenletes eloszlású hidraulikus potenciálértékek mért adatainak hiánya okozta a fő problémát. A probléma megoldásához a kutak létesítésekor mért értékeket használtuk. Az adattárakból gyűjtött adatokat a létesítési időtől függő potenciáleloszlásból közelítettük a termelés előtti állapotra.

A projektterület magyarországi részén az archív adatok felhasználásával készült piezometrikus (hidraulikus potenciál) térképek az 1970-es évek előttről is rendelkezésre álltak a hideg vizes rétegvízartók legfelső 100–200 méterére. Az izovonalas térképekről néhány reprezentatív pontból „gyűjtöttünk ki” adatokat, majd ezeket, mint fiktív megfigyelési pontokat használtuk kalibrációs pontként a modellben. (Reprezentatívnak tekintettük a hidrogeológus szakértők által szerkesztett izovonalas térképen az izovonalak inflexiók pontjainál lévő értékeket, továbbá ezek távolabbi helyzeteinél a köztes részekre arányos sűrítést alkalmaztunk). Hasonló módszert követtünk a modellterület szlovéniai részén is a mélyebb vízadókban, a Dráva, Ptuj és Mura-síkság sekély, nyílt víztükrű rendszereire azonban mért adatok is rendelkezésre álltak (8. ábra)

A potenciálszintek kalibrálásához számos kalibrációs ábrát szerkesztettünk (l. később 9–14. ábrák), amelyeken a

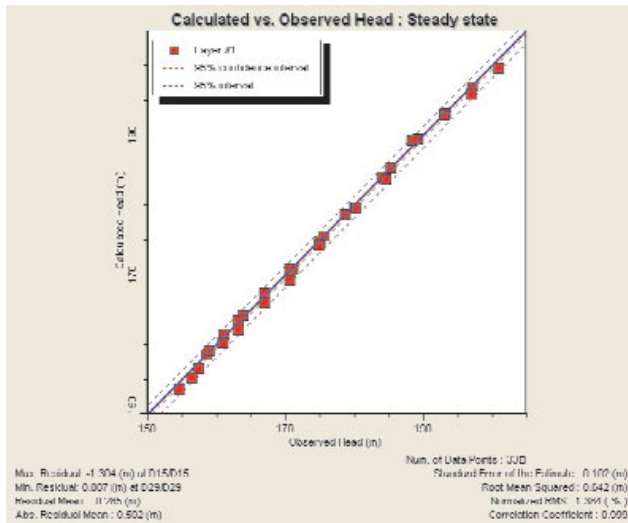
valóságban mért potenciálszinteket (ábrák vízszintes tengelye) hasonlítottuk össze a modellezés során megkapott értékekkel (ábrák függőleges tengelye). A mért és számított (modellezett) értékek a legjobb egyezését a 45 fokos egyeneshez való minél pontosabb illeszkedés jelenti, az értékek jelentős eltérése esetén a modell paraméterek változtatásával érhető el a mért értékekhez való közelítés. A mért és számított értékek a legjobb egyezést a sekély, nyílt tükrű vízadókban (1. modell réteg) mutatták (9. ábra), míg a hidegvizes nyomás alatti vízadókban már nagyobb szórást mutattak (10, 11. ábra), amelyeket a szlovéniai kutak esetében — ahol nem lehetett a termelések előtti állapotokat rekonstruálni — okozhatnak a termelésből adódó lokális hatások.

A termálvíz tartókra vonatkozó potenciálértékek kalibrálásánál első lépésként korrigált talpnyomás (Bottom Hole Pressure — BHP) értékeket számoltunk a kútban mért vízszint és a kútban tapasztalt vízsűrűségprofil alapján. (A sűrűség a víz hőmérsékletének, sótartalmának, a nyomásának és a gáztartalomnak függvénye.) A számítás nagyon fontos azokban az esetekben is, amikor talpnyomásra vonatkozó adatok rendelkezésre álltak, ugyanis a korai (1970-es évek előtti) mérések rendszeres hibákat tartalmaztak. Hogy összevethessük a BHP értékeket és a kapcsolódó hidraulikus potenciálértékeket, az úgynevezett „környezeti hidraulikus nyomómagasság” (environmental head) számítási koncepciót (LUSCZYNSKI 1961) alkalmaztuk a kútban mért talpnyomás, és a kutak környezete sűrűségeloszlásának



8. ábra. Szerkesztett vízszint térkép (szlovéniai rész) és hidraulikus potenciál a hideg vizes, zárt víztükrű rendszerre (magyarországi rész) (kalibráció). A piros pontok a legfontosabb termálkutakat jelzik, a tájékozódást segítő

Figure 8. Modelled groundwater table map (Slovenian part) and hydraulic potential map for the cold confined aquifers (Hungary) (calibration). Red dots refer to the main thermal wells helping orientation

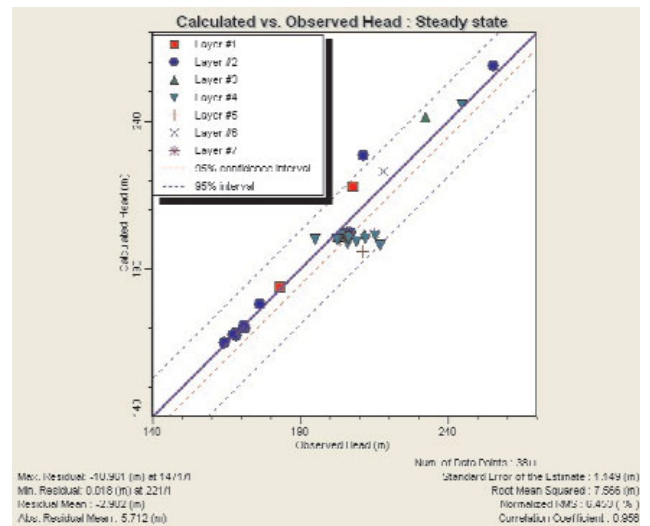


**9. ábra.** Kalibrációs eredmények: számított és mért hidraulikuspotenciál-értékek a sekély, nyílt víztükrű víztartóban (1. modellréteg) (Mura-medence, Szlovénia)

A „megfigyelt potenciál”, vagyis ez esetben talajvízszint-értékek a terület szerkesztett izovonalas térképéből (PRESTOR et al., 2004) származnak

**Figure 9.** Result of calibration: calculated vs. observed head distribution in the shallow unconfined aquifer (Model layer 1) (Mura plain, Slovenia)

The observed head data (i.e. groundwater table) were based on the existing hydrogeological map of the region (PRESTOR et al. 2004)

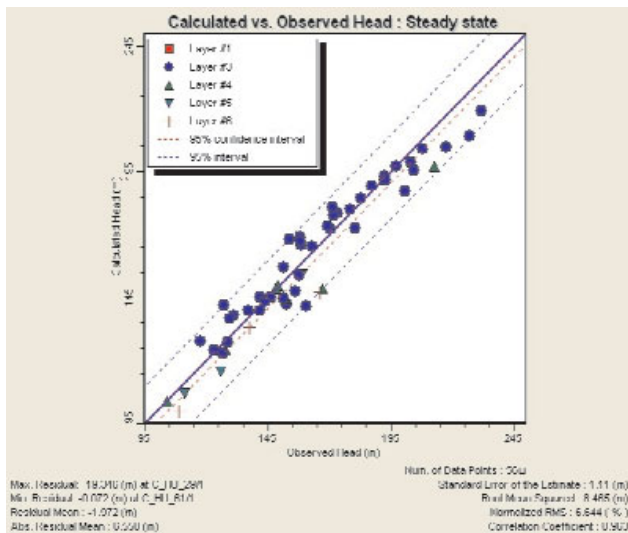


**11. ábra.** Kalibrációs eredmények: számított és mért hidraulikuspotenciál-értékek a hidegvizes nyomás alatti víztartókban (Szlovénia), amelyek a felső modellrétegeket foglalják magukba

A hidraulikuspotenciál-értékek Szlovéniában a kutakban eltérő időben mérték

**Figure 11.** Result of calibration: calculated vs. observed head distribution in the cold confined aquifer (Slovenia) encompassing the upper model layers.

The observed heads were measured in the wells at different times



**10. ábra.** Kalibrációs eredmények: számított és mért hidraulikuspotenciál-értékek a hidegvizes nyomás alatti víztartókban (Magyarország), amelyek a felső modellrétegeket foglalják magukba

A megfigyelt hidraulikuspotenciál-értékek az archiv adatokból szerkesztett térképekből visszaolvasott értékek, a termelés előtti állapotokra vonatkoznak

**Figure 10.** Result of calibration: calculated vs. observed head distribution in the cold confined aquifer (Hungary) encompassing the upper model layers

The observed head values derived from the compiled piezometric head (hydraulic potential) contour maps, representing the pre-exploited state

(vertikális sűrűségeloszlás) felhasználásával. Az ezekből az értékekből szerkesztett térképet a 12. ábra mutatja.

A termálvíztartókra (6. modell réteg) számított (modellezett) és mért hidraulikuspotenciál-értékek eloszlását a 13–14. ábrák mutatják. Látható, hogy a magyar területre (13. ábra) a környezeti nyomómagassághoz, mint „mért érték”-hez jóval pontosabban illeszkednek a számított értékek, mint Szlovénia esetében (14. ábra), ahol információ hiányában a vertikális sűrűségeloszlással való korrekcióra nem került sor.

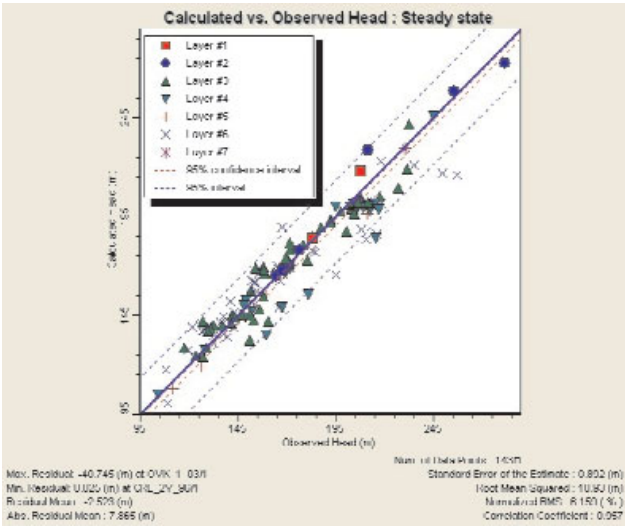
Összességében az összes zárt víztükrű hideg és termálvizes víztartóra számított és mért potenciálérték együttes eloszlása (15. ábra) jó egyezést mutat, amely a modell megbízhatóságát igazolja.

Az állandó vízfolyások (folyók, patakok, források) vízszintjeinek térbeli helyzete

A számított vízszinteket, talajvízfelszíneket a dombvidéki, hegyvidéki régiók völgyeiben lévő állandó patakok befolyásolják. A számított talajvíz-izohipszák alakja jelezheti a patakok megcsapolási hatását is: ezeken a részekben a talajvíz-izohipszáknál jellegzetes törés, „völgy” jelentkezik. A száraz völgyekben, ahol nincsen állandó vízfolyás, nem mutatkozik hasonló hatás, a talajvízdomborzati térképen itt nem látszik „völgy”. Ezen hatások pontosítása végett a kalibráció során a modellezett talajvíz izohipszák által jelzett megcsapolási térségeket összevetettük a topográfiai térképen jelzett valós megcsapolási térségekkel (patakok, magas vízállású területek).







15. ábra. Kalibrációs eredmények: számított és mért hidraulikus-potenciál-értékek az összes zárt víztükrű hideg és termálvizes víztartóra (Magyarország és Szlovénia)

Figure 15. Result of calibration: calculated vs. observed head distribution of all confined cold and thermal water data (both in Slovenia and Hungary)

A felszín alatti víz kora

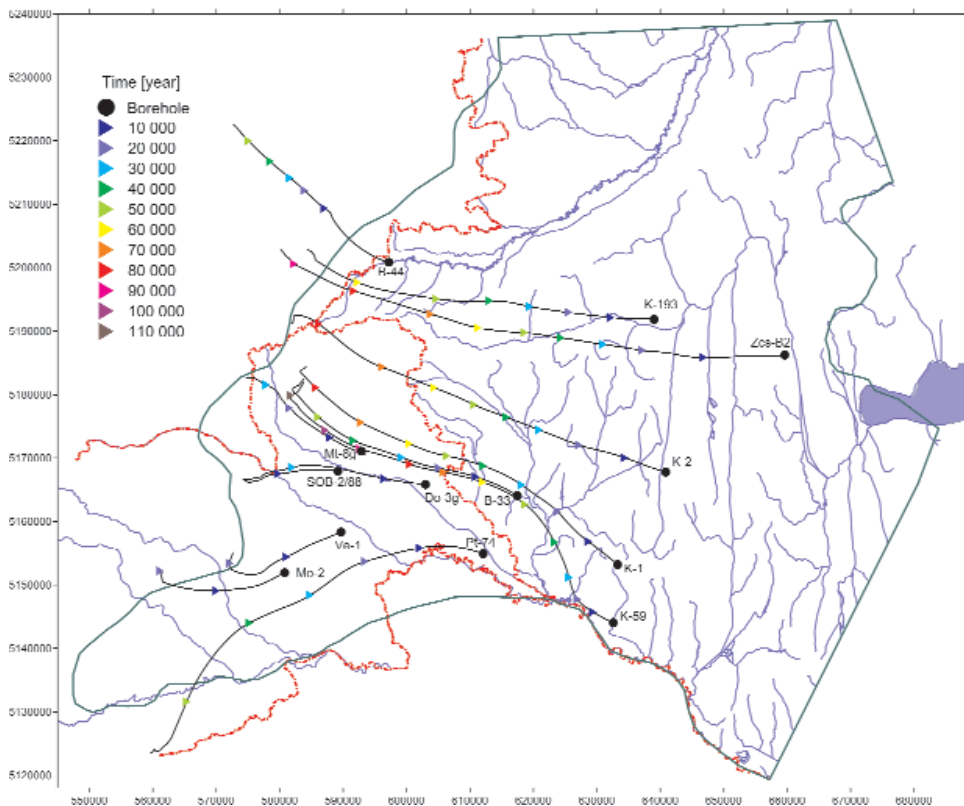
A medence mélyebb részén az egyetlen értékelhető kalibrációs eszköz, permanens modellezés esetében, a felszín alatti vízáramlás sebessége, mely néhány olyan korjelző komponens mérésével vezethető le, mint amilyenek

például a <sup>14</sup>C, δ<sup>18</sup>O és δD értékek. Ezért a projekt keretében újabb 24 vízminta vételére került sor a terület legfontosabb és legrepresentatívabb termál- és langyos vizű kútjaiból. (Szócs et al. 2013).

A kutakból gyűjtött és elemzett minták <sup>14</sup>C értékei 20 000 évnél idősebb korokat jeleznek. A radiokarbon korok egészen 40 000 évig szórnak a projekt területén. A δ<sup>18</sup>O és a δD értékek jóval pozitívabbak, mint a „tipikus jégkorszaki korú” vizekéi, a pleisztocén melegebb periódusában történő beszivárgást sugallva. A víz áramvonalainak modellezett elérési ideje durván megegyezik az izotópadatokból számolt beszivárgás korával, amely szerint a termálvíz legnagyobb része a legutóbbi jégkorszakban szivárgott be a rendszerbe, nagy valószínűséggel a riss-würm interglaciális idejében (93 000–132 000 évvel ezelőtt). A számított elérési időket (áramvonalakat) néhány kijelölt kútban a 16. ábra mutatja.

A Hévízi-tó keveredési zónájának vízmérlege

A felső-pannóniai deltafront fáciesű homokköves rezervoár regionális vízáramlási rendszere a hozzá kapcsolódó homokos és kavicsos víztartókon keresztül kapcsolódik a Hévízi-tó termálkarsztrendszeréhez. A két rendszer vizeinek eltérő kémiai jellegzetességei alapján meghatározható a két komponens mennyisége. E keveredési számítás szerint a Hévízi-tavat tápláló forrásban megközelítőleg 1 000–1 200 m<sup>3</sup>/nap mennyiségű víz származik a felső-pannóniai porózus termálvíz-áramlási rendszerből. Ezt az értéket víz-



16. ábra. A <sup>14</sup>C és δ<sup>18</sup>O-ra mintázott kutak áramvonalai

Figure 16. Pathlines of groundwater particles to selected wells sampled for <sup>14</sup>C and δ<sup>18</sup>O

mérlegszámítással ellenőriztük, majd ellenőrzés céljából használtuk a kalibrációnál. A Hévízi-tó nyugati körzetében a modellben számított hozamérték valamivel 1 200 m<sup>3</sup>/nap felettinek adódott, mely jól illeszkedik a keveredési arányból megadható értékekhez.

### A modell eredményei

A modell fő eredményei olyan, a modellezésben nem járatos szakemberek számára is könnyen értelmezhető térképsorozatokon és táblázatokban jeleníthetők meg, amelyek segítik a vizsgált vízáramlási rendszerek jobb megértését és lehetővé teszik további vízgazdálkodási változatok tanulmányozását, illetve lehetővé teszik helyi, kisebb méretű modellek felállítását. Ezek a következők:

- az egyes modellrétegekre megszerkesztett hidraulikuspotenciál-térképek, amelyekből egyrészt meghatározhatóak a fő vízáramlási irányok (a potenciál izovonalakra merőlegesen a magasabbtól az alacsonyabb értékek felé), illetve tükrözik, a termelések hatását, vagy a termelést megelőző időszakok állapotát;

- leszívási (depressziós) térképek, amelyek külön-külön, illetve együtt számítva is mutatják a szlovéniai és magyarországi termálvíz- és hideg vizes termelések által okozott depressziókat,

- felszín alatti vízmérleg a közösen kijelölt, határon átnyúló termálvíztestre;

— a mintázott termálkutak felé irányuló áramlási vonalak, pályák és elérési idők.

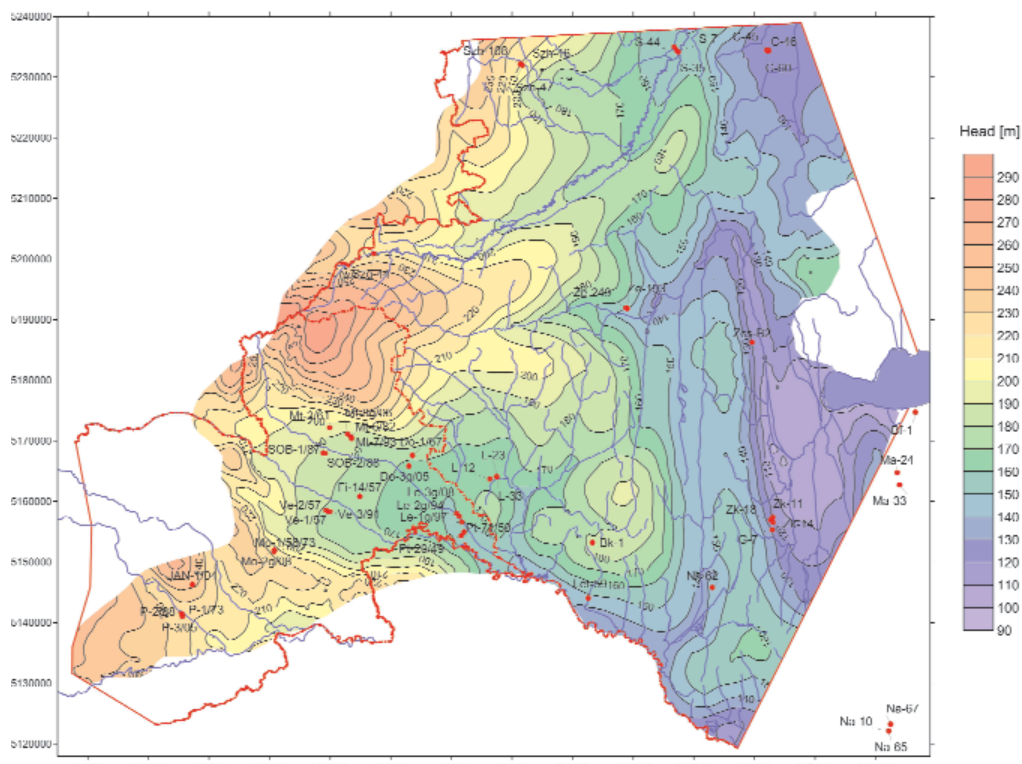
### Hidraulikus potenciálmezők

A modell 2., hideg vizes víztartó rétege (termelt állapot) szerkesztett potenciál eloszlását a 17. ábra mutatja. A magas potenciálú területek jelzik az utánpótlódási területeket, az alacsony potenciálú területek körvonalazzák a természetes kiáramlási területeket és a helyi és regionális vízművek ivóvízkivételei által okozott depressziókat.

A fő termálvíztartó összlet, a Mura, illetve Újfalui Formáció deltafront fáciesű homokos rétegsorának (6. modellréteg) természetes (termelés előtti) állapotát a 18. ábra mutatja. A potenciálmezőből látszik, hogy a termálvíz fő áramlási iránya keresztezi a szlovén–magyar (valamint az osztrák és horvát) határt, a fő áramlási irány Ny-ról K-felé történik. Ugyanerre az összletre a termelt állapotra számított potenciálmező (19. ábra) nem mutat érdemi eltérést a természetes állapothoz (18. ábra) képest, jelezve, hogy az eddigi termálvíz kivételek nem okoztak jelentős változást a regionális áramlási irányokban.

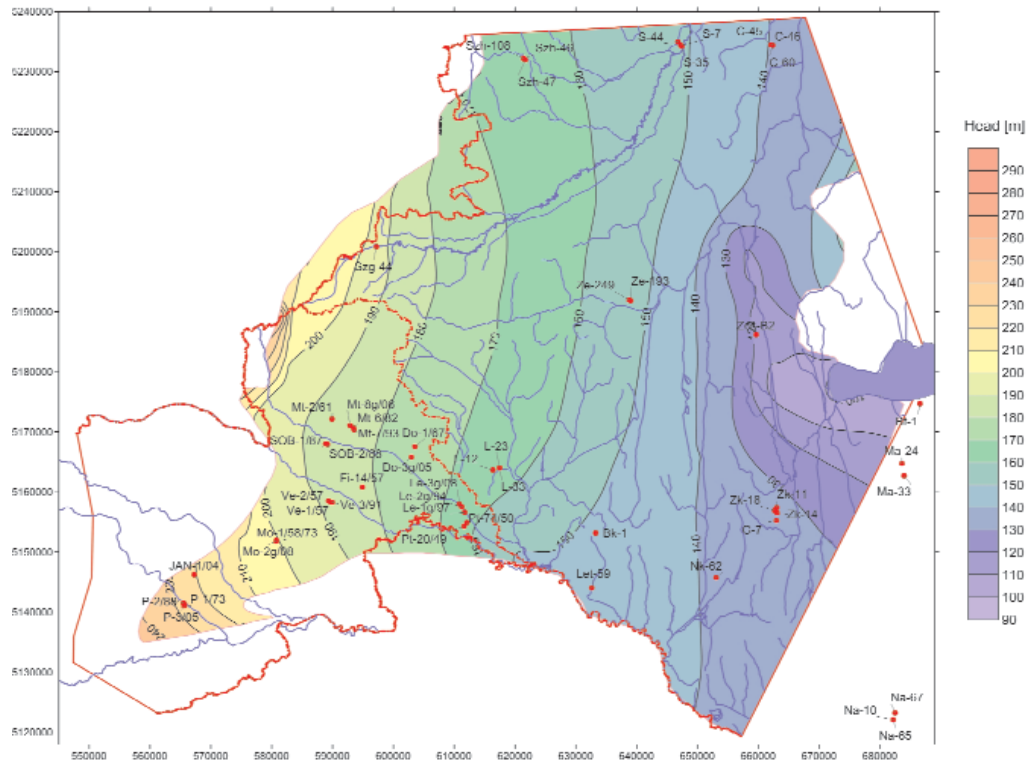
### Leszívások, depressziók

Noha a potenciáltérképek szolgálnak némi információval az üzemelő kutak leszívásainak hatásairól, az sokkal jobban látható azokon a térképeken, melyeket a termelt és



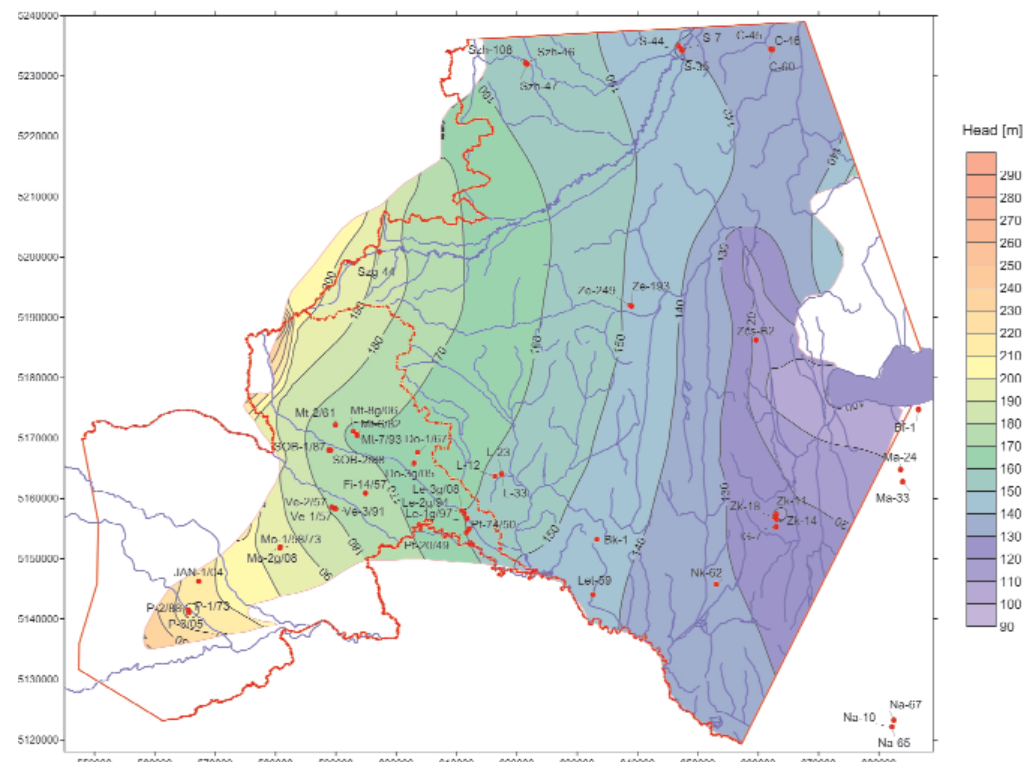
17. ábra. Számított hidraulikus potenciál a modell 2., hideg vizes víztartó rétege (termelt állapot)

Figure 17. Computed heads for the 2<sup>nd</sup> model layer, cold confined aquifer (exploited state)



18. ábra. Számított hidraulikus potenciál a 6. modellrétegben (a Mura és az Újfalu Formáció deltafront üledékei; természetes [termelés előtti] állapot)

Figure 18. Computed heads for the 6<sup>th</sup> model layer (delta front sediments of the Mura and Újfalu Formations [pre-exploited state])



19. ábra. Számított hidraulikus potenciál a 6. modellrétegben (a Mura és az Újfalu Formáció deltafront üledékei; termelt állapot)

Figure 19. Computed heads for the 6<sup>th</sup> model layer (delta front sediments of the Mura and Újfalu Formations [exploited state])

termelés nélküli rendszer potenciál-eloszlásainak különbségeként szerkesztettünk.

A 20–25. ábrák mutatják a különböző (hideg vizes és termálvizes) kutak környezetében kialakuló depressziókat külön csak a hidegvíz-, illetve termálvíztermelés hatásait figyelembe véve, illetve együtt, csak egy, vagy mindkét ország vízkivételét is figyelembe vevő változatokban.

A 20. ábra jól mutatja a Szombathely és Zalaegerszeg vízművei által okozott jelentős depressziókat a modell 2. hidegvizes rétegében, mint ahogyan néhány másik, kisebb depressziót is, a helyi vízkivételek körül Magyarországon. Alig látható depresszió Szlovénia területén, kivéve Radenci környékét, jelezve, hogy nincsen jelentősebb kitermelés ebből a rétegből, mivel az ivóvizet főként a nagy kiterjedésű, kavicsos alluviális üledékekből és folyóteraszokból termelik (1. modellréteg).

A langyos (20–30 °C) vizeket tartalmazó víztartó komplexumot (deltasíkság és alluviális összlet mélyebb része) képviselő 4. modellrétegben tapasztalható depresszió (21. ábra) tükrözi a hideg vizes és termálvizes vízkivételek közös hatásait. Ebben az esetben (a termálvíz termelés hatására) már megjelenik a határon átnyúló leszívó hatás is, amelynek mértéke a határszélvényben 2–4 m.

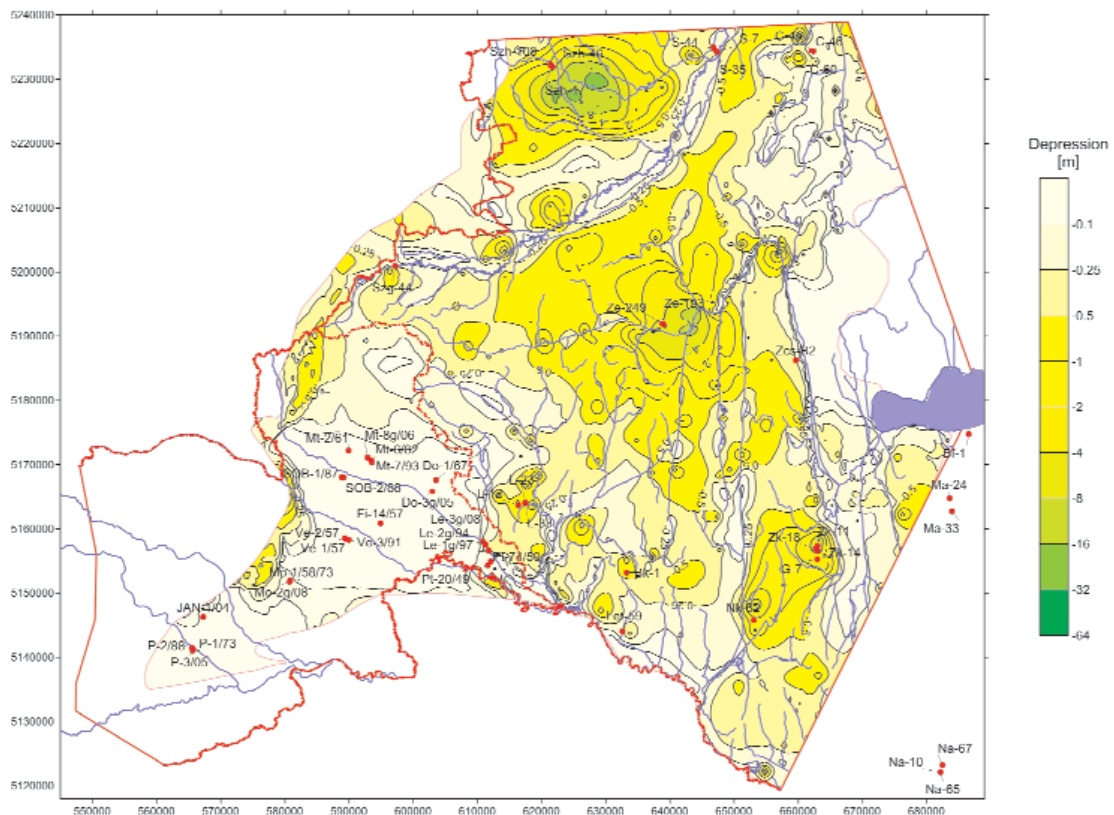
A mindkét ország hideg- és termálvíztermelésének figyelembevételével számított depresszió a Mura és az Újfalui Formáció felső-pannóniai deltafront üledékeinek termálvíztartójában a legjelentősebb hatását (kb. 20 m) Északkelet-Szlovéniában Muraszombat térségében érzé-

kelteti, amely elsősorban az ottani jelentős termálvíz-kivételek miatt alakul ki. Ennek a leszívásnak a hatása a határszélvényben akár 6–8 m-es nagyságrendű is lehet (22. ábra).

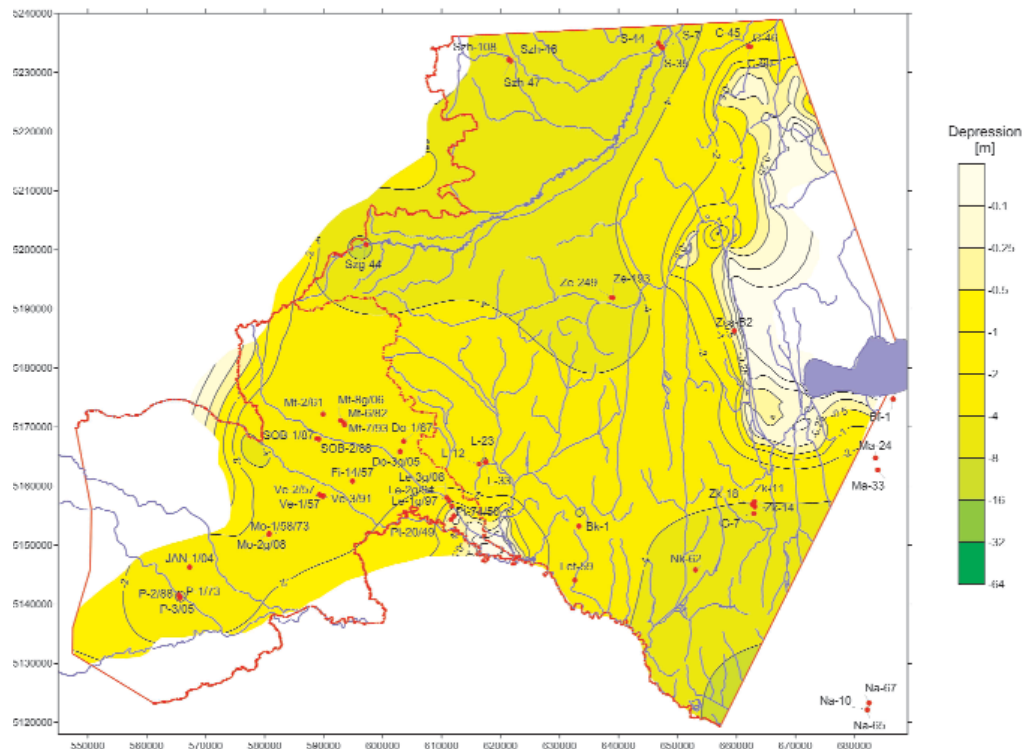
A csak a termálvíztermelés hatását (mindkét országban) modellező változatban (23. ábra) a depresszió mértéke 5–7 m közötti a Mura és az Újfalui Formáció felső-pannóniai deltafront üledékeinek termálvíztartójában a határ mentén. A depressziók mind kiterjedésükben, mind függőleges mértékükben kisebbek, mint amikor a hideg és termálvíz-termelések együttesen kerültek beépítésre (22. ábra), jól mutatva, hogy a hideg- és a termálvíztartók egy hidrodinamikai rendszert alkotnak, és a termelések kölcsönhatásban vannak egymással.

A csak magyarországi termálvízkivételeket figyelembe vevő esetben a Mura és az Újfalui Formáció felső-pannóniai deltafront üledékeinek termálvíztartójára számított depresszió a határ mentén 1–1,5 m (24. ábra). Magyarországon a jelentősebb depressziók a fő termelési körzetekben, Szombathely–Sárvár és Zalakaros környékén fordulnak elő, mértékük 4–8 m.

A csak szlovéniai termálvízkivételeket figyelembe vevő esetben a Mura és az Újfalui Formáció felső-pannóniai deltafront üledékeinek termálvíztartójára számított depresszió 4–5 m körül alakul a határ mentén (25. ábra), azt jelezve, hogy a szlovéniai termálvíztermelések határon átnyúló hatása jóval jelentősebb a magyarországi termeléseknél (összehasonlítva a 24. ábrával).

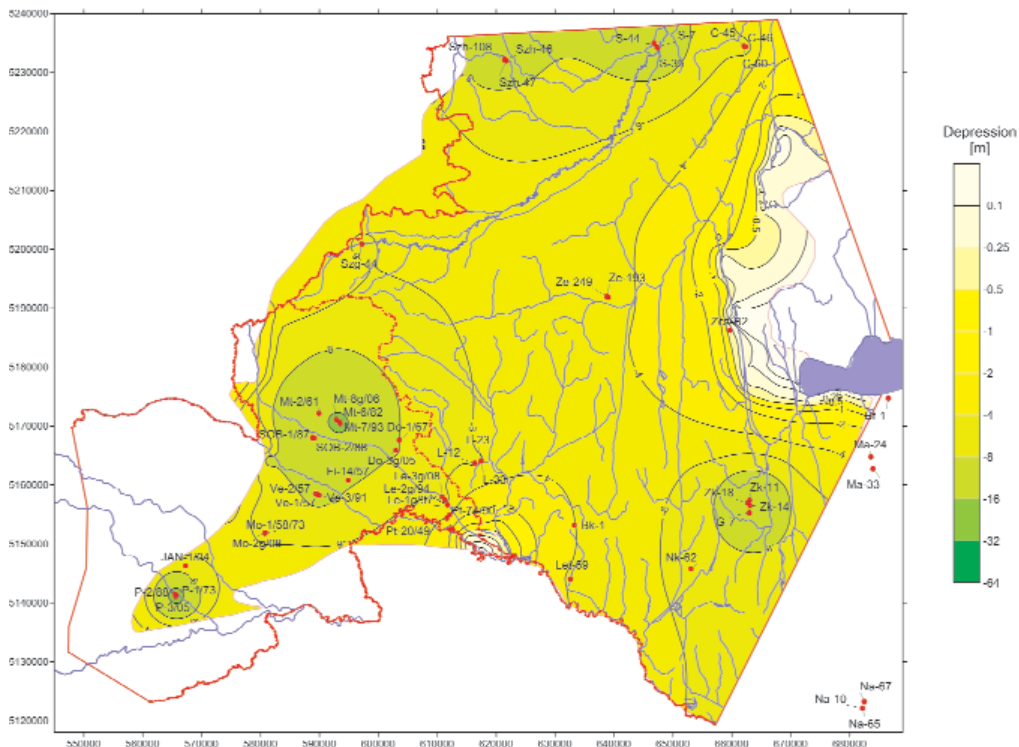


20. ábra. Depressziók a modell 2., hideg vizes rétegében mindkét ország hidegvíztermelését figyelembe véve  
 Figure 20. Depressions in the 2<sup>nd</sup> model layer, cold confined aquifer, considering the joint effects of cold water production in both countries



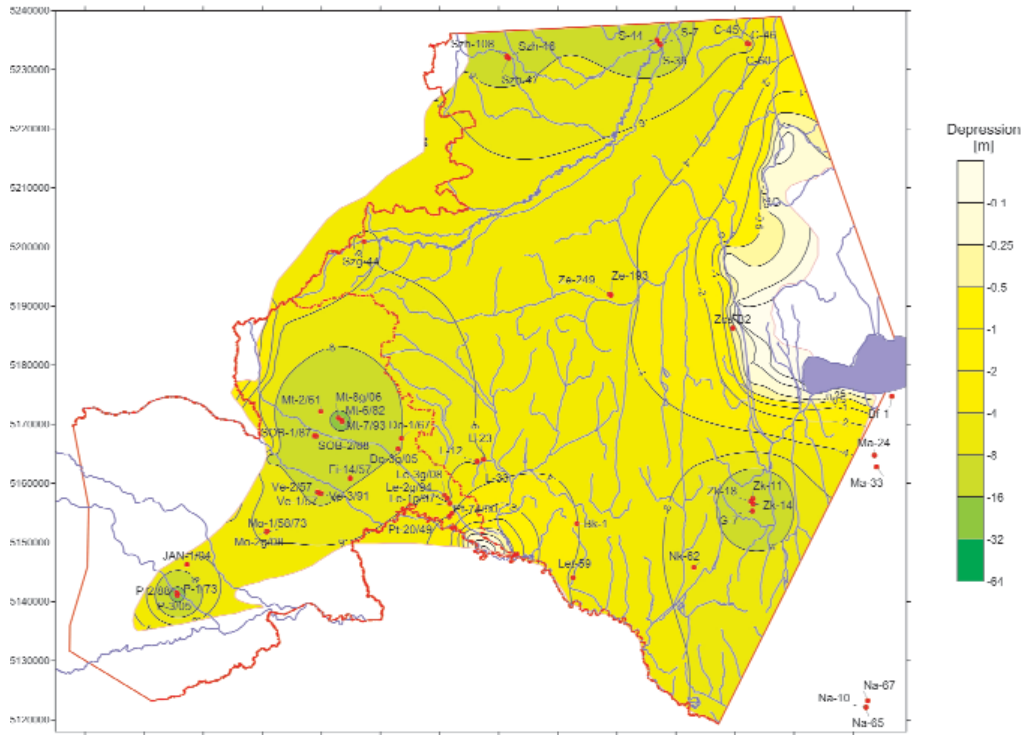
21. ábra. Depresszió a modell 4., „átmeneti” víztartó rétegében mindkét ország hideg- és termálvízkivételének együttes hatására

Figure 21. Depressions in the 4<sup>th</sup> model layer, intermediate aquifer considering the joint effects of cold- and thermal water production in both countries



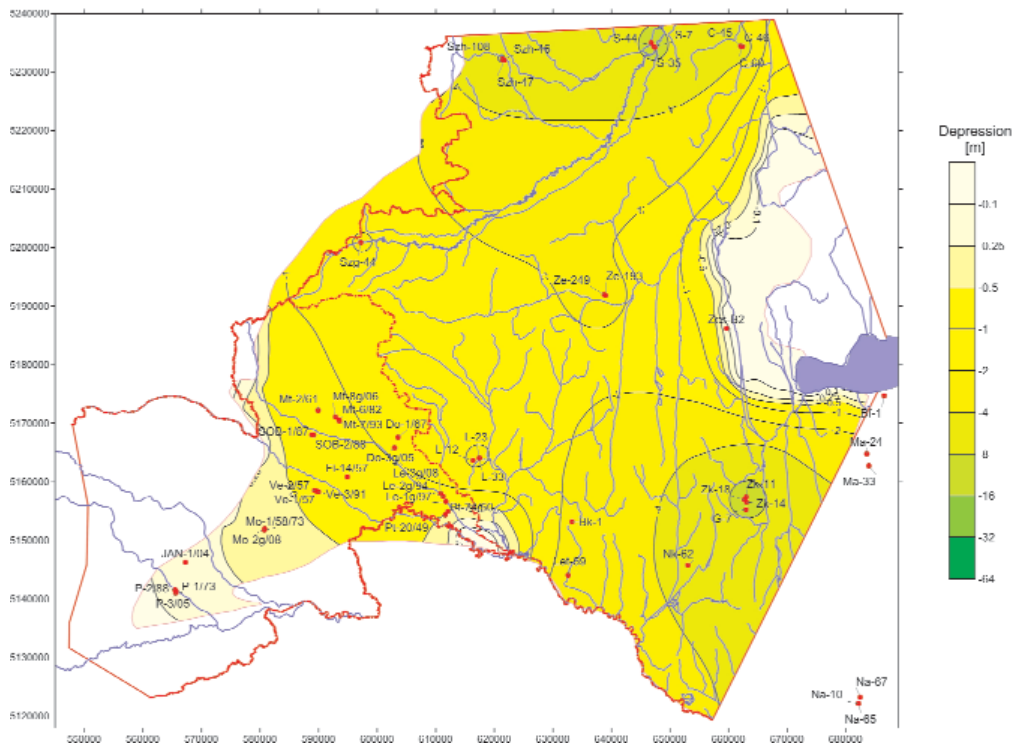
22. ábra. Depresszió a modell 6. rétegében (a Mura és az Újfalvi Formáció deltafront üledékei) mindkét ország hideg- és termálvízkivételének együttes hatására

Figure 22. Depressions in the 6<sup>th</sup> model layer (delta front sediments of the Mura and Újfalvi Formations) considering the joint effects of the cold and thermal water production in both countries



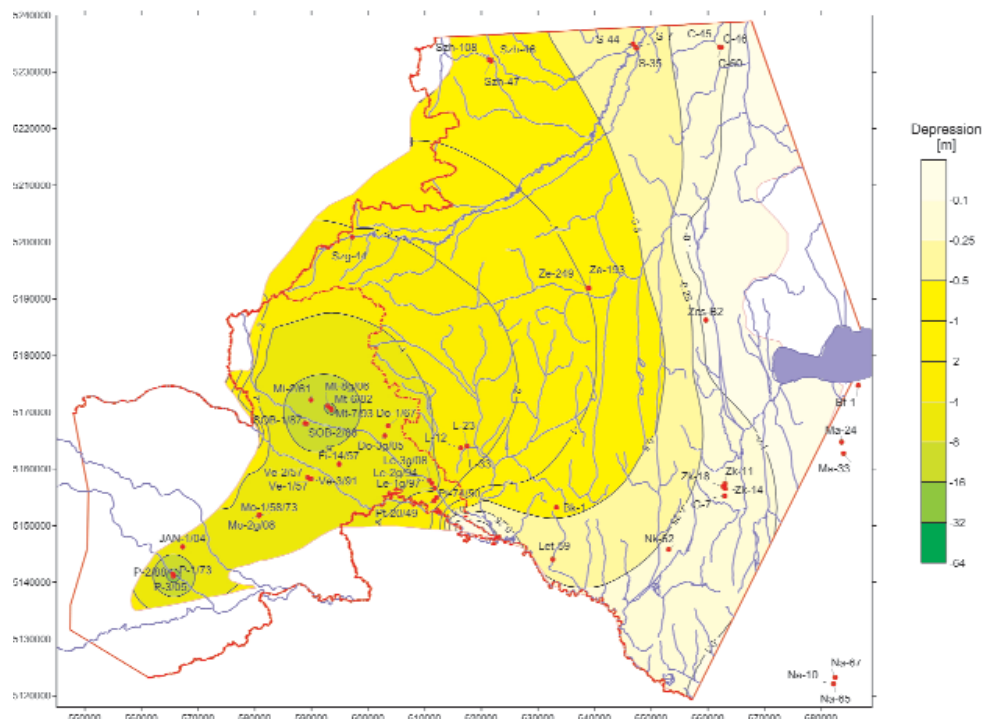
23. ábra. Depresszió a modell 6. rétegében (a Mura és az Újfalu Formáció deltafront üledékei), mindkét ország termálvízkivételeinek figyelembe vételével

Figure 23. Depressions in the 6<sup>th</sup> model layer (delta front sediments of the Mura and Újfalu Formations) considering the joint effects of thermal water production in both countries



24. ábra. Depresszió a modell 6. rétegében (a Mura és az Újfalu Formáció deltafront üledékei), Magyarország termálvízkivételének figyelembe vételével

Figure 24. Depressions in the 6<sup>th</sup> model layer (delta front sediments of the Mura and Újfalu Formations) considering thermal water production in Hungary



25. ábra. Depresszió a modell 6. rétegében (a Mura és az Újfalui Formáció deltafront üledékei), Szlovénia termálvízkivételeinek figyelembe vételével

Figure 25. Depressions in the 6<sup>th</sup> model layer (delta front sediments of the Mura and Újfalui Formations) considering thermal water production in Slovenia

### Javaslat a határon átnyúló közös termálvíztest kijelölésére

A modellezés eredményei alapján számszerűsített, a hideg- és termálvíztermelés eredményeképp bekövetkező határon átnyúló hatásoknak (depressziók) a vízgazdálkodás mindennapi gyakorlatában történő kezeléséhez elengedhetetlen, hogy az érintett térrészt tartalmazó közös, határon átnyúló felszín alatti víztest kerüljön kijelölésre, amelyre a Víz Keretirányelv útmutatásai alapján állapotértékelések készíthetők, illetve ennek függvényében megfogalmazhatók a környezeti célkitűzések és az azok eléréséhez szükséges intézkedések. A vizsgált területen ilyen hivatalosan kijelölt határon átnyúló víztest nincs, sőt Szlovéniában az ottani vízgazdálkodási rendszer magyarországitól eltérő szempontrendszerre (PRESTOR et al. 2013) alapján egyáltalán nincsenek termálvíztestek kijelölve.

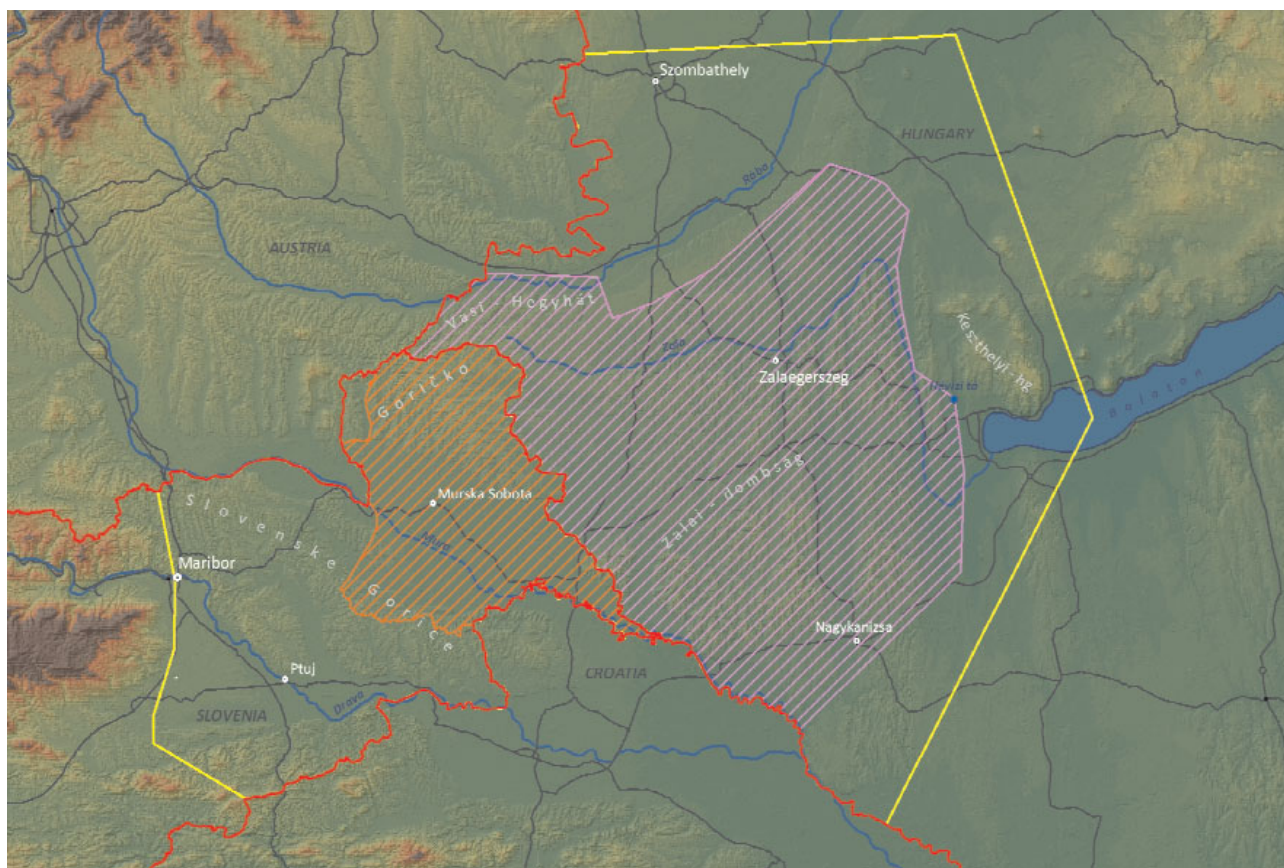
A numerikus vízföldtani modell eredményeinek kiértékelése után a MÁFI és a GeoZS szakemberei ajánlást készítettek a határon átnyúló termálvíztest lehatárolására a fő termálvíztartó rendszer földtani kiterjedése alapján. Figyelembe vették a fő utánpótlódási és megcsapolási területeket, a lehetséges hatásterületeket, valamint Magyarországon a Vízgyűjtő Gazdálkodási Tervben meghatározott porózus termálvíztestek határait (pt. 3.1 Délnyugat-Dunántúl és pt. 1.1. Északnyugat-Dunántúl) lefutását követték, ahol az lehetséges volt. A víztest nyugati határát Szlovéniában a víztartó delta front homokos üledékek felszínre bukkanása határozza le (Slovenske Gorice vízválasztó) (26. ábra).

A magyarországi részen a Hévízi-tó közelsége szintén fontos szempont volt, mivel ez a jelentős, egyedülálló forrás és egyúttal felszín alatti víztől függő ökoszisztéma szorosan kapcsolódik a tanulmányozott termálvíz-áramlási rendszerhez.

A termálvíztest felső határát 500 m-rel a felszín alatt javasoltuk megvonni, mivel a termálkutak többségének szűrői e szint alatt helyezkednek el, alsó határát pedig –2 200 m-ben, ahol a víztartó összlet fekéjében nagyon kis permeabilitású, gyakorlatilag vízzárónak tekinthető delta-lejtő fáciesű agyagos sorozat található (Lendava és Algyő formációk).

### A javasolt Mura-Zala határon átnyúló termálvíztest vízmérlege

A kalibrált numerikus vízföldtani modellt a Mura-Zala határon átnyúló termálvíztest felszín alatti vízkészlet komponenseinek számításához használtuk, ahol szintén figyelembe vettük a lehetséges hidrodinamikai kapcsolatokat Horvátország és Ausztria felé. A víztest utánpótlódása az 500 m feletti térrész vízáradóból, valamint az oldalirányban hidrodinamikailag kapcsolódó hideg és termál porózus, repedezett és karsztos vízáradókból történik, alapvetően Szlovénia irányából, mint ahogy azt a potenciáeloszlások is mutatták. A vízmérleg számításához három scenárió került modellezésre: a természetes (termelés előtti) állapot, a jelenlegi termelések, valamint egy extrém változat, a jelenlegi termelések ötszörösét feltételezve mindkét országban (3. táblázat).



26. ábra. A javasolt határon átnyúló Mura-Zala termálvíztest kiterjedése  
 Figure 26. Recommended transboundary joint thermal groundwater body Mura-Zala

3. táblázat. A Mura-Zala határon átnyúló termálvíztest vízmérlege

Table 3. Water budget of the Mura-Zala transboundary thermal groundwater body

A termálvíztest magyarországi részének vízkészlete m <sup>3</sup> /nap									
	termelés előtti állapot			jelenlegi termelési állapot (termál és hidegvíztermelés együtt)			termálvíztermelés 5-ször nagyobb a jelenleginél (a hidegebb régióban jelenlegi termelési állapot)		
	be	ki	teljes	be	ki	teljes	be	ki	teljes
szomszédos test									
hidegebb zóna 500 m-nél sekélyebben	11676	-18799	-7123	12780	-16205	-3425	21626	-11276	10350
termálkutak	0	0	0	0	3085	3085	0	15425	15425
magyarországi rész, 500 m-nél mélyebben	5891	-4305	1586	5788	-4472	1316	9443	-7324	2119
szerb rész, 500 m-nél mélyebben	7698	-2561	5137	6842	-2512	4330	4349	-3692	657
horvátországi rész, 500 m-nél mélyebben	721	-124	297	1145	-175	670	2395	-553	1842
teljes	25986	-26089	103	26555	-26749	194	57813	-38270	457
A termálvíztest szerb részének vízkészlete m <sup>3</sup> /nap									
	termelés előtti állapot			jelenlegi termelési állapot (termál és hidegvíztermelés együtt)			termálvíztermelés 5-ször nagyobb a jelenleginél (a hidegebb régióban jelenlegi termelési állapot)		
	be	ki	teljes	be	ki	teljes	be	ki	teljes
szomszédos test									
hidegebb zóna 500 m-nél sekélyebben	9740	-5573	4167	11210	-5273	5937	20181	-4806	15375
termálkutak	0	0	0	0	-4069	-4069	0	-20345	-20345
magyarországi rész, 500 m-nél mélyebben	2561	-7698	-5137	2512	-6842	-4330	3708	-1357	-649
szerb rész, 500 m-nél mélyebben	1445	-72	1473	1641	-35	1606	7300	-105	7195
ausztriai rész, 500 m-nél mélyebben	23	-1	22	37	-2	35	117	-12	105
horvátországi rész, 500 m-nél mélyebben	2322	-2446	-124	2779	-2186	593	4727	-1722	3005
teljes	16091	-15740	351	18179	-18407	228	31033	-31347	314



A termelés előtti állapot esetén a vízmérleg Szlovénia és Magyarország között erősen pozitív a magyar oldal vonatkozásában: 5137 m<sup>3</sup>/nap víz kerül átadásra Szlovéniából. A jelenlegi termelés mellett ez az érték vala-

mivel alacsonyabb: 4330 m<sup>3</sup>/nap. Az extrém (ötszörös) termelési szcenárió esetén a változás már drasztikus lenne: mindösszesen 649 m<sup>3</sup>/nap vízáadás történne a szlovén oldalról.

## Irodalom — References

- BREZSNYÁNSZKY K., GAÁL G., SZŐCS T., TÓTH GY., BARTHA A., TURCZI G., HALMAI J., HORVÁTH I., GÁL N., GÁL B., HAVAS, G., VIKOR ZS., MAIGUT V., GYALOG L., NÁDOR A., KUTI L., MALIK, P., KORDIK, J., MICHALKO, J., BODIŠ, D., ŠVASTA, J., SLANINKA, I., RAPANT, S., BOTTLIK, F., MAGLAY, J., MARCIN, D., CERNAK, R., VRANA, K., KAJJA, J., LEVEINEN, J., -ÁCS V., GONDÁR, K., KUN É., PETHŐ, S., SÓREGI K., SZÉKVÖLGYI K.; JERABEK CS., KATONA G., LAJOS S., MURÁTI J., PÁLFY É., SÁSDI L., TIHANYINÉ SZÉP E. 2008: Zárójelentés Magyar–Szlovák határmenti közös felszínalatti víztestek környezetállapota és fenntartható használata. — *Kézirat*, Magyar Földtani, Geofizikai és Bányászati Adattár, Budapest, T: 21778.
- ERDÉLYI, M. 1979: A Magyar Medence hidrodinamikája. Hydrodynamics of the Hungarian basin. — *VITUKI Közlemények* 18, 82 p.
- FODOR L., UHRIN A., PALOTÁS K., SELMECZI I., TÓTHNÉ MAKK Á., RIZNAR, I., TRAJANOVA, M., RIFELJ, H., JELEN, B., BUDAI T., KOROKNAI B., MOZETIČ, S., NÁDOR A., LAPANJE, A.: A Mura–Zala-medence vízföldtani elemzést szolgáló földtani-szerkezetföldtani modellje. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2011*, pp. 47–92.
- JOCHÁNÉ EDELÉNYI E., HORVÁTH I., JORDÁN GY., MURÁTI J., TÓTH GY. 2005: A fürdőfejlesztésekkel kapcsolatban a hazai termálvízkészlet fenntartható hasznosításáról és a használt víz kezeléséről szóló hidrogeológiai kutatás, Jelentés, készült a gazdasági és Közlekedési Minisztérium megbízásából (GKM-KÉ-2964-/2005.VII.31.). — *Kézirat*, VITUKI–MÁFI–AQUA-PROFIT Konzorcium, VITUKI témaszám: 721/1/6418-01, 43 p.
- JUHÁSZ I., BÁNYAI P., TÓTH L., HAMZA I., RMAN, N., KUMELI, Š., MOZETIČ, S., NÁDOR A.: Hévízhasznosítási helyzetkép a Mura–Zala-medence területén a 2009. december 31-i állapotra. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2011*, pp. 93–102.
- LUSCZYNSKI, N. J. 1961: Head and flow of ground water of variable density. — *Journal of Geophysical Research* 66 (12), pp. 4247–4256.
- MAUCHA L. 1990: A karsztos beszivárgás számítása. — *Hidrologiai Közöny* 70 (3), pp. 153–161.
- PETHŐ, S., ÁCS, V., GONDÁR, K., GONDÁR-SÓREGI, K., KUN, É., SVASTA, J., TÓTH, GY. 2010: The function of the numerical hydraulic modeling in the case of the determination of the environmental status of transboundary groundwater bodies. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése a 2008. évről*, pp. 135–154.
- PRESTOR, J., KOMAC, M., JANŽA, M., MEGLIČ, P., BAVEC, M., POLJAK, M. 2004: *Hidrogeološka karta Slovenije M 1:250 000. Hydrogeological map of Slovenia 1: 250 000.* — *Archive GeoZS.*
- PRESTOR, J., NÁDOR A., SZŐCS T., TÓTH GY., RMAN, N., ROTÁRNÉ SZALKAI Á., LAPANJE, A.: Ajánlások a határon átnyúló közös termálvízkészlet-gazdálkodáshoz. — *Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2011*, pp. 167–184.
- RABUS, B., EINEDER, M., ROTH, A., BAMLER, R. 2003: The shuttle radar topography mission — a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar, ISPRS. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 57, pp. 241–262.
- RAJVER, D., MURÁTI J., TÓTH GY., NÁDOR A., LAPANJE, A.: A Mura–Zala-medence geotermikus viszonyai. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2011*, pp. 103–122.
- SZŐCS T., RMAN, N., TÓTH GY., LAPANJE, A., PALCSU L.: A Mura–Zala-medence felszín alatti vizeinek geokémiája. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2011*, pp. 123–144.
- TÓTH GY., HORVÁTH I., MURÁTI J., ROTÁRNÉ SZALKAI Á., SZŐCS T., VETŐ I. 2010: XL Pannon hidrogeológiai modell fejlesztése és lehetőségei a vízgyűjtő gazdálkodásban. — XVII. Konferencia a felszín alatti vizekről, 2010. március 24–25. Siófok, [http://www.fava.hu/siofok2010/eloadasok/1nap/1115\\_tothgy\\_horvathI\\_murati\\_j\\_rotarnesza\\_szucs\\_t\\_vetoI.pdf](http://www.fava.hu/siofok2010/eloadasok/1nap/1115_tothgy_horvathI_murati_j_rotarnesza_szucs_t_vetoI.pdf)
- TÓTH, J. 1999. Groundwater as a geologic agent: An overview of the causes, processes, and manifestations. — *Hydrogeology Journal* 7 (1), pp. 1–14.

## Ajánlások a határon átnyúló közös termálvízkészlet-gazdálkodáshoz

### *Recommendations for joint management strategies of transboundary thermal groundwater resources*

JOERG PRESTOR<sup>1</sup>, NÁDOR ANNAMÁRIA<sup>2</sup>, SZŐCS TEODÓRA<sup>2</sup>, TÓTH GYÖRGY<sup>2</sup>, NINA RMAN<sup>1</sup>,  
ROTÁRNÉ SZALKAI ÁGNES<sup>2</sup>, ANDREJ LAPANJE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Magyar Földtani és Geofizikai Intézet H-1143 Budapest Stefánia út 14.

<sup>2</sup>Geološki zavod Slovenije, 1000 Ljubljana, Dimičeva ulica 14.

Tárgyszavak: Mura–Zala-medence, határon átnyúló termálvíztest, állapotértékelés, növekedési faktor, monitoring

#### Kivonat

A geotermikus erőforrásokkal történő fenntartható gazdálkodás szorosan összekapcsolódik a vízkészlet gazdálkodással, hiszen a hidrogeotermikus rendszerek esetében a Föld belső hőenergiájának a kinyerése és hasznosítása a termálvizek kitermelésével történik. Mind Szlovéniában, mind Magyarországon a felszín alatti vízkészletekkel történő gazdálkodás általános célja a különböző vízhasználati igények fenntartható kielégítése a felszín alatti víztestek jó mennyiségi és minőségi állapotának elérése és megőrzése mellett. Noha a célkitűzések a Viz Keretirányelv (2000/60/EC) értelmében azonosak, a nemzeti vízgyűjtő-gazdálkodási tervek összehasonlítása nyilvánvalóvá tette, hogy a felszín alatti víztestek lehatárolása, jellemzése, állapotértékelése alapvetően eltérő Szlovéniában és Magyarországon. Mindemellett mindkét ország kb. 3,5-szeres növekedést célt meg a geotermikus energia felhasználása tekintetében 2020-ig, amelynek kielégítése a hidrogeotermikus erőforrások növekvő felhasználását vetíti előre.

Az a széleskörű és szakmailag megalapozott szakmai tudásplatform, amelyet a T-JAM projekt során a résztvevő partnerek szakemberei felépítettek, lehetővé tette, hogy harmonizált adatokra épülő földtani, vízföldtani, geotermikus vizsgálatok, modellezések alapján kerüljön kijelölésre a felső-pannóniai homokos termálvizadókat magába foglaló Mura–Zala határon átnyúló termálvíztest, amelynek területe közel 5000 km<sup>2</sup>, azaz e víztest a Duna medencei szintű vízgyűjtő-gazdálkodás szempontjából is alapvető. A kijelölt termálvíztestből jelenleg 11 825 m<sup>3</sup>/nap termálvíztermelés történik, amely az ajánlások értelmében 3,5-szeresére növelhető anélkül, hogy a víztest jelenlegi jó mennyiségi és minőségi állapota veszélybe kerülne. A víztest két ország közötti területarányát is figyelembe véve (1/3 Szlovénia, 2/3 Magyarország) a megengedett maximális növekedési faktort is területarányosan javasolt meghatározni.

Ezt a növekedési faktort ott kell lokálisan csökkenteni, ahol jelentős, hosszútávú csökkenés tapasztalható a piezometrikus vízszintben (a javasolt kritikus vízszint érték 30 m-el helyezkedik el a termelést megelőző természetes állapot vízszintje alatt), vagy idegen eredetű vizek térnyerése jelenne meg. Emellett az egyedi kutakból történő vízkivétel nem növekedhet annyira, hogy annak hatása érzékelhető legyen a szomszédos vízhasználó kútjában.

A megfogalmazott javaslatok értelmében a Mura–Újfalu/Zagyva Formációk, mint víztartó képződmények 30 °C-os izotermája, illetve 500 m alatti térrészre eső újabb vízkivételre vonatkozó vízjogi engedély kiadása a fenti kritikus vízszintérték és a kritikus vízkivételi érték figyelembevételével adható ki.

A termálvíztest jó mennyiségi állapota és növelhető terhelése ellenére a geotermikus energia növekvő felhasználását elősegítő fejlesztéseknek a fokozott vízkivétel helyett a hőfelhasználás hatékonyságának növelésére kell összpontosítani. A felhasznált termál „hulladékvíz” hőmérsékletét a lehető legnagyobb mértékben csökkenteni kell a kaskád rendszerek alkalmazásával, és szorgalmazni kell a visszasajtolást.

A fenntartható vízkészlet-gazdálkodás elengedhetetlen eszköze a hatékony monitoring-rendszer. A Mura–Újfalu/Zagyva Formációk, mint vízadó képződmények jelentős mélysége miatt közös megfigyelőhálózatot javasolunk kialakítani a meglévő monitoringkutakból, illetve a nem működő termálkutakból. Figyelembe véve a monitoringállomások egyenletes területi eloszlását, a vízáramlási irányokat, valamint a legintenzívebb hasznosítású területeket, 17 kutat javasoltunk (5 szlovéniai, 12 magyarországi) a közös monitoringrendszerbe integrálni. A Lendva és Lenti közötti határrégióban egy új, reprezentatív monitoringkút közös létesítését és működtetését látjuk célszerűnek, mivel ez a terület rendelkezik a legmagasabb geotermikus potenciállal, valamint a Szlovéniából Magyarországra áramló felszín alatti vízáramlási pálya feltételezhetően ebben a térségben lépi át a határt.

A megújuló energiák felhasználását szorgalmazó nemzeti stratégiák célkitűzései, és a Mura–Zala határon átnyúló termálvíztest területén a társadalmi és gazdasági fejlesztések várhatóan jelentősen megnövelik a kitermelhető/hasznosítható termálvíz iránti igényt. Ezt támogatni kell a környezeti célkitűzések messzemenőig történő figyelembevételével. A közös vízgazdálkodásra és monitoringra történő javaslatok gyakorlatba történő átültetése az Állandó Szlovén–Magyar Vízgazdálkodási Bizottság feladata, amelynek elmulasztása/elhalasztása veszélyeztetheti a Mura–Zala határon átnyúló termálvíztest állapotát, vagy konfliktusokat eredményezhet a jelenlegi és jövőbeli hasznosítók között.

Key words: Mura–Zala Basin, transboundary thermal groundwater body, status assessment, increment factor, monitoring

### Abstract

The sustainable utilization of hydrogeothermal resources is strongly linked to groundwater management, because the exploitation of geothermal energy happens by the abstraction of thermal groundwater. The general aim of groundwater management both in Slovenia and in Hungary is to fulfill the different types of water demand by maintaining the good quantity and quality status of groundwater bodies at the same time. Although the goals are the same in line with the Water Framework Directive (2000/60/EC), comparison of the national Intergrated River Basin Management Plans made it obvious that the delineation of groundwater bodies, their characterization and status assessment was different in Slovenia and in Hungary. Furthermore, both countries aim a 3.5 times increase in the use of geothermal energy by 2020, which envisages an enhanced exploitation of hydrogeothermal resources.

The knowledge platform based on profound cooperation of experts in the T-JAM project made it possible to outline the Mura-Zala transboundary thermal groundwater body encompassing Upper Pannonian intergranular thermal aquifers. The outlining was based on harmonized datasets, joint geological, hydrogeological and geothermal models. The area of the Mura-Zala transboundary thermal groundwater body is nearly 5 000 km<sup>2</sup>, so it is also important in the water management of the Danube River Basin. Currently there is a 11 825 m<sup>3</sup>/day thermal water abstraction from the Mura-Zala transboundary thermal groundwater body, which can be increased by a 3.5 times without putting its current good quantity and quality status at risk. Considering the uneven territorial share of Slovenia and Hungary (1/3–2/3) of the outlined groundwater body, the increment factor should be determined proportionally.

This increment factor has to be locally reduced in those cases, where a long-term drop can be observed in the piezometric groundwater level (the recommended critical water level is 30 m below the water level of the natural, pre-exploited), or groundwater of different origin might occur (mixing). Furthermore, the abstraction from individual wells cannot be increased to such extent that its effects could be observed in the neighboring wells.

According to these recommendations, a water license can be issued for those parts of the Mura–Újfalu/Zagyva aquifer which are below the 30 °C isotherm, or deeper than 500 m below the surface considering the above determined critical groundwater level and critical abstraction values.

Despite the good current quantity status of the Mura–Zala transboundary thermal groundwater body and its further potential for an increased abstraction, investments related to the enhanced utilization of geothermal energy in the future should focus on increasing energy efficiency, instead of increasing the amount of abstracted thermal water. The temperature of the used thermal water has to be decreased as much as possible with the establishment of cascade systems and re-injection.

Efficient monitoring is an integral tool of groundwater management. Due to the significant depth of the Mura–Újfalu/Zagyva aquifer, the joint monitoring system should be established from already existing monitoring- and/or inactive thermal wells. Considering the requirements of proportional territorial distribution, directions of main groundwater flow paths, and areas with the most intensive utilization, altogether 17 wells (5 from Slovenia and 12 from Hungary) were selected as candidates for a joint monitoring system. We recommend to jointly establish and operate a new monitoring well between Lendava and Lenti, as this transboundary region has the highest geothermal potential, furthermore the thermal groundwater flow from Slovenia to Hungary is supposed to cross the political border in this region.

Ambitious targets of the National Renewable Energy Action Plans, as well as expected and foreseen investments and developments in the area of the Mura–Zala transboundary thermal groundwater body an increased amount of thermal groundwater abstraction can be forecasted. This has to be supported by all means with paying attention to the environmental goals as well. The implementation of our recommendations is the task of the Permanent Slovenian–Hungarian Water Management Committee. Any delay of actions might endanger the good status of the Mura–Zala transboundary thermal groundwater body, or may initiate conflicts between the different users/utilization schemes.

### Bevezetés

A geotermikus erőforrásokkal történő fenntartható gazdálkodás szorosan összekapcsolódik a vízkészlet-gazdálkodással, hiszen a hidrogeotermikus rendszerek (mint amilyen a vizsgálat tárgyát képező Mura–Zala-medence is) esetében a geotermikus energia kinyerése és hasznosítása az azt hordozó közeg, a föld felső hője által felmelegített felszín alatti vizek (termálvizek) kitermelésével történik. A felhasználás módjától függetlenül a felszín alatti vízkészletekkel történő gazdálkodás általános célja a különböző vízhasználati igények (beleértve az energetikai célú vízkivételt is) fenntartható kielégítése anélkül, hogy a vízádban tartós mennyiségi és minőségi változások következzenek be a termelés hatására, összhangban a Víz Keretirányelv (2000/60/EC) célkitűzésével (a felszín alatti víztestek jó mennyiségi és minőségi állapotának elérése és megőrzése).

E feladat tekintetében a felelősség mind Magyarországon mind Szlovéniában megoszlik a különböző illetékességű hatóságok között (vízügy, bányászat–ásványgazdálkodás és energetika). Bár e területek cselekedési tervei, engedélyeztetési eljárásai összehangoltan kellene, hogy működjenek a geotermális energia fenntartható és hatékony fejlesztése és a felszín alatti vízkészletek védelme érdekében, jelenleg nem így történik. Az utóbbi tíz évben a különböző típusú termálvíz-használatokra (akár balneológiai, akár közvetlen hőhasznosítási célú) kiadott vízjogi engedélyek száma mind Szlovéniában, mind Magyarországon növekedett. Ugyanakkor a felszín alatti termálvízkészletek jelenleg mindkét országban veszélyeztetettek a felhasználók nem összehangolt tevékenysége és a hatályos szabályozások közötti ellentmondások miatt, amely egyben gátat szabhat a jövőbeli geotermikus fejlesztéseknek is.

A projekt során nagy mennyiségű földtani, vízföldtani,

és geotermikus szakmai adatot gyűjtöttünk össze, amelyek értékelése segített a határon átnyúló termálvíz-áramlási rendszer egységes értelmezésében és egyben szilárd földtudományi alapot biztosított a termálvíz-gazdálkodási szempontok mérlegeléséhez (FODOR et al. 2013, TÓTH et al. 2013, RAJVER et al. 2013). A vízkészlet-gazdálkodási ajánlások megfogalmazásához fontos hozzájárulást jelentett a geotermikus energiahasznosítást szabályozó jogszabályi háttér ismerete, valamint a projekt területén folyó jelenlegi hévízhasznosítások áttekintése is (JUHÁSZ et al. 2013). E modellek és információk tették lehetővé a határon átnyúló termálvíz-áramlási rendszer pontos megismerését és a Mura–Zala határon átnyúló termálvíztest lehatárolását, amelynek vízkészlet-gazdálkodására és monitoring rendszerére megfogalmazott javaslatok a jelen cikk legfontosabb következtetései.

Úgy véljük, hogy a javasolt közös vízkészlet-gazdálkodási szempontok tudományosan megalapozott eszközök biztosítanak, amellyel el lehet érni a Mura–Zala határon átnyúló termálvíztest immáron hivatalos kijelölését és annak a Víz Keretirányelv által előírt jó mennyiségi és minőségi állapotának elérését és fenntartását. Ezt felhasználva az Állandó Szlovén–Magyar Vízgazdálkodási Bizottság további lépéseket tehet a Mura–Zala határon átnyúló termálvíztest közös gazdálkodását illetően.

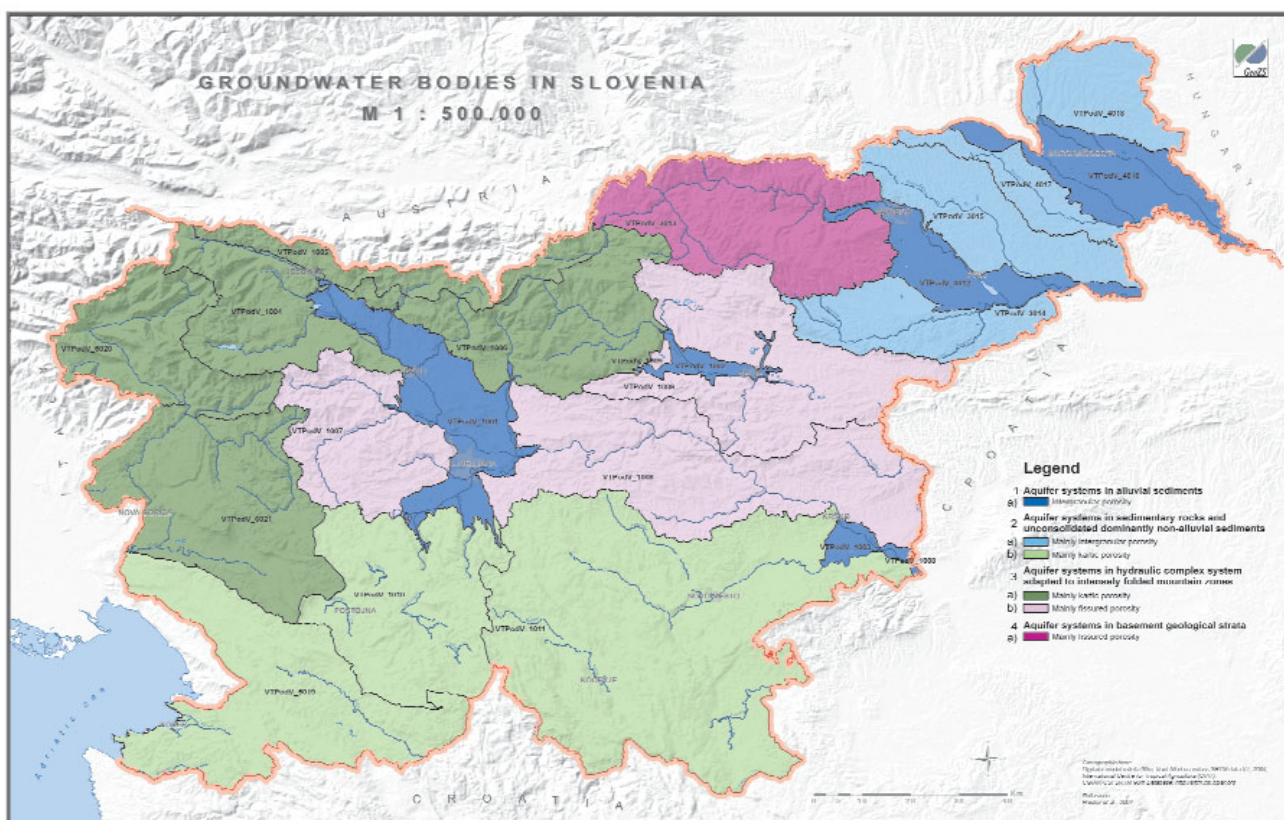
## A felszín alatti (termál-)víztestek jellemzése, állapotértékelése és intézkedési terve a Víz Keretirányelv szerinti Vízyűjtő Gazdálkodási Tervekben

Mindkét ország elkészítette a Víz Keretirányelv megfogalmazásainak eleget tevő nemzeti Vízyűjtő Gazdálkodási Tervet (2009–2015). A víztestek országonkénti jellemzése megtörtént, értékelték azok jelenlegi állapotát, és további intézkedéseket ajánlottak a környezeti célkitűzések elérése érdekében.

### Szlovénia

#### Felszín alatti víztestek lehatárolása, általános jellemzése

Szlovénia aktuális Vízyűjtő Gazdálkodási Terve szerint két felszín alatti víztest határos a szlovén–magyar határral: a SI\_VTPodV 4018 jelű Goričko víztest és SI\_VTPodV 4016 jelű Murska kotlina víztest (Ur.l. RS, št. 61/2011 Rendelet a Duna és Adria fővízyűjtő kerületek Vízyűjtő gazdálkodási tervéről) (1. ábra). A javasolt Mura–Zala határon átnyúló termálvíztest még egy további szlovén felszín alatti víztestet is magába foglal, a SI\_VTPodV 4017 jelű Vzhodne Slovenske gorice víztestet (1. ábra). Mindegyik felszín alatti



1. ábra. Felszín alatti víztestek Szlovéniában

1. Víztestek alluviális üledékben: a) Szemcseközi porozitás; 2. Víztestek üledékes kőzetekben laza, főleg nem alluviális üledékben: a) Főleg szemcseközi porozitás, b) Főleg karsztos porozitás; 3. Víztestek erősen gyűrt hegyvidéki komplex hidraulikai rendszerben: a) Főleg karsztos porozitás, b) Főleg repedéses porozitás, 4. Víztestek alaphegységi képződményekben: a) Főleg repedéses porozitás

Figure 1. Groundwater bodies in Slovenia

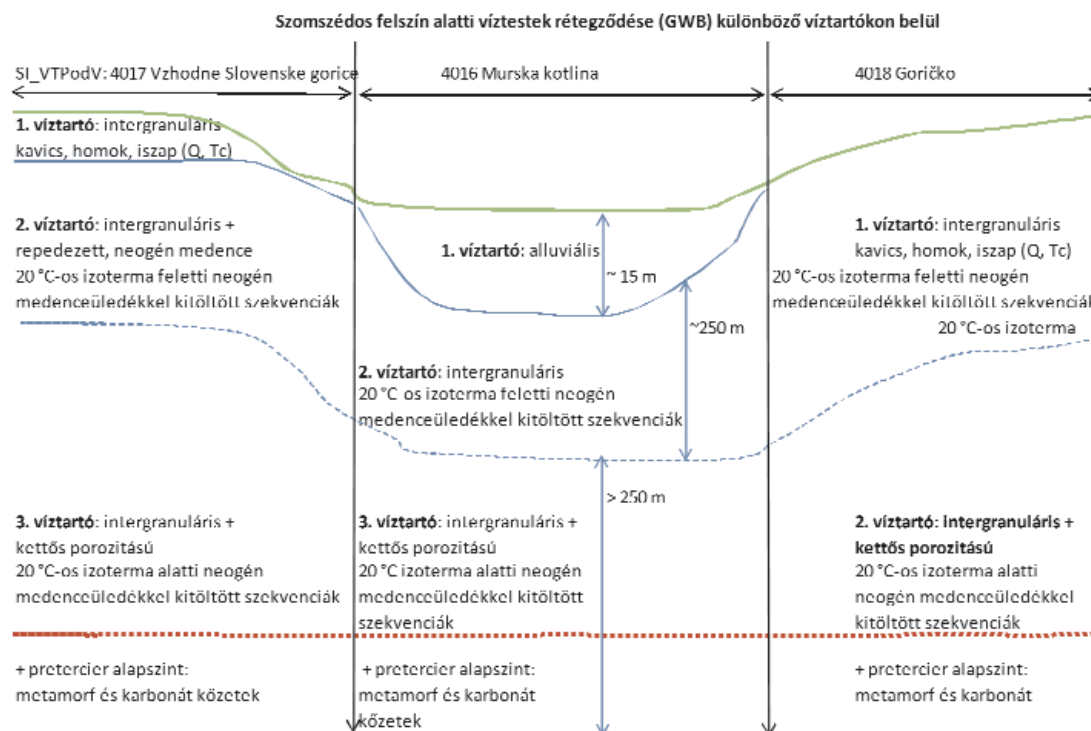
For legend see on Figure.

víztest különböző vízadó rétegek és formációk együttese (2. ábra), így önállóan termálvíztestek nem kerültek lehatárolásra, a termálvízadó rétegek egyes víztestek mélyebb rétegeit képviselik (1. táblázat).

A víztestek meghatározására vonatkozó szabályok szerint (Ur.l. RS, št. 63/2005) az érintett felszín alatti termálvízadók különböző víztestekhez való tartozását az 1. táblázat mutatja.

kozik, amely esetén a termelés vízjogi koncesszióval szabályozott.)

A Mura–Zala-medence szlovéniai részének földtani–vízföldtani felépítése alapján 20 °C-nál melegebb vizet adó rétegek egyrészt a nagy vastagságú, változatos szemcseméretű medencekitöltő üledékes összeteben található, amelyek hidraulikai kapcsolatban vannak a fedő, hidegebb vizet adó porózus vízadókkal, másrészt a mezozoos repe-



2. ábra. Felszín alatti víztestek osztályozása Szlovéniában

Figure 2. Classification of groundwater bodies in Slovenia

1. táblázat. Termál vízadók északkelet Szlovéniában

Table 1. Thermal water aquifers in NE Slovenia

VIPodV 4016 Murska kotlina	3. vízadó	Termál vízadók mélyebb fekvésű kainozoos rétegekben és prekainozoos alaphegységben
VIPodV 4017 Vzhodne Slovenske gorice		
VIPodV 4018 Goričko	2. vízadó	

A termál és nem termál felszín alatti vízadók közötti határfelület nem pontosan meghatározott, a különböző mélységek hőmérséklet-eloszlását szemléltető térképek szerint a 20 °C-os izoterma határfelület általában a felszíntől számított 100 és 250 m közötti mélységben várható. (A szakértők véleménye alapján az a felszín alatti víz tekinthető termálvíznek, amelynek kifolyó víz hőmérséklete 4 °C fokkal magasabb, mint az adott helyen mért levegő hőmérséklet éves átlaga. A jelenlegi vízhasználati engedélyezési gyakorlat szerint ez a hőmérséklet határ a 20 °C-nál magasabb hőmérsékletű vízre vonat-

dezt, karsztos karbonátokból és paleozoos metamorf kőzetekből álló prekainozoos medencealjzatban. Ez utóbbi víztartókban a felszín alatti víz hőmérséklete meghaladja a 30 °C-ot és utánpótlódása a peremi kiemelkedő területek felől történik.

#### Környezeti célkitűzések összefoglalása

A három tárgyalt szlovéniai felszín alatti víztestre vonatkozó környezeti célkitűzéseket és intézkedéseket a 2. táblázat foglalja össze.

**2. táblázat.** Állapotértékelés, környezeti célkitűzések, kiegészítő és további intézkedések a 2009–2015 Vízyűjtő Gazdálkodási Tervből  
**Table 2.** Status assessment, environmental objectives, supplementary and additional measures from River Basin Management Plan 2009–2015

Felszín alatti víztest kód	Felszín alatti víztest neve	Jellemzés (Állapotértékelés)		Környezeti célkitűzések	Kiegészítő és további intézkedések	
		Mennyiségi állapot	Minőségi állapot		2015-ig	2015 után
VTPodV 4016	Murska kotlina (3. vízadó)	Jó, bizonytalansággal*	Jó	Jó állapot / a jelenlegi állapot fenntartása	8. paragrafus (61/2011) / DUPPS8.6 / DDU25 / DDU26	
VTPodV 4017	Vzhodnc Slovenske gorice (3. vízadó)	Jó				
VTPodV 4018	Goričko (2. vízadó)					

\*A víztestet harántoló kutak közül néhány esetben a szomszédos kitermelések megváltoztathatják a hidrogeológiai viszonyokat és ennek következtében ronthatják a jövőbeni kitermelési feltételeket. Ezenfelül az állapot meghatározása bizonytalan a kevés monitoringadat miatt (hosszú távú trendek értékelésének hiánya). Vannak arra utaló jelek, hogy egyes meglévő kutakban új rétegek aktiválódása és bekapcsolódása a termelésbe növeli a depresszió mértékét, növelve a vízszükségletet és a nem hatékony termelést. A környezeti célok nem érhetőek el kiegészítő intézkedések nélkül.

DUPPS = a jelenlegi állapot gyengülését és romlását megakadályozó kiegészítő intézkedések.

DDU = egyéb kiegészítő intézkedések.

8 paragrafus (61/2011): Vízyogi engedély adható új kitermelésre a Mura-Zala-medencében, ha a vízszint nem mutat csökkenő trendet. A meglévő vízgyűjtő engedélyek szintén a vízszintváltozás trendjétől függenek. (Ur. l. 61/2011).

DUPPS 8.6: Vízyogi engedélyezési folyamat szabályozásának és a felszín alatti vízkutatás iránti kérvény tartalmának megváltozása azokon a területeken, ahol a vízadó mélységét meg kell határozni. Új rétegek aktiválása kutatási engedélyben történhet.

DDU 25: Nagy mélységű vízadó térképek kidolgozása.

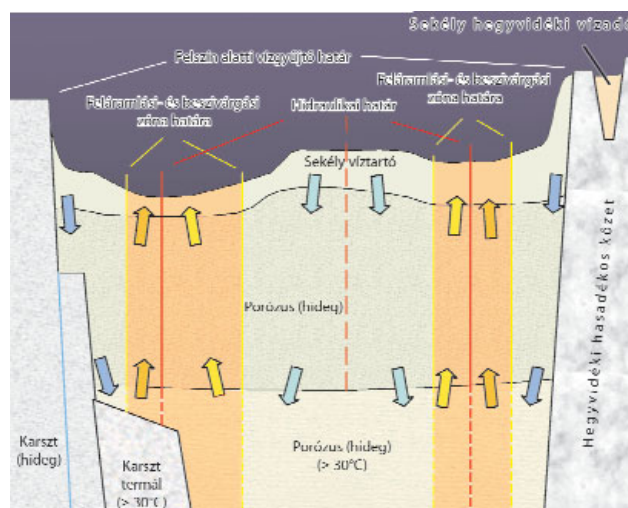
DDU 26: Az elérhető termálvízkészleteket hőtermelés és turizmus célú felhasználás szempontjainak megfelelően kell értékelni. Referencia megfigyelési pontokat kell meghatározni. Meg kell határozni a kritikus értékeket és szinteket, és létre kell hozni egy riasztó rendszert arra az estre, ha a vízigény meghaladhatja a készletet.

## Magyarország

### Felszín alatti víztestek lehatárolása, általános jellemzése

Magyarországon a felszín alatti víztestek lehatárolási szempontjai alapvetően eltérőek Szlovéniától. A Pannon-medence általános geológiai és hidrogeológiai adottságainak következtében a felszín alatti víztesteket a vízadók közzetani jellege alapján porózus vagy karsztos kategóriákba sorolják. A „termálvíz” hőmérsékleti definíciója szintén más: a Vízgazdálkodásról szóló 1995. évi LVII. törvény meghatározása szerint a 30 °C-nál melegebb kifolyó víz hőmérsékletű felszín alatti víz tekinthető termálvíznek. Ezt figyelembe véve a termálvizet tároló felszín alatti víztestek porózus termál, illetve karszt termál kategóriákba sorolhatók. A termál és nem termál felszín alatti víztestek (mind porózus, mind karsztos) közötti felosztás mesterséges hőmérsékleti határok és nem a természetes hidrogeológiai feltételek alapján történik. A termálkarszt víztestek tipikusan karsztosodott alaphegységi összletekben helyezkednek el, amelyek rendszerint mezozoos kőzetek, oldalirányban kapcsolódnak a hideg karszt víztestekhez és utánpótlódási területük általában a kiemelkedő hegyvidéki felszínek. A termálvizet adó porózus víztestek általában a nagyvastagságú neogén medencekitöltő összletek 30 °C-os izoterma alatt elhelyezkedő részei, amelyek hidrodinamikai kapcsolatban állnak a felettük elhelyezkedő hideg vizet adó víztestekkel (3. ábra). A hidrodinamikai kapcsolatoknak köszönhetően a víztest állapotértékelések kiterjednek a hideg karsztos és porózus víztestekre is (lásd később 5. táblázat).

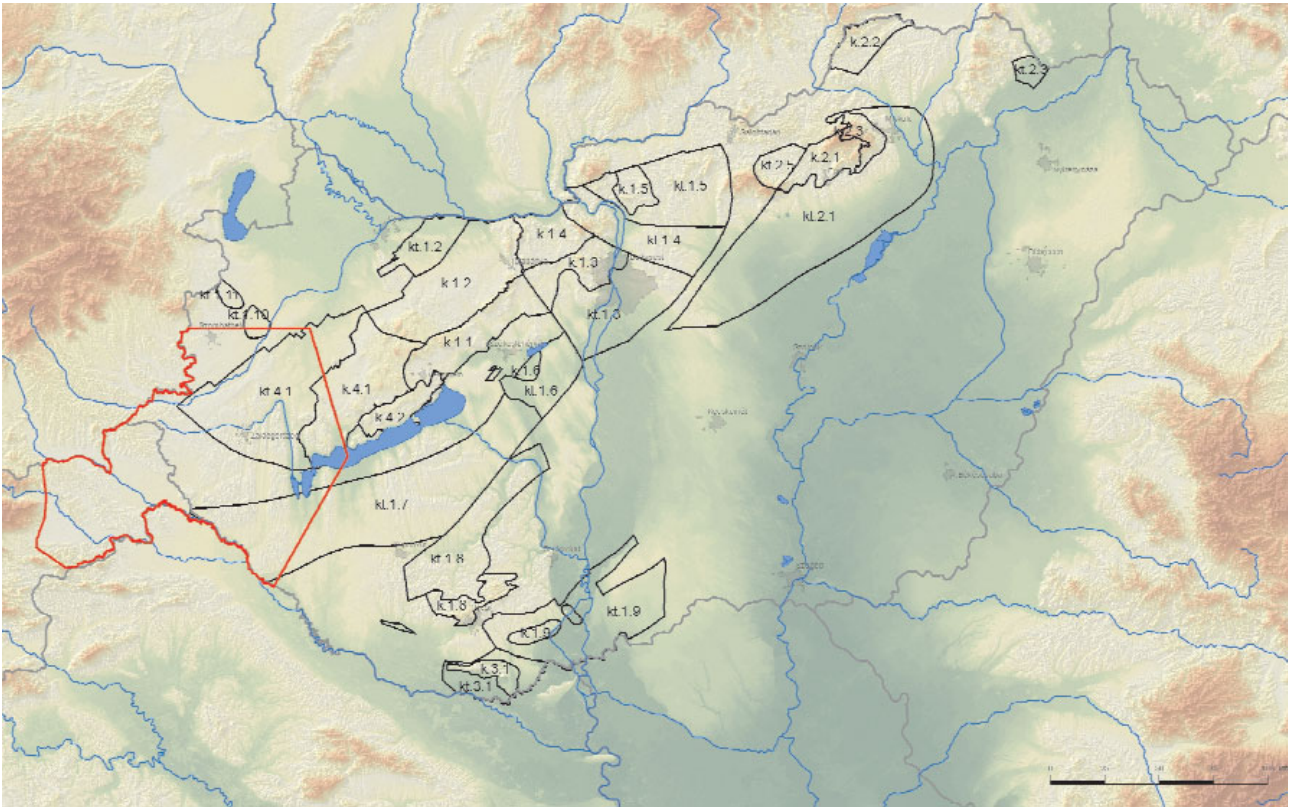
A T-JAM projekt kutatási területe Magyarországon a



**3. ábra.** A felszín alatti víztestek osztályozása Magyarországon

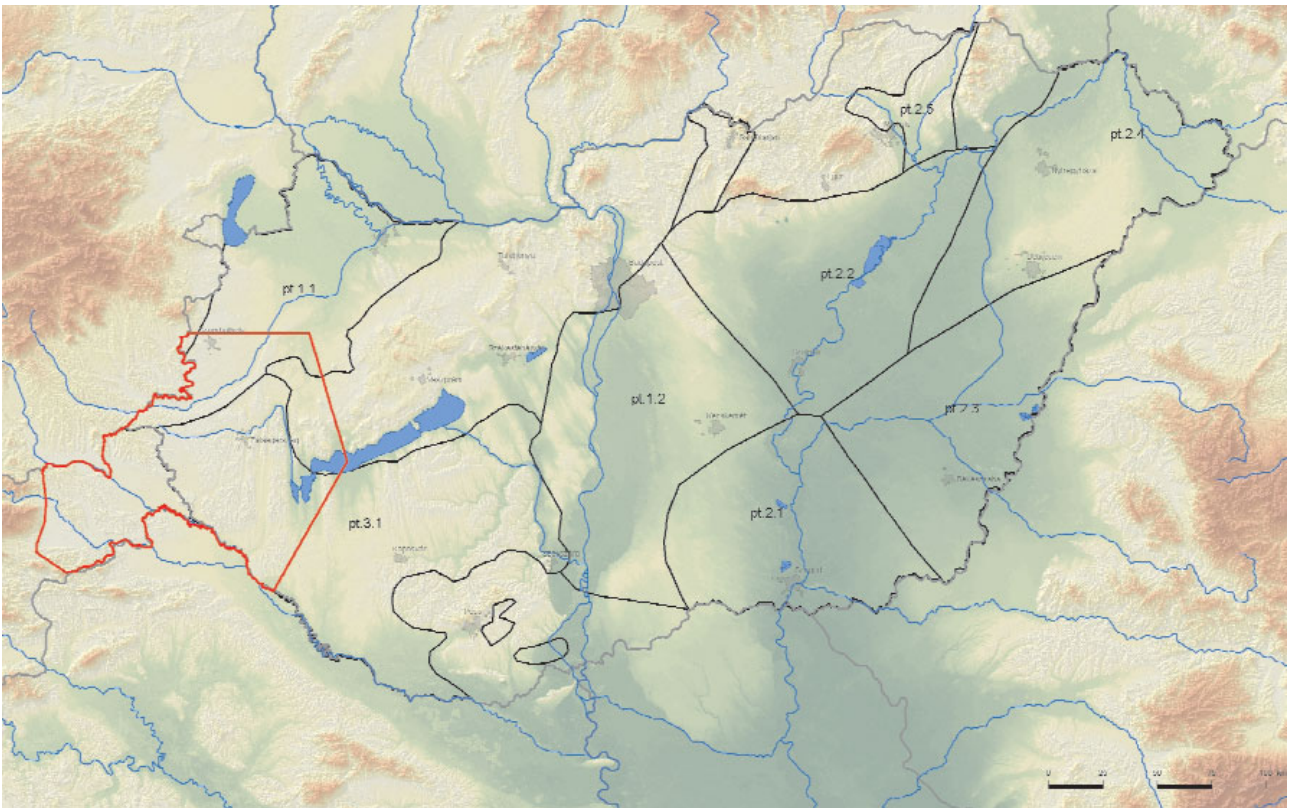
**Figure 3.** Classification of groundwater bodies in Hungary

Mura, a Zala, a Dráva és a Balaton vízgyűjtőjének egyes részeit tartalmazza. Ezek a területek, mint tervezési al egységek szerepelnek a Vízyűjtő Gazdálkodási Tervben. Ezen al egységeken belül két porózus termál (pt.3.1. Délnyugat-Dunántúl és pt.1.1. Északnyugat-Dunántúl) és két termálkarszt (kt.1.7. Közép-dunántúli termálkarszt és kt.4.1. Nyugat-dunántúli termálkarszt) víztest helyezkedik el a vizsgált területen (4., 5. ábra, lásd később 5. táblázat). A vízgazdálkodás szempontjából azonban e termálvíztestek utánpótlási és megcsapolási viszonyai és hidraulikai kapcsolatai is fontosak, különösen a karsztos víztestek esetében, ezért a k.4.1. Dunántúli-középhegység hideg karsztvíztest állapotértékelését is figyelembe vettük.



4. ábra. Magyarország karsztvíztestjei a T-JAM projekt területének feltüntetésével

*Figure 4. Karstic groundwater bodies of Hungary with the boundary of the T-JAM project*



5. ábra. Magyarország termál porózus felszín alatti víztestjei a T-JAM projekt területének feltüntetésével

*Figure 5. Porous thermal groundwater bodies of Hungary with the boundary of the T-JAM project*

### Környezeti célkitűzések összefoglalása

A tárgyalt magyarországi felszín alatti víztestekre vonatkozó környezeti célkitűzéseket és intézkedéseket a 3. táblázat foglalja össze.

További tesztek a felszíni víz utánpótlódása felszín alatti vizekből teszt, a felszín alatti víztől függő szárazföldi ökoszisztéma teszt, valamint a sós, vagy egyéb kedvezőtlen minőségű víz térnyerésének intrúziós tesztje. Bármelyik

**3. táblázat.** Állapotértékelés, környezeti célkitűzések, kiegészítő és további intézkedések a 2009–2015 Vízyűjtő Gazdálkodási Tervből

**Table 3.** Status assessment, environmental objectives, supplementary and additional measures from River Basin Management Plan 2009–2015

Felszín alatti víztest kód	Felszín alatti víztest neve	Jellemzés (Állapotértékelés)		Környezeti célkitűzések	Kiegészítő és további intézkedések	
		Mennyiségi állapot	Minőségi állapot		2015-ig	2015 után
pt.3.1.	Délnyugat-Dunántúl (porózus termál)	jó	jó	a jó állapot fenntartása	-	FE1 / FE3 / FE4
pt.1.1.	Északnyugat-Dunántúl (porózus termál)					
kt.1.7.	Közép-dunántúli termálkarszt (karszt termál)					
kt.4.1.	Nyugat-dunántúli termálkarszt (karszt termál)					
k.4.1.	Dunántúli-középhegység (hideg karszt)	gyenge	gyenge	jó állapot	IV1 / IV2 / IV4 / KÁ3	FE1 / FE3 / KÁ4

FE1: Vizhasználat módosítása.

FE3: A vízjogi engedély nélkül történő vízkiemelések engedélyeztetésbe vonása, illetve ha szükséges megszüntetése.

FE4: Az energetikai célra kitermelt víz visszasajtolása, visszasajtolási technológia fejlesztése.

KÁ4: Megfelelő kútkiképzés technológia, kútfelújítás.

IV1: Vízkezelési technológia módosítása vagy áttérés másik vízbázisra az ivóvízminőség biztosítása érdekében (Ivóvízminőség-javító Program).

IV2: Ivóvízbázisok biztonságba helyezése és biztonságban tartása.

IV4: Ivóvíz-biztonsági terv készítése és a tervben meghatározott biztonsági intézkedések megvalósítása.

KÁ3: A felszín alatti vizek szennyeződésének megakadályozása.

A vízgyűjtő-gazdálkodási tervek készítése során a víztestek mennyiségi és minőségi állapotát számos teszt alapján értékelték, amelyek értékes információkat adtak a további használat tekintetében. A tesztek alkalmazása a VKI Felszín Alatti Víz Irányelvében leírt előírásoknak és a WGC-2 EU munkacsoport (GRATH et al. 2008) felszín alatti víz állapot- és trendértékelésre vonatkozó útmutatóinak megfelelően történt. Termál felszín alatti víztestek esetében a mennyiségi állapotértékelési tesztek fontosak, mivel a vízzadó jelenlegi áramlási és nyomásviszonyait jellemzik, információkat szolgáltatnak további intézkedések szükségességéről, további termelések tiltásáról vagy korlátozásáról. E tesztek eredményei szolgálnak a visszasajtolás szabályozásának alapjául.

A víztestek mennyiségi állapotértékeléséhez elvégzett teszteknek két fő típusa van. A süllyedési teszt azt vizsgálja, hogy van-e jelentős vízszintcsökkenés a vízkitermelés hatására. Ha vízszintcsökkenés aránya meghaladja a 0,1 m/évet, a víztestek gyenge állapot minősítést kapnak. A vízháztartási teszt a vízkiemelés és a kitermelhető készlet arányát vizsgálja. A kitermelhető készlet a víz-utánpótlódás mértékének és a kitermelt víz, az ökológiai vízigény és a más víztestek felé átadott víz mennyiségének különbsége.

teszt nem kielégítő eredménye esetén a felszín alatti víztest állapota gyenge minősítésű lesz, és intézkedési lépéseket fogalmaznak meg.

A felsorolt tesztek alapján a vizsgált négy felszín alatti (porózus és karszt) termálvíztest állapota jó minősítést kapott (3. táblázat). A k. 4.1. hideg karsztvíztest ugyanakkor gyenge minősítést kapott a vízháztartási teszt alapján, a magas ökológiai vízigény és az ivóvízbázis védőterületén előforduló nitrátszennyezés miatt. A környezeti cél valamennyi tárgyalt víztest esetében a jó állapot fenntartása, a k.4.1. hideg karsztvíztest esetén a jó állapot elérése.

A jelenlegi intézkedéseknek megfelelően, nemzeti rendelkezésekkel szabályozzák a felszín alatti vizek fenntartható használatát, mivel a Víz Keretirányelv ezt nem tárgyalja. Az alapvető szabályokat az 1995-ös Vízgazdálkodásról szóló LVII. Törvény tartalmazza, azonban a különböző vízigények harmonizálását szabályozó részletes kormány- és miniszteri rendeletek hiányoznak a magyar jogalkotásból. A nemzeti jogalkotás rendelkezik a víztest jó mennyiségi állapotának eléréséről, és a cél elérésének érdekében minden egyes víztestre meghatározza az igénybevételei határértéket (Mi) (219/2004. (VII. 21.) és 221/2004.



(VII. 21.) Kormányrendeletek), amely gyakorlatilag a kivehető víz mennyiség korlátját jelenti. Ennek ellenére az „Mi” értékek még nem kerültek víztest szinten meghatározásra, bár elvileg alapjául szolgálhatnának az új vízjogi engedélyek kiadásának. Az „Mi” érték meghatározásának első jó példája a Hévízi-tó és környezete termálkarszt-rendszerének vizsgálata volt (CSERNY et al. 2009). Az elkészült tanulmány jól mutatja, hogyan lehet átlátható módon, nyomon követni és felügyelni a vízkivételeket és a felszín alatti víz szintjének alakulását a legjobb technológia alkalmazásával.

### A megújuló energia hasznosításával kapcsolatos nemzeti célkitűzések

A geotermikus energia fenntartható hasznosításának értékelése csak úgy lehet teljes, ha a vízkészlet-gazdálkodási szempontok mellett figyelembe vesszük a megújuló energiaforrások növekvő használatára vonatkozó nemzeti akcióterveket, valamint az ezek általános keretétől szolgáló energiastatégiai célkitűzéseket is.

#### Szlovénia

2005-ben Szlovéniában a megújuló energia (RES) aránya a teljes energia felhasználáshoz viszonyítva 16,2% volt. A 2009/28/EC Irányelv szerint Szlovéniának legalább 25%-os megújulóenergia-részesedést kell elérnie 2020-ra. Ezt elősegítendő számos intézkedés van folyamatban, ezek közül a legjelentősebbek a Környezet és Közlekedési Infrastruktúra Fejlesztési Operatív Program 2007–2013 (OP DETI), az Üvegházhatást Okozó Gázok Kibocsátásának Csökkentéséről 2012-ig Operatív Program (OP RGGE), a Cselekvési Terv a Zöld Közbeszerzésről (AP GPP) és Nemzeti Megújuló Energia Akció Terv 2010–2020 (ANOVE).

A geotermális energia becsült hozzájárulását a 2020-ra megállapított célkitűzésekhez a 4. táblázat mutatja.

**4. táblázat.** Geotermális energia részesedése a megújulókon belül (Nemzeti Energia Program alapján, URBANČIČ et al. 2011)

*Table 4. Share of geothermal energy within RES (based on the National Energy Programme, URBANČIČ et al. 2011)*

Geotermális energia részaránya	2008	2010	2015	2020
Elektromos áram termelésben (GWh)	0			
Hőtermelésben (PJ)	0,92	1,11	2,48	3,42

A Nemzeti Energia Program célkitűzése szerint az összes megújuló forrásból termelt energia 2020-ra 57,43 PJ lesz, amelynek körülbelül 6%-át (3,42 PJ) teszi ki a geotermikus energia. A geotermikus energiából nyert elektromos áram termelését csak a 2020 és 2030 közötti időszakra tervezik, amely 2030-ra 0,65 PJ energiát ad.

### Magyarország

2006-ban Magyarországon a megújuló energia (RES) aránya a teljes energia felhasználáshoz viszonyítva 4,7% volt. A 2009/28/EC Irányelv szerint Magyarországnak 13%-os megújulóenergia-részesedést kell elérnie 2020-ra, de ezt a célszámot az ország önkéntesen magasabb, 14,65%-os részarányban határozta meg, mivel a megújulók fokozott felhasználását a zöldgazdaság fejlesztésén keresztül a gazdasági növekedés egyik fontos elemének tekintik (NFM 2011). A célok elérésének fő támogatási rendszere a Környezet és Energia Operatív Program 2007–2013.

A Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terv (NFM 2011) célkitűzése szerint az összes megújuló forrásból termelt energia 120,57 PJ lesz 2020-ra, amelyből a

**5. táblázat.** Geotermikus energia részesedése a megújulókon belül (NFM, 2011)

*Table 5. Share of geothermal energy within RES (NFM, 2011)*

Geotermális energia részaránya	2008	2010	2015	2020
Elektromos áram termelésben (GWh)	0			
Hőtermelésben (PJ)	4,0	4,23	6,15	14,95

geotermikus energia részesedése 17% lesz, ennek tervezett alakulását az 5. táblázat mutatja.

### A geotermikus energiahasznosítás jelenlegi helyzete a két ország összehasonlítása alapján

A geotermikus energia jelenlegi hasznosításának felmérése (JUHÁSZ et al. 2013) alapján, 2009 végén Északkelet-Szlovéniában 13 helyszínen a becsült közvetlen hőhasználat 381,24 TJ/év a beépített összkapacitás 38,82 MW<sub>t</sub> volt (kivéve a földhős hőszivattyúkat). A termálvíz hőenergiáját fűtésre, távfűtésre, légkondicionálásra, üvegházak fűtésére és balneológiai célokra használták. Magyarországon a 28 hasznosítási helyszínen a becsült közvetlen hőhasználat 647,97 TJ/év, a beépített összkapacitás 70,6 MW<sub>t</sub> volt (kivéve a földhős hőszivattyúkat). A felhasználás zöme fürdési-úszási célú, a vizsgált 20 település közül egyetlen helyen használták a termálvizet távfűtésre. A magyar területrészen üvegházak fűtésére, egyéb mezőgazdasági célra geotermikus energiát nem hasznosítanak.

Jelen pillanatban sem Szlovéniában sem Magyarországon nem létezik geotermális energiából történő elektromosáram-termelés.

### A Mura–Zala határon átnyúló termálvíztest kétoldalú jellemzése

A térség harmonizált vízgazdálkodásának elősegítése érdekében a földtani, vízföldtani és geotermikus modellek

eredményeire alapozva javaslatot tettünk a fő porózus termál vízáadó rendszert magába foglaló határon átnyúló felszín alatti termálvíztest lehatárolására (TÓTH et al. 2013) (6. ábra). Az alábbiakban — az említett korábbi egyéb eredményekre is alapozva — a Mura–Zala határon átnyúló termálvíztest részletes, kétoldali jellemzését adjuk.

#### *A Mura–Zala határon átnyúló termálvíztest főbb alapadatai*

A Mura–Zala határon átnyúló termálvíztest főbb alapadatai a következők:

Terület (felszínre vetítve): 4974 km<sup>2</sup> (Szlovénia 1151 km<sup>2</sup> és Magyarország 3823 km<sup>2</sup>)

Tengely hossz: kb. 90×55 km

Közös határszakasz hossza: 108,35 km

Tető: –500 m (a 30 °C-os izoterma közelében). A térségben a legtöbb termálvizet adó kút szűrőzött szakasza meghaladja ezt a mélységet. A Hévízi-tó környékén, ahol a termálvíz hozzájárul a Tóforrás vizéhez, a tetőszint sokkal magasabban húzódik. A –500 m-es határvonal nem hidraulikai határ.

Víztest fedőrétege: Deltasíkság és alluviális vízáadó rendszer (a Mura Formáció felső része és a Zagyva Formáció), amely főleg langyos, 20–30 °C közötti vizet tárol.

Talp: –2200 m (nagyon kis permeabilitású, gyakorlatilag vízzárónak tekinthető réteg, a pannóniai üledékösszeleten be-

lülí deltalejtő fációsú agyagos sorozat: Lendava és Algyői Formáció).

Vastagsága: a vízáadó összlet vastagsága a víztesten belül kevesebb, mint 100 m-től egészen 1700 méter vastagsáig változik.

Földtani felépítés: felső-miocén (pannóniai/pontusi) Mura, Újfalui (és részben Zagyva) Formációk deltafront, deltasíkság és alluviális síkság homok–aleurit rétegsora.

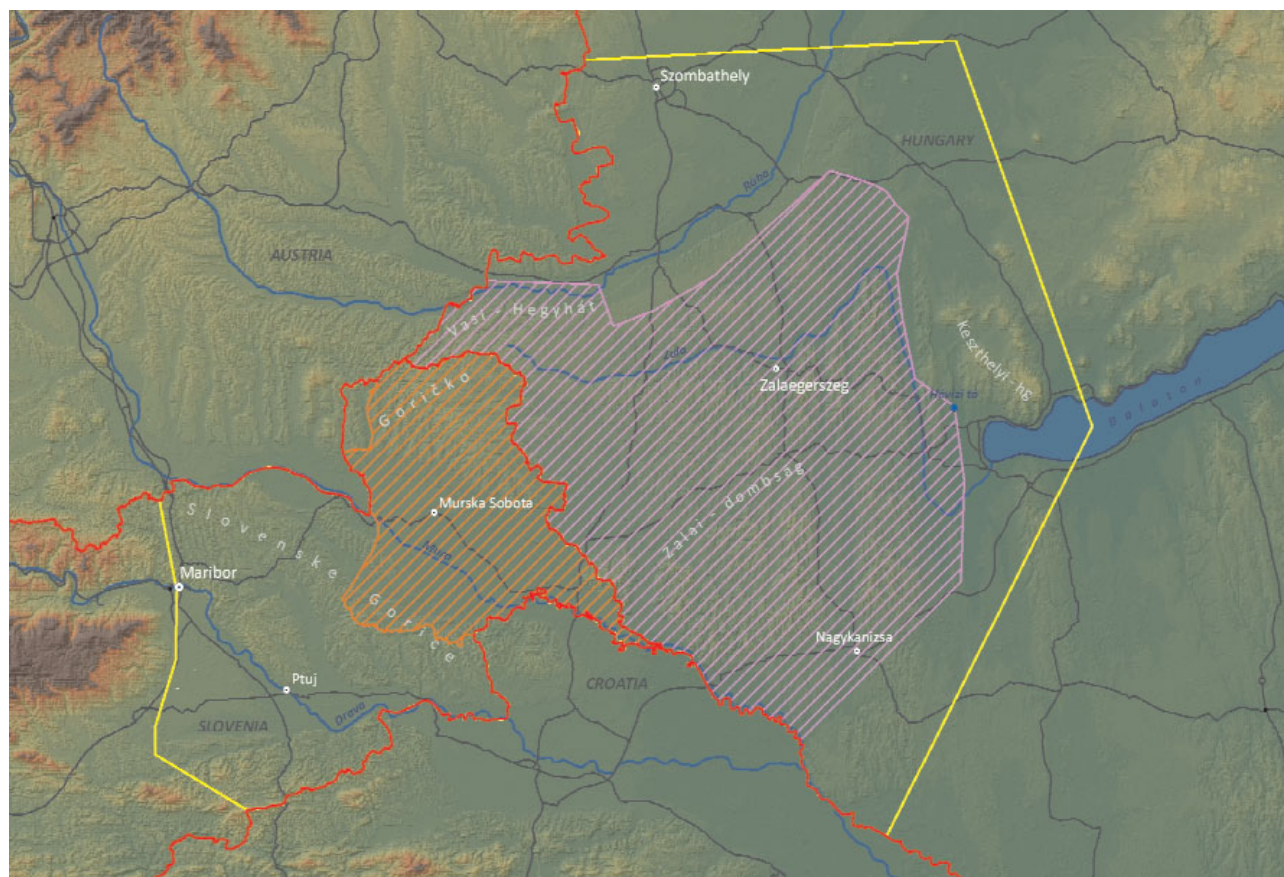
A kifolyó víz hőmérséklete: 30–70 °C

#### *Vízgeokémiai jellemzők*

A T-JAM projekt keretében kivitelezett víz-geokémiai értékelés egy egyedülálló, egységes és újszerű víz-geokémiai módszert ismertet a határral osztott termálvizek azonosítására és értékelésére.

Az archív vízminőségi adatok és a T-JAM projekt keretében mintázott és elemzett termál- és hideg vizek értékelése alapján a következőket lehet megállapítani (Szócs et al. 2012) az északkelet-szlovéniai és délnyugat-magyarországi kutatási területre:

— Magyarország és Szlovénia között léteznek határral osztott termálvíztartók. A szlovéniai Ptuj-Grad Formáció felszín alatti vizei a magyarországi Somlói–Tihanyi Formáció felszín alatti vizeivel alkotnak egy rendszert. A szlovéniai Mura Formáció felszín alatti vizei a magyar-



**6. ábra.** A javasolt határon átnyúló Mura–Zala termálvíztest kiterjedése

**Figure 6.** Recommended transboundary joint thermal groundwater body Mura–Zala

országi Újfalui Formáció felszín alatti vizeihez hasonlóak. A szlovéniai Lendava Formáció felszín alatti vizei megfeleltethetők a magyarországi Szolnoki Formáció felszín alatti vizeinek.

— Az azonosított határral osztott felszín alatti termál-vízterületekben (lásd előző pontban) a vízáramlás hidraulikailag lehetséges, melyet a vízminőség is alátámaszt.

— A Ptuj-Grad, Zagyvai és Somló–Tihanyi Formáció vizei valószínűleg egy aktív regionális áramlási rendszert alkotnak, mely utánpótlódási területe a szlovéniai Goričko dombság térségében található. Az áramlási irány Szlovénia irányából Magyarország irányába feltételezhető. E vizek kis oldottanyag-tartalmúak és nagy  $(Ca^{2+}+Mg^{2+})$  mge $\ell^{-1}$  /  $(Na^{+}+K^{+})$  mge $\ell^{-1}$  kation arány jellemzi őket. A Ptuj-Grad Formáció vizeiben a szén-dioxid gyakran a legfőbb oldott gáz, míg a Zagyvai és a Somló–Tihanyi Formáció vizeiben elsősorban oldott levegő van, mivel oldott nitrogén található döntően.

— A Mura és az Újfalui Formációban tárolt felszín alatti víz szintén része az aktív áramlási rendszernek, de feltételezhetően hidraulikusan elkülönül a sekélyebb rendszertől. E vizek oldottanyag-tartalma nagyobb, viszont  $(Ca^{2+}+Mg^{2+})$  mge $\ell^{-1}$  /  $(Na^{+}+K^{+})$  mge $\ell^{-1}$  kation arányuk kisebb az előzőekhez képest. A minták erős kigázósodást mutatnak. Helyenként feldúsulhatnak szén-dioxidban vagy metánban, de főleg oldott nitrogént tartalmaz a víz.

— A Lendava és a Szolnoki Formáció felszín alatti vize feltehetően nem része az aktív regionális áramlási rendszernek. E felszín alatti vizek az előbbiekkal körülbelül egy időben szivárogtak be, de jelenleg feltehetően többé-kevésbé stagnánsak és a környezetüktől elzártak. Ebből adódóan nagy oldottanyag-tartalmúak.

— A miocén formációk víztartói nagy valószínűséggel kis kiterjedésűek, vagy környezetüktől elzártak, ezért a határon átnyúló felszín alatti vízáramlás kevésbé valószínű. Nagy oldottanyag-tartalommal rendelkeznek.

— A két ország mezozoos víztartói nem összevethetőek. A mezozoos képződmények karsztvizére vonatkozóan csak szórványos adatok állnak rendelkezésre a magyar oldalról, így vízminőségi alapon nem lehet követni a szlovéniai karbonátos Rába-törészóna menti keleti folytatását. Ebből adódóan a határral osztott felszín alatti vízáramlás lehetőségét egyelőre nem lehet megbízhatóan vizsgálni. A magyar oldalon a karbonátos vízadókban híg vizek találhatóak nagy  $(Ca^{2+}+Mg^{2+})$  mge $\ell^{-1}$  /  $(Na^{+}+K^{+})$  mge $\ell^{-1}$  kation aránnyal, míg a szlovéniai oldalon hígult sós vizek vannak.

— Erőteljes, döntően karbonátokkal és  $CO_2$ -al lejátszó-dó, víz–kőzet kölcsönhatás esetén a  $\delta^{13}C$  értékek jelentősen eltolódnak pozitív irányba, és nem alkalmazhatók a radio-karbon vízkorszámítások korrekciójához, mivel az eredetileg beszivárgott víz oldott szerveszén (DIC) tartalma nagymértékben megváltozik.

Ugyan csak 24 db új kiegészítő vízmintavétel történt, és az adatok térbeli eloszlása még mindig szórványos, ennek ellenére a T-JAM projekt új ismeretekkel szolgált a határral osztott termálvizek beazonosításához és víz-geokémiai jellemzőik meghatározásához.

## Terhelések

A vízkészletre gyakorolt legnagyobb mértékű negatív hatás a 13 szlovéniai és 28 magyar felhasználó vízkivétele (JUHÁSZ 2013).

A numerikus vízföldtani modellezés során (TÓTH et al. 2013) részletesen elemeztük a víztermelések okozta depressziók nagyságrendjét és területi eloszlását különböző (hideg vizes és termálvizes) kutak termelését elkülönülten és együttesen is kezelve, illetve csak egy, vagy mindkét ország vízkivételei adatait figyelembe véve. A Mura és Újfalui Formációk felső-pannóniai deltafront üledékeinek termálvíz-tartójában a modellezett depresszió értéke mindkét ország termálvíztermelésének figyelembevételével elérte az 5–7 m-t a határszelvényben, míg a mindkét ország hideg víz termelését is figyelembe vevő változatokban a depresszió nagyságrendje 6–8 m-re növekedett a határszelvényben, igazolva a sekélyebb hideg vizes, és a mélyebb termálvízadó rendszerek közötti hidrodinamikai kapcsolatokat. A modellezés eredménye azt is kimutatta, hogy a határ menti régióban a kialakuló depresszióra sokkal nagyobb hatással vannak a közeli szlovéniai víztermelések, Magyarországon a jelentősebb depressziók a főbb felhasználási körzetek, Szombathely–Sárvár és Zalakaros környékén fordulnak elő, és ezek határon átnyúló közvetlen hatása nem igazolható.

## Vízszintek és áramlási irányok

A numerikus vízföldtani modell eredményei alapján (TÓTH et al. 2013) az utánpótlódási kapacitást tekintve, a hosszútávú vízháztartás stabil regionális feltételei biztosítottak. A felszín alatti vízszint és az áramlási irányok helyileg azonban az aktuális termelésektől függenek, ahol a termelési paraméterektől függően lokális egymásra hatás jelentkezhet. Szintén megfigyelt jelenség az újabb rétegek aktiválódása és összekapcsolódása a kutakban, így növelve az ezekben tapasztalt leszívást. Ezeket a káros hatásokat helyileg, a termálvíz felhasználójának, vagy a vízjogi engedélyek módosításával kell kiküszöbölni.

### A felszín alatti vizektől függő felszíni vizek és ökoszisztémák

A jelenlegi termálvízkivételek nem hatnak közvetlenül a felszíni vizekre és ökoszisztémákra.

Lokális problémák ott jelentkezhetnek, ahol a használt termálvizet túl magas hőmérsékleten (30 °C, vagy ezt meghaladó) felszíni vízfolyásokba vezetik. Mindazonáltal ezeknek a kedvezőtlen eseteknek nincs határon átnyúló hatása, és helyi szinten, a nemzeti jogszabályoknak megfelelően kell ezeket kezelni.

## Intrúziók

Jelenleg nincs ismeretünk sós, vagy egyéb kedvezőtlen minőségű víz térnyeréséről a Mura–Zala határon átnyúló termálvíztestben. Az intrúzió hatása rejtett módon azonban

fennállhat, ha a fedő, vagy a termálvíztest alatti vízadók az egyes fúrások mentén kapcsolatba kerülnek egymással.

### *A víztest mennyiségi állapota*

A Mura–Zala határon átnyúló termálvíztest mennyiségi állapota a vízföldtani modellezés keretében (TÓTH et al. 2013) számított vízmérleg alapján adható meg. Három szcenárió modellezése történt: természetes (termelés előtti) állapotra, jelenlegi termelések figyelembevételével, és egy extrém, mindkét országban ötszörös termelést feltételező változatban.

A termelés előtti állapot esetén a vízmérleg Szlovénia és Magyarország között erősen pozitív a magyar oldal vonatkozásában: 5137 m<sup>3</sup>/nap (59,5 l/s) víz áramlik át Szlovéniából. A jelenlegi termelés mellett ez az érték 4330 m<sup>3</sup>/nap (50,1 l/s). Az extrém (ötszörös) termelési szcenárió esetén a vízáradás drasztikusan lecsökkenne: mindösszesen 649 m<sup>3</sup>/nap (7,5 l/s) víz áramlana át a szlovén oldalról.

## **A Mura–Zala határon átnyúló termálvíztest állapotára vonatkozó célkitűzések**

### *Környezeti célkitűzések*

A Mura–Zala határon átnyúló termálvíztestre vonatkozó környezeti célkitűzés a határ mindkét oldalán a víztest jó állapotának fenntartása, azaz a jelenlegi állapot romlásának megakadályozása.

Ez a célkitűzés mindenképp a pozitív vízháztartási mérleg hosszútávú fenntartásával érhető el. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a vízkivétel nem gátolhatja, vagy változtathatja meg a beszivárgásból adódó betáplálódást a szlovén oldal felől, azaz a regionális vízkivételek nem közelíthetik meg a jelenlegi termelés ötszörösét egyik országban sem. Ha figyelembe vesszük, hogy a rendelkezésre álló készletek abban az esetben nem kerülnek veszélybe, ha a vízkivétel nem haladja meg az utánpótlódó felszín alatti vízkészlet 70%-át, akkor a növekedési faktor nem lehet több mint 3,5. Ez azt jelenti, hogy a vízkivétel maximálisan a jelenlegi termelés 3,5-szereséig növelhető, azaz a jelenlegi 11 825 m<sup>3</sup>/nap összes vízkivétel 35 475 m<sup>3</sup>/napig növelhető a két országban együttesen. Ezt a szempontot a további intézkedések tervezésénél és végrehajtásánál feltétlenül figyelembe kell venni. Tekintettel arra, hogy a kivett termálvíz mennyisége közel azonosnak tekinthető a két országban (5336 m<sup>3</sup>/nap Szlovéniában és 6489 m<sup>3</sup>/nap Magyarországon), ugyanakkor a közös termálvíztestnek kb. 1/3-a esik Szlovénia és 2/3-a Magyarország területére, a megengedett maximális növekedési faktort is területarányosan (1/3–2/3) célszerű meghatározni, azaz Szlovéniában kisebb mértékben növelhető a vízkivétel, mint Magyarországon. Az általánosan meghatározott növekedési faktort azokban az esetekben kell lokálisan csökkenteni, ahol jelentős, hosszútávú csökkenés tapasztalható a piezometrikus vízszintben, vagy idegen eredetű vizek térnyerése jelenne meg, azaz hosszútávú negatív hatások len-

nének érzékelhetőek a termálvíz mennyiségében, minőségében, vagy hőmérsékletében. Emellett az egyedi kutakból történő vízkivétel nem növekedhet annyira, hogy annak hatása érzékelhető legyen a szomszédos vízhasználó kútjában.

### *A környezeti célkitűzések eléréséhez javasolt intézkedések*

#### **Vízjogi engedélyek kiadása**

A vízkivételi engedélynek tartalmaznia kell a termelésbe bevonni kívánt (szűrőzött) réteg mélységét. A vízjogi engedélyezés során tisztázni kell, hogy a vízkivétel teljesen vagy részben a Mura–Újfalu/Zagyva Formációk, mint víztartó képződmények 30 °C-os izoterma, illetve 500 m alatti térrészre esik-e. Ugyanez vonatkozik arra az esetre is, ha egy új víztartó réteg megnyitását tervezik már meglévő kútban.

A Mura–Zala-medencében újabb termálvíztermelésre vonatkozó vízjogi engedély a kritikus vízszintérték és a kritikus vízkivételi érték figyelembevételével adható ki:

A termálvízszint csökkenése esetében a javasolt kritikus vízszintérték 30 m-el helyezkedik el a termelést megelőző természetes állapot vízszintje alatt. Ezt a természetes állapotra vonatkozó értéket transziens regionális vízáramlási modellezés segítségével kell meghatározni, amely a víztermelésektől távoli megfigyelő kutak vízszintadatai alapján kalibrált. A javasolt 3,5-szeres vízkivételi növekedési faktor (illetve ennek 1/3–2/3-os területarányos mértéke) a határ két oldalán húzódó 20–20 km széles sávra vonatkozik.

Emellett a jelenlegi jelentős vízkivételek 10–15 km-es körzetében további vízkivételek engedélyezése nem ajánlott, ezeket „korlátos területek”-ként javasolt kijelölni:

— ezeken a zónákon belül a maximális kivehető vízmennyiséget az igénybevételi határérték (“Mi”) figyelembevételével kell meghatározni, és/vagy

— néhány reprezentatív (a termelő kúttól távol) vízszint-megfigyelő kutat kell létesíteni és transziens vízföldtani modellezés segítségével meghatározni a kritikus vízszint értékét.

#### **A közös tudásplatform fenntartása**

A Mura–Újfalu/Zagyva termálvíztartó összetett vízföldtani modelljét, a 30 °C izoterma térképét, az elérhető termálvízre vonatkozó vízmérleget, a kritikus vízszintet és a kritikus vízkivételi értéket a monitoring-adatok figyelembevételével rendszeresen, de legalább 6 évente felül kell vizsgálni.

#### **Információcsere**

A Mura–Zala termálvíztestből történő geotermikus energiahasznosításról, valamint a tervezett megnövelni kívánt vízkivételről a határ mindkét oldalán, éves szinten, míg a Mura–Újfalu/Zagyva Formációkból álló víztartót érintő, a határ 20 km-es körzetében tervezett fúrásokról az engedélyezési eljárás fázisában tájékoztatni kell egymást a feleknek.

A közös vízgazdálkodásra és monitoringra vonatkozó javaslatokat, tevékenységet az Állandó Szlovén–Magyar Vízgazdálkodási Bizottságnak jóvá kell hagyni. Biztosítani kell a különböző monitoring-hálózatokból származó adatok elérhetőségét. Meg kell határozni az adatcserebe bevont

adatok körét, azok formátumát, az adatcsere gyakoriságát, az adatok nyilvánosságának fokát (szabad hozzáférésű, korlátozott, üzleti titok tárgyát képező).

A vízmegfigyeléssel, mint a vízgazdálkodás egyik kiemelten fontos feladatával a „Monitoring” c. fejezet részletesen foglalkozik.

### *A megújuló energiafelhasználáshoz kapcsolódó célkitűzések*

Mindkét országban a geotermikus energia közvetlen hő céljából történő hasznosítása terén kb. 3,5-szeres növekedést kívánnak elérni a 2010–2020 közötti időszakra vonatkozóan (4. és 5. táblázatok), ezért a Mura–Zala határon átnyúló termálvíztest területén megengedhető, és a környezeti célokat nem veszélyeztető növekvő termálvízkivétel jelentős mértékben hozzájárulhatna Szlovénia és Magyarország megújuló energiára vonatkozó 2020-as célkitűzéseinek teljesítéséhez. A közel azonos mennyiségű vízkivételből és az eltérő területarányokból adódóan a növekvő geotermikus energiafelhasználás potenciálja a Mura–Zala határon átnyúló termálvíztest magyarországi oldalán nagyobb, mint a szlovén oldalon.

Mindazonáltal az energetikai célkitűzés középpontjában a fokozott vízkivétel helyett a hőfelhasználás hatékonysága növelésének kell állnia. A felhasznált termál „hulladékvíz” hőmérsékletét a lehető legnagyobb mértékben csökkenteni kell a kaszkádrendszerek alkalmazásával, és szorgalmazni kell a visszasajtolást.

### *A megújuló energiafelhasználáshoz kapcsolódó célkitűzések eléréséhez javasolt intézkedések*

#### **A hőfelhasználás hatékonyságának növelése**

A hőfelhasználás hatékonyságának (a felhasznált és a rendelkezésre álló éves hőenergia hányadosa) növelése mind a további vízkivételek jobb hasznosulását, mind a már meglévők hatékonyabb kihasználását elősegíti. A hőfelhasználás hatékonyságát mindkét oldalon fokozatosan növelni kell a jelenlegi körülbelül 30%-ról 70%-ra, vagy akár azt meghaladó mértékűre.

#### **A visszasajtolás elterjesztése**

Az energetikai célból kivett termálvíz visszasajtolását jogszabály írja elő mindkét országban. Ennek ellenére a termelő kutak számához képest elenyésző a visszasajtoló kutak száma. Emellett a jelenlegi gyakorlat szerint az energetikai célú kaszkádrendszerek jelentős részében a végső felhasználás balneológiai célú, így a teljes rendszer mentesül a visszasajtolási kötelezettség alól, noha közelebbről megvizsgálva a felhasznált termálvíz töredéke kerül csak közvetlen fürdési célú felhasználásra (gyógymedence), jelentős része a medencék fűtését szolgálja, így elvileg visszasajtolás-köteles lenne.

A visszasajtoló kutak kialakításának tetemes költsége és a visszasajtolás körüli jogi huzavonák mellett az egyik legjelentősebb hátráltató tényezőt a homokköves tárolók eseté-

ben a technikai korlátok jelentik: a felső-pannoniai vízádók erősen inhomogének, rosszul osztályozott, magas agyagtartalmú homokkövek, így nem megfelelően kiképzett kút esetében a póruster gyors eltömődése jelentősen csökkenti a permeabilitást és növeli a visszasajtoláshoz szükséges nyomást. Emellett a Délkelet-Alföld térségében végzett kísérletek, tapasztalatok (SZANYI, KOVÁCS 2010, BÁLINT et al. 2010, BARCZA et al. 2011) azt mutatták, hogy nincs egységesen alkalmazható módszertan, helyspecifikus ismeretek, a visszasajtoló kút helyének és a perforált szakaszoknak a gondos megválasztása, a helyi viszonyokhoz legjobban alkalmazkodó kútkiképzési technológia jelenthet csak bizonyos fokú garanciát a sikeres visszasajtoláshoz. Éppen ezért a visszasajtolással kapcsolatos kutatásokat és fejlesztéseket különböző eszközökkel erőteljesen támogatni kell, elsősorban pénzügyileg.

### **Monitoring**

A vízkészlet-gazdálkodás ellenőrzésére, illetve a végbe-menő folyamatok tendenciáinak nyomon követésére szolgál a felszín alatti vizek monitoringrendszere. A fenntartható vízkészlet-gazdálkodás megalapozásához hosszú távú, költség-hatékony, kockázatalapú, és célorientált felszín alatti vízmonitoring létrehozása szükséges. A monitoring részét képezi a megfelelő hálózati infrastruktúra, adatminőség és adatkezelés.

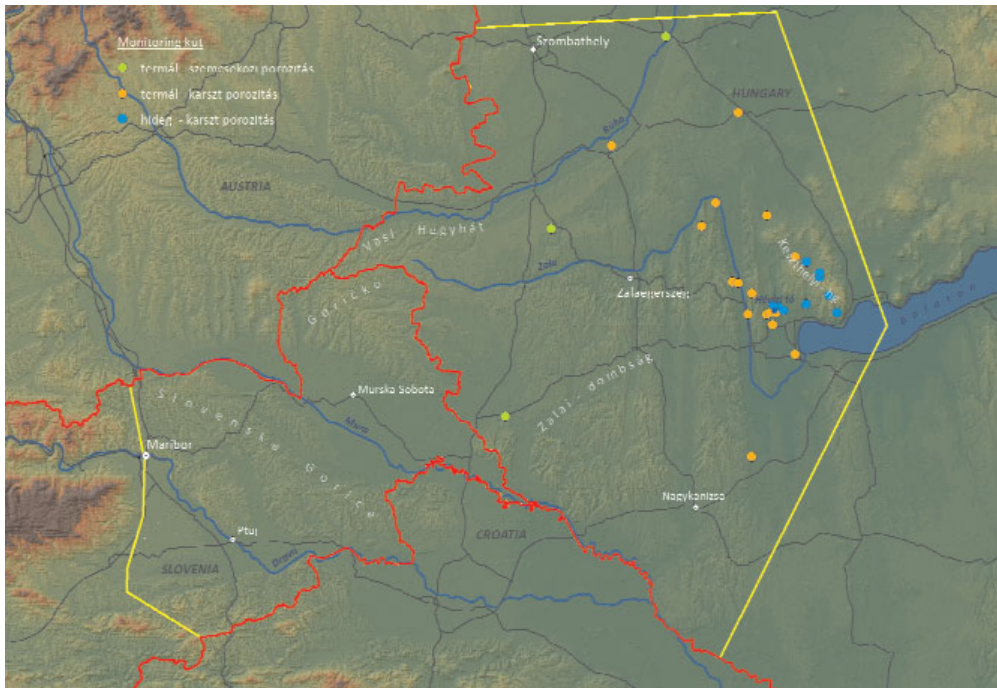
A monitoring meghatározott terv szerinti, rendszeresen ismétlődő, méréseket foglal magába, amelyek a mennyiségi és a minőségi jellemzőkre egyaránt kiterjednek. A monitoringrendszert a felszín alatti vizek áramlási rendszerének ismeretében, annak figyelembevételével kell megtervezni.

A felszín alatti vizek monitoringrendszerei, az észlelések típusa, gyakorisága, az adatkezelés módja, a különböző észleléseket végző szervek, azok jelentéstételi kötelezettségei mind részletesen szabályozottak mindkét országban, ezeket tételesen PRESTOR et al. (2010) ismertette.

#### *A jelenlegi monitoringrendszerek ismertetése*

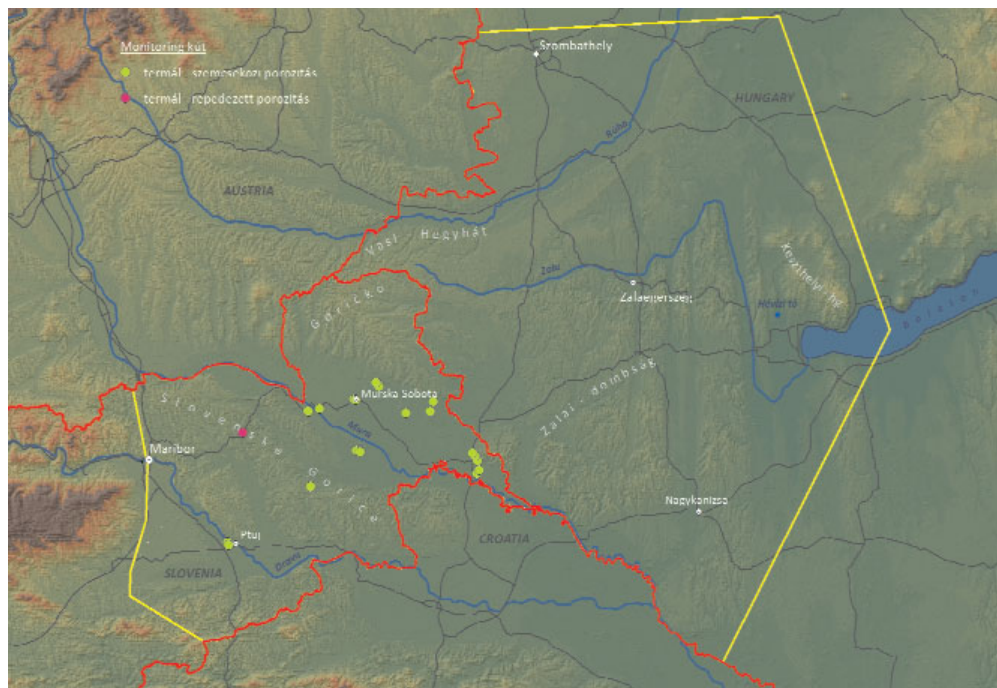
A különböző szintű monitoringprogramok mindkét országban számos megfigyelési pontot tartalmaznak. Noha a Víz Keretirányelvhez fűződő víztest jellemzési feladatokhoz a különböző monitoringrendszerek szinte összes elemére szükség van, az Európai Bizottság felé azonban nem szükséges minden egyes észlelési helyről információt szolgáltatni, ezért kerültek mindkét országban kijelölésre a felszín alatti víztestekre, a határvizekre, a védett területekre reprezentatív monitoringállomások. A 2007. március 22-i, Európai Bizottságnak jelentett nemzeti Vízgyűjtő Gazdálkodási Tervek monitoringhálózata Magyarországon közel 3500, Szlovéniában 475 megfigyelő állomást tartalmaz, ezek alkotják mindkét országban az „EU-VKI jelentési monitoringprogram”-ot. A Mura–Zala határon átnyúló termálvíztest monitoringrendszerének értékelése során is ezen monitoringprogramban szereplő kutak adataira támaszkodtunk (6. táblázat).





7. ábra. A magyarországi EU-VKI monitoringállomások a T-JAM projekt magyar területén

*Figure 7. Monitoring stations of the EU- River Basin Management Plans on the Hungarian part of the T-JAM project*



8. ábra. Potenciális termálvíz monitoringkutak a T-JAM projekt szlovén területén

*Figure 8. Potential thermal water monitoring wells on the Slovenian part of the T-JAM project*

A T-JAM projekt magyarországi területre az EU-VKI jelentési monitoringprogram keretében észlelt kutakat és ezek összefoglaló információját a 6. táblázat tartalmazza, a monitoringállomások elhelyezkedését a 7. ábra mutatja. Operatív monitoring (kémiai) a területen nem zajlik, ennek oka, hogy a Víz Keretirányelv előírása szerint operatív

monitoringot azokon a víztesteken kell végezni, amelyek gyenge vagy kockázatos állapotúnak minősültek a kémiai állapotértékelés során. Ilyen minősítést az érintett termál-víztestek nem kaptak.

Szlovéniában a felszín alatti víztestek nemzeti monitoringja egyelőre nem tartalmaz termálvizekre vonatkozó észleléseket,





sem pedig a Mura–Újfalu/Zagyva Formációkra, mint vízadóra vonatkozó megfigyeléseket. A megfigyelőrendszer csak az ennek fedőjében található alluviális vízadóra és a hidegvizes kainozoos vízadókra vonatkozóan szolgáltat információkat. A megfigyelő hálózatot termálvizes megfigyelésekkel is ki kívánják egészíteni a közeljövőben, amelyhez a T-JAM projekt eredményei nagymértékben hozzájárulnak.

A T-JAM projekt szlovéniai területen 13 termálvíztermelő kút üzemel, és 15 használaton kívüli kút van (8. ábra, 7. táblázat). A termálvízadókra kialakítandó monitoring hálózatba bekerülő kutakat ezek közül célszerű kiválasztani.

#### *Ajánlások egy közös monitoringrendszer kialakítására a Mura–Zala-medence térségében*

A határon átnyúló közös monitoringrendszernek túlnyomórészt már meglévő objektumokra kell épülnie. Ennek legfontosabb elemei a már működő monitoringkutak. A létező nemzeti vízmegfigyelő hálózatok azonban csak kevés, a vizsgálni kívánt termálvíztestre vonatkozó megfigyelési helyet tartalmaznak, így a működő termálkutakból származó rend-

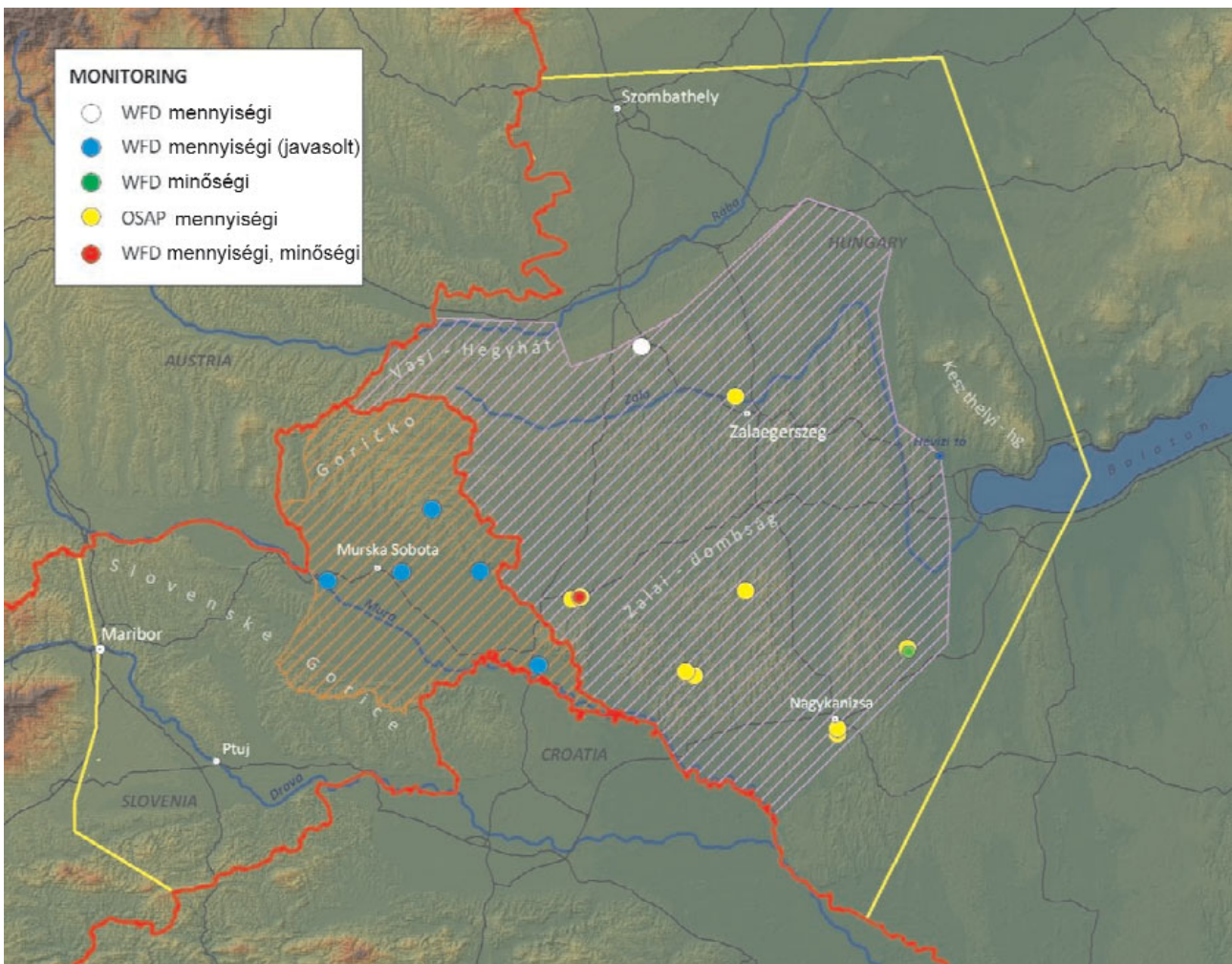
szeres mérések fontos adat- és információforrást jelentenek.

A monitoring mérések összehasonlítása és közös kiértékelése csak harmonizált adatfeldolgozás és értelmezés alapján lehetséges. Ez az azonos módszerek alapján végzett megfigyelésekre alapozva végezhető el, amelyet harmonizált jogszabályok írnak elő. Ezért a jogszabályi harmonizáció a közös monitoring kialakításának egyik alapvető feltétele.

Az országok által működtetett nemzeti monitoringok tapasztalata alapján országos, vagy regionális szakintézmény által irányított, lehetőleg minél kevesebb kivitelező bevonásával végzett mérések szolgáltatnak megfelelő megbízhatóságú adatokat. Fontos a mérési adatok egységes szerkezete, illetve a folyamatos és kölcsönös adatcserén alapuló, rendszeresen karbantartott adatrendszerek létrehozása.

A vízszintek, hidraulikus potenciálok, illetve a hőmérséklet mérése során mindezt elősegíti a napjainkban igen elterjedt elektronikus vízszintregisztráló-műszerek alkalmazása. A méréseket a nemzetközi szabványban (ISO 5667-22:2010 Útmutató felszín alatti víz mintavételi pontjainak tervezéséhez és kialakításához) előírtaknak megfelelően kell végezni.

A termálvizek minőségi vizsgálatára során a nemzetközi



9. ábra. A Mura–Zala határon átnyúló termálvíztest javasolt monitoringhálózata.

Figure 9. Recommended joint monitoring system of the Mura–Zala transboundary thermal groundwater body

szabványban (ISO 5667-11:2009 Útmutató felszín alatti vizek mintavételéhez) előírt, akkreditált vízmintavétel alkalmazása javasolt. A rendszeres mintavételekből származó vízminták elemzését akkreditált laboratóriumban kell végezteni (ISO/IEC 17025:2005 Vizsgáló- és kalibráló laboratóriumok felkészültségének általános követelményei). Az akkreditált mintavétel és vízelemzés lehetőséget nyújt az egy időben különböző helyeken, illetve az azonos helyen különböző időpontokban történő vizsgálatok összehasonlítására, a jelentkező változások felismerésére, jellegének és tendenciájának meghatározására.

A mérési adatok egyszerűen nyilvánossá tehetőek az internetes portálok és honlapok segítségével, azonban ezek folyamatos karbantartása és üzemeltetése a hiteles tájékoztatás feltétele. Az Internet alkalmazásával naprakész információk biztosíthatók nemcsak a szakemberek és döntéshozók számára, hanem a közvélemény részére is elérhetővé és átláthatóvá teszi a termálvíztestek állapotának alakulását.

### *Javaslatok a meglévő monitoringrendszerek kiegészítésére és módosítására*

A közös monitoringrendszernek reprezentatívnak kell lennie a Mura–Zala határon átnyúló termálvíztestre, és annak mindkét nemzeti részterületére. A Mura–Újfalui/Zagyva Formáció, mint vízadó, jelentős mélysége miatt

nem célszerű új monitoringhálózat létesítése. A közös megfigyelő hálózatot javasoljuk a meglévő monitoringkutakból, illetve a nem működő termálkutakból kialakítani. A monitoringállomásoknak egyenletes területi eloszlásban kell elhelyezkedni figyelembe véve a vízáramlási irányokat, valamint azokat a területeket, ahol legintenzívebb a hasznosítás, illetve amelyek a legkedvezőbb adottságokkal rendelkeznek.

Ezen szempontok alapján 17 kutat választottunk ki a Mura–Zala határon átnyúló termálvíztest területén. A területi részarányok figyelembevételére alapján 5 kutat Szlovéniából és 12-öt Magyarországról (szlovén oldalon: Fi–3, V–66, Pt–31, Do–1 and Rak–1, magyar oldalon: Bázakerettye K–1, Hegyháthodász K–2, Lenti B–33, Lenti K–12, Lenti K–23, Zalakaros K–14, Szentgotthárd B–44, Zalaegerszeg K–193, Zalakaros K–18, Galambok K–7, Letenye K–59 és Nagykanizsa B–62) (9. ábra).

A Lendava és Lenti közötti határ régióban javasoljuk egy új reprezentatív monitoringkút közös létesítését és működtetését, mivel ez a terület rendelkezik a legmagasabb geotermikus potenciállal, valamint a Szlovéniából Magyarországra áramló felszín alatti vízáramlási pálya feltételezhetően ebben a térségben lépi át a határt. Ez a megfigyelő kút adatokkal szolgálna a regionális hidraulikus potenciálról és a határon átáramló termálvíz mennyiségéről is.

## Irodalom — References

- BARCZA M., BÁLINT A., KISS S., SZANYI J., KOVÁCS B. 2011: A Szentos térségi hévíztározó épződmények hidrodinamikai viszonyai szivattyú tesztek kiértékelése alapján. — *A Miskolci Egyetem Közleménye, A sorozat, Bányászat* 81, pp. 245–254.
- BÁLINT, A., BARCZA, M., SZANYI, J., KOVÁCS, B., KÓBOR, B., MEDGYES, T. 2010: Investigation of thermal water injection into porous aquifers. — *1<sup>st</sup> Knowbridge Conference on Renewables. September 27–28, 2010. Miskolc, Hungary. Abstracts*
- CSERNY, T., GÁL, N., JOCHÁNÉ EDELÉNYI, E., JORDÁN, G., ROTÁRNÉ SZALKAI, A., TÓTH, G. & VISZKOK, J. 2009: Déli-Bakony–Zalai-medence regionális hidrogeológiai modell és felszín alatti áramlás szimuláció. — Karsztvíz kutatási projekt, Zárójelentés (Hantken Miksa Alapítvány kutatócsoportja).
- Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No. 15. Guidance on Groundwater Monitoring. Technical Report - 002 – 2007.
- FODOR L., UHRIN A., PALOTÁS K., SELMECZI I., TÓTHNÉ MAKK Á., RIZNAR, I., TRAJANOVA, M., RIFELJ, H., JELEN, B., BUDAI T., KOROKNAI B., MOZETIČ, S., NÁDOR A., LAPANJE, A.: A Mura–Zala-medence vízföldtani elemzést szolgáló földtani-szerkezetföldtani modellje. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2011*, pp. 47–92.
- GRATH, J., WARD, R., BLUM, A., LEGRAND, H., MARTIN, A., BROERS, H. P. 2008: Guidance on Groundwater Status and Trend Assessment, Working group C – Groundwater, Activity WGC-2, “Status Compliance & Trends” — <http://www.sgu.se/> dokument/eu-dokument/guidance-on-groundwater-status-and-trend-assessment.pdf, 79 p.
- JUHÁSZ I., BÁNYAI P., TÓTH L., HAMZA I., RMAN, N., KUMELJ, Š., MOZETIČ, S., NÁDOR A.: Hévízhasznosítási helyzetkép a Mura–Zala-medence területén a 2009. december 31-i állapotra. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2011*, pp. 93–102.
- Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, 2011: Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve 2010–2020. — NFM Kiadvány, 220 p.
- PRESTOR, J., NÁDOR, A., ROTÁRNÉ SZALKAI Á., SZŐCS, T., TÓTH, GY., RMAN, N., LAPANJE, A. 2010: Határon átnyúló vízkészlet-gazdálkodás ajánlások. — Jelentés a „Geotermikus hasznosítások számbavétele, a hévízadók értékelése és a közös hévízgazdálkodási terv előkészítése a Mura–Zala-medencében — T-JAM projekt” keretében. — Kézirat, [www.t-jam.eu](http://www.t-jam.eu), 51 p.
- RAJVER, D., MURÁTI J., TÓTH GY., NÁDOR A., LAPANJE, A.: A Mura–Zala-medence geotermikus viszonyai. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2011*, pp. 103–122.
- SZANYI, J., KOVÁCS, B. 2010: Utilization of geothermal systems in South-East Hungary. — *Geothermics* 39, pp. 357–364.
- Tóth Gy., MURÁTI J., RMAN, N., KRIVIC, J., BIZIAK, M. 2013: A Mura–Zala-medence numerikus áramlási modellje. — *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 2011*, pp. 145–167.
- URBANČIČ, A., SUČIČ, B., MERŠE, S., STANIČIČ, D., LAH, P., ČESEN M., AL MANSOUR, F., PUŠNIK, M., PODGORNIK, A., KOŠNJEK,

Z., BUGEZA, M., BREČEVIČ, D., JAMŠEK, S., BUČAR, A., ROJNIK, E., LAMPIČ, G., TOMŠIČ, G. M., DERVARIČ, E., SKUBIN, G., ŠIJANEC, M. 2011: Draft proposal for a National Energy

Programme by 2030: Active Energy Management. — Institut “Jožef Stefan”, Center za energetska učinkovitost (CEU), Ljubljana.