

Kutatási jelentés

**az ELTE Általános és Alkalmazott Földtani
Tanszékének**

**a Budai termálkarszton a metorikus és a
termálvizek keveredéséből adódó korróziós
hatásokat vizsgáló kutatási programjának
eredményeiről**

2010

A Budai Termálkarszton folytatott kutatási tevékenységünkről szóló jelentésünkben a témában készült doktori és diplomamunkák valamint konferencia előadások összefoglalóit közöljük.

Eröss Anita „A Budai termálkarszt fluidumainak vizsgálata a Rózsadomb és a Gellért-hegy környezetében, különös tekintettel a karsztfejlődésben betöltött szerepükre” című doktori kutatásának összefoglalása

(Témavezető: Mádlné Dr. Szőnyi Judit, egyetemi docens)

Bevezetés

A karbonátos kőzetek kiemelten fontos termálvíz és szénhidrogén rezervoárok. Oldhatóságuknak köszönhetően a felszín alatti víz áramlása kiemelkedő szerepet játszik ezen rezervoárok kialakításában. A felszín alatti víz, mint földtani hatótényező szerepéből kiindulva, a karsztjelenségek (barlangok, források) a felszín alatti víz közvetlen megnyilvánulásának tekinthetők.

A karsztrendszerek regionális léptékben fedetlen ill. csak részben fedett víztartóknak tekinthetők, azaz Tóth (1962, 1963) gravitációs vezérlésű áramlási rendszer koncepciója alkalmazható esetükben (Tóth, 2005; Goldscheider et al., 2010). A kontinentális karsztrendszerek két alapvető típusát, az epigén és a hipogén karsztokat, újabban szintén a felszín alatti áramlási rendszerek keretében különítik el (Klimchouk, 2007). Ez alapján az epigén karszt rendszerek lokális áramlási pályák mentén, vagy intermedier és regionális áramlási pályák beszivárgási zónáinál alakulnak ki. A hipogén karsztok intermedier és regionális áramlási rendszerek megcsapolódási zónáira jellemzőek. Az epigén rendszerek esetében a csapadékvízből és a talajból származó szén-dioxid oldó hatása a legfontosabb karsztosodási folyamat. Ezzel szemben a hipogén rendszerek kialakításában számos folyamat játszhat szerepet, hiszen a regionális megcsapolódási területekhez számos folyamat és jelenség köthető (Tóth, 1999).

A hipogén karsztok, a karsztkutatás legújabb irányvonalának megfelelően (White, 2008), manapság az olajvállalatok és a tudományos érdeklődés középpontjában állnak. A Budai Termálkarszt egyike azon kevés analógiaként szolgáló területeknek, ahol a fluidumok és kőzetvázra gyakorolt hatásuk közvetlenül vizsgálhatók.

A Budai Termálkarszt kiemelt karbonátos hegység és üledékes medence határán található, melynek köszönhetően különböző eredetű fluidumok regionális megcsapolódási területeként szolgál, és a megcsapolódási jelenségek széles spektrumával jellemezhető. A jelen dolgozat alapjául szolgáló, „virtuális forrás” koncepciónak (Tóth, 2009) megfelelően, a Budai Termálkarszt két megcsapolódási területe, a Rózsadomb és a Gellért-hegy esetében ezen megcsapolódási jelenségek (források, barlangok, ásványkiválások) vizsgálatával az ezeket létrehozó áramlási rendszerekre, az áramlási pálya mentén és közvetlenül a megcsapolódási zónában zajló folyamatokra próbáltam munkám során következtetni. A jelenleg ható folyamatok és termékeinek azonosítása a paleo-rendszerekben felismert jelenségek megértéséhez is hozzájárul.

A fent említett megfontolásoknak megfelelően célom:

- a Budai Termálkarszt, mint hipogén karszt, jelenleg aktív folyamatainak, úgy mint a barlangképződés és ásványkiválás, vizsgálata a megcsapolódó fluidumok és kísérőjelenségeik által,

- a jelenleg aktív folyamatokra jellemző termékek azonosítása, melyek a paleo-rendszerek megértését szolgálják,
- új megközelítés alkalmazása a Budai Termálkarszt fluidumainak vizsgálatára, úgy mint a radionuklidok természetes nyomjelzőként történő alkalmazása; többváltozós adatelemző módszerek használata az egyes fluidum csoportok elkülönítésére és jellemzésére; valamint mikrobiológiai vizsgálatok a mikrobák barlangképződésben és ásványkiválásban betöltött szerepének kiderítésére,
- oldódási kísérlet kivitelezése az oldódás jelenleg aktív szerepének értékelése céljából,
- új, koncepcionális modell felállítása a megcsapolódási zóna hipogén karsztos folyamataira és termékeire.

Alkalmazott módszerek

A Budai Termálkarszt két vizsgált megcsapolódási területe, a Rózsadomb és a Gellért-hegy, Budapest területén belül, városi környezetben helyezkedik el. Emiatt a természetes megcsapolódási jelenségek elfedettek, a természetes forrásokat is javarészt kutakkal helyettesítették, a természetes megcsapolódást a vízkitermelés befolyásolja. Engelen és Kloosterman (1996) hidrológiai rendszer elemzés koncepciójának megfelelően, a retrospektív kutatás keretén belül olyan adatok feldolgozása történt meg, amelyek még a rendszer mesterséges hatásoktól mentes állapotát tükrözik.

A jelenlegi helyzet jellemzése céljából a fluidumok hidrogeokémiai vizsgálata keretén belül a vizek fő- és nyomelem valamint radionuklid tartalma került elemzésre.

A főelemeket, a korábbi feldolgozások (Alföldi et al., 1968) gyakorlatának megfelelően először a vizek hőmérsékletével összevetve értékeltem. Mivel a mintázott objektumok egy része kút volt, melyek mélysége és szűrőzési tartománya különböző, a paraméterek szűrőközephez viszonyított ábrázolásával azok mélységbeli eloszlásáról kaptam információt. A vízminták vízkémiai fációs Piper diagram segítségével jellemeztem. A vízkémiai eredmények hőmérséklet vagy mélység szerinti ábrázolása a rendszert két dimenzióban jellemzi. Többváltozós adatelemző módszerek segítségével az egyes vízminták összes vizsgált paraméterének együttes figyelembevételével ismerhetők fel hasonlóságok, különíthetők el csoportok. A klaszteranalízis eredményeként kapott csoportok meglétét diszkriminancia analízis segítségével validáltam. A kapott csoportokat leginkább meghatározó, azaz elkülönítő paraméterek azonosításához Wilks' Lambda tesztet alkalmaztam.

A radionuklidokat, mint természetes nyomjelzőket a keveredő fluidumok jellemzésére használtam. Segítségükkel a keveredő fluidumok szélső tagjainak hőmérséklete, kémiai összetétele határozható meg. A klorid, mint konzervatív komponens alkalmazásával a mintázott objektumok keveredési aránya, majd PHREEQC hidrogeokémiai modellező program segítségével az azonosított keveredési szélső tagok összetételéből ezen objektumok összetétele volt meghatározható, és összehasonlítható a mért értékekkel.

Néhány regionális kérdés tisztázásához a rendszer medencefelőli oldaláról különböző formációkba szűrőzött kutak adatait dolgoztam fel, valamint szulfátizotópos mérések történtek az irodalmi adatok kiegészítése érdekében.

A megcsapolódási terület recens ásványkiválási folyamatainak jellemzésére a recens karbonát-kiválások röntgendiffrakciós, a vas-oxihidroxidok teljes kémiai, röntgendiffrakciós, gamma és Mössbauer spektroszkópiás vizsgálata történt meg. A vizek telítettségi állapotát, a kiválást vagy oldódást meghatározó jellemző telítettségi indexet a kémiai elemzések és a modellezett keveredési szélső tagok alapján PHREEQC geokémiai modellező program segítségével számítottam.

A megcsapolódási területen található vas-oxihidroxid biofilm bevonatokról közvetlenül fénymikroszkópos és a minta előkészítést követően pásztázó elektronmikroszkópos felvételek készültek. Energiadiszperzív feltétellel a bevonat egyes részeinek elemi összetételének meghatározása történt. A molekuláris biológiai diverzitáselemzés céljából létrehozott klónkönyvtárak klónjainak azonosítása a 16S rRNS gén szekvencia analízisére alapozva került elvégzésre.

A barlangok jelenlegi oldódási folyamatainak tanulmányozása céljából egy egyszerű kísérletet terveztem. A Budai-hegységben található olyan kőzetekből, amelyek esetében barlangjáratok ismertek, valamint referenciaként márványból és szintén a Budai-hegységből származó kalcitból kb. 2,5x5,0x0,5 cm-es kőzetszeletek készültek, melyek egyik legnagyobb felülete króm-oxiddal lett felpolírozva. Ezekről a felületekről a kísérlet megkezdése előtt pásztázó elektronmikroszkópos felvételek készültek és rögzítettem a minták tömegét. Végül a mintákat drótra fűztem és a barlangot kitöltő vízbe helyeztem. Összesen hat mintasorozat készült, melyekből két sorozat a Gellért-hegy lábánál található Török-forrás barlangjába, négy sorozat pedig a Rózsadomb lábánál található Molnár János barlangban két különböző helyre lett kihelyezve. Minden kísérleti helyről az első mintasorozatot 40 nap után, a másodikat 4 hónap után vettem ki. Levegőn történő néhány napos szárítás után a mintákat újból lemértem, és felületüket ismét pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgáltam.

Eredmények-Tézisek

1. A karsztrendszereket a felszín alatti vízáramlások rendszerébe elhelyező osztályozás alapján (Tóth, 1963; Klimchouk, 2007; Goldscheider et al., 2010) a kiemelt karbonátos hegység és medence határán, a regionális megcsapolódási zónában elhelyezkedő Budai Termálkarszt a hipogén karsztok körébe sorolható. A rendszer fluidumainak szélső tagjai egyrészt meteorikus fluidumok, azaz „frissen” beszivárgó hideg karsztvizek, másrészt hidrotermális fluidumok, melyek eredetüket tekintve – Deming (2002) besorolását használva – „átalakult” vizek, számos fluidum komponensből tevődnek össze komplex kőzet-víz kölcsönhatásoknak köszönhetően.
2. Engelen és Kloosterman (1996) hidrológiai rendszer elemzés koncepciójának megfelelően, a retrospektív kutatás keretén belül a Rózsadomb és a Gellért-hegy természetes megcsapolódási jellemzői kerültek megállapításra. Mindkét vizsgált területre a szerkezetileg meghatározott megcsapolódás jellemző. Ennek megfelelően a Rózsadomb területén a

langyos (21-29°) és a forróvízű (50-65°C) források területileg elkülönülten jutottak a felszínre, melyek kémiai összetétele is különbözött: a langyos források vize általában kevesebb, mint 1000 mg/l, a forróvízű forrásoké több, mint 1200 mg/l összes oldott anyag tartalommal volt jellemezhető. A rózsadombi megcsapolódás kb. 18000 m³/nap, míg a Gellért-hegyi megcsapolódási terület átlagosan 3200 m³/nap hozamú volt. A Gellért-hegy lábánál megcsapolódó vizek időben és térben is azonos hőmérséklettel (35-47°C) és kémiai összetétellel (1500-2000 mg/l TDS) rendelkeztek. Mindkét terület vizeire nagyjából azonos HCO₃⁻, H₂SiO₃, Cl⁻, Na⁺ és K⁺ tartalom, míg a Gellért-hegy környéki vizekre magasabb Ca²⁺, Mg²⁺, Li²⁺ és SO₄²⁻ volt jellemző (Papp, 1942).

3. Jelen munka során a többváltozós adatelemzés eredménye alapján, minden mért paraméter (fő- és nyomelem, terepi paraméterek és radionuklidok) együttes figyelembevételével, a vizeket – területi elkülönülésüket is figyelembe véve – Északi és Déli Rendszerbe csoportosítottam. Az Északi Rendszerbe tartoznak a Rózsadomb környékén megcsapolódó és a szemközti pesti oldalon található kutak vizei, míg a Déli Rendszerbe a Gellért-hegy környéki és a dél-pesti fluidumok kerültek besorolásra. Az Északi Rendszeren belül a rózsadombi langyos források csoportja különíthető el a csoport többi tagjától. Ezen csoportok elkülönüléseért a Wilks' Labda teszt alapján alapvetően a vizek Ca²⁺, Mg²⁺ és SO₄²⁻ tartalma felelős, a hőmérséklet szerepe alárendelten jelent meg. Az Északi Rendszerben szignifikáns (> ±0,82), míg a Déli Rendszerben kevésbé szignifikáns kapcsolat (< 0,67) figyelhető meg a vizek hőmérséklete és főelem-tartalma között. A főbb összetevők tekintetében a Déli Rendszert magasabb Ca²⁺, Mg²⁺, HCO₃⁻ és SO₄²⁻ és összes oldott anyag tartalom jellemzi. A Déli Rendszer magasabb értékei alacsonyabb és szűkebb hőmérsékleti tartományhoz tartoznak. A két rendszer közti különbség a paraméterek mélységbeli eloszlásában is megjelenik, kivéve a Na⁺ és a Cl⁻ ionokat. Minden paraméternél megfigyelhető, hogy a mélységtől a felszín felé – egy bizonyos szintig – ugyanazon érték jellemző, mely arra utal, hogy a paraméterekben változást okozó folyamatok a felszínközeli megcsapolódási zóna közelére korlátozódnak.
4. A radionuklidok természetes nyomjelzőként történő alkalmazása regionális megcsapolódási területeken, ahol a különböző rendű áramlási rendszerek különböző hőmérsékletű, oldott anyag tartalmú és redox állapotú vizei kerülnek a felszínre, hatékony módszernek bizonyult. Kétkomponensű keveredési rendszerben segítségükkel a szélső tagok hőmérséklete, összetétele és a keveredés mélysége határozható meg. A hidrotermális szélső tag hőmérsékletének és összetételének meghatározásához az urán adatok használatát javaslom a radonnal szemben, mert a radon, gáz halmazállapotának köszönhetően könnyen eltávozik a vízből nyílt rendszerekben, így mintázás során is. Továbbá a megcsapolódás közelében kimutatott lokális radon források – vas-oxihidroxidok – rádium adszorpciójuk és radon leadásuk révén szintén befolyásolhatják a mért adatokat. Ugyanezen okból kifolyólag a

Gainon (2008) által javasolt $^{222}\text{Rn}/^{226}\text{Ra}$ arány, mint a keveredés arányának jelzője és a hidrotermális szélső tag geotermométere, nem bizonyult használhatónak. A meteorikus szélső tag paramétereinek becsléséhez a rádium adatok megfelelőek. A magas hőmérsékletű vizek (kb. 70 °C) hőmérsékletének terepi mérése során jelentkező hibalehetőség miatt, a keveredés szélső tagjainak meghatározásához az összes oldott anyag tartalom használatát javaslom. Kétkomponensű keveredési rendszerek esetében a paraméterek közötti lineáris kapcsolat alapján a szélső tagok összetétele meghatározható. A klorid, mint konzervatív elem használatával a vizsgált objektumok keveredési aránya kiszámolható, majd hidrogeokémiai modellező program segítségével ez a keveredési arány modellezhető, melynek eredményeképpen kapott és az elemzett összetételek összehasonlíthatóak.

5. Jelen tanulmány egy átfogó áttekintést ad az Északi és Déli Rendszer vizeinek radionuklid tartalmáról, mely újabb bizonyítékként szolgál a két rendszer elkülönülésének. Az Északi Rendszerre a hőmérséklettel növekvő rádium (53-591 mBq/l) és csökkenő urán (83-10 mBq/l) tartalom, valamint általában alacsony (1,8-98 Bq/l) és a hőmérséklet növekedésével csökkenő radon tartalom jellemző. A Déli Rendszer vizei magas rádium (221-870 mBq/l) és radon (3-963 Bq/l) tartalommal rendelkeznek, némely esetben, hőmérséklettől függetlenül anomálishan magas radon tartalom jellemző. A Déli vizeket alacsony (11-33 mBq/l) urán tartalom jellemzi. A rádiumot mindkét rendszerben azonos érték (kb. 500 mBq/l) jellemzi a mély kutakban, mely a rádium azonos eredetére utal a két rendszerben.
6. A radionuklidok segítségével az Északi Rendszerben azonosítottam a keveredés szélső tagjait: a meteorikus szélső tag 12°C hőmérséklettel és 775 mg/l összes oldott anyag tartalommal, a hidrotermális szélső tag 76,5 °C hőmérséklettel és 1440 mg/l összes oldott anyag tartalommal jellemezhető. A klorid segítségével meghatároztam a mintázott objektumok keveredési arányát. Az ez alapján modellezett összetétel, összehasonlítva a laboratóriumban mért eredményekkel jó (< 20% eltérés) egyezést adott. Az Északi Rendszer kútjainak vizénél észlelt keveredést valószínűleg a termelés idézi elő.
7. A Déli Rendszerre nem mutathatók ki keveredési szélső tagok radionuklidok segítségével. Ez alapján a Gellért-hegyi megcsapolódási zónában hidrotermális vizek (35-47°C, 1500-2000 mg/l TDS) megcsapolódása zajlik. Ha van is keveredés ebben a térségben, a szélső tagok hasonlóak egymáshoz, és hidrotermális vizek.
8. A megcsapolódás jellegében és a megcsapolódó fluidumokban a két terület közötti különbségek részben geológiai okokra vezethetők vissza. A rózsadombi megcsapolódási terület langyos vizeinek utánpótlódási területe nagy kiterjedésű fedetlen karbonátos térszín, amely kb. 10000 m³/nap langyos forrás hozamot biztosít. A megcsapolódási terület maga fedett, ezért a meteorikus és hidrotermális fluidumok megcsapolódása szerkezetekhez kötött és elkülönült, langyos és forróvízű források formájában. Ennek következménye, hogy a keveredés is szerkezeti vonalak mentén zajlik. A Déli Rendszer utánpótlódási területére

korlátozott karbonátos kibúvás jellemző, amely a meteorikus fluidumok hiányáért ill. alárendelt szerepért felelős a megcsapolódási zónában. A Gellért-hegyi kb. 3200 m³/nap hidrotermális megcsapolódás a rózsadombi kb. 18000 m³/nap összhozammal összevetve kisebb utánpótlódási területre utal.

9. A medenceeredetű fluidumok a Budai Termálkarszt vizeinek kémiai karakterét befolyásoló komponenseit szolgáltatják, Na⁺, K⁺, Cl⁻, H₂SiO₃, CO₂, H₂S, CH₄ és folyékony szénhidrogének formájában. Mindkét rendszer esetében a Na⁺, Cl⁻ és CO₂ tartalom hasonlósága ellenére a metántartalom és néhány nyomelem (pl. Li, Cs, Ba) tekintetében jelentkező különbség eltérő forrásterületre utal. A medenceeredetű fluidumok valószínűleg komplex közet-víz kölcsönhatás eredményeképpen, szerkezeti elemek és Almási (2001), Tóth és Almási (2001) valamint Bada és társai (2006) alapján a kompresszió következményeként fellépő túlnyomás segítségével kerülnek a rendszerbe.
10. A kémiai karaktert meghatározó szulfáttartalom a termálvizek gyakori jellemzője (Worthington és Ford, 1995; Gunn et al., 2006), ahogy ez a Budai Termálkarszt esetében is megfigyelhető. A szulfát Alföldi (1979) és Szabó és társai (2009) alapján a késő-perm – kora-triász sekélytengeri karbonátos-evaporitos rétegekből származtatható. A Déli Rendszert jellemző magas (>300 mg/l) szulfáttartalom ezen rétegek kiemeltebb helyzetével valamint a gipsz, dolomit és kalcit között lezajló reakcióval magyarázható. Bischoff és társai (1994) valamint Palmer (2000, 2007) alapján a gipsz beoldódása a kalcit kicsapódását és egyidejűleg a dolomit oldódását vonja maga után, amely a vizek megemelkedett magnézium- és szulfát-tartalmát okozza regionális léptékben, ami a tanulmányi területen megfigyelhető. Jelen tanulmány eredményei alapján azonban más szulfát eredet is valószínűsíthető, így a medenceeredetű H₂S feloxidálódása ill. a rózsadombi langyos források esetében a Budai Márga piritje.
11. A vas-oxihidroxidok a kalcit mellett a megcsapolódási zóna jellegzetes ásványkiválásai. Mössbauer spektroszkópiás vizsgálatok alapján ez a recens vasas kiválás götit és ferrihidrit ásványos összetétellel jellemezhető. Előfordulásuk a redukzív körülmények oxidatívvá válását jelzik. Ez bekövetkezhet a megcsapolódási szinten a feláramló redukzív hidrotermális vizek feloxidálódásával, ill. ezen vizek oxigéntartalmú, meteorikus vizekkel történő keveredésével. A Gellért-hegy megcsapolódási zónájában ezen kiválások előfordulása a már korábban említett modellt támasztja alá: a hidrotermális vizek közvetlen megcsapolódását a karsztvíz szintjében. A barlangok, amelyekben ezek a kiválások találhatóak, szintén a vízszinthez kötődnek, tehát ezen kiválásnak barlangszint jelző szerepe van. A Rózsadombnál, a Molnár János barlangban ez a vasas kiválás a freatikus zónában található, azaz előfordulása az oxigén-tartalmú meteorikus vizek és a redukzív hidrotermális vizek keveredését jelzi, tehát itt keveredés- és egyben barlangképződés-jelző szerepe van.

12. A vasas kiválások kolloidális jellege és irodalmi analógiák alapján (Casanova et al., 1999; Fujisawa and Tazaki, 2003; Tazaki, 2009) a mikrobák szerepe valószínűsíthető az autooxidáció folyamata mellett ezen kiválások keletkezésében. A mikrobiológiai vizsgálatok olyan mikrobaközösségeket azonosítottak, amelyek anaerob vas (III)- vagy szulfát-redukáló, valamint vas(II)- vagy szulfid-oxidáló tevékenységgel jellemezhetőek. Ez azt jelenti, hogy ezek a mikrobák számos redox reakciókban vesznek részt az elemek (S, Fe, C) körforgalmában mindkét vizsgálati területen. Magasabb taxonómiai szinteken olyan közösségek azonosíthatók, amelyek mikrobiális közreműködéssel zajló kénsavas barlangképződéssel jellemezhető barlangokból írtak le (Engel, 2007). Ez alapján ezen barlangképzőfolyamat aktív szerepét feltételezem a Budai Termálkarszt megcsapolódási zónájában.
13. A megcsapolódási zónában azonosított vas-oxihidroxidok jellemző tulajdonsága az adszorpciós képesség (Casanova et al., 1999; Le Guern et al., 2003), melyet a Budai Termálkarszt mintái esetében is sikerült kimutatni. Ezek a kiválások az As, Pb, Cr, Cu, Ni, Zn, Mo, U nyomelemeket dúsították. Emellett gamma-spektrometriás vizsgálatok alapján ezeket a kiválásokat magas (3680 Bq/kg) rádiumtartalom jellemzi, melyből következően ez a kiválás felelős a források megemelkedett radontartalmáért abban az esetben, ha közvetlenül a forrás kilépésnél található. Ez a helyzet a Gellért-hegyi források esetében is, ahol magas (983 Bq/l) radon koncentrációkat mértem. A Rózsadomb esetében ez a kiválás a Molnár János barlangban, freatikus körülmények között található. A kiválást körülvevő víztömeg és a forráskilépésig megtett út miatt a barlangból kilépő forrás vizének radontartalma elenyésző.
14. A vas-oxihidroxidos kiválásokat száraz barlangokban is sikerült azonosítani, minden esetben kalcitlemez kíséretében. Ezen vasas kiválások ásványos összetételére is főleg a gőtít volt jellemző, és a recens analógiának megfelelően magas nyomelemtartalommal rendelkeznek. Ezen kiválások barlangszint-jelző szerepe ezzel bizonyított.
15. A Budai Termálkarszt az oldódási kísérlet eredményének megfelelően aktívan oldódási (barlangképződési) folyamatokkal jellemezhető hipogén karsztrendszer. Az oldódást mindkét területen bizonyítást nyert, habár a Gellért-hegy esetében az oldódás mellett intenzív ásványkiválás (kalcit, gipsz) és biofilm képződés is kimutatást nyert.
16. A barlangképződési folyamatok szempontjából a Rózsadomb esetében a keveredési korrózió a domináns folyamat. Ezt indokolja egyrészt a meteorikus és hidrotermális komponensek hozama (10000 és 8000 m³/nap), továbbá a keveredési szélső tagok számottevő CO₂ tartalom-különbsége (SI CO₂: -1,38 – 0,11). A korábban már említett szerkezetek mentén történő megcsapolódás miatt a keveredés és ennek megfelelően a barlangok járatrendszere szerkezeti meghatározottságot mutat. A mikrobiológiai vizsgálatok alapján azonban a mikrobák közreműködésével zajló kénsavas barlangképződés is szerepet játszhat a

rózsadombi megcsapolódási zónában. Szerepe valószínűleg alárendelt, a keveredéssel összevetve.

17. A Gellért-hegy esetében, ahol a hidrotermális fluidumok közvetlen megcsapolódása zajlik, a radionuklidok segítségével keveredés nem volt kimutatható. Jelen dolgozat eredményei alapján a mikrobiális közreműködéssel zajló kénsavas barlangképződést itt a domináns folyamat. Ennek bizonyítéka a vízszint felett, annak közvetlen közelében képződő gipszkéreg, a mikrobiológiai vizsgálatok alapján azonosított más kénsavas barlangokból leírt (Engel, 2007) baktériumközösséghez hasonló közösség azonosítása, valamint ezen barlangok eredetileg izolált volta és a Rózsadombról összehasonlítva számottevően kisebb mérete. A H₂S medenceeredetűnek tekinthető. A mikrobiológiai vizsgálatok alapján a mikrobák szulfátredukáló tevékenysége is lehet a H₂S egy lehetséges forrása. Ezen folyamat barlangképző hatása Palmer (2007) alapján hatékonyabb lehetett, amikor a barlangok még zártak voltak, és a CO₂ oldó hatása is hozzájárult a barlangképződéshez.
18. A keveredési korrózió és a mikrobák közreműködésével zajló kénsavas barlangképződés mellett egyéb hipogén folyamatok is részt vehetnek a Budai Termálkarszt kialakításában. A szerkezetek mentén feláramló hidrotermális vizek hűlés miatti oldó hatása növelheti a szerkezetek fluidumtranszport-kapacitását a kalcit retrográd oldódása miatt (Bakalowicz et al., 1987; Dublyansky, 2000; Andre és Rajaram, 2005). A korábban említett gipsz, kalcit és dolomit együttes reakciójában a gipsz és a dolomit oldódása a dolomit rezervoár repedésrendszerének regionális léptékű tágulását okozhatja.
19. A Budai Termálkarszt az oldódási kísérlet alapján tehát egy aktív hipogén karszt. Számos folyamat játszhat szerepet egy regionális megcsapolódási zónánál, ahová a különböző rendű áramlási rendszerek különböző hőmérsékletű, oldott anyag tartalmú és redox-állapotú vizet szállítanak. Egy-egy folyamat domináns szerepe a megcsapolódási jelenségekre is rányomhatja a bélyegét (pl. barlangok, kiválások). Ez a terület hasonló geológiai helyzetű hipogén karsztok típusúterületeként szolgálhat. A dolgozat eredményei alapján a két vizsgálati területre a megcsapolódó fluidumokat valamint az oldódást-kiválást befolyásoló folyamatokat és termékeiket bemutató koncepcionális modellt készítettem.

Irodalomjegyzék

- Alföldi, L., 1979, Budapesti hévizek (Thermal waters of Budapest) [in Hungarian]: VITUKI Közlemények, 20: 1-102.
- Alföldi, L., Bélteky, L., Böcker, T., Horváth, J., Korim, K., Liebe, P., and Rémi, R. (eds.), 1968, Budapest Hévízei (Thermal waters of Budapest), Budapest, VITUKI, 365 p.

- Almási, I., 2001, Petroleum Hydrogeology of the Great Hungarian Plain, Eastern Pannonian Basin, Hungary. PhD Thesis, University of Alberta, Department of Earth and Atmospheric Sciences, Edmonton, Alberta, 312 p.
- Andre, B. J., Rajaram, H., 2005, Dissolution of limestone fractures by cooling waters: Early development of hypogene karst systems. *Water Resour Res*, 41: W01015.
- Bada, G., Horváth, F., Dövényi, P., Szafián, P., Windhoffer, G., Cloetingh, S., 2006, Present-day stress field and tectonic inversion in the Pannonian basin. *Global and Planetary Change*, 58(1-4): 165-180.
- Bakalowicz, M. J., Ford, D. C., Miller, T. E., Palmer, A. N., and Palmer, M. V., 1987, Thermal genesis of dissolution caves in the Black Hills, South Dakota: *Geological Society of America Bulletin*, 99: 729-738.
- Bischoff, J. L., Julia, R., Shanks, W. C., Rosenbauer, R. J., 1994, Karstification without carbonic acid; bedrock dissolution by gypsum-driven dedolomitization. *Geology* 22: 995-998.
- Casanova, J., Bodéan, F., Négrel, Ph., Azaroual, M., 1999, Microbial control on the precipitation of modern ferrihydrite and carbonate deposits from the Cézallier hydrothermal springs (Massif Central, France), *Sedimentary Geology*, 126: 125-145.
- Deming, D., 2002, *Introduction to Hydrogeology*, New York, McGraw-Hill, 468 p.
- Dublyansky, Y. V., 2000, Hydrothermal speleogenesis – Its settings and peculiar features. In: Klimchouk, A. B., Ford, D. C., Palmer, A. N., Dreybrodt, W. (eds.) *Speleogenesis Evolution of Karst Aquifers*, National Speleological Society, Inc. Huntsville, Alabama, USA, 298-303.
- Engel, A. S., 2007, Observations on the biodiversity of sulfidic karst habitats. *Journal of Cave and Karst Studies*. 69(1): 187-206.
- Engelen, G. B., Kloosterman, F. H., 1996, *Hydrological systems analysis: methods and applications*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht Boston London, 152 p.
- Fujisawa, A., Tazaki, K., 2003, The radioactive microbial mats – In case of Misasa hot springs in Tottori Prefecture. In: Kamata, N. (ed.): *Proceedings: International Symposium of the Kanazawa University 21st-Century COE Program Vol. 1.*, Kanazawa University, Kanazawa, Japan, 328-331.
- Gainon, F., 2008, Les isotopes radioactifs de la série de l'uranium-238 (^{222}Rn , ^{226}Ra , ^{234}U et ^{238}U) dans les eaux thermales de Suisse: sites d'Yverdon-les-Bains, Moiry, Loèche-les-Bains, Saxon, Val d'Illiez, Bad Ragaz, Delémont, Lavey-les-Bains, Brigerbad et Combioula; Thèse CHYN, 109 p.

- Goldscheider, N., Mádl-Szőnyi, J., Erőss, A., Schill, E., 2010, Review: Thermal water resources in carbonate rock aquifers. *Hydrogeology Journal*, published online: DOI: 10.1007/s10040-010-0611-3.
- Gunn, J., Bottrell, S. H., Lowe, D. J., Worthington, S. R. H., 2006, Deep groundwater flow and geochemical processes in limestone aquifers: evidence from thermal waters in Derbyshire, England, UK. *Hydrogeol J* 14: 868-881.
- Klimchouk, A. B., 2007, Hypogene Speleogenesis: Hydrogeological and Morphogenetic Perspective Special Paper no.1, National Cave and Karst Research Institute, Carlsbad, NM, 106 p.
- Le Guern, C., Baranger, P., Crouzet, C., Bodéan, F., Conil, P., 2003, Arsenic trapping by iron oxyhydroxides and carbonates at hydrothermal spring outlets, *Applied Geochemistry*, 18: 1313-1323.
- Palmér, A. N., 2000, Hydrogeologic Control of Cave Patterns. In: Klimchouk, A. B., Ford, D. C., Palmer, A. N., Dreybrodt, W. (Eds.) *Speleogenesis, Evolution of Karst Aquifers*, National Speleological Society, Inc. Huntsville, Alabama, USA: 77-90.
- Palmer, A. N., 2007, *Cave Geology*. Dayton, Ohio, Cave Books, 454 p.
- Papp, F., 1942, Budapest meleg gyógyforrásai (Thermal medicinal springs of Budapest) [in Hungarian]: A Budapesti Központi Gyógy- és Üdülöhelyi Bizottság Rheuma és Fürdőkutató Intézet kiadványa, Budapest, 252 p.
- Szabó, V., Fórizs, I., Halas, S., Pelc, A., Deák, J., 2009, A budapesti hévizek szulfátjának eredete stabilizotópos mérések alapján (Origin of the sulphate of the thermal waters of Budapest based on stable isotope measurements) [in Hungarian]: *Miskolci Egyetem Közleménye, A sorozat, Bányászat*, 77: 73-81.
- Tazaki, K., 2009, Observation of microbial mats in radioactive hot springs, *Sci. Rep. Kanazawa Univ.*, 53: 25-37.
- Tóth, J., 1962, A theory of groundwater motion in small drainage basins in central Alberta, Canada. *Journal of Geophysical Research*, 67(11): 4375–4387.
- Tóth, J., 1963, A theoretical analysis of groundwater flow in small drainage basins. *Journal of Geophysical Research*, 68(16): 4795-4812.
- Tóth, J., 1999, Groundwater as a geologic agent: An overview of the causes, processes, and manifestations. *Hydrogeology Journal*, 7(1): 1-14.
- Tóth, J., 2005, Gravity-Drive Regional Groundwater Flow in Karst Terraines. Short Course on “Multidisciplinary approach to karst-water protection strategy”, “Erdélyi Mihály”

Advanced Hydrogeology School, Eötvös Loránd Science University Budapest, Hungary,
2005 August 22-27, 16 p.

Tóth, J., 2009, Springs seen and interpreted in the context of groundwater flow-systems, GSA Annual Meeting 2009 (18-21 October 2009) Portland, Geological Society of America Abstracts with Programs, 41(7) p. 173.

Tóth, J., Almási, I., 2001, Interpretation of observed fluid potential patterns in a deep sedimentary basin under tectonic compression: Hungarian Great Plain, Pannonian Basin. *Geofluids* 1(1): 11-36.

White, W. B., 2008, The Colors and Flavors of Karst, In: Sasowsky, I. D., Feazel, C. T., Mylroie, J. E., Palmer, A. N., Palmer, M. V., (eds): Karst from recent to reservoirs, KWI Special Publication 14, 5-9.

Worthington, S. R. H., Ford, D C., 1995, High sulfate concentrations in limestone springs: An important factor in conduit initiation? *Environmental Geology*, 25: 9-15.

Egyszerű kísérlet a Budai Termálkarszt megcsapolódási zónájában található barlangok oldódási folyamatainak vizsgálata céljából*

Eröss Anita¹, Mádlné Szőnyi Judit¹, Csoma É. Anita², Mindszenty Andrea¹, Kraus Sándor, Kalinovits Sándor

¹Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, 1117 Budapest Pázmány Péter sétány 1/c

²Upstream Technologies, ConocoPhillips, 600 N. Dairy Ashford, PR 3064 Houston, TX 77079, U.S.A.

kapcsolattartó: Eröss Anita, anita.eross@gmail.com

A Budai Termálkarszt két megcsapolódási zónájában, a Rózsadomb és a Gellért-hegy lábánál is található barlangok, amelyek részben vízzel telítettek. Felmerül a kérdés, hogy ezek a barlangok jelenleg is képződnek, azaz az oldódás ma is egy aktív folyamat esetükben, vagy a vizek ma már csak használják a korábban kioldódott járatokat.

Ennek vizsgálata céljából egy egyszerű kísérletet hajtottunk végre. A Budai-hegységben található olyan kőzetekből készítettünk mintákat, amelyek esetében barlangjáratok ismertek: Fődolomit, Dachsteini Mészkö, Szépvölgyi Mészkö és Budai Márga. Ezekből, ill. referenciaként márványból és szintén a Budai-hegységből származó kalcitból kb. 2,5x5,0x0,5 cm-es szeleteket készítettünk, melyek egyik legnagyobb felületét króm-oxiddal felpolíroztuk. Ezekről a felületekről a kísérlet megkezdése előtt pásztázó elektronmikroszkópos felvételeket készítettünk és rögzítettük a minták súlyát. Végül a mintákat drótra fűztük és a barlangot kitöltő vízbe helyeztük. Összesen hat mintasorozat készült, melyekből két sorozat a Gellért-hegy lábánál található Török-forrás barlangjába, négy sorozat pedig a Rózsadomb lábánál található Molnár János barlangban két különböző helyre lett kihelyezve. Minden kísérleti helyről az első mintasorozatot 40 nap után, a másodikat 4 hónap után vettük ki. Levegőn történő néhány napos szárítás után a mintákat újból lemértük, és felületüket ismét pásztázó elektronmikroszkóppal vizsgáltuk.

A súlymérések és a felületek állapota alapján mindegyik helyszín esetében kijelenthető, hogy az oldódás ma is aktív folyamat. A Gellért-hegy lábánál található Török-forrás barlangjába kihelyezett minták esetén az oldódás mellett kiválás és intenzív biofilm képződés is megfigyelhető volt. A Molnár János barlang esetében a két kísérleti helyszín között is eltérés mutatkozott az oldódás mértékében.

A projekt Eröss Anita doktori munkájának részét képezi, mely a Shell E&P B. V. (Rijswijk, Hollandia) vállalat támogatásával valósult meg.

A szerzők külön köszönetüket fejezik ki Bendő Zsoltnak a SEM vizsgálatokban, valamint Rózsavölgyi Jánosnak a minták előkészítésben nyújtott segítségével.

* A szervezett magyar barlangkutatás 100. évfordulója tiszteletére rendezett SpeleoHungary100 konferencián elhangzott előadás kivonata

Takács Judit (V. éves geológus hallgató) „A budapesti termálvizek kémiai összetételének jellemzése, a kémiai jelleget és annak változását befolyásoló tényezők vizsgálata” című diplomamunkájának összefoglalása*

(Témavezető: Eröss Anita tudományos segédmunkatárs, konzulens: Dr. Kovács József, egyetemi adjunktus)

Diplomamunkám célja, hogy feltárjam egyrészt a budapesti hévizek fiziko-kémiai paramétereit befolyásoló tényezőket, másrészt hogy rámutassak azokra az időbeli és minőségbeli változásokra, melyek a budapesti termálvizek esetében az egy és többváltozós statisztikai módszerek segítségével megfigyelhetők.

Többváltozós adatelemző módszerek segítségével az 1960 és 2009 közötti időszakban vizsgált kutakat és forrásokat négy biztosan meglévő csoportba soroltam. A csoportokat az egyes paraméterek szerint Box-Whisker diagramok alapján jellemeztem, majd Wilks' Lambda statisztika segítségével megvizsgáltam, hogy az egyes évtizedekben melyek voltak azok a paraméterek, melyek a csoportalakítást leginkább befolyásolták. Megállapítottam, hogy az egyes csoportok elkülönülésének oka nemcsak az egyes paraméterekre, hanem a paraméterek együttes hatására vezethető vissza és a csoportalakításban a legnagyobb szerepet – az 1960-as évek kivételével minden évtizedben a hőmérséklet és a klorid játszotta.

A megállapított csoportok és a csoportokat kialakító paraméterek alakulása 1960-2009 között már mesterséges hatások által befolyásolt. Hogy összehasonlíthatóvá váljanak a rendszer természetes (mesterséges hatásoktól mentes) állapotát és a mai csoportokat jellemző paraméterek, megvizsgáltam az áramlási rendszer természetes megcsapolódásaiként megjelenő forrásokat. Megállapítható, hogy a természetes működési mechanizmus alapjaiban nem változott. A paraméterek eredetének geológiai, hidrogeológiai magyarázatát tekintve az egyes csoportok jellemzőit a különböző rendű áramlási rendszerek, a kőzetminőség és a szerkezeti meghatározottság együttese szabja meg.

A paraméterekben és azok változékonyságában történő időbeli változások oka véleményem szerint alapvetően mesterséges eredetű, és a vízkivétellel hozható összefüggésbe. A meghatározott csoportok egymással kapcsolatban állnak és egy-egy mesterséges beavatkozás adott esetben egy másik csoport objektumainál is éreztheti hatását, bizonyítva ezáltal is, hogy a rendszer hidraulikusan folytonos. Az általam vizsgált csoportok jellemző paraméterei tehát több (természetes és mesterséges) tényező együttes következménye.

Az időbeli változások felismerése, a lehetséges okok feltárása, a budapesti termálvizek csoportokba sorolása és a csoportok ismerete elengedhetetlen az egyes mesterséges beavatkozások (pl. kitermelhető víz mennyisége, kutak egymásra hatása) tervezhetőségéhez és az antropogén szennyezések hatékony kezelhetőségéhez, hiszen ezen beavatkozások hatása az egy csoporthoz tartozó objektumoknál várható elsősorban. Emellett mindenképpen javasolt olyan tranziens modell készítése a Budai Termálkarszt áramlási rendszerére, mely magában hordoz minden időben változó paramétert, ezáltal figyelembe veszi a vízkitermelést és annak várható hatásait is.

* A dolgozat a Magyar Hidrológiai Társaság Lászlóffy Woldemár diplomamunka pályázatán III. helyezést ért el.

Az urbanizáció hatása a Szemlő-hegyi-barlang csepegő vizeire*

Virág Magdolna – Mádlné Szőnyi Judit – Mindszenty Andrea

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, 1117 Budapest Pázmány Péter sétány 1/c

Budapest termálkarsztos barlangjaira az urbanizáció helyenként jelentős hatással van, ami a barlangba szivárgó vizekben is észlelhető. Tanulmányunk célja a Rózsadombon jellemzően eocén mészkő és márga felszínén kialakult, építkezésekkel feltárt, antropogén tevékenység által kisebb-nagyobb mértékben zavart, bizonyos helyzetekben „epikarsztként” funkcionáló pleisztocén törmeléktakaró hidraulikai viselkedésének vizsgálata. Ezt a csapadékvíz vagy az antropogén forrásból (közműből) származó víz és a benne oldott szennyező anyagok beszivárgásának nyomon követése, az uralkodó folyamatok megértése és tipizálása révén próbáltuk megvalósítani.

A Szemlő-hegyi-barlang csepegő vizeiből 2005-től, 2,5 éven keresztül, 9 mintavételi helyen szisztematikusan, egyenlő mintaközű, mennyiségi (csepegés intenzitás) és minőségi (vízhőmérsékletet, pH, fajlagos elektromos vezetőképesség, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^-), elemzéseket végeztünk, és a heti rendszerességgel gyűjtött csepegővíz adatokat a csapadékeseményekkel összefüggésben is vizsgáltuk. Havonta 1 alkalommal $\delta^{18}\text{O}$ és δD mérése történt. 2010. márciusban kiegészítésképpen 4 helyszínről bakteriológiai vizsgálatokhoz is gyűjtöttünk vízmintát. GIS feldolgozást végeztünk a barlangjáratok felszínhez viszonyított elhelyezkedésének és a beépítettség, a felszíni és felszínközeli szennyező források: vízvezeték/csatorna (szikkasztó) szivárgás, téli útsózás, kerti/háztartási vegyszerhasználat közötti összefüggések megismerése érdekében.

A 9 csepegővíz-mérő helyen mennyiségi és minőségi szempontból is jelentős eltéréseket tapasztaltunk. A mintákat a vizsgálat eredményei alapján alapvetően négy csoportba soroltuk, a csoportokba nem sorolható csepegőhelyeket pedig kevert típusoknak minősítettük. Az 1. típus esetében a törmeléktakarón keresztül természetes beszivárgás érvényesül, a csepegésintenzitás és a jellemzően alacsony vezetőképesség és a természetes eredetű ionok által meghatározott koncentráció a csapadékeseményekkel összefüggésben változik, és az epikarszt hidraulikai viselkedését tükrözi. A $\delta^{18}\text{O}$ értékek közel megegyeznek a területre hulló csapadék $\delta^{18}\text{O}$ értékével. A 2. típus “antropogén epikarszt”, a csapadékeseményekre az előbbi típushoz hasonlóan reagál, azonban a fajlagos elektromos vezetőképességet és az összion koncentrációt kiemelkedően magas értékek jellemzik, és nagyon magas az antropogén eredetű ionok aránya. A 3. és 4. típusra, a beszivárgó víz mennyiségét és eloszlását tekintve, fokozottabb antropogén befolyásoltság jellemző. A nagy csepegésintenzitás és vezetőképesség nem mutat összefüggést a csapadékeseményekkel, és magas az antropogén eredetű ionok aránya (Na^+ , Cl^- , NO_3^-). A 3. típusnál egész évben jelentős a csepegésintenzitás, szembevetve a Na^+ és Cl^- ionok szezonális (feltehetően a téli útsózásból eredő) változása. A folyamatosan magas csepegő vízmennyiség véleményünk szerint vízvezeték szivárgását jelzi, ugyanakkor az ionok évszakos ingadozásából adódóan feltételezhető a felszínről beszivárgó víz hozzákeveredése. A 4. típusnál a NO_3^- folyamatosan magas koncentráció értékekkel nagyon tág tartományban ingadozik, ami csatornából (vagy szikkasztóból) történő hozzászivárgásra utalhat. A $\delta^{18}\text{O}$ értékek a 3. és 4. típusnál is a közműből történő hozzákeveredést támasztják alá.

* A szervezett magyar barlangkutatás 100. évfordulója tiszteletére rendezett SpeleoHungary 100 konferencián elhangzott előadás kivonata

Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy az antropogén hatások természetes adottságokkal szembeni érvényesülését nagymértékben meghatározza a törmeléktakaró hidraulikai viselkedése, ill. az emberi tevékenység, a bolygatottság mértéke, a burkolt és nyílt beszivárgási felületek aránya, a szennyezés kiterjedése és intenzitása: ez bizonyos helyzetekben felülírhatja a természetes folyamatokat. A barlangi csepegő vizekben a felszínközeli törmelékfedő beszivárgás-módosító, szennyezés-“tisztító”és/vagy közvetlen víztovábbító hatása is kimutatható. Mindezekben túlmenően figyelembe kell venni azt is, hogy a vízcsepp szétporladva a barlangi aeroszol összetételét is befolyásolhatja, és ennek antropogén módosulását valószínűleg tükrözik az aeroszorból kicsapódó ásványok is.

A Szemlő-hegyi-barlang csepegő vizeinek vizsgálata: természetes és antropogén hatások*

Virág Magdolna – Mádlné Szőnyi Judit – Mindszenty Andrea

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Földrajz- és Földtudományi Intézet, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, 1117 Budapest Pázmány Péter sétány 1/c

Budapest hévizes barlangjaira az urbanizáció helyenként jelentős hatást gyakorol. Kutatásunk során a Szemlő-hegyi-barlang csepegővíz adatainak szisztematikus, egyenlő mintaközű, heti rendszerességű gyűjtését, mennyiségi és minőségi elemzését a csapadékeseményekkel összefüggésben, a földtani felépítést is figyelembe véve végeztük.

Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy az antropogén hatások természetes adottságokkal szembeni érvényesülését nagymértékben meghatározzák a törmeléktakaró hidraulikai tulajdonságai, ill. az emberi tevékenység, a bolygatottság, a szennyezés kiterjedése és intenzitása. A barlangba csepegő vizekben a felszínközeli törmelékfedő beszivárgás-módosító, szennyezés-“tisztító” és közvetlen víztovábbító hatása is kimutatható.

* A Karszt és Barlang, 2009/I-II. számában (pp.19-26.) megjelent cikk összefoglalója

Bergmann Csaba (V. éves környezettan szakos hallgató) „A rózsadombi Molnár János barlang forrás- és beszivárgó vizeinek vizsgálata” című diplomamunkájának összefoglalása

(Témavezető: Dr. Leél-Össy Szabolcs egyetemi docens)

A Molnár János-barlang a Budai Termálkarszt barlangjai közt az egyetlen ismert, ma is aktív hévizes barlang. Emiatt hidrológiai jelentősége óriási. Szakdolgozatomban a barlang vízminőségének jellemzésére végzett forrás- és csepegővíz vizsgálatok eredményeit ismertetem. Az elmúlt 17 hónapban, havi rendszerességgel gyűjtött minták kémiai összetételét klasszikus (titrimetria) és műszeres (UV-VIS abszorpciós spektrofotometria, lángfotometria) analitikai módszerekkel végeztem. A stabilizotópos méréseket tömegspektrométer és lézerspektroszkóp segítségével végezték. A 7 mintavételi pontról származó vizek következő paramétereit elemeztem: pH, fajlagos vezetőképesség, lúgosság, kalcium-, magnézium-, klorid-, szulfát-, nitrát-, nitrit-, ammónium-, ortofoszfát-, nátrium- és káliumion tartalom, valamint a stabil oxigén- és hidrogénizotópos összetétel ($\delta^{18}\text{O}$ és δD értékek). A kémiai adatok kiértékeléséhez többváltozós adatelemző módszert (klaszter analízis) alkalmaztam.

A 3 ponton gyűjtött csepegővizek intenzitásuk, kémiai és stabilizotóp összetételük alapján elkülönülnek egymástól. Ennek magyarázata a különböző típusú (genetikájú) és/vagy mennyiségű vizek keveredése az eltérő geológiai (pl. repedezettség), felszínborítottsági és lejtésviszonyok következtében. A „Cseppkő-fal” helyen vizsgált csepegés intenzitásának növekedése összefüggést mutat a nagy havi csapadékmennyiséggel. Ezt támasztja alá a vezetőképesség és ezzel együtt számos ion mennyiségének jelentős csökkenése ezekben a hónapokban. Az itt beszivárgó víz jelentős részének csapadék eredetét a $\delta^{18}\text{O}$ és δD értékek egyértelműen mutatják. A másik két (jóval kisebb intenzitású) csepegéshez sokkal kisebb arányban keveredhet csapadékvíz (ezt jelzik a közműhálózatba betáplált vízre jellemző $\delta^{18}\text{O}$ és δD értékek). Az ivó- vagy szennyvízhálózatból (a 14-94 mg/l közötti nitráttartalom alapján valószínűleg az utóbbiból) történő beszivárgást a víz stabilizotóp összetétele mellett a szennyezést jelző kémiai paraméterek kisebb vagy nagyobb koncentrációi is alátámasztják.

A csepegővizek kémiai összetételét összehasonlítva más budai barlangok csepegővizével megállapítható, hogy a Molnár János-barlangba beszivárgó vizek szulfátkoncentrációja az egyik legmagasabb. Ennek egy része a geológiai eredet (budai márga pirittartalma) mellett antropogén forrásból is származhat (pl. szennyvíz).

A forrásvíz-minták kémiai és stabilizotóp összetétele a mérési eredmények alapján stabilnak mondható, nem mutatnak jelentős változásokat. Stabilizotóp vizsgálatok szerint összetételüket két típusú víz, meleg és hideg komponens keveredése határozza meg. A barlang belsejéből származó (Belső-tó, Kessler-terem) és a külső környezettel közvetlenebb kapcsolatban álló minták (Dexion-ág, Malom-tó) a kémiai és stabilizotóp összetétel alapján egyaránt (nem jelentősen, de) elkülönülnek. Ennek lehetséges magyarázata a $\delta^{18}\text{O}$ és δD értékek alapján, hogy a meleg komponens a barlang belsejében nagyobb arányban van jelen. Ha feltételezzük, hogy a meleg víz hosszabb áramlási pályán mozog, mint a hideg, akkor ezt alátámaszthatják a magasabb hidrogénkarbonát-, kalcium-, klorid- és szulfát-koncentrációk is. A Malom-tó általam mért vízminőségi értékeinek archív adatokkal történt összehasonlítása mutatja, hogy a forrásvizek vízkémiai összetételének stabilitása hosszabb távon (az elmúlt 150 évben) is fennáll.



Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet
Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék
Eötvös L. University, Institute of Geography & Earth Sciences
Dept. of Physical and Applied Geology
H-1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C
Phone: 381-2129, 381-2125, Fax: 381-2130 e-mail:
environ@geology.elte.hu, altfoldtan@ludens.elte.hu

Duna-Ipoly Nemzeti Park
Igazgatóság
Füri András igazgató részére
1121 Budapest, Költő u. 21.

DUNA-IPOLY NEMZETI PARK IGAZGATÓSÁG ERKEZET	
Budapest	
Iktatás időpontja: 2010 DEC 27	Melléletek:
Iktatókönyv sorszáma: alszáma:	1686/0/2010 füldő H
Előirat száma:	Tárgy: kutatási jelentés

Stell-262/2010

L. A. J. J. J.

Budai termálkarszton
folytatott kutatásokról; kérelem a
kutatási engedély meghosszabításához

Tisztelt Igazgató Úr!

A KDV-KTVF-től kapott 41363/4/2007. sz. kutatási engedélyünk a Budai termálkarszton a meteorikus és a termálvizek keveredéséből adódó korróziós hatásokat vizsgáló – Szemlő-hegyi-barlang, Molnár János barlang és a Gellért-hegyi Aragonit-barlang, továbbá a Lukács-, Gellért-, Rudas- és Rác-fürdő területén valamint a Gellért-hegyen és a Gellért táróban található forrásbarlangok geológiai, hidrológiai, klimatológiai kutatását és dokumentálását is magában foglaló – kutatási programra 2010. december 31-ig érvényes.

Jelen levelünkhöz mellékeljük a kutatási program jelentését és egyben tisztelettel kérjük kutatási engedélyünk meghosszabbítását 2013. december 31-ig.

Indoklás:

Az ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszékén a Budai termálkarszton folytatott kutatások keretében számos diákköri, szakdolgozati, doktori és posztdoktori kutatás van folyamatban, melyek sikeres befejezéséhez az engedély meghosszabbítása nélkülözhetetlen.

A kutatáshoz nyújtott segítségét, támogatását előre is megköszönve, tisztelettel:

Eötvös Loránd Tudományegyetem TTK-FFI-GKK
Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék
Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c

Dr. Mindszenty Andrea
tanszékvezető egyetemi tanár

Budapest, 2010. december 15.



**KÖZÉP-DUNA-VÖLGYI KÖRNYEZETVÉDELMI
TERMÉSZETVÉDELMI ÉS VÍZÜGYI FELÜGYELŐSÉG**

évk. az: 358

DUNA-IPOLY NEMZETI PARK IGAZGATÓS Budapest	
Iktatás időpontja: 2011 JAN 21	Mellékletek: 1 lap
Munkakönyv sorszáma: 69/1/2011	Előírt száma:
Előírt száma:	gyintéző: Juhász

Kérjük, válaszában hivatkozzon iktatószámunkra!

Ikt. sz.: KTVF:3345-1/2011. Tárgy: Értesítés eljárás megindításáról Budai termálkarszt területén az ELTE FFI által végzett kutatási programra vonatkozó (KTVF:41363/4/2007.) kutatási engedély meghosszabbításának ügyében

Előadó: Galamb István Hiv. szám: - Melléklet: Kérelem másolat

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék
(1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C)

Tisztelt Cím!

Értesítem Önöket, hogy a közigazgatási hatósági eljárás és szolgáltatás általános szabályairól szóló 2004. évi CXL. törvény (továbbiakban: Ket.) 29. § (1) bekezdésében foglaltak, valamint a természet védelméről szóló 1996. évi LIII. törvény (továbbiakban: Tvt.) 51. § (3) bekezdés a) pontja alapján eljárást indítok tárgy ügyben.

Tájékoztatom Önöket, hogy az eljárás megindításának napja 2010. december 23. A Tvt. 76. § (1) bekezdése alapján az eljárási határidő a természetvédelmi hatósági engedélyezési eljárásokban három hónap. A Ket. 33. § (3) bekezdés c) pontja alapján az ügyintézési határidőbe nem számít be a tényállás tisztázásához szükséges adatok közlésére irányuló felhívástól az annak teljesítéséig terjedő idő.

Az ügyben keletkezett iratokba – előzetesen egyeztetett időpontban – betekinhetnek, az abban foglaltakra nyilatkozatot tehetnek.

Felhívom a figyelmüket, hogy amennyiben az ügygel kapcsolatban nyilatkozatot kívánnak tenni, azt a levél kézhezvételétől számított 5 napon belül nyújtsák be a Közép-Duna-völgyi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőségre.

Jelen értesítés a Ket. 29. § (3) bekezdés b) pontján alapul.

Budapest, 2011. január 17.


Dolla Eszter
igazgató
megbízásából:
Papp Lajosné
osztályvezető

Kapják:

1. ELTE, Földrajz- és Földtudományi Intézet Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék (1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C) – tértivevénnyel
2. Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság (1525 Budapest, Pf. 86.)
3. Vidékfejlesztési Minisztérium, Nemzeti parki és tájvédelmi főosztály, Barlangtani osztály (1025 Budapest, Szépvölgyi út 162/b.)
4. Budapest Gyógyfürdői és Hévízei Zrt. (1393 Budapest, Pf.: 342.) – tértivevénnyel
5. Betegápoló Irgalmas Rend – Kozma Imre (1023 Budapest, Frankel Leó út 54.) – tértivevénnyel



Eötvös Loránd Tudományegyetem, Földrajz- és Földtudományi Intézet
 Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék
 Eötvös L. University, Institute of Geography & Earth Sciences
 Dept. of Physical and Applied Geology
 H-1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C
 Phone: 381-2129, 381-2125, Fax: 381-2130 e-mail:
 environ@geology.elte.hu, altfoldtan@ludens.elte.hu

St. 201/2010

**Közép-Duna-völgyi Környezetvédelmi,
 Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség**
 1077 Budapest, Nagydíófa u. 10-12

Közép-Duna-völgyi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség	
Előirat:	Feljegyzések:
Érkezett:	Mell:
2010 -12- 23	1 db
Tisztelt Felügyelőség! 25239-2 2010	

Tárgy: kutatási jelentés Budai termálkarszton folytatott kutatásokról; kérelem a kutatási engedély meghosszabbításához

A KDV-KTVF-től kapott 41363/4/2007. sz. kutatási engedélyünk a Budai termálkarszton a metorikus és a termálvizek keveredéséből adódó korróziós hatásokat vizsgáló – Szemlő-hegyi-barlang, Molnár János barlang és a gellért-hegyi Aragonit-barlang, továbbá a Lukács-, Gellért-, Rudas- és Rác-fürdő területén valamint a Gellért-hegyen és a Gellért táróban található forrásbarlangok geológiai, hidrológiai, klimatológiai kutatását és dokumentálását is magában foglaló – kutatási programra 2010. december 31-ig érvényes.

Jelen levelünkhöz mellékeljük a kutatási program jelentését és egyben tisztelettel kérjük kutatási engedélyünk meghosszabbítását 2013. december 31-ig.

Indoklás:
 Az ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszékén a Budai termálkarszton folytatott kutatások keretében számos diákköri, szakdolgozati, doktori és posztdoktori kutatás van folyamatban, melyek sikeres befejezéséhez az engedély meghosszabbítása nélkülözhetetlen.

A kutatáshoz nyújtott segítségét, támogatását előre is megköszönve, tisztelettel:

Dr. Leél-Össy-Szabolcs
 egyetemi docens
 kutatásvezető

Dr. Mindszenty Andrea
 tanszékvezető egyetemi tanár

Budapest, 2010. december 15.