A Magyarhoni Földtani Társulat 2003. évi vándorgyűlése

A radioaktív hulladékok elhelyezésének földtani környezete

Bátaapáti, 2003. szeptember 11–13.

Előadáskivonatok

1. nap (előadóülés)

2003. szeptember 11.

A Magyarhoni Földtani Társulat 2003. évi vándorgyűlése
A radioaktív hulladékok elhelyezésének földtani környezete, Bátaapáti, 2003. 09. 11–13.

Szervezőbizottság:
Gyalog László
Zimmermann Katalin

A kötetet összeállította:
Gyalog László

Előadóülés programja

1. nap 2003. 09. 11. csütörtök

Előadóülés

10:00–10:10 **Brezsnyánszky Károly (MFT):** Elnöki megnyitó

10:10–10:30 **Ormai Péter, *Nagy Zoltán* (Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kht.):** A radioaktív hulladékok geológiai elhelyezésének aktuális kérdései

10:30–10:50 **Bérci Károly (Erőterv):** Hazai hulladéktárolók (Üveghuta, Püspökszilágy, Boda)

10:50–11:10 **Balla Zoltán (MÁFI):** A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére kutatott Bátaapáti (Üveghutai) telephely földtani felépítése

11:10–11:30 *Szünet*

11:30–11:50 **Király Edit, Koroknai Balázs, Gulácsi Zoltán (MÁFI):** A Mórágyi Gránit magmás és metamorf fejlődéstörténete

11:50–12:10 **Maros Gyula, Dudko Antonyina, Fodor László, Forián-Szabó Márton, Koroknai Balázs, Palotás Klára, Szabadosné Sallay Enikő (MÁFI):** A Mórágyi Gránit szerkezetalakulása

12:10–12:30 **Buda György (ELTE):** Lamprofír jellegű kőzetek a Mecsek hegységi granitoidokban

12:30–12:50 **Buda György (ELTE), Urs Klötzli (Universität Vienna):** A Mecsek hegységi granitoid kora

12:50–13:10 **Szabó Csaba, Gálné Sólymos Kamilla, Falus György (ELTE):** Karbonát anyagú repedéskitöltések fluidum zárvány, pásztázó elektronmikroszkópos és elektron-mikroszondás vizsgálata Üveghuta környékén mélyített fúrások granitoidjában

13:10–14:00 *Ebéd*

14:00–14:20 **Prónay Zsolt, Törös Endre, Fancsik Tamás (ELGI):** Az üveghutai szeizmikus mérések legújabb eredményei

14:20–14:40 **Gulyás Ágnes, Madarasi András, Sörés László, Vértesy László (ELGI):** Az üveghutai geoelektromos mérések eredményei

14:40–15:00 **Zilahi-Sebes László, Szongoth Gábor (Geo-Log):** A mélyfúrás-geofizikai mérések szerepe az integrált értelmezésben az üveghutai kutatásban

15:00–15:20 **Zilahi-Sebes László, Fancsik Tamás (ELGI):** Hidrogeológiai tulajdonságok előrejelzése geofizikai mérések alapján

15:20–15:40 *Szünet*

15:40–16:00 *Horváth István*, **Tóth György, Szőcs Teodóra, Rotárné Szalkai Ágnes (MÁFI), Molnár Péter (Golder):** Az üveghutai telephely vízföldtani kutatása

16:00–16:20 **Tóth György, Horváth István, Rotárné Szalkai Ágnes, Muráti Judit, Szőcs Teodóra (MÁFI),** *Molnár Péter*, **Mező Gyula, Benedek Kálmán, Ács Viktor (Golder), Takács Tamás (Erőterv):** Az üveghutai telephely vízföldtani képe

16:20–16:40 **Szűcs István, Gacsály Mária, Menyhei László, Hámos Gábor, Kovács László (Mecsekérc Rt.):** Fúrólyukban végzett in situ mérések az üveghutai területen

16:40–17:10 *Hámos Gábor, Konrád Gyula, Majoros György* **(Mecsekérc Rt.):** A Bodai Aleurolit Formáció földtani-rétegtani helyzete és szedimentológiája

17:10–17:30 **Kónya József, M. Nagy Noémi (Debreceni Egyetem, Izotópalkalmazási Tanszék):** Üveghutai minták szorpciós tulajdonságai: az ásványos összetétel hatása a megkötődésre és a migrációra

17:30–17:50 **Vita**

17:50–18:00 **Poszterbemutató:**

Szebényi Géza et al.: A bátaapáti A1 és A2 kutatóárok digitális dokumentációja

18:30 *Vacsora*

Tartalomjegyzék

Előadások 1
A radioaktív hulladékok geológiai elhelyezésének aktuális kérdései — Ormai Péter, Nagy Zoltán (Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kht.) 1
Hazai hulladéktárolók (Üveghuta, Püspökszilágy, Boda) — Bérci Károly (Erőterv) 2
A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére kutatott Bátaapáti (Üveghutai) telephely földtani felépítése — Balla Zoltán (MÁFI) 3
A Mórágyi Gránit magmás és metamorf fejlődéstörténete — Király Edit, Koroknai Balázs, Gulácsi Zoltán (MÁFI) 6
A Mórágyi Formáció szerkezetalakulása — Maros Gyula, Dudko Antonyina, Fodor László, Forián-Szabó Márton, Koroknai Balázs, Palotás Klára, Szabadosné Sallay Enikő (MÁFI) 8
Lamprofir-jellegű kőzetek a Mecsek hegységi granitoidokban — Buda György (ELTE, Ásványtani Tanszék) 10
A Mecsek hegységi granitoid kora — Buda György (ELTE, Ásványtani Tanszék), Urs Klötzli (Universität Vienna) 11
Karbonát anyagú repedéskitöltések fluidum zárvány, pásztázó elektronmikroszkópos és elektron-mikroszondás vizsgálata Üveghuta környékén mélyített fúrások granitoidjában — Szabó Csaba, Gálné Sólymos Kamilla, Falus György (ELTE, Kőzettani és Geokémiai Tanszék) 12
A szeizmikus mérések legújabb eredményei Bátaapátiban — Prónay Zsolt, Törös Endre, Fancsik Tamás (ELGI) 14
Az üveghutai geoelektromos mérések eredményei — Gulyás Ágnes, Madarasi András, Sörés László, Vértesy László (ELGI) 15
A mélyfúrás-geofizikai mérések szerepe az integrált értelmezésben az üveghutai kutatásban — Zilahi-Sebess László, Szongoth Gábor (Geo-Log) 16
Hidrogeológiai tulajdonságok előrejelzése geofizikai mérések alapján — Zilahi-Sebess László, Fancsik Tamás (ELGI) 17
Az üveghutai telephely vízföldtani kutatása — Horváth István, Tóth György, Szőcs Teodóra, Rotárné Szalkai Ágnes, (MÁFI), Molnár Péter (Golder) 18
Az üveghutai telephely vízföldtani képe — Tóth György, Horváth István, Rotárné Szalkai Ágnes, Muráti Judit, Szőcs Teodóra (MÁFI), Molnár Péter, Mező Gyula, Benedek Kálmán, Ács Viktor (Golder), Takács Tamás (Erőterv) 21
Fúrólyukban végzett in situ mérések az üveghutai területen — Szűcs I., Gacsályi M., Menyhei L., Hámos G., Kovács L. (Mecsekérc) 25
A Bodai Aleurolit Formáció földtani-rétegtani helyzete és szedimentológiája — Hámos Gábor, Konrád Gyula, Majoros György (Mecsekérc) 27
Üveghutai minták szorpciós tulajdonságai: az ásványos összetétel hatása a megkötődésre és a migrációra — Kónya József, M. Nagy Noémi (Debreceni Egyetem, Izotópalkalmazási Tanszék) 29

Poszterelőadások 30
A bátaapáti A1 és A2 kutatóárok digitális dokumentációja — Szebényi Géza, Bogáth István, Wind Attila (Kömlődi Korrekt Kft), Balla Zoltán, Gyalog László (MÁFI) 30
A földtani dokumentálás új módszerei az üveghutai kutatásban — Gyalog László, Balla Zoltán, Havas Gergely, Turczi Gábor, Albert Gáspár (MÁFI) 31
Háromdimenziós földtani modell szerkesztése egy kis és közepes aktivitású nukleáris hulladékok elhelyezését célzó tároló tervezett telephelyének környezetében (angol nyelvű poszter) — Albert Gáspár (MÁFI) 33
Negyedidőszaki képződmények rétegtani korrelációja a Mórágyi-rög térségében — Koloszár László, Marsi István (MÁFI) 35
Üledékföldtani heterogenitás vizsgálat röntgen computer tomográf alkalmazásával — Hunyadfalvi Zoltán (SZTE, Földtani és Őslénytani Tanszék) 36
Mélyfúrás-geofizikai adatbázis fejlesztése az ELGI-ben — Lendvay Pál (ELGI) 38
Mélyfúrás-geofizikai módszerek alkalmazása gránitban elhelyezendő radioaktív hulladék tároló kutatásában (angol nyelvű poszter) — Zilahi-Sebess László (ELGI), Szongoth Gábor (Geo-Log) 39

Előadások

A radioaktív hulladékok geológiai elhelyezésének aktuális kérdései

Ormai Péter, Nagy Zoltán (Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kht.)

Az elmúlt évtizedben – a nemzeti programok keretében végzett munkának köszönhetően – jelentős tudományos és műszaki haladás történt a hulladéktárolók létesítése területén. A kis és közepes aktivitású hulladékok elhelyezésére számos felszíni és földfelszín alatti tároló üzemel. Kifejezetten hosszú élettartamú hulladékok elhelyezésére épített geológiai tároló 1999-ben kezdett üzemelni Új Mexikóban. Néhány országban – USA, Svédország, Finnország – a kiégett fűtőelemek elhelyezésére szolgáló mélygeológiai tárolók projektjei az építésre vonatkozó döntés közelébe jutottak. A legtöbb ország azonban még évtizedekre van a létesítéstől. A felmerülő akadályok ellenére ez idáig egyetlen országban sem vetették el végleg a geológiai tároló létesítésére vonatkozó döntést, bár sok országban lelassult a telephely-kiválasztási program, néhol megkérdőjelezték a telephelyek kiválasztási folyamatát, másutt pedig további vizsgálatokkal és elemzésekkel alaposabb kiválasztására törekszenek. Mindenesetre a WIPP engedélyeztetésének sikere jelentős lökést adhat a hasonló célú projekteknek, hiszen üzenete egyértelmű: kitartó és következetes szakmai munkával, átható döntési mechanizmussal, a társadalmi párbeszéd hatékony fenntartásával, szigorú, ugyanakkor racionális hatósági engedélyezési eljárás keretében megvalósítható egy ilyen összetett program.

Az átmeneti tárolás területén elért sikerek a hulladéktermelők problémáinak rövid távú, sürgős megoldásra tett erőfeszítésének eredménye. A megnövelt átmeneti tárolási kapacitások csökkentik a végleges elhelyezés céljára szolgáló mélygeológiai tároló megépítésének sürgető kényszerét.

Az elmúlt évtizedben fontos előrehaladást sikerült elérni számos országban a geológia tárolók kialakításához vezető úton, főképpen a telephelyjellemzés területén, a biztonsági elemzésekben, valamint a föld alatti laboratóriumok létrehozásában. A különböző típusú kőzetekkel kapcsolatos információszerzésre, modellek kifejlesztésére és kipróbálására, valamint tárolók kialakításával kapcsolatos technikák kikísérletezésére több helyen föld alatti laboratóriumokat létesítettek. A geológiai tárolók lehetséges helyszínein folytatandó kutatások szerves részeként helyszínspecifikus föld alatti laboratóriumok is működnek.

Nincs lényegi előrehaladás a hulladékok regionális elhelyezése területén, annak ellenére, hogy kevesen vitatják a koncepció helyességét. A kérdés politikailag rendkívül kényes és vitatott. Ennek eredményeként a hangsúly a nemzeti programok kifejlesztésén van.

Hazai hulladéktárolók (Üveghuta, Püspükszilágy, Boda)

Bérci Károly (Erőterv)

Az előadásról kivonat 2003. 09. 08-ig nem érkezett.

A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére kutatott Bátaapáti (Üveghutai) telephely földtani felépítése

Balla Zoltán (MÁFI)

Az atomerőművi kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésének Nemzeti Programja 1993-ban indult meg. A földtani szempontú országos szűrés és a társadalmi elfogadás föltérképezése után 1996-ban három helyszínen egy-egy kutatófúrás mélyült, és összehasonlító biztonsági értékelés készült. Az év végén született meg a döntés, hogy felszín alatti telephely kutatása indul a mórágyi gránitban, Bátaapáti térségében. 1997-ben a térségben telephely-kiválasztás, majd telephelykutatás kezdődött. 1999 közepétől a telephelykutatás politikai okokból szünetelt, s csak 2001 végén indult újra. 2003 szeptemberében elkészült a felszíni kutatás zárójelentése, amely szerint a Bátaapáti (Üveghutai) telephely alkalmas kis és közepes aktivitású radioaktív hulladék elhelyezésére, s a további kutatást felszíni és felszín alatti módszerek kombinációjával kell folytatni. A zárójelentés hatósági jóváhagyása folyamatban van.

A kutatás során 15 db 300–500 m-es és 42 db 10–100 m-es kutatófúrás mélyült, földtani térképezés, továbbá széleskörű felszíni, mélyfúrás-geofizikai és lyukközi geofizikai mérések, valamint geokémiai mintázás mellett kúthidraulikai vizsgálatok zajlottak, földtani, tektonikai fölmérések és összegzések születtek, vízföldtani modellek készültek.

A kutatások új megvilágításba helyezték a mórágyi gránit és üledékes fedője földtani, tektonikai és vízföldtani viszonyait. A fontosabb megállapítások a következők:

- A mórágyi gránit önálló rétegtani egység, a Mórágyi Formáció.
  - A gránit intruzív eredetű képződmény, amelynek meghatározó típusa a porfíros szövetű, uralkodóan monzogránitos összetételű kőzet. Önálló kőzettípus az afíros szövetű monzonit, amely kisebb-nagyobb zárványok mellett km^2-nyi, lefelé növekvő méretű testet alkot. A monzonitos és monzogránitos kőzetek határán asszimilációs jelenségekkel, hibrid kőzetekkel jellemezhető átmeneti sáv van. Mindkét kőzetet gránitporfír-, mikrogránit- és aplittelérek szelik át, amelyek ugyanannak a magmás tevékenységnek az utolsó termékei.
  - A gránit — kőzetteléreivel együtt — regionális metamorfózis következtében változó mértékben palás. A 320 millió év körüli radiometrikus adatok a metamorfózis korát rögzítik, a magmatizmus ennél idősebb. A palásság összességében egy antiklinális jellegű szerkezetet rajzol ki, amely a Mecsekalja-övvel párhuzamos.
  - A gránitban különböző törések — egyedi síkok és vastagabb övek — találhatók. A töréses övek döntő többségére jellemző az agyagásványos kitöltés. Ennek következtében vízvezető képességük a környező grániténál esetenként rosszabb, így torlasztó-szigetelő zónákat képeznek. Az egyéb töréses övek vízvezető képessége is többnyire alig egy nagyságrenddel jobb a környező grániténál. A jelentősebb vízvezető zónák az átlagosnál nagyobb repedezettséggel kapcsolatosak.

- A gránitot a metamorfózis után változatos hidrotermális tevékenység érte, amely különböző hőmérsékletű és összetételű erek és kőzetbontás létrejöttét eredményezte.
- A dombok alatt a gránittest felső részén több tucat m vastagságban mállási kéreg fejlődött ki. Többnyire a mállási kéregben helyezkedik el a talajvíztükör és valósul meg a felszín közeli vízforgalom, amelynek lényege, hogy a talajvíz nagy része oldalirányban mozog, és a szomszédos völgyekben lép felszínre. A gránit belsejébe nagyon kevés víz jut, s amikor ez újra felszín közelbe jut, igen nagy mértékben felhígul, amikor találkozik a felszín közeli vizekkel.
- A gránittest kőzete igen ellenálló, s a mállási kéreg alatt legalább 100 m-rel elhelyezett radioaktív hulladéknak hosszú távú mechanikai védelmet nyújt a legkülönbözőbb behatásokkal szemben. A gránittest vízáramlási rendszere a radioaktív hulladékból esetleg kioldódó anyagokat olyan hosszú pályákra tereli, hogy döntő részük radioaktivitása még a felszín közelébe érés előtt megszűnik, s a maradék koncentrációja a felszín közeli hígulás következtében veszélytelen szintre csökken. A törések és töréses övek agyagásványos kitöltése a vízben oldott radioaktív anyagok egy részét megkötik, s koncentrációjukat tovább csökkentik.

- A Mecsekalja-öv képződményei önálló rétegtani egységet alkotnak, ez az Ófalui Formáció. Felépítésében változatos összetételű és metamorf fokú kőzetek vesznek részt, ami indokolttá teszi, hogy metamorfizált tektonikus megabreccsának tekintsük. Egyik konkrét képződménye — a kontakt metamorfózist szenvedett metahomokkő és metaaleurolit — alig 100-150 m széles és több km-en át követhető sávon belül néhány m-es vastagságú lencséket alkot a gránitban a Mecsekalja-övvel közel párhuzamosan. Ez az egyetlen képződmény, amely a gránittest eredeti köpenyéből származtatható.
- A gránittestet közel ÉK–DNy-i csapású, néhány m vastagságú telérekből álló rajokban trachitok („bosztonitok") szelik át. Ezek a telérek K felől hegyes szögben közelítenek a Mescekalja-övhöz, átszelik azt, és annak ÉNy-i szárnyán is előfordulnak. Bátaapátitól D-re felszínen és mélyfúrásokban egy másik telértípus is előfordul, amely ugyancsak alkáli bazaltos jellegű kőzetekből áll. E telérek minden bizonnyal kréta korúak, de konkrét kapcsolataik nem világosak. Rozsdásserpenyői Formáció néven különíthetők el.
- A gránitra a Geresdi-dombság peremvidékein pannon üledékek települnek, kifelé egyre növekvő vastagságban, befelé kiékelődve. A pannon üledékek három különböző kifejlődésben vannak jelen.
  - A nagyobb völgyek DNy-i vagy DK-i oldalán, a völgytalpak fölött többnyire legalább 8-10 m magasságban finomhomokos üledékek találhatók, nemritkán szórt, jól koptatott kaviccsal.
  - Ugyanezen völgyek másik oldalán, a völgytalpak fölött többnyire legfeljebb 3-4 m magasságban kőzetlisztes-agyagos üledékek találhatók, legalsó részükön durvább, szögletes törmelékkel.
  - Egyetlen helyen, a kőzetlisztes-agyagos kifejődés alatt szürkefoltos vörösbarna tarkaagyagos kifejődés jelenik meg.
  - A két fő kifejlődés egyaránt abráziós eredetű lehet, a jól koptatott kavicsok valószínűleg sekélyebb vízben halmozódtak fel.

- Mindkét abráziós kifejlődés felfelé tisztán agyagos-kőzetlisztes, néhol márgás üledékekbe megy át, amelyek eredetileg valószínűleg jelentős vastagságban fedték a gránittestet, s csak utólag pusztultak le.

- A pannon üledékeket és a Geresdi-dombság központi részén a gránitot negyedidőszaki üledéktakaró fedi, amelyben lösz- és paleotalajszintek váltakoznak. A legalsó paleotalajszint közvetlenül a gránitra települ, így összetételére a gránitos eredet nyomja rá bélyegét. Ez a szint gyakorlatilag a gránit mállásának legelőrehaladottabb terméke. Ezt a paleotalajt lösz fedi, amely a felhalmozódási szünetekben talajosodott. Az így képződő paleotalajszintek már lösz anyagúak. A mélyebb löszrétegek mállás következtében agyagosodtak, vagyis a gránit mállása a lösz felhalmozódása alatt is folytatódott.
- A nagyobb völgyek átvágják a löszt és meredeken gránitba vágódnak. Helyzetük már a pannon üledékek kifejlődéseinek elrendeződésében és feküjének domborzatában felismerhető. A löszfelhalmozódás a völgyeket újra és újra betemette, majd az erózió a löszfelhalmozódás szüneteiben a völgyeket újra és újra kitakarította, és mélyebbre vágta. A lapos völgytalpakon 5-10 m vastagságú üledékösszlet halmozódott fel. Ez alatt a gránit felső részén a völgyek mentén mozgó talajvíz kb. 15 m vastag mállási csatornákat hozott létre, amelyek alatt a gyengén mállott vagy üde gránit éles határral jelenik meg. E völgy menti jó vízvezető csatornákat a vízföldtani modellezés is igazolta.

A Mórágyi Gránit magmás és metamorf fejlődéstörténete

Király Edit, Koroknai Balázs, Gulácsi Zoltán (MÁFI)

A Mórágyi Formációba alapvetően három, egymástól többnyire jól elkülöníthető kőzettípus tartozik: a monzogránitos összetételű alapgranitoid, a melanokrata, kvarcszegény vagy kvarcmentes kőzetzárványok és a leukokrata telérek vagy szegregációk (slírek). A melanokrata kőzetzárványok és az alapgranitoid között makroszkóposan és mikroszkópban megfigyelt kontaktusok, a petrográfiai és a geokémiai vizsgálatok alapján a magmakeveredés jellegzetességeit lehet felismerni, ahol egy bázisos magma felzikus magmával keveredik.

A makroszkóposan megfigyelt kontaktusok az alapgranitoid és a melanokrata kőzetzárványok között többnyire élesek, lefutásuk egyenetlen. Nagyobb méretekben azonban jól megfigyelhetőek a kőzet összetételének fokozatos változása az alapgranitoidtól a melanokrata kőzetzárványokig. A nagyobb melanokrata kőzettestek felé gyakran több, kisebb, melanokrata kőzetzárvány jelenik meg az alapgranitoidban. Ahogyan az alapgranitoidban is megjelennek melanokrata-aggregátumok, úgy a melanokrata kőzetzárványokban is xenokristályok és kvarcmedencék figyelhetőek meg, elsősorban a kontaktushoz közelebb eső részeken.

Az alapgranitoid és a melanokrata kőzetzárvány ásványos összetételben nem, csak az ásványos elegyrészek részarányaiban tér el egymástól. Kivételt képez a piroxén megjelenése, amely kizárólag a melanokrata kőzettestekben fordul elő.

A hibridizáció során a magma, ill. a magmák reológiai fejlődése petrográfiai, szöveti bélyegekben is megnyilvánul. Mivel a felzikus magmába bekerült magasabb hőmérsékletű máfikus magma hűlése gyorsabb, ezért a melanokrata kőzettestek szemcsemérete apróbb, gyakran aggregátumos megjelenésű. A melanokrata kőzetzárványokra jellemző vékony apatittűk kiválása szintén az olvadékból történő, gyors kiválás eredményei. A hűlés vége felé azonban a kétféle magma hőmérséklete kiegyenlítődik, így a késői kiválású ásványok szemcsemérete megnövekszik és zárványdússá válik a melanokrata kőzetzárványokban, míg a korai kiválású, idiomorf ásványszemcséken szabálytalan továbbnövekedések jelennek meg. Feltehetően a lassú hűlés során amfibolosodik, ill. biotitosodik a klinopiroxén is.

Ezt követően válnak jellemzővé a kémiai transzferek, migrációk. A párokban vizsgált alapgranitoid-melanokrata kőzetzárvány-minták geokémiailag nagyon hasonló jellegeket mutatnak. A melanokrata kőzetzárványok többnyire immobilis elemekben enyhén dúsabbak, ritkaföldfém- és nyomelemeloszlásaik azonban hasonlóak. Érdekesség a kontaktusok közelében megjelenő nyomelemdúsulás, amely a kontaktusok által kijelölt pozíciók preferált helyét jelezhetik a migráció során.

A magmák késői fázisában jelennek meg a korai törések, majd ezzel párhuzamosan, ill. ezt követően synplutoni dyke-ok képződnek a törések mentén, melyek mind az alapgranitoidot, mind a melanokrata kőzetzárványokat metszik. Az aplitok több fázisban képződtek.

A metamorf folyamatok — mintegy 320 millió évvel ezelőtt — mindhárom kőzettípust érintették. Az erőteljes regionális metamorf hatás mindenekelőtt a gránittest — térben erősen inhomogén — szerkezeti transzformációjában (palásodásában, keskeny zónákban

milonitosodásában) nyilvánult meg. A palásság regionális csapása ÉK-DNy-i, amelyhez uralkodóan ÉNy-i, egyes részterületeken DK-i dőlésirány társul. Az alábbi képlékeny deformációs események különíthetők el:

D_1: Meredek dőlésű (>75°) palásság (S_1) képződése, melyet erős koaxiális lapulás ("tiszta nyírás") kísér a kőzetekben. A képlékeny alakváltozás az egész komplexumban döntően e deformációs fázishoz kötődik. A palásság helyzete – jelen földrajzi koordinátákra vonatkoztatva – kb. ÉNy–DK-i kompressziót jelez.

D_{2a}: "Lapos" dőlésű (<75°) palásság (S_2) képződése, mely a meredek S_1 palásságot változó mértékben (kőzet és hely függvényében) krenulálja-transzponálja.

D_{2b}: D(K)-i (ritkábban É-i) vergenciájú feltolódásokkal jellemezhető, keskeny milonitos zónák képződése, melyek irányítottsága többnyire a lapos palássággal (S_2) egyezik meg. Ezek képződése az S_2 palássággal (kb.) egyidejű, illetve kevéssel azt követő esemény, mely során az egyszerű nyírás dominál. Gyengébb intenzitású egyszerű nyírás azonban helyenként észlelhető a gránittest más részein is, ahol azonban a deformációs jellegeket uralkodóan még a D_1 fázishoz tartozó lapulás határozza meg.

A ritkábban megfigyelt, elsősorban a meredek palássághoz (S_1) társuló, bizonytalanabb lefelé mutató (tehát normál vetős) nyírásokat, valamint az eltolódásos nyírásokat az észlelések kis száma miatt egyelőre nem tudjuk megbízhatóan beilleszteni a kinematikai fejlődéstörténetbe, ehhez még feltétlenül további vizsgálatok szükségesek.

A kőzetek ásványos összetétele, az egyes ásványok reológiai viselkedése, valamint az elektron-mikroszondával meghatározott pontos ásványösszetételek alapján a metamorf hatás hőmérsékleti viszonyai a képlékeny deformáció során a zöldpala fácies magasabb hőmérsékletű tartományára (>350°C) jellemzőek.

A Mórágyi Formáció szerkezetalakulása

Maros Gyula, Dudko Antonyina, Fodor László, Forián-Szabó Márton, Koroknai Balázs, Palotás Klára, Szabadosné Sallay Enikő (MÁFI)

A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok telephelyének kutatása során vizsgáltuk a Mórágyi Formáció szerkezetalakulását. Terepi méréseket végeztünk a Mórágy, Bátaapáti és Üveghuta körzetében található feltárásokban, két, összesen 1300 méter hosszú kutatóárokban, valamint 14 mély és 6 sekélyfúrásban. A fúrások szerkezeti értelmezését az ImaGeo magszkenner segítségével végeztük. A szkennelt képek orientálásához a GEOLOG Kft. által mért akusztikus lyuktelevíziós (BHTV) méréseket használtuk fel.

A granitoid kőzetcsoportra igen változatos szerkezetalakulás jellemző, amely mind képlékeny, mind töréses szerkezeti elemeket magában foglal.

A *képlékeny* szerkezeti elemek és események értelmezését a kőzet metamorfózisa során keletkezett palásságok és milonit övek elemzésével vezetjük le. A területen legalább két palásság és egy milonit esemény található (MAROS és PALOTÁS 2000). Az idősebb egy gyakorlatilag függőleges palásság, amelyet felülír egy laposabb, 60–70° dőlésszögű palásság. Ez utóbbi síkjaival legtöbbször párhuzamosan deciméteres átlagos vastagságú milonit zónák alakultak ki. A palásságok a kisebb melanokrata testeket a palásság síkjával közel párhuzamos síkba beforgatták. A nyírásirány helyzete a palássági síkokban többnyire igen meredek. Az elmozdulások túlnyomó többsége D-i (DK és DNy közt változó) vergenciájú *feltolódás*, a DK-i dőlésirányú palássággal jellemezhető blokkokban pedig É(K)-i vergenciájú feltolódásokat észleltünk, amelyek az előbb említett feltolódások antitetikus párját alkothatják. Néhány esetben *normál vetős* elmozdulás, kevés (balos és jobbos) *eltolódás* is előfordult, ezek időbeli viszonya az előbbiekhez egyelőre nem világos. A képlékeny deformáció alapjellegét főként a meredek palásság képződéséhez kapcsolódó erős lapulás (tiszta nyírás, koaxiális deformáció) határozza meg, s a milonitos övekben domináns egyszerű nyírás (nem-koaxiális deformáció) szerepe itt jóval alárendeltebb.

A palásság térbeli dőléseloszlása ÉK–DNy-i csapású pásztás szerkezetet mutat. A DK-i pásztában a dőlés DK-i, az ÉNy-i pásztában ÉNy-i, míg a középső pásztában kevert, átmeneti jellegek érvényesülnek.

A *töréses* szerkezetalakulás eseményei közül hatot különítettünk el vetőkarc-elemzés alapján. A krétára datáljuk BENKOVICS et al. (1997) analógiája nyomán az ÉNy–DK-i csapású törések egy részét, a sík menti vörösödést mutató kőzetréseket és a húzásos ÉK–DNy-i irányú feszültségteret, amely a trachiandezit telérek benyomulását lehetővé tette. A paleogénben (BERGERAT, CSONTOS 1988) működhetett a NyÉNy–KDK-i kompressziós feszültségtér. A kora-miocénre tesszük BENKOVICS (1997), FODOR et al. (1999) és CSONTOS et al. (2002) irodalmi analógiák alapján az É–D-i és ÉK–DNy-i kompresszióval jellemzett feszültségtereket. Amennyiben a Mecsekalja-öv nyugati részén a granitoid tömeg valóban a paleogén üledékekre tolódott (BADA et al 2002), akkor ez a pikkelyeződés vélhetően szintén ezekhez a kompresszív erőterekhez köthető. A késő-miocén ÉNy–DK-i húzásos feszültségteret BERGERAT és CSONTOS (1988), BENKOVICS (1997) és CSONTOS et al. (2002) alapján véljük azonosíthatónak a területen. Az általunk kimutatott KÉK–NyDNy-i irányú kompressziós feszültségtér esetében kevesebb környékbeli analógia mutatkozik.

Számos szempont szerint csoportosítva vizsgáltuk a törések és a kitöltések térbeli eloszlását, amely a palássághoz hasonló elterjedést mutat. Ez alapján tömböket különítettünk

el (Déli, Köztes, Északi, Mecsekalja-DK), amelyeken belül egységes irányeloszlást mutatnak a különböző kifejlődésű kőzetek határai, a savanyú kőzettelérek, a zárványok, a palásságok és a törések. A területen meghatározott több, mint száz töréses öv alapján törésmodellt adtunk.

A tömbökkel kapcsolatban két lényeges probléma merült fel: az ÉNy-i tömbökre jellemző ÉNy-i dőlésirány és a DK-i tömbre jellemző a DK-i dőlésirány eredetének kérdése (a Köztes tömböt leginkább a változatosság jellemzi), valamint magyarázatra szorul az irányok viszonylag rövid távolságon belül történő megváltozásának kérdése is. A kérdések megválaszolására több hipotézist dolgoztunk ki, amelyek közül a Köztes tömböt alkotó töréses övezet menti több kilométeres elmozdulást tartjuk a legvalószínűbbnek.

Lamprofir-jellegű kőzetek a Mecsek hegységi granitoidokban

Buda György (ELTE, Ásványtani Tanszék)

A Tiszai-egység ÉNy-i övében (Mórágy és környéke) a mikroklin megakritály tartalmú granitoidban bázisos kőzettestek fordulnak elő A bázisos kőzetek összetétele szienit, monzonit, kvarcmonzonit, mafikus elegyrészei kromitzárványos aktinolitos hornblende (pillit), Mg-biotit és ritkán ferrodiopszid. A plagioklász komplex zónássága savanyú-bázisos magma koegzisztenciáját jelzi. A mikroklin megakristályként és alapanyagként egyaránt megtalálható. Akcesszóriák a titanit, a tűs apatit, allanit, cirkon, pirit, kalkopirit és kromit. A kromit a pillitben Cr-gazdag, a biotitban Fe-gazdag. 52 súly % SiO_2 mellett a kőzet K_2O- és MgO- tartalma nagyobb, mint 3 súly %, a CaO/MgO <1, ΣRFF-tartalom nagy, a könnyű lantanidák, a kompatibilis és inkompatibilis elemekben egyaránt dúsulnak. Ezek a kőzetkémiai jellegek a K- gazdag mészalkáli lamprofiros kőzetekre jellemzők. A izotóp összetétel ($\delta^{18}O$=5‰, $Sr_{(i)}$=0.7083, $\varepsilon Nd_{(340)}$=-5.3) kevert köpeny/kéreg eredetre utal. A savanyú és bázisos magma komplikált egymásra hatása miatt feltehetően tökéletes egyensúlyi rendszer (kihűlési szegély, komplex zónásság stb.) nem alakult ki.

A nagy tömegben előforduló mikroklin megakristály tartalmú granitoid kvarcmonzonit, monzo- ill. szienogránit összetételű, Mg-K gazdag, metaluminium jellegű.

Az izotópgeokémiai jelleg a bázisos testekben és a granitoidokban nagyon hasonló, ami a két magma koegzisztenciáját jelzi. A lamporfiros köpenyeredetű olvadék a granitoid olvadékba nyomult, és együtt kristályosodtak a variszkuszi orogenezis posztkollíziós szakaszába.

A mecseki bázisos testek a mészalkáli lamprofiros eredetű durbachitokkal (Schwarzwald – Fekete-erdő), illetve vaugneritekkel (Vosges) korrelálhatók.

A Mecsek hegységi granitoid kora

Buda György (ELTE, Ásványtani Tanszék), Urs Klötzli (Universität Vienna)

A Mecsek hegységi granitoidok izotóp-kormeghatározása többféle módszerrel történt ásványokon, ill. kőzeteken. A záródási hőmérséklet figyelembevételével a legidősebb kor cirkonon evaporizációs U/Pb módszerrel 608 millió év, a fiatalabb generációjú (S_4, S_{24}, P_5) cirkonok kora 340-350 millió év, ionmikroszondával meghatározott U/Pb-kor 339 millió év (KLÖTZLI et al. prep.).

Az utólagos folyamatokra érzékeny Sr/Rb kor 311 millió év (biotit). Az amfibol K/Ar kora 340 millió év, a biotit hőre érzékenyebb kora 330 millió év (BALOGH et al. 1983).

Az idős kadumi kor (~600 millió év) a parciálisan beolvasztott kéregmaradvány korát jelzi, a magmás kristályosodás kora 340-350 millió év, míg a későbbi folyamatok (pl. kiemelkedés, metaszomatózis, esetleges metamorfózis) kora 330 millió év. Ezeknél fiatalabb korok a vizsgált anyag kishőmérsékletű fluidumok fiatalító hatásának tekinthetők (BUDA 1985).

Irodalom

BALOGH, K., ÁRVÁNÉ-SÓS, E., BUDA, GY. 1983: Chronology of granitoid and metamorphic rocks of Transdanubia (Hungary). — Annuaire de L'institut de Geol. Geophys. LXI, Bucuresti, pp. 359–364.

BUDA GY. 1985: Variszkuszi korú kollíziós granitoidok képződése Magyarország, Ny-Kárpátok és a Központi Bohémiai (Cseh) masszivum granitoidjainak példáin. — Kézirat. Budapest, ELTE Ásványtani Tanszék, 148 p.

KLÖTZLI, U., BUDA, GY., SKIÖLD, T. (in prep.): A starting point for the Mesozoic odyssey of the Tisia Terrane: contraints from zircon typology, geochronology and whole rock Sr-Nd isotope systematics from the Mecsek Mountains (Mórágy Unit, Hungary).

Karbonát anyagú repedéskitöltések fluidum zárvány, pásztázó elektronmikroszkópos és elektron-mikroszondás vizsgálata Üveghuta környékén mélyített fúrások granitoidjában

Szabó Csaba, Gálné Sólymos Kamilla, Falus György
(ELTE, Kőzettani és Geokémiai Tanszék)

Üveghuta környékén mélyített fúrásokból (Üh–4, Üh–5, Üh–22, Üh–23, Üh–26, Üh–27, Üh–28, Üh–29, Üh–30, Üh–36 és Üh–37) származó 54 karbonátos repedéskitöltés szöveti, ásványos és kémiai összetételi, valamint fluidum zárvány vizsgálatát végeztük el. A többnyire néhány cm-es álvastagságú, különböző dőlésszögű repedések döntő többsége milonitos granitoidban található. Több esetben megfigyelhető a granitoid milonitosodását követő jelentős mértékű átalakulás (karbonátosodás, agyagásványosodás és limonitosodás). A repedéskitöltésekben általában megfigyelhetők kisebb-nagyobb szemcseméretű ásvány- (kvarc, agyagásványosodott földpát, kloritosodott biotit vagy amfibol) és kőzettörmelékek (főleg granitoid, ritkán aplit és dolomit), amelyek elsősorban a falkőzet mellett jelennek meg a repedéskitöltés legidősebb anyagában.

A repedéskitöltések négy típusa különíthető el:

- kvarc-kalcit;
- dolomit-kalcit;
- dolomit;
- kalcit.

A **kvarc-kalcit** anyagú repedéskitöltésben először egy magas hőmérsékletű (~250-300°C?) oldatrendszer migrált, amiből finomszemcsés, zárványdús, majd idiomorf, zárványszegény kvarc vált ki. Ezt követően durvakristályos, fluidum- és szilárdzárványokban gazdag kalcit keletkezett egy kémiailag erősen különböző és alacsonyabb hőmérsékletű oldatból.

A **dolomit-kalcit** típusú repedéskitöltésben először egy magas hőmérsékletű, zónás dolomit keletkezett. A dolomit legfiatalabb öve bepárlódásra utaló oszcillációs zónásságot mutat. Ezt követte egy fiatalabb hidrotermális fázishoz kapcsolódó kalcitkiválás, amelyekben előforduló elsődleges fluidumzárványok alacsony hőmérsékleten (100 °C alatt) bezáródott, kis sótartalmú vizekből származhatnak.

A tisztán **dolomitos** összetételű repedéskitöltés lényegében csak abban különbözik az előző csoport repedéskitöltésétől, hogy a kalcit nem jelenik meg.

A leggyakoribb **kalcitos** repedéskitöltésben a kalcit durvakristályos, a mellékkőzetből származó ásvány- és kőzettörmelékekben, továbbá fluidum-zárványban gazdag. Ritkán a kalcit mellett, attól fiatalabb kalcedon ill. dolomit megjelenése eredményezte a repedés teljes kitöltődését. A fluidum-zárványok alapján két típusú hidrotermális oldat különíthető el. Előfordulnak alacsony hőmérsékletű (100-150 °C között) és erősen változó szalinitású oldatok, amelyekhez hasonlókat a kvarc-kalcit és a dolomit-kalcit repedéskitöltés kalcitjában sikerült azonosítani. Néhány minta kalcitja azonban nagy homogenizációs hőmérsékletű (180-280°C) és alacsony-közepes átlagos sótartalmú fluidum-zárványokat tartalmaz, amelyek különböző sűrűségű, egymással nem, vagy csak részlegesen keveredő

oldatokat képvisel. Ezek a fluidum-zárványok megőrízhettek egy olyan magas hőmérsékletű hidrotermális oldatrendszert, amely nem mutat genetikai, tér- vagy időbeli kapcsolatot az ugyancsak magas hőmérsékletű és főleg dolomitot eredményező hidrotermális tevékenységgel.

A szeizmikus mérések legújabb eredményei Bátaapátiban

Prónay Zsolt, Törös Endre, Fancsik Tamás (ELGI)

A Bátaapátiban végzett kutatások során olyan földtani feladatok merültek fel, amelyek megoldása új, Magyarországon rutinszerűen nem használt szeizmikus módszerek felhasználását igényelték.

Ezek egyike az S-hullám sekélyreflexió. Az S (transzverzális) hullámok felhasználásának sok előnye van a megszokott P (longitudinális) hullámokat használó mérésekkel szemben. Egyrészt, mivel az S hullámok folyadékban és gázban nem terjednek, a víztartalom nem befolyásolja a sebességét, míg a P-hullámoknál laza üledékekben a víz „homogenizálja" a sebességteret, ezért a rétegsort jobban leképezi. Másrészt a sebessége fele, negyede a P-hullámének, így hullámhossza, és ami ezzel jár, felbontása is ilyen arányban javul. Harmadrészt, a kis sebességek miatt az egyes hullámtípusok időben jobban szétválnak, ezért kisebb mélységek is leképezhetők, mint az ugyanolyan paraméterekkel mért P-hullám mérések esetén.

A másik új módszer a 3D bemerülőhullám tomográfia. Bemerülőhullám olyan esetben jön létre, amikor a rétegsor sebessége lefelé monoton nő. Ilyen esetben az eredetileg lefelé induló, de út közben folyamatosan megtörő hullám visszatér a felszínre. Ennek a hullámtípusnak a határesete a jobban ismert refrakció, amikor a sebességnövekedés ugrásszerű. Megfelelően tervezett terítési rendszerrel a módszer három dimenzióban leképezi a rétegsort az aktuális sebességtér által megengedett mélységig.

Előadásunkban az alkalmazott módszerek rövid ismertetése után bemutatjuk a Bátaapátiban 2002-2003-ban végzett mérések eredményeit is.

Az üveghutai geoelektromos mérések eredményei

Gulyás Ágnes, Madarasi András, Sörés László, Vértesy László (ELGI)

A tervezett tároló kutatásában a felszíni geoelektromos módszereket a terepi kutatások megindulásától alkalmaztuk. A kutatási tervekben fontos szerepet szántunk a különböző feladatok megoldására a geoelektromos és elektromágneses módszereknek. 1996-1997-ben a telephely-kiválasztás és a telephely alkalmassági vizsgálatok során az egyéb kutató módszerek mellett csak alárendelten kerültek alkalmazásra. A terepi munkák 2002. évi újraindulásakor mennyiségben és az alkalmazott módszerekben jelentős bővülés történt.

Egyenáramú és tranziens elektromágneses szondázásokkal kutattuk a gránit felszínét. A mérési adatok alkalmasnak bizonyultak a gránit feletti fiatal üledékösszlet tagolására is.

A mérési pontok szigorú hálózatos (50×50m) elhelyezésével megfelelő adatsűrűséghez jutottunk a telephely központi, mintegy 1 Km2-es részén. Ez alapján jó felbontásban megszerkesztettük a gránit (G I zóna) és a idős lösz felszínének domborzati térképét. Egyes részletek pontosítására sűrű mintavételezésű sokelektródás egyenáramú méréseket alkalmaztunk.

A 2003. évi terepi időszakban a tároló tágabb környezetére terjesztettük ki a méréseket, 250×250 m-es kvázi hálózatos elrendezést alkalmazva.

A völgytalpakon a felszínen vagy a felszín közelében lévő gránit felett elektromos méréseket is magukban foglaló komplex módszer együttessel kutattuk a gránit homogenitását. A mérések alapján a gránit (felszínközeli része) blokkosodott jellege volt megállapítható és néhány helyen töréseket indikáltunk.

Magasfrekvenciás, mesterséges forrással kiegészített magnetotellúrikus mérésekkel vizsgáltuk a gránit homogenitását a kutatási terület központi részén, a 0–500 m-es mélységtartományban. Hálózatban elhelyezett mérések adatainak szelvényenkénti 2D inverziójával megszerkesztettük a gránit területi ellenellás-eloszlását 50 m-kénti szintekre.

A mélyfúrás-geofizikai mérések szerepe az integrált értelmezésben az üveghutai kutatásban

Zilahi-Sebess László, Szongoth Gábor (Geo-Log)

A mélyfúrás-geofizikai módszerek közismerten a fúrómagvizsgálati eredmények és a felszíni mérések közti hidat alkotják. A közvetítő szerepen felül a mélyfúrás-geofizikai mérések önmagukban is fontos információt szolgáltatnak a felszíni-geofizikai mérések értelmezéséhez. A mélyfúrás-geofizika eszköztára tartalmazza az összes fizikai elvet, amit a felszíni-geofizikai méréseknél alkalmazunk, ezért nélkülözhetetlen majdnem minden módszer modellezésénél.

Az előadásban a fentiek közül az alábbi területeket emeljük ki:

Korreláció: amely során a negyedidőszakban a mélyfúrás-geofizika alapján felállított sztratigráfiai egységeket egyeztetjük a szedimentológiával és a mállási kérget zónákra osztjuk a (geo)fizikai paraméterek alapján.

Tektonikai rekonstrukcióhoz és a hidrogeológia értelmezéshez való hozzájárulás:

- az akusztikus lyuktelevíziós mérés alapján képet adunk az egyes repedések településéről, nyitottságáról,
- megkíséreljük meghatározni a töréses zónák települését,
- lehetővé tesszük a magszkenner felvételek orientálását,
- a hőimpulzusos áramlásmérésekkel meghatározzuk az aktív repedések helyét, a beáramlás mértékét.

Geotechnikai paraméterek meghatározása:

- a mélyfúrás-geofizikai mérések és a fúrómag vizsgálatokból nyert geomechanikai paraméterek összehasonlító vizsgálatából többlet információt kapunk a kőzet várható geotechnikai paramétereiről a kőzetfeszültség csökkenésekor,
- a tapasztalatok szerint a fajlagos ellenállás jól jelzi a töréses öveket, trendje alapján előre "jósolható" a törési zóna jelenléte.

A mélyfúrás-geofizikai mérések szerepe az integrált értelmezésben az üveghutai kutatásban

Zilahi-Sebess László, Szongoth Gábor (Geo-Log)

A mélyfúrás-geofizikai módszerek közismerten a fúrómagvizsgálati eredmények és a felszíni mérések közti hidat alkotják. A közvetítő szerepen felül a mélyfúrás-geofizikai mérések önmagukban is fontos információt szolgáltatnak a felszíni-geofizikai mérések értelmezéséhez. A mélyfúrás-geofizika eszköztára tartalmazza az összes fizikai elvet, amit a felszíni-geofizikai méréseknél alkalmazunk, ezért nélkülözhetetlen majdnem minden módszer modellezésénél.

Az előadásban a fentiek közül az alábbi területeket emeljük ki:

Korreláció: amely során a negyedidőszakban a mélyfúrás-geofizika alapján felállított sztratigráfiai egységeket egyeztetjük a szedimentológiával és a mállási kérget zónákra osztjuk a (geo)fizikai paraméterek alapján.

Tektonikai rekonstrukcióhoz és a hidrogeológia értelmezéshez való hozzájárulás:

- az akusztikus lyuktelevíziós mérés alapján képet adunk az egyes repedések településéről, nyitottságáról,
- megkíséreljük meghatározni a töréses zónák települését,
- lehetővé tesszük a magszkenner felvételek orientálását,
- a hőimpulzusos áramlásmérésekkel meghatározzuk az aktív repedések helyét, a beáramlás mértékét.

Geotechnikai paraméterek meghatározása:

- a mélyfúrás-geofizikai mérések és a fúrómag vizsgálatokból nyert geomechanikai paraméterek összehasonlító vizsgálatából többlet információt kapunk a kőzet várható geotechnikai paramétereiről a kőzetfeszültség csökkenésekor,
- a tapasztalatok szerint a fajlagos ellenállás jól jelzi a töréses öveket, trendje alapján előre "jósolható" a törési zóna jelenléte.

Hidrogeológiai tulajdonságok előrejelzése geofizikai mérések alapján

Zilahi-Sebess László, Fancsik Tamás (ELGI)

A környezeti szennyeződések döntő része a felszín alatti vizekkel terjed, ezért fontos az egyes képződmények szennyeződés érzékenységének vizsgálata, amely azok porozitásának, permeabilitásának, ionabszorpciós képességének a függvénye. Ezek a paraméterek geofizikai mérések alapján becsülhetők. A vízvezető térrészek mindig valamilyen repedezettséghez kapcsolódnak. A vízvezető repedezettség többnyire valamilyen nagyobb térfogatra kiterjedő mechanikai és a gyakran ezzel járó kémiai elváltozásokhoz kapcsolódik. A kristályos kőzetek porozitása általában kicsi ezért sok esetben a kőzet sűrűsége alig változik, azonban az elektromos ellenállásban és a szeizmikus hullámterjedési sebességben már kis mértékű bontottság is jól mérhető eltéréseket jelenthet.

A mérésekből szerzett tapasztalatok szerint a felszíni-geofizikai mérések elektromos ellenállás – szeizmikus sebesség összefüggése erősen hasonlít a mélyfúrás-geofizikai mérések alapján megállapíthatóhoz. A tapasztalatok szerint a mélyfúrás-geofizikai mérések alapján felállított elvi permeabilitás-görbék menete hozzávetőlegesen korrelál a gyorstesztek alapján meghatározott szivárgási tényezőkkel. Ebből következik, hogy a mélyfúrás-geofizikai mérések alapján a hidrogeológiai adatokra normált empirikus összefüggések a felszíni mérések közti kapcsolatokra is átvihetők, vagyis azokból a kőzetek potenciális áteresztőképességére információt nyerhetünk. Az így becsült paraméterek és a valóságos áteresztőképesség közt a repedések különböző kitöltöttségi állapotából következően nagyságrendi eltérések is lehetnek, ám a gyengült zónákat jellemző átlagos paraméter hasznos lehet a hidrogeológiai modellezés számára.

Az üveghutai telephely vízföldtani kutatása

Horváth István, Tóth György, Szőcs Teodóra, Rotárné Szalkai Ágnes, (MÁFI), Molnár Péter (Golder)

A kis és közepes aktivitású hulladékok elhelyezésére alkalmas terület kiválasztását országos szűrés előzte meg. Az országos szűrés alapja **olyan lefelé áramlással jellemzett térrész keresése volt, ahol nincs jelentősebb vízadó képződmény.** (Ezt a szűrési koncepciót a szakirodalomba később Tóth József Recharge Area Concept, „RAC"néven vezette be). Ez a megoldás biztosítja azt, hogy az itt elhelyezésre kerülő hulladékból oldott formában csak hosszú és lassú áramlást követően juthat a bioszférába, az addig még meg nem kötődött, le nem bomlott, ugyanakkor már felhígult szennyezőanyag. A szűrés azt is biztosította, hogy az országon belül a legkedvezőbb helyek kerülhessenek kiválasztásra, mind a felszíni, mind a felszín alatti elhelyezés szempontjából.

A szűrés során kijelölt néhány terület (Udvari, Diósberény és Üveghuta) felderítő jellegű kutatásai alapján már kijelölhető volt az a terület, melyen az áramlási rendszer részletes kutatását is érdemes volt elvégezni. Ez a felszín alatti elhelyezés szempontjából legalkalmasabbként jelentkező **Bátaapáti (Üveghuta) – Mórágy körzete** volt.

A feladat tehát az itteni áramlási rendszer megismerése volt a rendelkezésre álló legkorszerűbb eszközök és módszerek felhasználásával. A kutatások során ügyelni kellett arra, hogy a földtani gát leglényegesebb elemét jelentő áramlási szakasz, azaz a lehetséges telephely és a feláramlási zóna közötti térrész a feltárások során ne károsodjon.

A kutatás vezérfonalát a 3D áramlási és transzport-modellezés által igényelt információk megfelelő biztosítása adta.

Az áramlási rendszer vizsgálatának főbb elemei a beszivárgástól a felszínre jutási (megcsapolási) helyekig a következők voltak:

1. Klimatikus viszonyok (csapadék, hőmérséklet, légnyomás, stb) vizsgálata a környezet meglévő és a kutatások során telepített meteorológiai állomás adatai alapján.

2. A háromfázisú, vagyis a talajvízszint feletti zónában végbemenő folyamatok (beszivárgás, párolgás, felszíni lefolyás) vizsgálata

- a felszíni vízfolyások hozam, hőmérséklet és vízminőségi adatainak gyűjtésével időben részletes monitoring-állomásokon és térben részletes expediciós terepi reambulációkkal,
- a háromfázisú zónát feltáró kutató aknákban (ásott kutakban) végzett hidrofizikai és tríciumprofil vizsgálatokkal,
- a dombtetőkön, domboldalakon és a völgytalpakon telepített sekélyfúrások talajvízszint idősorainak elemzésével, és a
- a talajvizek vízgeokémiai modellezése segítségével.

3. A kétfázisú zóna áramlási és transzportviszonyainak vizsgálata alapvetően két jelentősebb egység: a talajvíz zónájának és a gránittestnek a hidrogeológiai megismerését jelentette.

- A terület nagy részén a mállott gránitban lévő talajvíz zónáját 15-80 méter mélységű fúrásokkal vizsgáltuk. A fúrásokat kúttá képeztük ki, azokon hidraulikai teszteket végeztünk. A dombtetőkön és a domboldalakon telepített kutakkal a beszivárgási eseményeket követhetjük nyomon. (A dombtetői fúrásokban a talajvíz szintje 50 és 87 méter mélységű). A völgytalpakon a megcsapolási és feláramlási viszonyokat

vizsgáltuk 15-30 méteres sekély-kutakkal (és szondákkal), de 4 feláramlási helyen 20 és 50 méteres tagból álló kútpárt, 3 helyszínen nyomjelzéses anyagáramlás-vizsgálathoz szükséges kútcsoportot is telepítettünk. Valamennyi sekélyfúrás a környezeti monitoring része lett. Valamennyi monitoring kútban folytonos a vízszint-regisztráció. A kutak egy részében havonkénti gyakoriságú vízminőség-vizsgálat is folyik. A kútcsoportoknál egy központi termeltetett figyelőkúttal és három, különböző nyomjelző anyaggal ellátott besajtoló kúttal elvégeztük a völgytalpi transzportfolyamatok megértésére, leírására szolgáló tracer teszteket. Ugyancsak a mállott zóna vízföldtani tulajdonságait ismerhettük meg a telephely körzetéhez legközelebbi völgyek kutatóárkainak vízhozam és vízminőségi vizsgálatával.

- A gránittest vízföldtani megismerését mélyfúrásos kutatással végeztük. A dombtetőkön (tehát zömmel a lefelé szivárgási területeken) 1 db 500 méteres, 3 db 400 méteres, 2 db 380 méteres és 6 db 300 méteres fúrásban végeztünk rövid és hosszú idejű hidraulikai teszteket a természetes potenciálviszonyok és az egyes pakkeresen vizsgált gránitszakaszok vízvezetési jellemzőinek megismerésére. Fúrásonként általában 3-4 szakaszból részletes hidrogeokémiai és izotóphidrológiai vizsgálatra alkalmas mintát is vettünk. A 300 méteres mélyfúrások közül 2 db ferde fúrás a kutatás kezdetekor felismert alacsonyabb nyomású zóna megismerésére irányult. A fúrások közötti terület vízföldtani tulajdonságainak megismerésére 3 helyszínen (és alkalommal) végeztünk interferencia vizsgálatot. A fúrásokból víztermelés mellett nagypontosságú áramlásméréseket is készítettünk a beáramlásokat produkáló repedések, törések azonosítására.
- A gránittest völgytalpak alatti részét 2 db 300 méteres fúrással vizsgáltuk. E fúrásokkal a részben oldalirányú, részben felfelé irányuló áramlási rész nyomás és vízminőségi viszonyait tártuk fel összeköttetést biztosítva a dombtetői mély- és a völgytalpi sekélyfúrási adatok között.

A kutatások eredményeképpen adatokat szolgáltattunk a vízföldtani modell térbeli egységeinek megadásához, az utánpótlódási és megcsapolási peremfeltételekhez. A modellezések kalibrációjához a vízföldtani kutatások nyomán megadható volt a potenciáltér és rendelkezésre álltak a megcsapolási helyek vízhozam-adatai is. A transzport folyamatok kalibrációjához megadtuk a korjelző izotópok (^{18}O, D, ^{14}C) térbeli eloszlását is.

A vízföldtani kutatások és az elvégzett értelmezések alapján megadható fontosabb eredmények

- A 2002-2003 év felszíni földtani kutatás vízföldtani munkálatai megerősítették a korábbi kutatások során meghatározott általános vízföldtani képet, ugyanakkor számos részletben ismereteink pontosabbá váltak.
- A kutatások alapvetően az áramlási rendszer megismerésére irányultak. A megismerés eredményei nagymértékben annak köszönhetők, hogy már a kutatások kezdeténél áramlási modellek kialakításával segítettük a kutatási objektumok kiválasztását, tervezését és megvalósítását. Az integrált értelmezés ismertetésének vezérfonalát is az áramlási rendszer biztosította.
- A háromfázisú zóna eddigi feltárásai, az itt meghatározott tríciumprofil értelmezése pontosították a beszivárgási folyamatról alkotott képet, és ez jó összhangban van a területen végzett vízhozammérésekből számítható értékekkel.
- A területen üzemelő észlelő rendszer eddigi mérései alapján a talajvíz szintje csak kis mértékben változik, azaz az innen a völgytalpak felé irányuló vízáramlások hozamai

időben stabilak. A vízhozammérőknél kimutatható alapvízhozam-ingadozások nagy részét a völgytalpakon lejátszódó folyamatok (beszivárgások és párolgások) okozzák.

- A terület mellékvölgyeinek kis- és középvizei a fővölgyek közelében több helyen elnyelődnek, és az alluviális völgykitöltések alatti mállott kéreg áramló vízhozamát növelik, (növelve egyúttal az itteni feláramló vizekre gyakorolt hígító hatást).
- A telephely körzetében a természetes feláramlási helyeken, a felszíni vizekben, patakokban, forrásokban feláramló mélységi vizet vízgeokémiai módszerekkel kimutatni nem tudtunk.
- Az ugyanezen zónákban mélyült kis fúrások (15–50 m) közül csupán csak egy fúrásban (Mó–6) észleltünk mélységből származó vizet és két fúrásban (Üh–18 és Üh–32A) kisebb mértékű mélységi víz hozzákeveredést.
- A telephelyi fúrások többsége általában lefelé csökkenő potenciálú területre, a két völgytalpi mélyfúrás pedig részben feláramló övezetbe esik.
- A vízkémiai változások tükrözik a minta áramlási rendszeren belüli helyét a megtett utat, a beszivárgás óta eltelt időt. Az idő növekedésével csökken a fajlagos elektromos vezetőképesség, a kalcium, magnézium, bikarbonát, szulfát, és növekszik a nátrium koncentrációja.
- A ^{14}C mennyiségéből megfelelő korrekcióval elfogadható években kifejezhető kort számíthatunk.
- A víz két stabil izotópja tükrözi a beszivárgás kori éghajlati viszonyokat, ennek alapján idő szerint két nagy csoportra oszthatjuk a vizeket (holocén — fiatal pleisztocén), ami ennek megfelelően kor besorolást is biztosít.
- A telephely körzetére összefoglalóan elmondható, hogy ott dominánsan alacsony (100-250 m/10 000 év) sebességű, lefelé irányuló repedésvizes áramlással számolhatunk.
- A vízgeokémiai adatok térbeli megoszlása alapján a telephely egy déli és egy északi részre bontható, az északi részen a fiatal vizek nagyobb mélységig húzódnak le, az azonos korú vizek az északi területen 100-150 méterrel mélyebben vannak.

Végül meg kell említeni, hogy a földtani védelem leglényegesebb elemét biztosító felszín alatti vízáramlási rendszert úgy sikerült megismerni, hogy annak védelmi funkcióját a feltáró objektumok nem sértették meg.

Az üveghutai telephely vízföldtani képe

Tóth György, Horváth István, Rotárné Szalkai Ágnes, Muráti Judit, Szőcs Teodóra (MÁFI), Molnár Péter, Mező Gyula, Benedek Kálmán, Ács Viktor (Golder), Takács Tamás (Erőterv)

A vízföldtani kutatások *célja* a telephely földtani alkalmasságának megítéléséhez szükséges adatok és értékelések biztosítása, *feladata* a vízföldtani kép pontosításához szükséges vizsgálatok elvégzése volt. A vízföldtani feladatok alapvetően ***a vízföldtani kép*** megismerésére irányultak. Mind a megismerési, mind az alkalmassági vizsgálatoknál ***áramlási és transzportmodelleket*** használtunk.

A vízföldtani modellezést az alábbi témakörökben végeztünk:

- a háromfázisú zóna modellezése,
- a kétfázisú zóna modellezése.

A háromfázisú zóna modellezésének célja bemeneti adatok szolgáltatása a telephely és környezete vízföldtani modelljéhez a háromfázisú zónában lejátszódó folyamatokról. Általános *feladata* a vizsgált ásott kutak környezetére a vízháztartás egyes elemeinek — a beszivárgásnak, a párolgásnak, a felszíni lefolyásnak és a talajnedvesség-tározódás alakulásának — meghatározása, konkrét feladata a leszivárgó vízsebesség alakulásának, valamint a vízben oldott anyagok, izotópok transzportjának bemutatása volt

A két szelvényben mélyített 3 új ásott kút (K2, K3 és K4) helyét úgy választottuk ki, hogy a már meglévő Üh–1 fúrás melletti K1 ásott kúttal együtt lehetőséget biztosítson a beszivárgási folyamatok pontosítására a telephely és közvetlen környezete területén. Az ásott kutakból szerzett kőzetfizikai, vízföldtani, izotóphidrológiai (trícium) és vízminőségi adatok alapot szolgáltattak a háromfázisú zónában végbemenő folyamatok reprodukálása számára, amelyhez kétféle numerikus modellt használtunk. Az egyik a HELP, amely a nemzetközi gyakorlatban a háromfázisú zóna legelterjedtebb, kereskedelmi forgalomban kapható vízháztartási modellje, a másik a DISNIT2 modell, amelynek alkalmazása a hazai radioaktív hulladéklerakóhely-kutatásokban (Ófalu, Püspökszilágy, Udvari és Üveghuta) mára rutinszerűvé vált (Kivitelezője a GWIS Kft., Deák József volt). A két szoftvert párhuzamosan használtuk, hogy vizsgálatainkat mind az eddigi hazai eredményekkel, mind a nemzetközi gyakorlattal össze tudjuk vetni.

A kétfázisú zóna modellezésében az alábbi modellekkel dolgoztunk:

- telephelykörnyéki modellek,
- telephelyi modellek,
- lokális modellek.

A telephelykörnyéki modellek célja a telephely környezetében végbenő áramlási és transzportfolyamatok mennyiségi leírása, kvantifikálása. *Feladata* a telephely és a környezete vízföldtani kapcsolatainak feltárása, a telephelyen keresztülmenő áramlási pályák meghatározása volt. További feladata volt még a radioaktív izotópok felszínre jutási idejének és koncentrációjuk hígulási mértékének meghatározása.

A kutatások során azt a módszert választottuk, hogy a terepi munkákkal párhuzamosan végezzük a vízföldtani modellezést, a kutatás során kapott új információt fokozatosan építve be a modellekbe. A modellezésben a MÁFI, a Golder és az Erőterv kutatói vettek részt. Mivel a modellezés során felmerülő feladatok megoldására és a problémák

Az üveghutai telephely vízföldtani képe

Tóth György, Horváth István, Rotárné Szalkai Ágnes, Muráti Judit, Szőcs Teodóra (MÁFI), Molnár Péter, Mező Gyula, Benedek Kálmán, Ács Viktor (Golder), Takács Tamás (Erőterv)

A vízföldtani kutatások *célja* a telephely földtani alkalmasságának megítéléséhez szükséges adatok és értékelések biztosítása, *feladata* a vízföldtani kép pontosításához szükséges vizsgálatok elvégzése volt. A vízföldtani feladatok alapvetően ***a vízföldtani kép*** megismerésére irányultak. Mind a megismerési, mind az alkalmassági vizsgálatoknál ***áramlási és transzportmodelleket*** használtunk.

A vízföldtani modellezést az alábbi témakörökben végeztünk:

- a háromfázisú zóna modellezése,
- a kétfázisú zóna modellezése.

A háromfázisú zóna modellezésének célja bemeneti adatok szolgáltatása a telephely és környezete vízföldtani modelljéhez a háromfázisú zónában lejátszódó folyamatokról. Általános *feladata* a vizsgált ásott kutak környezetére a vízháztartás egyes elemeinek — a beszivárgásnak, a párolgásnak, a felszíni lefolyásnak és a talajnedvesség-tározódás alakulásának — meghatározása, konkrét feladata a leszivárgó vízsebesség alakulásának, valamint a vízben oldott anyagok, izotópok transzportjának bemutatása volt

A két szelvényben mélyített 3 új ásott kút (K2, K3 és K4) helyét úgy választottuk ki, hogy a már meglévő Üh–1 fúrás melletti K1 ásott kúttal együtt lehetőséget biztosítson a beszivárgási folyamatok pontosítására a telephely és közvetlen környezete területén. Az ásott kutakból szerzett kőzetfizikai, vízföldtani, izotóphidrológiai (trícium) és vízminőségi adatok alapot szolgáltattak a háromfázisú zónában végbemenő folyamatok reprodukálása számára, amelyhez kétféle numerikus modellt használtunk. Az egyik a HELP, amely a nemzetközi gyakorlatban a háromfázisú zóna legelterjedtebb, kereskedelmi forgalomban kapható vízháztartási modellje, a másik a DISNIT2 modell, amelynek alkalmazása a hazai radioaktív hulladéklerakóhely-kutatásokban (Ófalu, Püspökszilágy, Udvari és Üveghuta) mára rutinszerűvé vált (Kivitelezője a GWIS Kft., Deák József volt). A két szoftvert párhuzamosan használtuk, hogy vizsgálatainkat mind az eddigi hazai eredményekkel, mind a nemzetközi gyakorlattal össze tudjuk vetni.

A kétfázisú zóna modellezésében az alábbi modellekkel dolgoztunk:

- telephelykörnyéki modellek,
- telephelyi modellek,
- lokális modellek.

A telephelykörnyéki modellek célja a telephely környezetében végbenő áramlási és transzportfolyamatok mennyiségi leírása, kvantifikálása. *Feladata* a telephely és a környezete vízföldtani kapcsolatainak feltárása, a telephelyen keresztülmenő áramlási pályák meghatározása volt. További feladata volt még a radioaktív izotópok felszínre jutási idejének és koncentrációjuk hígulási mértékének meghatározása.

A kutatások során azt a módszert választottuk, hogy a terepi munkákkal párhuzamosan végezzük a vízföldtani modellezést, a kutatás során kapott új információt fokozatosan építve be a modellekbe. A modellezésben a MÁFI, a Golder és az Erőterv kutatói vettek részt. Mivel a modellezés során felmerülő feladatok megoldására és a problémák

vizsgálatára az egyes szoftverek eltérő mértékben alkalmasak, a modellezéshez többféle, a nemzetközi gyakorlatban kipróbált és elfogadott szoftvert használtunk. A MÁFI-ban a VModFlow szoftvert, a Goldernél a FeFlow, az Erőtervnél az Aqua3D szoftvert alkalmaztuk.

Az újabb mélyfúrások szolgáltatta részletes térbeli potenciálkép alapján eltérő hidrogeológiai viselkedésű testeket határoztunk meg, és azokat összevetettük a törésmodellben meghatározott szerkezetek és regionális blokkok helyzetével. A FeFlow és a VModFlow modellezésekhez szükséges közös alapok kialakítása ezzel befejeződött, ez után a kétfajta modellezéssel különböző feladatok megoldását végeztük. A VModFlow szoftverrel a korjelző oxigén-izotóp eloszlását szimuláltuk, míg a FeFlow szoftverrel a telephely területéről induló vízrészecskék felszínre érkezési idejét és három feltételezett tároló-helyszínről induló szennyezőanyag transzportját számítottuk.

A telephelyi modellek célja adatszolgáltatás a telephelykörnyéki modellek és a biztonsági értékelés számára, *feladata* a tervezett tároló környezetében lejátszódó szivárgáshidraulikai és transzportfolyamatok vizsgálata, előrejelzése a telephelyre vonatkozó földtani, vízföldtani és geofizikai adatok integrálásával. A telephelyi modelleket a Golder szakemberei alakították ki.

A telephely vízföldtani modellezését a FeFlow és a FracMan szoftverekkel végeztük. A Golder által kifejlesztett FracMan szoftver hidrogeológiai törésmodell, amely az áramlási rendszert összefüggő repedések hálózataként képezi le. A szoftver sztochasztikus repedéshálózatot generál a repedések irányának, méretének, gyakoriságának és térbeli elrendeződésének a feltárásokban mért adatokra kalibrált eloszlási valószínűségei alapján.

A felszíni kutatás egyik alapvető célja annak a vizsgálata, hogy a beszivárgási terület mélyén elhelyezendő hulladéktárolóból feltételesen kiszabaduló szennyeződésekből menynyi az a rész, amely eléri a feláramlási övezetet, és ott milyen mértékben hígulhat, keveredhet. Éppen ezért a nyomjelzéses vizsgálatokra kijelölt kútcsoportok körzetére *lokális áramlási modelleket* alakítottunk ki. A modellezéseknél külön gondot fordítottunk a terepi vízföldtani reambulációk és vízhozam-mérések során felismert völgytalpi felszíni-felszín alatti vízkapcsolatokra.

A vízföldtani kutatások integrált értelmezése és az elvégzett modellezések alapján meghatároztuk a telephely vízföldtani képét.

A telephely vízföldtani képét jelenlegi ismereteink szerint az alábbiakban foglalhatjuk össze:

A véméndi és a bátaapáti meteorológiai állomás adatai szerint az éves csapadékösszeg sokéves átlaga 632 mm. A lehullott csapadék mintegy 92%-a elpárolog a felszínről és a talajzónából, illetve a növényzet elpárologtatja. Az ásott kutak tríciumprofiljának elemzése, a felszíni vízfolyások alapvízhozamának mérése és a csapadék bepárlódására alapozott számítás alapján az effektív beszivárgás sokéves átlagos értéke 24,4 mm/év. A vízháztartás-vizsgálatok szerint a csapadék kb. ugyanekkora hányada felszíni lefolyással távozik a vízgyűjtőterületről.

A dombtetők alatt 20-70 m között változó vastagságban telítetlen fedőképződmények találhatók, melyekben a leszivárgás sebessége 0,1-0,2 m/év. A lapos völgytalpakon a talajvízszint 0,5-2,0 m mélyen húzódik; itt a beszivárgás és a párolgás a talajvízszint dinamikus változása következtében hosszabb távon egyensúlyban van.

A dombtetőkön beszivárgó víz a telítetlen zónában lefelé szivárogva éri el a mállott gránit zónáját, amely a terület döntő részén a talajvíztartó képződmény. A mállott gránit szivárgási tényezője 2-3 nagyságrenddel felülmúlja a mélyebben települő üde gránit vízvezető képességét, ezért a beszivárgott víz 95-96%-a a mállott gránitban oldalirányban áramlik, és a meredek völgyek felső szakaszán kisebb forrásokban, szivárgásokban lép felszínre. Az üde gránitba a beszivárgott víz 4-5%-a jut, ami 1,0–1,2 mm/év értéknek adódik. Ez a lehullott csapadék 0,2%-a.

A dombtetők alatt a mállott gránit porozitása és szivárgási tényezője felfelé fokozatosan növekszik, emiatt a dombtetők alatt a talajvíz szintje a beszivárgás változására kevéssé érzékeny; a talajvízszint éves ingadozása 1-2 m. Ugyanilyen okból a mállott gránitból fakadó kisebb források kilépési helye és hozama rendkívül stabil. A telephely környezetében a felszín alatti vízáramlási rendszer fő megcsapolói a Hutai-patak, a Lajvér-patak és a Mórágyi-víz.

A meredek völgyekben a kisvízi hozamok a hossz-szelvény mentén nem gyarapodnak, sőt, sok esetben csökkenő hozam figyelhető meg; az alsó szakaszon a patak gyakran elnyelődik. Mindez a völgytalpak mentén jelentős felszín alatti vízáramlásra utal. A lapos völgyekben 4-8 m vastag agyagos-kőzetlisztes, rossz vízvezető képességű völgykitöltés található. A hozammérések szerint a völgykitöltés alatt a mállott gránit vízszállítása jelentős. A vízháztartási számítások szerint az üde gránitból a völgyek alatti mállott zónába feláramló vizek a mállott zóna ottani vízforgalmának 3,3–4,3%-át adják, vagyis a feláramló vizek hígulása 25-30-szoros. Ez az érték jól egyezik a Mó–6 kútpárnál a vízgeokémiai paraméterek alapján végzett keveredési számítással, mely szerint a völgytalpi mállott zónában az idős víz aránya legfeljebb 5-6%-ra becsülhető.

A sekélyfúrások kútvizsgálata, a vízfolyások szelvény menti hozammérése és a vízföldtani modellezés alapján a mállott gránit szivárgási tényezője a dombtetők alatt $1\text{-}2\times 10^{-7}$ m/s, a völgytalpak alatt pedig $1\text{-}2\times 10^{-5}$ m/s.

Az interferenciás vizsgálatok és a legjobb vízadó képességű szerkezetek egyedi kútvizsgálata szerint az üveghutai gránit repedésrendszere hierarchikus szerveződésű, amelyben a több száz méter kiterjedésű fő vízvezető szerkezetekhez kiterjedt háttér repedéshálózat kapcsolódik.

A pakkeres kútvizsgálatok szerint a repedezett gránit szivárgási tényezője 10^{-6} és 10^{-12} m/s között változik, lognormál eloszlású, 3×10^{-9} m/s átlagos értékkel. A telephelyi mélyfúrások átlagos vízvezető képessége között 5-10-szeres különbségek adódtak. Egyes mélyfúrások szelvénye igen különböző vízvezető képességű szakaszokra tagolódik. A vízvezető képesség mélység szerinti eloszlása a fúrásokkal feltárt 200-400 m-es mélységintervallumban nem mutat semmiféle trendet; jó vízvezető képességű szakaszok nagyobb mélységben is előfordulnak.

Az üveghutai gránittest jellemző és viszonylag gyakori elemei az erősen bontott, agyagosodott töréses övek, amelyek torlasztó-szigetelő hatásuk révén vannak hatással az üde gránit áramlási rendszerére. Atorlasztó-szigetelő zónák gyakrabban fordulnak elő a telephely D-i részén, különösen az Üh–4, Üh–5, Üh–26 fúrásokban. Az É-i részen, az Üh–23, Üh–27 és Üh–37 fúrások jóval kevesebb agyagásványosodott töréses övet harántoltak.

A telephelyen a talajvízszint DDNy-ról ÉÉK felé 230 m-ről 190 m tszf. szintig csökken. A telephely a Bátaapáti és Véménd között K–Ny-i irányban húzódó fő talajvízdombhátat a Bátaapáti és Mórágy közötti lapos talajvízdombbal összekapcsoló, S-alakban hajló talajvízgerinc tengelyében helyezkedik el.

A telephelyi mélyfúrásokban a potenciálszintek a mélységgel általában csökkennek, ami lefelé irányuló áramlást jelez, de a térbeli potenciálkép meglehetősen változatos. A fúrások döntő részére a több tíz métertől száz-százötven méterig terjedő hosszúságú, közel állandó potenciálú szakaszok a jellemzők, melyeket — a torlasztó-szigetelő zónákhoz kötődő — 5-20 m-es potenciállépcsők választanak el. Mindez a felszín alatti áramlási rendszer blokkos tagolódására utal.

A telephelykörnyéki mélyfúrásokban (Üh–29 és Üh–30) 160–170 m tszf. közötti potenciálértékeket mértünk. Mindkét fúrásban a potenciálértékek a mélységgel fokozatosan — illetve kisebb potenciállépcsőkkel — mintegy 5-7 m-t emelkednek. Mindez arra utal, hogy ezek a fúrások már a feláramlási területekhez tartoznak.

A telephelyen megismert, néhány tíz – néhány száz méteres léptékű inhomogenitásokhoz képest a több kilométeres léptékű, hosszú távú folyamatokban az üde gránit jóval kevésbé mutatkozik heterogénnek. A telephelykörnyéki vízföldtani modellekben az üde gránitot homogén, izotróp képződményként kezelve is sikerült megfelelő módon reprodukálni a telephely távolabbi környezetének potenciálviszonyait, vízforgalmát és a vízkorokat.

A mélyfúrások potenciálszelvényei alapján 3D interpretációval létrehoztuk a telephely potenciálterének térmodelljét, melyet függőleges szelvényekben és vízszintes metszetekben vizsgáltunk. A térbeli potenciálkép alakulásából meg lehetett határozni az „átlagosnál" jobb és rosszabb vízvezető képességű zónákat, testeket, melyek azonosításához felhasználtuk az interferenciás vizsgálatok eredményeit is.

Az előzetes telephelykörnyéki vízföldtani modellek alapján megállapítottuk, hogy a telephelyi modell lokális változékonysága csekély hatással van a hosszú áramlási pályákon mozgó vízrészecskék felszínre érkezési idejére és helyére.

A telephelyi modellben az üde gránit szivárgási tényezőjét lokálisan változtattuk oly módon, hogy a mélyfúrások potenciálszelvényére minél jobban illeszkedő értékeket kapjunk. Az átlagosnál rosszabb vízvezető képességű torlasztó elemek, ill. az átlagosnál jobb vízvezető képességű zónák alkalmazásával a fúrások potenciálszelvényét megfelelően sikerült leképezni.

A végleges modellváltozat segítségével transzportmodell-számításokat végeztünk. Advektív transzportmodellezéssel határoztuk meg a telephely területéről, 0 m tszf. szintről indított vízrészecskék felszínre érkezési idejét és helyét. A tároló térségéből indított áramvonalak a Hutai-völgynek a Hosszú-völgy torkolatától Bátaapátiig terjedő szakaszán, illetve az Éva-völgyének a Henrik-forrástól Mórágyig tartó szakaszán érik el a felszínt. A felszínre érkezési idő a közelebbi megcsapolási pontok esetében 800-tól 5 000 évig terjed. A távolabbi megcsapolási területekig 20 000–50 000 év alatt érnek el a vízrészecskék.

Három különböző feltételezett tárolóhelyszín esetében advektív-diszperzív transzportmodellel vizsgáltuk meg, hogyan változik a tárolótól induló konzervatív, illetve lebomló szennyezőanyag koncentrációja térben és időben. A felszíni vizekbe egyik szennyezőforrás esetén sem kerül a kiinduló koncentráció 0,01%-ánál magasabb koncentrációjú szennyeződés. Különösen erős a hígulás a völgytalpakon a mállott gránit zónájában.

A 20 éves felezési idejű, lebomló szennyeződés esetében azt állapíthatjuk meg, hogy a szennyeződés már a forrás közeléből sem képes nagyobb távolságra eljutni, szinte helyben elbomlik. 600 év elteltével már sehol sem lehetett kimutatni a számítási hibahatár (kb. 0,001%) nagyságrendjénél magasabb koncentrációkat.

Fúrólyukban végzett in situ mérések az üveghutai területen

Szűcs I., Gacsályi M., Menyhei L., Hámos G., Kovács L. (Mecsekérc)

A magyarországi kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok mély geológiai formációban, a Mórágyi Komplexumban történő végleges elhelyezésének kutatása során a feltárandó kőzetösszlet alkalmasságának minősítésére, az üregek kiképezhetősége és hosszú távú fenntarthatósága szempontjából felszíni fúró-lyukakban végzett, in situ feszültségmérési technikák kivitelezésére, fejlesztésére és előzetes geotechnikai (RMR) minősítésre került sor.

A Mecsekérc Rt. megbízásából és koordinálásával az alábbi munkák valósultak meg:

- A magtúlfúrásos primer kőzetfeszültség-mérések és értékelésük a Kútfej Bt., a Bomix Kft és az Oszkomp Bt. együttműködésével az Üh–32C, Üh–33, –34, –35 jelű fúrások 20–45 m közötti szakaszain. A mérések, fejlesztések során megoldottuk a mérőfej víz alatti rögzítését (ragasztását), a mérő-adatgyűjtő rendszer hosszú idejű (10-15 órás) működési lehetőségét, a hőmérsékleti kalibrációt és korrekciót (hőmérsékletstabilizációval), a deformációmérés kalibrációját, a kapcsolódó mérés- és fúrástechnológiai lépéseket.
- A tokrepesztés méréseket a KBFI-ALFA Kft. végezte az Üh–32C, Üh–33, –34, –35 jelű fúrások 20–45 m és az Üh–2, –23 fúrások 180–200 m közötti szakaszain. Ennek során méréstechnológiai és értékelés-módszertani fejlesztések is történtek (pl. a mérés során az akusztikus jelek rögzítése, a mérőszonda többszöri terhelésének és terhelésmentesítésének mérése, a mérés időtartamának növelése, a korábbi értékelési módszer felülvizsgálata stb.).
- Az RMR vizsgálatokat és értékeléseket a Kútfej Bt. végezte a Bomix Kft. közreműködésével, illetve a fúrások geotechnikai minősítési adatainak térbeli kiterjeszthetőségét a geofizikai információk felhasználásával a Geopárd Kft. vizsgálta.

A felszíni mérések, fejlesztések alapján rendelkezésre áll a bányászati feltárás során a tér különböző irányaiban, síkjaiban meghatározandó in situ geomechanikai stressz viszonyok, kőzettömbök geotechnikai alapparaméterei meghatározásának lehetősége, és előzetesen megadhatóak a bányászati módszerekkel feltárandó térség alapvető, várható feszültségviszonyai, valamint a kőzettömbök geotechnikai viszonyai.

A telephelyválasztásra kijelölt területen a Mecsekérc Rt.-nek a Geopard Kft.-vel együtt tervezett geofizikai munkái arra irányulnak, hogy a kutatási területen az ELGI-vel együtt végzett munkák eredményeit egységes rendszerbe foglalva hozzájáruljanak az ellentmondásmentes földtani kép kialakításához a telephely-, a telephely környezete- és a régió területén. A gránitbelső vizsgálatának céljából 2002. november-decemberében és 2003. január-februárjában sor került az Üh–37 – Üh–27, az Üh–27 – Üh–23, az Üh–23 – Üh–3, az Üh–28 – Üh–3, az Üh–3 – Üh–4, az Üh–3 – Üh–5, az Üh–3 – Üh–4, az Üh–26 – Üh–4, valamint az Üh–26 – Üh–5 fúrólyukak közötti síkok átvilágítására.

A szeizmikus abszorpciós tomográfiai eljárás során a fúrások közötti területen áthaladó szeizmikus hullámok csillapodásának mértékéből következtethettünk a fúrások által közrezárt terület energiaelnyelődési és az ezzel összefüggő kőzetfizikai viszonyaira. A szeizmikus hullámok csillapodását vizsgáló, fúrások közötti abszorpciós tomográfiai

mérések teljes egészében a gránitösszletben történtek. Ebben a közegben a konstans Q modell érvényességének feltételezésével (Q a kőzet energiaelnyelődésére jellemző, frekvenciától nem függő jósági tényező, értékének változása a geomechanikai jellemzők függvénye) készült a feldolgozás. A feldolgozás eredményeit a jósági tényező és a longitudinális terjedési sebesség szorzatának reciprokával arányos K értékek eloszlásának ábrázolásával jelenítettük meg.

Az abszorpciós tomográfia eredményei együtt értelmezhetők a sebességtomográfia eredményeivel, a fúrólyukak mentén pedig összehasonlítás végezhető a simított, átlagolt lyukgeofizikai mérésekkel, elsősorban az ellenállás és a szeizmikus sebesség szelvényekkel. Összevethető a hidrogeológiai transzmisszivitás mérések hasonló léptékű eredményeivel is. Az együttes feldolgozással az értelmezés megbízhatósága nagymértékben növelhető. A K eloszlás szelvények fúrólyuk menti értékeinek más geomechanikai (RMR) és lyukgeofizikai mérésekkel történő összehasonlításával megállapítható, hogy a K értékek változása a kőzet mechanikai tulajdonságai mellett a kőzet transzmisszivitását is reprezentálja.

A Bodai Aleurolit Formáció földtani-rétegtani helyzete és szedimentológiája

Hámos Gábor, Konrád Gyula, Majoros György (Mecsekérc)

Az országos felmérés (BIT, 2001) a Bodai Aleurolit Formációt jelölte meg, mint a nagy aktivitású radioaktív hulladék elhelyezésére leginkább alkalmasnak tűnő képződményt.

A Bodai Formáció önálló földtani egységként való felismerése legelőször Barabás A. 1955-ös kandidátusi értekezésében jelenik meg. A formáció korábbi részletes leírását a Nyugat-Mecsek 10 000-es földtani térképezése során Jámbor (1961) adja meg. Célirányos kutatása a Mecseki Ércbányászati Vállalat (jelenleg Mecsekérc Rt.) kezdeményezésére 1989-ben indult meg. A képződményt a terepen, fúrások maganyagán és mélyszinti vágatban tanulmányoztuk. A kutatások eddigi eredményeit foglaljuk össze.

A 800-1000 m vastagságú Bodai Aleurolit Formáció a felszínen a Nyugati-Mecsekben, az antiklinális magjában található. Több szerkezetkutató és érckutató fúrás elérte, így előfordulási területét a felszín alatt is pontosítani tudtuk. Északi irányban az antiklinális szerkezetből következő egyre mélyebb helyzet korlátozza a feltárást. Északnyugaton, a goricai területen az elvékonyodó fedőrétegek alatt is feltárta egy érckutató fúrás. A felszíni előfordulástól kelet-délkeletre szintén lesüllyed a képződmény, azonban ebben az irányban fácies-összefogazódást találtunk durvább törmelékes üledékekkel, tehát valószínűsíthető a tavi üledékgyűjtő kiékelődése. Dél felé a Mecsekalja szerkezeti öv mentén tektonikusan határolódik le. Nyugaton fekü képződményei tanulmányozhatók.

A formáció a permi molassz sorozat részeként ismert. A területen az üledékképződés a Mórágyi Komplexum eróziós felszínén a korai permben megindult. A folyóvízi fáciesű Korpádi Homokkő és Cserdi Formációk között a Gyűrűfűi Riolit jelentős kontinentális rift típusú vulkáni működést jelez. A Cserdi Formációra a Bodai Aleurolit Formáció az ún. „átmeneti rétegekkel" települ. Ebben a barna, hullámfodros homokkő mellett zöld és szürke phyllopodás agyagkövek és mészkőrétegek-lencsék is ismertek. Fölfelé fokozatosan uralkodóvá válik az aleurit és agyagkő szemcseméret, általában jelentős albit tartalommal. A vörös agyagkőben az aleurolit és ritkábban a finomszemű homokkő ferderétegzett kemény padokban jelentkezik. A rétegsorban feljebb száradási repedéses dolomit közbetelepülések jellemzőek. Legfelül mészkonkréciós agyagos aleurolitot találunk, amelyre általában éles határral, konkordánsan (fácies lépcsőt jelezve) települ a késő-permi, folyóvízi Kővágószőlősi Homokkő Formáció.

A térképezés, fúrásos kutatás és ásvány-kőzettani vizsgálatok alapján pontosítani tudtuk a Jámbor (1961) által tavinak tartott képződmény fácieset. Szemiarid-arid klímán, gyakran kiszáradó sekély, hosszú ideig egyenletesen süllyedő tavi medencében rakódtak le az erősen oxidált finomszemű üledékek. A bepárlódás során dolomitrétegek keletkeztek, amelyek a teljes kiszáradás során felcserepesedtek. Az éghajlati változások okozta üledékes ciklusok felhasználhatók a formáció tagolására. A tó környezetében jelentős területen riolit volt a felszínen. Az adott geokémiai viszonyok között nátrontó alakult ki. A kőzetté válás során ez eredményezte a BAF egyes kőzettípusaiban, rétegeiben a helyenként 50%-ot is meghaladó mennyiségű üledékes eredetű, autigén albitot. Az időszakos vízfolyások keresztrétegzett homokot raktak le a partközelben. Egy esemény ismert, amelynek során redukált üledékek képződtek. Kérdéses ennek izokrón jellege vagy fácieseltolódása.

A formáció jelentős vastagsága, homogenitása, jó vízzárósága alapján perspektivikus a nagyaktivitású radioaktív hulladék befogadására. Kutatása 2004-ben folytatódik két, szerkezetileg elkülönülő előfordulásán: a goricai és a boda-bakonyai területen.

Üveghutai minták szorpciós tulajdonságai: az ásványos összetétel hatása a megkötődésre és a migrációra

Kónya József, M. Nagy Noémi
(Debreceni Egyetem, Izotópalkalmazási Tanszék)

Az atomerőművek működése során keletkező radioaktív izotópok kihullása ill. a képződött hulladékok tárolása világszerte környezetvédelmi problémákat vet fel. A kihullással ill. a tárolóból a környezetbe jutó izotópok kölcsönhatásba kerülhetnek a földtani környezetet alkotó anyagokkal, ásványokkal, kőzetekkel és a talajjal, azokon megkötődhetnek. Ez a megkötődés jelentős mértékben befolyásolja az izotópok migrációját a földtani környezetben.

A radioaktív izotópok földtani képződményeken történő megkötődését, más tényezők mellett, az ásványos összetétel alapvetően befolyásolja. A földtani minták összetétele, akár egyetlen fúrás esetén is, rendkívül változatos. Gyakorlatilag megvalósíthatatlan az, hogy minden egyes minta esetén elvégezzük a szorpciós vizsgálatokat. Fontos volna tehát, hogy az ásványos összetétel ismeretében becsléseket tehessünk az adszorpció mértékére.

Cézium–137 ion megkötődését vizsgálatuk különböző összetételű kőzetmintákon, különös tekintettel az agyagkőzetekre. Meghatároztuk, hogy melyek azok az ásványok, amelyek jelentős mértékben kötik meg a céziumiont, tehát elsősorban felelősek a szorpcióért. Lineáris modellt dolgoztunk ki, melynek segítségével az ásványos összetétel, illetve a meghatározó ásványokra érvényes szorpciós paraméterek alapján a céziumion megkötődése megbecsülhető.

Poszterelőadások

A bátaapáti A1 és A2 kutatóárok digitális dokumentációja

Szebényi Géza, Bogáth István, Wind Attila (Kömlődi Korrekt Kft),
Balla Zoltán, Gyalog László (MÁFI)

A Kömlődi Korrekt Kft az atomerőművi kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok végleges elhelyezésére irányuló program keretében, Bátaapáti területén folyó felszíni földtani kutatásban az A1 és A2 árok digitális dokumentációját készítette el.

A terepi munkavégzés időszakában markerpontok kitűzésével, geodéziai előzetes és műszeres mérésekkel munkaszervezési segítséget, valamint naprakész adatszolgáltatást biztosított az elsődleges földtani dokumentáció és a munka irányítói számára. A feltárások teljes hosszáról digitális fotósorozat és digitális videofelvételek készültek, a kutatóárkok kihajtás előtti, -közbeni és visszatöltés utáni környezeti állapotát digitális videóval rögzítettük.

Az elsődleges terepi földtani dokumentációkból a Kömlődi Korrekt Kft. által szervezett csapat – a dokumentáló geológusokkal együttműködve – számítógépen Autodesk Land Desktop 3 és Autodesk Raster Design 3 programokkal igényes, korszerű földtani tisztázati dokumentációt készített, amelyben a terepen készített digitális fotók mérethelyes fotómontázsa képezte a földtani szelvényezés hátterét.

A digitális dokumentáció végső eredményeként a Megbízó részére átadott interaktív multimédiás földtani videódokumentáció korszerű integrált megjelenítést és tematikus kiértékeléseket tesz lehetővé és általa egyszerűen, 4 db CD illetve 1 db DVD lemezzel 13 GB elektronikus állomány kezelhető. Az egyes árkok térképén navigálva mind videófelvételen, mind pedig tetszőlegesen kinagyítható fotókon megtekinthető a földtani szelvényen értelmezett, árkokban feltárt földtani kép.

A környezeti állapotrögzítés interaktív multimédiás videódokumentációja bizonyítja a Magyar Állami Földtani Intézet igényes, és felelősségteljes viszonyulását a földtani kutatás során fellépő környezetvédelmi kérdésekhez.

A Megbízó számára több ütemben átadott dokumentáció-együttes (13 GB elektronikus állomány, 500 m kinyomtatott árokszelvény, 18 db CD, stb.) tükrözi a Kömlődi Korrekt Kft. által elvégzett munka sokrétűségét és méretét.

A földtani dokumentálás új módszerei az üveghutai kutatásban

Gyalog László, Balla Zoltán, Havas Gergely, Turczi Gábor, Albert Gáspár (MÁFI)

A földtani észlelések leírása a geológus egyik gyakori és alapvető tevékenysége. A leírás terepi, de laboratóriumi körülmények között is történhet, s sokkal szabadabb mozgást feltételez, mint más írásbeli munkavégzés. A leírások számos szubjektív elemet tartalmaznak, amelyek az adatok összehasonlíthatóságát nagymértékben befolyásolják. A szubjektív elemek csökkentésének, kiszűrésének legkézenfekvőbb módszere adatlapok alkalmazása, ahol az egyes mezőkbe írható értékkészlet a lehető legjobb mértékben definiált. Az adatlap alkalmazása az adatgyűjtést követő adatbázis-építést is megkönnyíti. Ideális esetben az adatbázis a leírással egy időben épül. Ezt a célt tűzték ki a szerzők is amikor a következőkben ismertettet rendszert megtervezték és alkalmazását bevezették.

A projekt előkészítése két szálon futott. Az egyik feladat az adatlapok és értékkészletük megfogalmazása, a másik a technikai környezet kiválasztása.

Ennek értelmében elkészültek a várható kőzettípusok leírását vezető adatlapok (BALLA 2003), 2 csoportban összesen 5 kőzettípusra. Az alaphegységi kőzetekre alapgránit (monzogránit kőzetcsoport), melanokrata kőzetek (monzonitos kőzetcsoport) és leukokrata kőzetek (aplitos kőzetcsoport), a fedőképződményekre finomszemű üledékek és durvaszemű üledékek bontásban készültek az adatlapok. Alkalmanként az egyes mezőkhöz a felhasználható szókészlet, értékkészlet is rendelkezésre állt, amely leírás közben természetesen bővült.

Technikai háttérnek HP Jornada típusú, Windows Pocket PC operációs rendszert futtató kéziszámítógépet választottuk ki. Az eszközre külön erre a célra általános dokumentáció készítést támogató alkalmazást fejlesztettünk külső vállalkozó bevonásával. A cél az volt, hogy olyan eszköz álljon a rendelkezésünkre, ami további szoftverfejlesztés nélkül alkalmas legyen tetszőleges adatgyűjtő táblázat definiálására, s az adatok fogadására, adatbázisba töltésére.

A rendszer az XML fájlformátumra épül, melynek nagy előnye, hogy szövegszerkesztővel gyorsan és egyszerűen készíthető tetszőleges formátumú és tartalmú űrlap, ami alapján aztán automatikusan előállítható az adatbázis.

A szoftver két részből épül fel: az egyik (GeoDataCollector) a kéziszámítógépeken fut és kizárólag az adatbevitelt szolgálja. A másik a munkaállomásokon futó GeoDataManager, amely az MS Access adatbázistáblák automatikus létrehozására, template fájlok készítésére, a kéziszámítógépen rögzített adatok adatbázisba töltésére, valamint már az adatbázisban levő adatok módosítására szolgál. A fúrások földtani leírása és tektonikai dokumentálása is a fenti szoftver segítségével készült.

Az adatlap ún. „fa szerkezetű", ahol az „ágak" egy-egy fejlécnek felelnek meg, információt nem tartalmaznak.

A konkrét adatokat a „levelekre" kattintva lehetett bevinni, itt többféle adatbeviteli mód volt lehetséges, pl. egyszerű szövegbevitel, választás listából, táblázatból választás (pl. dátum bevitele).

Ha új fájlt kérünk, vagyis megnyitunk, akkor egy kitöltetlen adatlapot kapunk. A bevitt értékek tárolódnak a fájlban és automatikusan „fúrásszám-rétegszám" nevet kapnak. A fájlnév egyébként az űrlap bármely soraiból előállítható; fontos, hogy egyértelműen azonosítsa az állományt. Egy-egy ilyen állomány az adatbázisban egy-egy rekordnak felel meg.

Az adatbevitel után a kéziszámítógépekről a keletkezett fájlokat egy munkaállomásra másoltuk, majd a GeodataManager segítségével a fájlokat egy lépésben az adatbázisba töltöttük.

A fúrási adatbázist több szoftver alkalmazásával dolgoztuk fel. A leíró, feldolgozó geológusok az egységesítéseket, javításokat általában MS Excel formátumú fájlokban végezték, az adatbázis végső formátuma MS SQL Server. Az adatbázist az üveghutai fúrásoknál három alaptábla építi fel. Az úgynevezett HEADER tábla a fúrás általános alapadatait, azonosítását rögzíti. A rétegsor a FIATAL (üledékes fedőképződmények) és GRANIT (alaphegységi képződmények) táblákban található.

Első lépésben a nyers adatbázist néhány Visual Basic célszoftverrel dolgoztuk fel. Ennek célja az volt, hogy az egyes mezőkben előforduló kifejezésekből statisztika készüljön. Az adattömeg manuális feldolgozása a statisztika kiértékelésével kezdődött, ahol megállapítottuk (BALLA Z.) az egységes szóhasználatot és szükség szerint a felsorolt tulajdonságok sorrendjét, valamint más mezőkhöz rendelését. A kiértékelt statisztikát, amennyiben programozható volt a rendezés, automatikusan visszakönyveltük a nyers adatbázisba. Ekkor minden leírt rétegről két bejegyzés állt a rendelkezésre: az eredeti, és az egységesített javaslat. Az utolsó lépésben a leíró geológus manuálisan módosította a rétegsor egységesített javaslatának leírását.

Az archív adatbázisban megőriztük a nyers leírásokat, a napi munkához az átértékelt, értelmezett adatsort használtuk.

A jelentések számára minden rétegről jelentéslap (riportlap) készült, mely formázott Word állományokból épült. Az adatbázis rekordjait Visual Basic program olvassa és a mezőkhöz rendelt tulajdonságok alapján közvetlenül Word dokumentumba írja a riportot.

A fúrási adatbázist kapcsolatát a tektonikai adatbázissal a rétegsorszám szolgálja.

Háromdimenziós földtani modell szerkesztése egy kis és közepes aktivitású nukleáris hulladékok elhelyezését célzó tároló tervezett telephelyének környezetében (angol nyelvű poszter)

Albert Gáspár (MÁFI)

A radioaktív hulladékok elhelyezése világszerte nagy figyelmet és anyagi ráfordítást igénylő probléma. Ahol atomerőművet működtetnek, ott szembe kell nézni azzal a feladattal is, hogy az erőműben keletkezett veszélyes radioaktív hulladékot el kell valahol helyezni. Ezeket a hulladékokat alapvetően két részre lehet osztani veszélyességük és kezelési módjuk alapján. A nagy aktivitású hulladékok (kiégett fűtőelemek), illetve a kis és közepes aktivitású hulladékok csoportjára. Magyarországon 1978 óta folynak vizsgálatok a Paksi Atomerőmű nukleáris hulladékainak országhatáron belüli elhelyezésére. Ez elsősorban a kis- és közepes aktivitású hulladékokra vonatkozott, mivel a kiégett fűtőelemeket 1998-ig Oroszország fogadta vissza újrafeldolgozásra. A hulladéktároló létesítésére földrajzilag alkalmas területek közül a Mecsek-hegységtől keletre fekvő Geresdi-dombság alatt elterülő gránitkomplexumot tartották a kutatók a legígéretesebbnek. Itt kezdődtek meg 1997-ben egy felszín alatti tároló konkrét helyének kijelölése érdekében folytatott részletes földtani vizsgálatok.

A részletes kutatás első szakasza 1998 végén zárult le, ami a terület alkalmasságát nem zárta ki, de további vizsgálatok szükségességét vetette fel. A kutatásokat végző konzorcium 2001 végén kapott engedélyt a részletes kutatás folytatására, melynek eredménye 2003 második felére várható.

A telephely környékének háromdimenziós földtani modellje először 2001-ben készült el és azóta folyamatosan kiegészül az újabb eredményekkel. A fejlesztés jelenlegi fázisában a gránitkomplexum fiatal, szárazföldi üledékekkel fedett felületmodelljének előállítása a cél térinformatikai adatok interaktív módon történő felhasználásával. Ennek a munkának a fontosabb lépései kerülnek bemutatásra a poszteren.

A modell alapját képező kiindulási adatokat egy már meglévő és folyamatos fejlesztés alatt álló földtani adatbázis szolgáltatja. A felszínre vonatkozó adatok részben topográfiai alaptérképekről, részben a helyszíni geodéziai felmérések eredményeiből kerülnek a modell adatállományába. Koordinátarendszere a Magyarországon általánosan használt Egységes Országos Vetületi rendszer (EOV) méter-alapú derékszögű koordináta hálózatába illeszkedik.

A modell elsődleges célja, hogy meglévő térbeli adatokból matematikai becslési eljárásokkal új adatokat hozzon létre azokon az elsősorban felszín alatti területeken, melyekre a közvetlen kutatás nem terjedt ki. Ennek következtében a modellben szereplő adatokat hierarchikusan két csoportra lehet osztani: elsődleges vagy statikus adatokra, és levezetett adatokra. A modell statikusnak nevezhető részét a felszíni kibúvások és a fúrási adatbázisból nyert adatok szolgáltatják. Ezekből állnak elő a levezetett adatok a becslési eljárások során. Az így keletkezett felületpontokat újabb, nagyobb prioritású adattal (pl. újabb fúrási adat) felül lehet írni. Tehát az adatgyűjtés és a szerkesztés nem egymást követő, hanem egymást váltogató folyamat. Továbbá ezekkel párhuzamosan zajlik a szerkesztés alatt álló modell előzetes elemzése is.

Fontos, hogy a modellben tárolt adatok megfelelő formában és gyorsan elérhető módon a felhasználók rendelkezésére állhassanak. Ahhoz, hogy ez teljesüljön több kritériumnak is meg kellett felelnie. Egyik legfőbb feltétel az adatok átjárhatósága volt; mivel a potenciális felhasználók köre igen változatos (vízföldtan, geofizika, szerkezetföldtan, stb.), az általuk használt adatelemző eljárások is messzemenően különbözőek lehetnek. Ez azt jelenti, hogy a 3D modell kimenő adatainak a lehető legegyszerűbb formátumban is hozzáférhetőeknek kellett lenniük (pl. ASCII állományként). További szempont a modell vizuális megjelenítése, ami a fejlesztőszoftver lehetőségeitől függ. Az adott esetben alkalmazott szoftver mind a 3D-s (tömbszelvények, felületmodellek) mind a 2D-s (szelvények, térképek) megjelenítést interaktív módon támogatja, tehát lehetőséget ad a felhasználók számára, hogy a 3D modellt tetszőlegesen forgathassák, felületek opcionális megjelenítését, illetve lehántolását igény szerint módosíthassák, valamint szelvények, tömbszelvények nyomvonalának szabad megválasztásával segítsék elő a terület földtani felépítésének jobb megismerését.

Negyedidőszaki képződmények rétegtani korrelációja a Mórágyi-rög térségében

Koloszár László, Marsi István (MÁFI)

Az elmúlt években a hazai alkalmazott földtani kutatás egyik súlyponti kérdése az üveghutai területen tervezett radioaktív hulladéklerakó-telephely földtani viszonyainak tisztázása volt. A kutatások a területen még tovább folynak, de azok számos rétegtani eredményt hoztak a platóterületeken mélyített fúrások fedőképződményeinek rétegsorai alapján is.

A löszösszletet több, talajosodási ciklussal tagolt sorozatra bontottuk. Az üveghutai platófúrások feldolgozása során lehetőség nyílt a paleotalaj-horizontok pontos kijelölésére és értelmezésére. A rétegsorokban felülről lefelé haladva számuk és genetikai típusuk szerint azonosítottuk és párhuzamosítottuk egymással a talajhorizontokat. A korrelálható adatokat szolgáltató fúrások viszonylagos közelsége lehetővé tette a talajszintek és a löszrétegek pontos horizontális párhuzamosítását. A rétegsorok alapján készített szelvényekben a különböző szintek térbeli követhetősége, illetve a kiékelődések kimutatása is lehetővé vált.

A kijelölt telephely környezetében mélyített fúrások rétegkorrelációja és földtani szelvényadatok alapján a geológiai térképre, mint alapra felvittük a lösz-összletek szerkesztett határait. A „hipotetikus összlettérképen" ábrázolni tudtuk a Tengelici Formáció és a granitoid murva szerkesztett határait is. A korreláció szerint a platókon a löszsorozat, a Tengelici Formáció és a murvás gránit (granitoid murva) feküszintje általában magasabb morfológiai helyzetben van, mint a terepi felvétel alapján kitérképezhető települési szintjeik.

Üledékföldtani heterogenitás vizsgálat röntgen computer tomográf alkalmazásával

Hunyadfalvi Zoltán (SZTE, Földtani és Őslénytani Tanszék)

Az SZTE Földtani és Őslénytani Tanszékén folyó törmelékes üledékes kőzettekkel, üledékes szerkezeti jegyek numerikus feldolgozásával foglalkozó alapkutatás, az utóbbi években egy újabb módszer bevezetésével bővült. A Kaposvári Egyetem Diagnosztikai Intézete szolgáltatja ehhez a mérési adatokat. Az alapkutatás célja az egy- illetve kétfázisú áramlási szimulációk numerikus ellenőrzéséhez biztosítani az adatbázist. A kutatás során megvizsgáljuk, milyen kapcsolat van az üledékes kőzetek szerkezeti, szöveti tulajdonságai és a CT által alkotott kép/adat között.

A különböző környezetekben felhalmozódó üledékeket számos olyan hatás éri, amely befolyásolja a későbbi belső szerkezetüket. A szin- és posztszedimentációs folyamatok, a diagenezis, az elsődleges, valamint a másodlagos porozitás, és nem utolsó sorban a geológiai idő (amely meghatározó a diagenezisre ható különböző kémiai és fizikai folyamatok időtartamára vonatkozóan), mind jelentős hatással van az adott kőzet fizikai paramétereire. A makroszkópos leírás első lépése az üledékes kőzet típusának meghatározása. Ezt követi a szemcseméret, a szín, a diagenizáltság mértéke, valamint a valószínűsíthető felhalmozódási környezet meghatározása. A kőzetek sűrűségbeli eltérései különböző Hounsfield Egységgel (HE) jellemezhetőek. Sűrűségkülönbség jelentkezik abban az esetben is, ha ugyanazon szemcseméretű, de más-más diagenizáltsági fokon lévő kőzeteket vizsgálunk.

Az áramló közegben létrejövő lerakódási alakzatok szövete és szerkezete tükrözi az áramló közeg energiáját, a meder alakját, a leülepedés sebességét, az üledék-utánpótlás mértékét. A külső és belső elsődleges üledékszerkezetek makroszkóposan jól meghatározható tulajdonságokkal bírnak. A CT felbontásából adódóan (0.3x0.3x2.0 mm), lehetőség van a kapott sűrűségadatokból a legkisebb üledékszerkezetek felépítésének megjelenítésére.

Egy rendszer heterogenitása a homogén egységek változékonyságától függ. A makroszkóposan homogén kőzetek belső felépítéséről korábban nem tudtunk információt nyerni. Az eddig elvégzett CT mérésekből nyert adatsorok elemzése azonban azt mutatja, hogy egyes homogén kőzetek szerkezetüket tekintve heterogének.

A röntgen computer tomográffal eddig elvégzett vizsgálatok azt mutatják, hogy a HE alapján az üledékes kőzettípus meglehetősen jól azonosítható, valamint a módszer bizonyos korlátok között alkalmas kisléptékű üledékszerkezetek, makroszkóposan homogén kőzetek belső heterogenitásának vizsgálatára. Ez az áramlási szimulációk későbbi értékelhetőségének igen fontos feltétele.

A mérési adatokat, azaz a kőzet sűrűségét sokféle tényező befolyásolja. A pórustér, a diagenetikus folyamatok homogén, illetve heterogén volta, magának az üledékképződési-környezetnek a változásira vezethető vissza. Ennek egyik következménye, hogy a kvantitatív összehasonlításba csak jobbára azonos felhalmozódási környezet, jobbára azonos diagenizáltságú mintái vonhatók be. Vagyis a minták numerikus jellemzése nem történhet a HE abszolút értékei alapján, hanem az értékek változásának tendenciájára kell helyezni a hangsúlyt. Mindez egyben azt is jelenti, hogy a numerikus feldolgozásnak nem a klasszikus mat.statisztika, hanem a geostatisztika elvei alapján kell majd történnie.

Ebből következik, hogy az eredmények korrekt kvantitatív értékelése a minta képződési környezetének, fejlődéstörténetének, a területen kialakult különböző folyamatok lehetőség szerinti minél pontosabb ismeretét követeli meg az értelmezőtől.

Jelentős érdeme a módszernek, hogy vizuális kapcsolatot teremt a minta és a matematika között. Alkalmasnak tűnik továbbá rövid geológiai események azonosítására, valamint pontosabb relatív koradatok szolgáltatására.

Mélyfúrás-geofizikai adatbázis fejlesztése az ELGI-ben

Lendvay Pál (ELGI)

A szelvényértelmezési eljárások a különböző mérési módszerek együttes alkalmazásával határozzák meg a formációk kőzetfizikai paramétereit és litológiai összetételét. Ebben ma már a gyors számítógépek és a sok évtizedes tapasztalat alapján kifejlesztett programok segítik az értelmező geofizikus munkáját. A feldolgozó-értelmező szoftverek digitális bemenő adatot igényelnek. Ezek elsősorban a döntően digitális terepi felvételekből származó közvetlen, vagy megfelelően konvertált adatok. Ugyanakkor az arra alkalmas régi méréseket is fel lehet használni, hiszen a több százezer fúrás információs anyagát jelentő fúrómag-és fúradék vizsgálatok, valamint a mélyfúrás-geofizikai szelvények felbecsülhetetlenül nagy értéket képviselnek, óriási tudományosan és gazdaságilag hasznosított, de még ki nem aknázott ismeretet jelentenek. Az analóg regisztrátumokat viszont kézi módszerrel vagy szkenneléssel előzetesen digitalizálni kell. Utóbbi esetben természetesen az eredményül kapott raszteres kép konvertálása szükséges.

Az adatok adatbázisba szervezése jelentősen megkönnyíti felhasználhatóságukat. A jól szerkesztett adatrendszer leegyszerűsíti a regionális értelmezést, lehetőséget biztosít az adatok utólagos összehitelesítésére is, elvégezhető egy terület felmértségi vizsgálata.

A poszter ismerteti az ELGI-ben létrehozott mélyfúrás-geofizikai adatbázis jellemzőit és példát mutat be az adatok felhasználására a radioaktiv hulladéktároló földtani kutatásához kapcsolódó vizsgálatok során.

Mélyfúrás-geofizikai módszerek alkalmazása gránitban elhelyezendő radioaktív hulladék tároló kutatásában (angol nyelvű poszter)

Zilahi-Sebess László (ELGI), Szongoth Gábor (Geo-Log)

Magyarországon Pakson működik atomerőmű, amely az ország villamos energia termelésének jelentős részét szolgáltatja. Az erőmű biztonságos működtetése mellett, az utóbbi időben előtérbe került az erőműben keletkező kis- és közepes radioaktivitású hulladékok elhelyezésének problémája. Egy országos szűrés után több terület közül az ország déli része lett a kutatásokra kijelölve.

Cégeink a kijelölt kutatási terület földtani vizsgálata során, a mélyfúrás-geofizikai és termelésgeofizikai méréseket végezték. Előadásunkban egy, a területre jellemző fúrás mérései alapján ismertetjük, milyen segítséget adott a mélyfúrás-geofizika a terület földtani és hidrogeológiai megismerésében.

A poszteren bemutatjuk a kutatási terület középpontjában mélyült Üh–2-es fúrás példáján a főbb mélyfúrás-geofizikai szelvényeket, a korreláció lehetőségeit a gránitot fedő lösz-összletben, illetve a gránit mállásköpenyében, valamint az akusztikus lyuktelevíziós mérés (BHTV) és a hőimpulzusos áramlásmérés (HPF) alkalmazását a kutatás során.