

A DUNA ÉS A FELSZÍN ALATTI VIZEK KAPCSOLATA A RÓZSADOMBI MEGCSAPOLÓDÁSI TERÜLETEN

INTERACTION BETWEEN THE GROUNDWATER AND THE DANUBE AT THE RÓZSADOMB DISCHARGE AREA

BODOR PETRA¹ – ERŐSS ANITA¹ – MÁDLNÉ SZŐNYI JUDIT¹ – CZUPPON GYÖRGY²

¹ELTE TTK Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, 1117 Budapest
Pázmány Péter sétány 1/C. petra.bodor28@gmail.com

²MTA CSFK Földtani és Geokémiai Intézet, 1112 Budapest Budaörsi út 45.

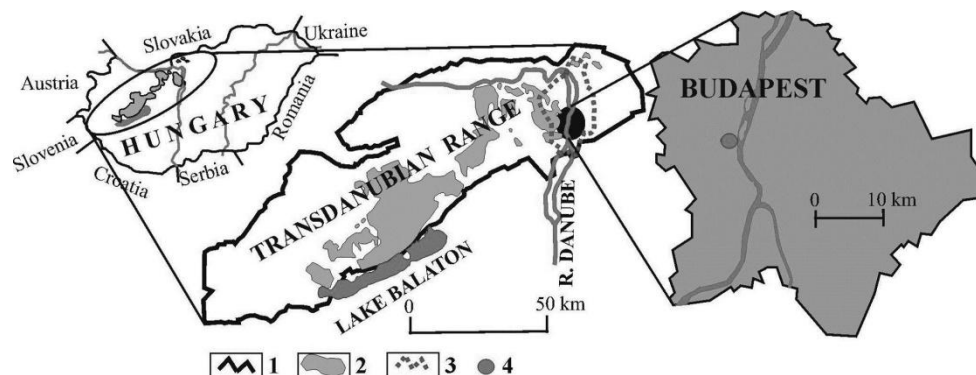
Abstract: Rózsadomb is one of the three main discharge areas of the Buda Thermal Karst, where both hot (50 – 65°C) and lukewarm (20 – 29°C) springs arise. The region is influenced by the effect of the Danube and artificial water production. Therefore the understanding the interaction between groundwater and the Danube has high importance. The lukewarm springgroups of the Molnár János Cave – Boltív Spring – Malom Lake system were studied. The first aim was to examine the changes of the system's physico-chemical parameters. The temperature, electric conductivity, pH, dissolved CO₂, ²²²Rn, δD and δ¹⁸O content of the water were measured in two places in the system. Moreover continuous measurements were executed in two places in the system for water level, temperature and electric conductivity of the waters. During evaluation graphs, descriptive statistics and correlation were used to examine the changes of the parameters. The effect of the Danube on the system and on groundwater were also evaluated. The data of three wells near the river were also used. Besides graphs, descriptive statistics, correlation and cross correlation were applied to examine the effect of the river. It was found that the system's parameters are slightly variable but there is a change in the ratio of lukewarm and thermal components. The interaction between the Danube and groundwater can be described by the special model. Paralell with increasing water level of the Danube during flood, the thermal water discharge into the river bed is displaced to the riverside, which causes increase in the thermal components which can be seen in waterlevel/discharge, the temperature and the electric conductivity near the Danube. Human activity also influences the Rózsadomb discharge area.

Bevezetés

A Budai Termálkarszton található rózsadombi megcsapolódási terület (*I. ábra*) jelentősége, hogy itt egy aktív hipogén karsztrendszer viselkedése tanulmányozható (*MÁDLNÉ SZŐNYI – ERŐSS 2013*).

A kútfúrások megkezdődése előtt, a természetes megcsapolódás fennállása idején a Rózsadombon és környezetében magas oldott anyag tartalmú (800-1350 mg/l) hévforrások (>36,7°C) és alacsonyabb oldott anyag tartalmú (770-980 mg/l) langyos (20-36,7°C) források fakadtak egymás közelében (*PAPP 1942*). Retrospektív forráskutatás (*LIEB 2004, MÁDLNÉ SZŐNYI et al. 2013*) során fény derült arra, hogy a Dunához közelebb hévforrások, míg a Rózsadomb előterében langyos források fakadtak (*ERŐSS et al.*

2008). Napjainkban már, főként a termelés miatt kevert vizek találhatóak a területen.



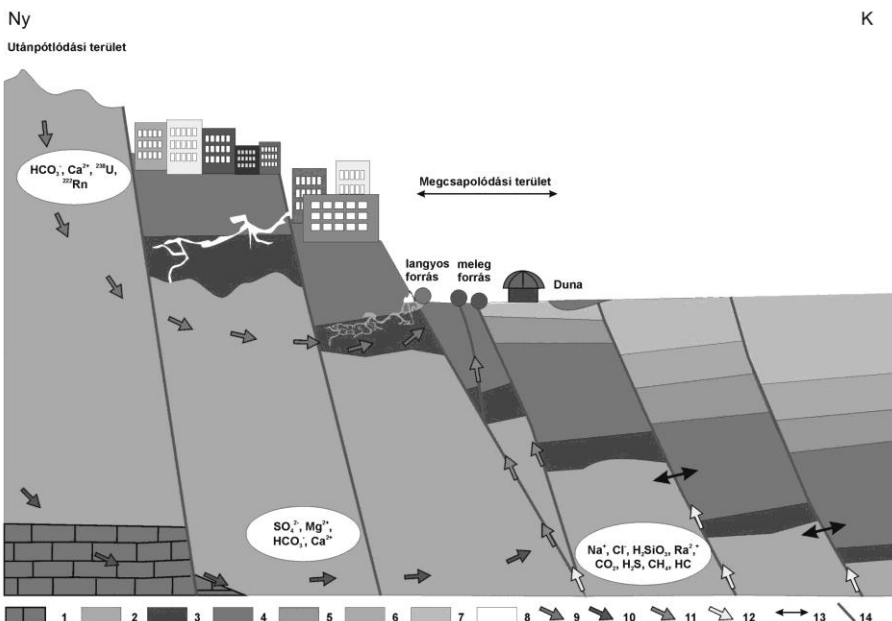
1. ábra A Budai Termálkarszt és a rózsadombi megcsapolódási terület elhelyezkedése (ERŐSS 2010 után módosítva).

Jelmagyarázat: 1. mezozoikumi karbonátok felszín alatti elterjedése; 2. fedetlen mezozoikumi karbonátok; 3. Budai Termálkarszt, 4. rózsadombi megcsapolódási terület

Fig. 1. Location of the Buda Thermal Karst System and the Rózsadomb discharge area (after ERŐSS 2010).
Legend: 1. Subsurface boundary of Mesozoic carbonates; 2. Uncovered Mesozoic carbonates; 3. Buda Thermal Karst System; 4. Rózsadomb discharge area

A területre felállított koncepcionális modell (2. ábra) szerint (ERŐSS 2010) a hévforrások vize regionális áramlási rendszerből származik, míg a langyos források esetében a feláramló melegebb vizekhez lokális/intermedier áramlási rendszerből származó hidegebb vizek keverednek. Emellett medence eredetű fluidumok hozzáadódása is feltételezhető.

Munkánk során a langyos források egyikét, a Boltív-forrást (3. ábra), - mely a Molnár János-barlanghoz tartozik - vizsgáltuk. E forrás egy hasadékon keresztül lép felszínre, majd a Malom-tóba jut, végül a tóból kiágazó elvezető csatornán keresztül vize a Dunába kerül hasznosítatlanul (4. ábra). E vízrendszer különböző pontjain különféle fiziko-kémiai paraméterek (hőmérséklet, fajlagos elektromos vezetőképesség, pH, ^{222}Rn - és CO_2 -tartalom, stabil izotópos összetétel) rendszeres mérésével célunk volt az időbeli változások vizsgálata, ezáltal a karsztrendszer működésének és a megcsapolódás jellegzetességeinek feltárása. Arra kerestük a választ, hogy a hideg és a meleg vizes komponens arányában, időben történik-e változás. Továbbá értékeltük a Duna, mint helyi erózióbázis hatását is, melyhez a parti régió sekély kútjainak folyamatosan rögzített adatait (vízszint, hőmérséklet és fajlagos elektromos vezetőképesség) is felhasználtuk (3. ábra).

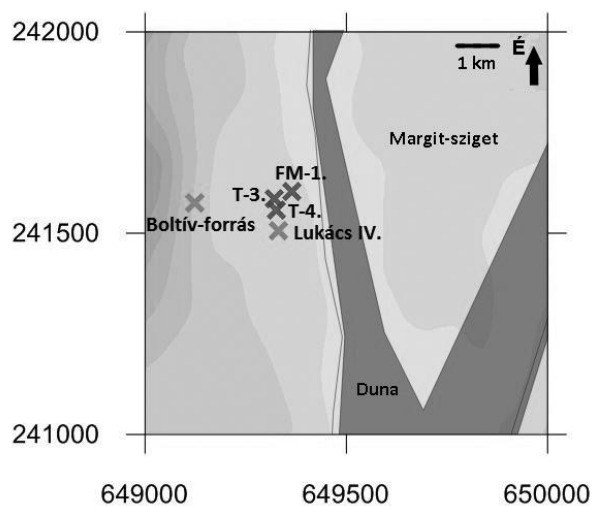


2. ábra A rózsadombi megcsapolódási terület koncepcionális modellje (ERŐSS 2010.).

Jelmagyarázat: 1. perm – alsó-triász evaporitos karbonátok; 2. triász karbonátok; 3. Szépvölgyi Mészkö; 4. Budai Márga; 5. Tardi Agyag; 6. Kiscelli Agyag; 7. miocén képződmények; 8. kvarter üledékek; 9. lokális – intermedier áramlási rendszerek; 10. regionális áramlási rendszer; 11. regionális medence eredetű fluidumok; 12. medence eredetű fluidumok; 13. komplex víz – kőzet kölcsönhatás; 14. szerkezeti elemek

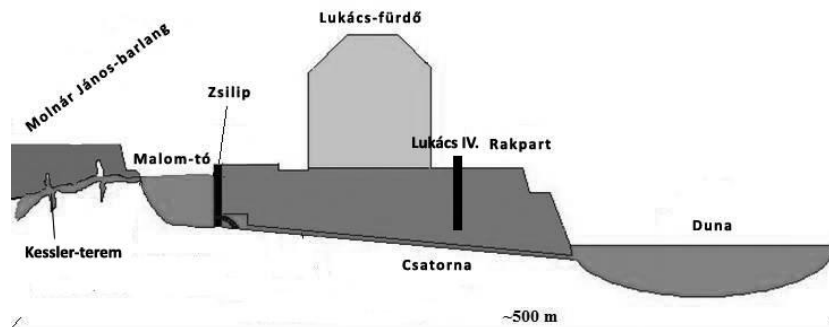
Fig. 2. Conceptual flow model for the Rózsadomb discharge area (ERŐSS 2010)

Legend: 1. Permian-Lower Triassic evaporitic-carbonate strata; 2. Triassic carbonates; 3. Szépvölgy Limestone; 4. Buda Marl; 5. Tard Clay; 6. Kiscell Clay; 7. Miocene rocks; 8. Quaternary sediments; 9. local-intermediate flow system; 10. regional flow system; 11. regional and basinal fluids; 12. basinal fluids; 13. complex rock-water interaction; 14. structural elements



3. ábra A vizsgálati terület (FM-1., T-3., T-4. talajvízszint megfigyelő kutak)

Fig. 3. The study area (FM-1. T-3., T-4. are the studied wells)

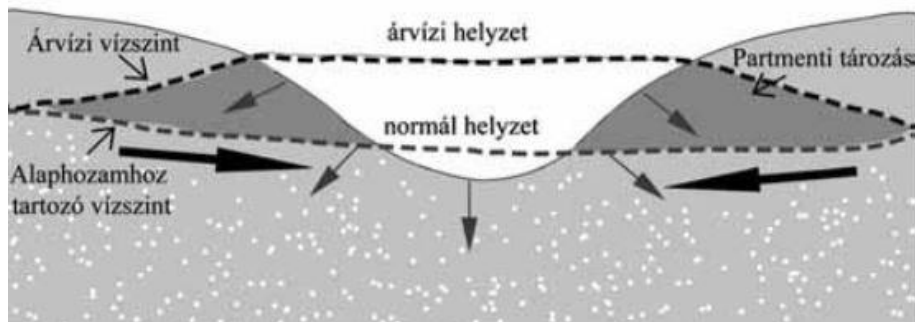


4. ábra Keresztszelvény a vizsgálati helyszínről (MÁDLNÉ SZŐNYI ET AL. 2001 után módosítva)
 Fig. 4. Schematic cross section of the study site (modified after MÁDL-SZŐNYI ET AL. 2001)

A folyók és a felszín alatti vizek kapcsolata

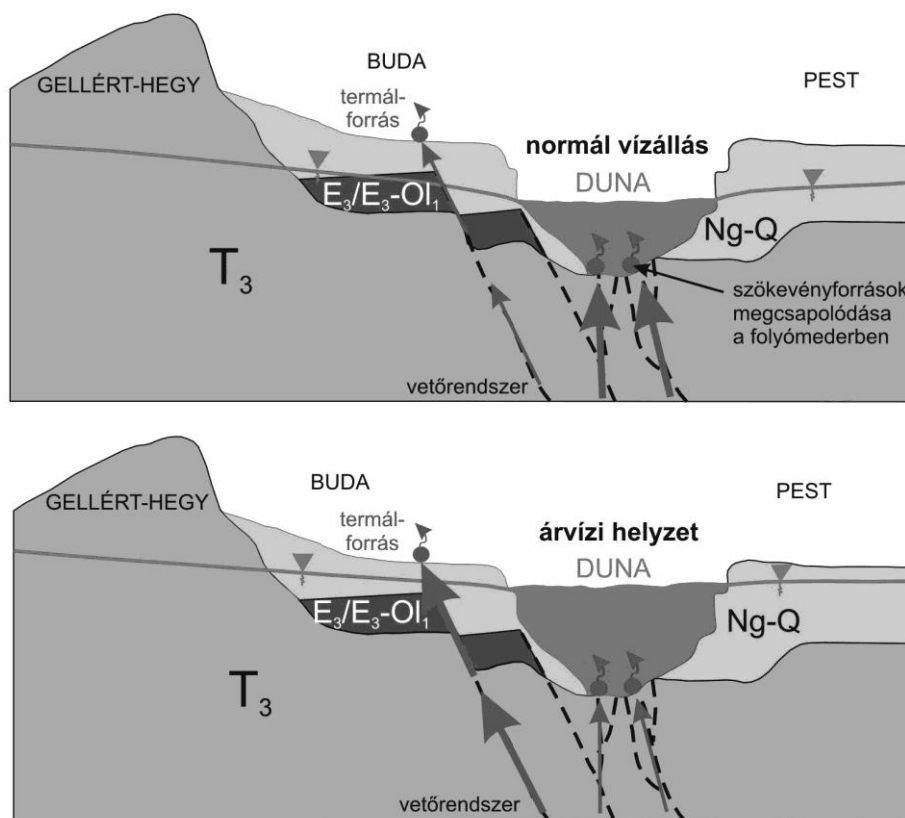
A folyók és a felszín alatti vizek kapcsolatát leíró általános modell (5. ábra) szerint a folyó normál vízállása idején megcsapolja a felszín alatti vizeket, árvízi helyzetben pedig a folyó rátáplál a felszín alatti vizekre és vize parti tározásba kerül. A tározásban a folyó és a felszín alatti vizek vízszintkülönbségének és az allúvium áteresztőképességének van jelentősége.

A Duna és a felszín alatti vizek kapcsolatának vizsgálatakor az ún. speciális modellel is kell számolnunk (6. ábra, pl. SCHAFARZIK 1920, PÁLFY 1921, SOMOGYI 2009), melyet MÁDLNÉ SZŐNYI et al. 2013) finomították. A modell szerint a Duna normál vízállása idején ún. szökevényforrások csapolódnak meg a folyó medrében. Árvízi helyzetben azonban a folyó megnövekedett hidrosztatikai nyomása miatt a források nem tudnak teljesen a mederben megcsapolódni, így megcsapolódásuk áttevődik a parti régióra, ahol a vízszintben/vízhozamban, hőmérsékletben és fajlagos elektromos vezetőképességben változásokat okoznak (6. ábra).



5. ábra A folyó és a felszín alatti víz kapcsolatát bemutató általános modell (FETTER 1994 után módosította PÁLL-SOMOGYI 2010)

Fig. 5. The model of the interaction between the groundwater and the river (after FETTER 1994)



6. ábra Duna és a felszín alatti vizek kapcsolatát leíró speciális modell normál állapotban és árvízi helyzetben (MÁDLNÉ SZŐNYI és SOMOGYI 2009 után módosította VIRÁG 2013)
 Fig. 6. The hydraulic connection between the Danube and the groundwater (VIRÁG 2013 modified after MÁDLNÉ SZŐNYI and SOMOGYI 2009)

Az utóbbi évek kutatásai nyomán kimutatásra került, hogy a Gellért-hegy és a Rózsadomb előterében a speciális modell érvényesül, míg a két terület között és a Gellért-hegytől délre az általános modell használható (NÉMET-BUCSI 2006, SOMOGYI 2009, STRICZKI 2010, LOVRITY – BODOR 2014). A rózsadombi megcsapolódási területen a helyzetet bonyolítja, hogy árvizek idején a speciális modell szerinti működés mellett a folyó vize részben parti tározásba is kerül (MÁDLNÉ SZŐNYI et al. 2013).

Adatok, vizsgálati módszerek

Langyos források időbeli változásainak vizsgálata

A langyos források időbeli változásának vizsgálatára több helyen történt kézi mérés és folyamatos adatrögzítés. A kézi méréseket 2013. október 15-től 2014. április 16-ig a Molnár János-barlang Kessler-termében a vízfelszín közelében, valamint a Lukács-fürdő alagsorában elérhető csatornában végeztük heti rendszerességgel (4. ábra). A Kessler-termet kitöltő víz hőmérséklet szerint rétegződik. A víz felső 10-12 métere melegebb (kb. 27 °C-os), alsó része pedig hidegebb (kb. 21 °C-os). A két helyszínen minden alkalommal megmértük a vizek hőmérsékletét, pH-ját és fajlagos elektromos vezetőképességét. A fenti méréseken kívül mintát vettünk több, a terepen nem elvégezhető méréshez is. 2013. október 15-től 2014. április 2-ig nagyjából heti rendszerességgel történt mintavétel $\delta^{18}\text{O}$ és δD , illetve ^{222}Rn és CO_2 meghatározásához. Ezen kívül búvárok segítségével 2013. november 27., december 4., december 12., 2014. február 19., március 12. időpontokban történt mintavétel a Kessler-termet kitöltő víz alsó, hidegebb részéről is. Összehasonlításképpen 2013. november 27-én és 2014. február 19-én a Lukács-fürdő egyik termálvíz termelő kútjából, a Lukács IV. számú kútból is vettünk mintát (4. ábra).

A kézi méréseken kívül két helyről (a Malom-tóban, a Boltív-forrás hasadékaiban, illetve a Molnár János-barlang Kessler-termében) rendelkezésünkre állt Dataqua műszer által óránként rögzített folyamatos vízszint, víz-hőmérséklet és fajlagos elektromos vezetőképesség adat. A tóban lévő Dataqua műszer adatait 2012. november 7. és 2014. március 12., míg a Kessler-teremben lévőét 2013. november 13. és 2014. március 12. között vizsgáltuk.

Az időbeli változások vizsgálatához grafikus megjelenítést, leíró statisztikát alkalmaztunk, a paraméterek kapcsolatának erősségét pedig korreláció analízissel vizsgáltuk.

Duna hatásának vizsgálata

A Duna hatásának vizsgálatához felhasználtuk a saját kézi mérésekből származó és a Dataqua műszerek által rögzített adatokat, továbbá rendelkezésünkre álltak a parti régióban mélyített sekély kutak (3. ábra) Dataqua műszerek által folyamatosan rögzített adatsorai is (vízszint, hőmérséklet és fajlagos elektromos vezetőképesség).

Ezen adatokat szintén megjelenítettük diagramokon és elvégeztük a leíró statisztikai elemzéseket. A folyó hatását korrelációval, időbeli hatását pedig keresztkorrelációval vizsgáltuk.

Eredmények

Langyos források időbeli változásainak vizsgálata

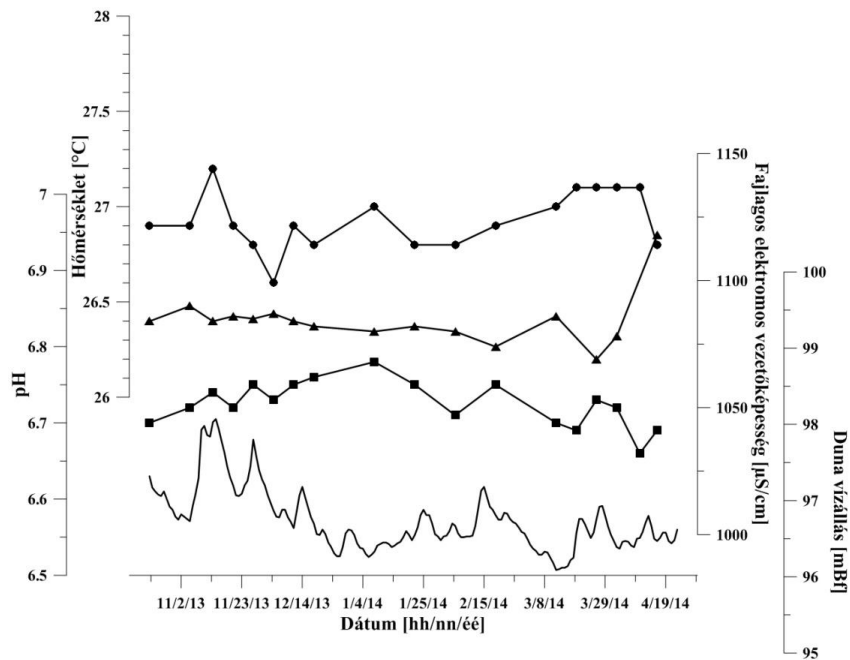
A hőmérséklet és a fajlagos elektromos vezetőképesség adatok segítenek a langyos és a termálvizes komponens elválasztásában. A Budai Termálkarszton a CO₂ a mélyből származtatható, így mennyiségének növekedése a meleg komponens arányának növekedésére utalhat. A meleg és a hideg vizek keveredésének eredményeképpen a barlangban mikrobiálisan segített FeOOH válik ki, amely hatékonyan köti meg a hévizek által szállított rádiumot (ERŐSS 2010, ERŐSS *et al.* 2012, MÁDL–SZÖNYI – ERŐSS 2013). A radon ebből a rádiumból származtatható. Mivel a CO₂ és a ²²²Rn is gázok, nyílt rendszerben könnyen eltávoznak, mennyiségüket több tényező is befolyásolja, így ezeket az eredmények értelmezésénél figyelembe kell venni. A több helyről történő stabil izotópos mérések pedig segítenek a vizek eredetének, keveredésének megismerésében.

1. táblázat
Table 1.

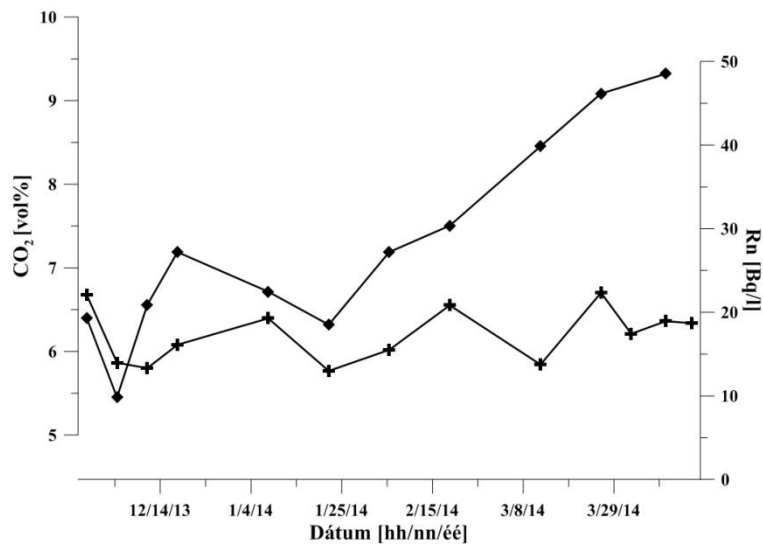
A Kessler-teremben mért paraméterek leíró statisztikái
Descriptive statistics of the measured parameters of the Kessler Room

	pH	Hőmérséklet [°C]	Fajlagos elektromos vezetőképesség [μS/cm]	Duna vízállás [mBf]	CO ₂ [vol%]	²²² Rn [Bq/l]
Minimum	6,66	26,60	1069	96,09	5,45	12,99
Maximum	6,78	27,20	1118	98,07	9,32	22,34
Átlag	6,73	26,93	1084	96,75	7,29	17,33
Szórás	0,0300	0,1526	10,3584	0,4106	1,2147	3,3173
Relatív szórás	0,0045	0,0057	0,0096	0,0042	0,1666	0,1914
Medián	6,73	26,90	1084,00	96,67	7,19	17,43
Darabszám	18	18	16	177	11	13

A mérési helyszínek közül a Molnár János-barlang Kessler-termét emeljük ki. A diagramon (3. ábra) és a leíró statisztikában (1. táblázat) is látszik, hogy a hőmérséklet, a fajlagos elektromos vezetőképesség és a pH is csak kis mértékben változott a vizsgált időszakban. Az oldott CO₂ és a ²²²Rn mennyiségében azonban jelentősebb változást tapasztaltunk (1. táblázat, 4. ábra).



3. ábra A Kessler-teremben mért paraméterek. Jelmagyarázat: kör: hőmérséklet, háromszög: fajlagos elektromos vezetőképesség, négyzet: pH, folytonos vonal: Duna vízállás
 Fig. 7. The measured parameters of the Kessler Room. Legend: circle: temperature, triangle: electric conductivity, square: pH, solid line: water level of the Danube



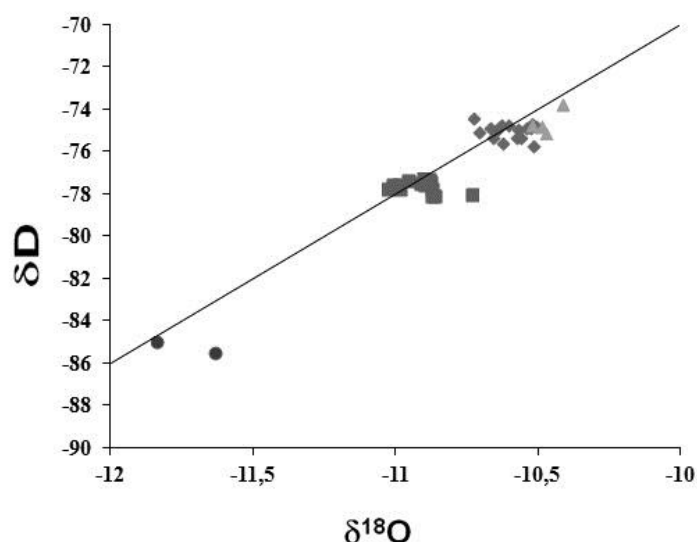
4. ábra A Kessler-teremben mért CO₂ és ²²²Rn értékek. Jelmagyarázat: rombusz: CO₂, kereszt: ²²²Rn
 Fig. 8. Results of the CO₂ and ²²²Rn measurements in the Kessler Room. Legend: rhombus: CO₂, cross: ²²²Rn

A Malom-tavat a Dunával összekötő csatornában a paraméterekben jelentősebb változások voltak. Ennek az lehet az oka, hogy - mint a mérések

során kiderült - a csatornába nem csak a tó felől, hanem más forrásból is érkezik víz, aminek eredete és mennyisége nem ismert pontosan.

A Malom-tó érdekessége, hogy vízének hőmérséklete 0,2 °C-ot változott csupán a vizsgált majdnem másfél év alatt, ami a műszer mérési hibahatárán belüli érték (ami +/-0,1°C). A tó hőmérséklete független a levegő hőmérsékletétől, télen sem fagy be. A fajlagos elektromos vezetőképességben csak a 2013. május-júniusi árvíz után kb. egy hónappal volt jelentősebb (kb. 350 µS/cm-es) csökkenés.

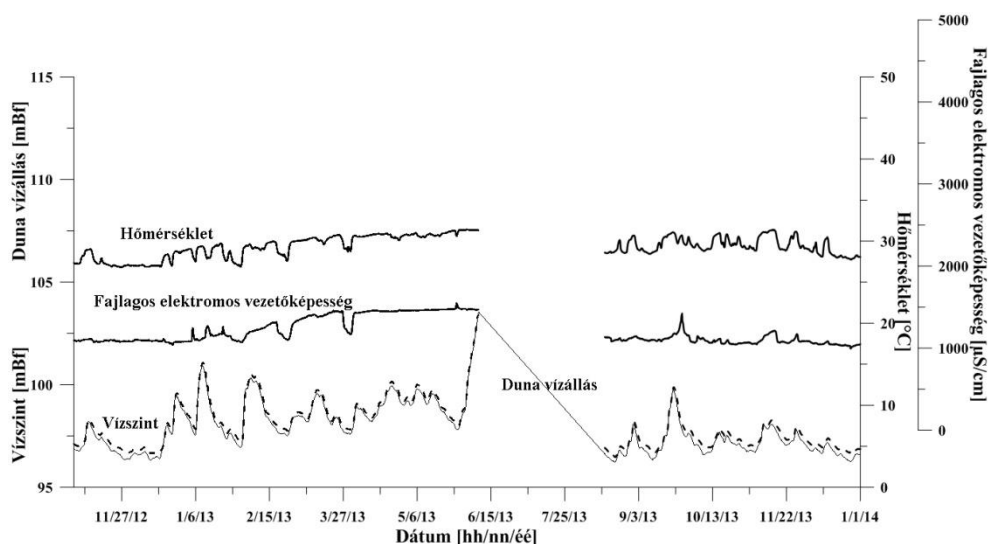
A stabil izotópok mennyiségében szintén nem volt szignifikáns változás. A mérések eredményei alapján a pontok nagy része a globális meteorikus víz vonalon, illetve annak közelében helyezkedik el. Legnegatívabb értékei a Lukács IV. kútnak vannak, a többi helyszín mérési pontjainak δD és $\delta^{18}O$ értékei pozitívabbak. A diagram alapján látható, hogy a Kessler-termet kitöltő víz felső, melegebb része helyezkedik el a legközelebb a Lukács IV. kút pontjaihoz, vagyis a mérési helyszínek közül itt található meg legnagyobb arányban a meleg komponens. A csatorna vize a Kessler-terem felső, melegebb és alsó, hidegebb része között helyezkedik el a diagramon, ami arra utal, hogy ez kevert meleg és langyos víz (5. ábra).



5. ábra A stabil izotópos mérések eredményei. Jelmagyarázat: kör:Lukács IV kút., négyzet: Kessler-terem felső, melegebb része, rombusz: csatorna, háromszög: Kessler-terem alsó, hidegebb része
 Fig. 9. Results of the stabil isotope measurements. Legend: circle: Lukacs IV. well, square: upper, warmer part of the Kessler Room, rhombus: canal, triangle: lower, colder part of the Kessler Room

Duna hatásának vizsgálata

A Duna parti régiójában lévő talajvízszint megfigyelő kutak közül a folyóhoz legközelebb (kb. 35 méterre) elhelyezkedő FM-1. kút adatai alapján készített diagramot emeljük ki (6. ábra), amely egyértelműen a Duna hatását tükrözi. A 2013. május-júniusi nagy árvíz időszakában nem álltak rendelkezésünkre adatok ebből a kútból. A diagramon azonban így is látszik, hogy a talajvízszint az egész vizsgált időszakban követte a Duna vízállását, valamint a hőmérsékletben és a fajlagos elektromos vezetőképességben hasonló változások voltak. A felszín alatti vizek és a Duna erős kapcsolatát támasztják alá a korrelációs együtthatók is (II. táblázat).



6. ábra Az FM-1. kút adataiból készített diagram és a Duna vízállása
Fig. 10. Graph from the data of the FM-1. well and the water level of the Danube

II. táblázat
Table II.

Az FM-1. kút korrelációs mátrixa
Correlation matrix of the FM-1. well

	Hőmérséklet [°C]	Vízszint [mBf]	Fajlagos elektromos vezetőképesség [µS/cm]	Duna vízállás [mBf]
Hőmérséklet [°C]	1			
Vízszint [mBf]	0,565	1		
Fajlagos elektromos vezetőképesség [µS/cm]	0,682	0,680	1	
Duna vízállás [mBf]	0,580	0,998	0,681	1

A másik két vizsgált kút (T-3. és T-4.) a Dunától távolabb, kb. 65 m-re helyezkednek el (3. ábra). Ezek szintén szoros kapcsolatban állnak a folyóval, azonban paramétereik alakulásában észlelhetőek antropogén hatások, amelyek módosítják a Duna hatását. Ilyen hatás szennyvíz jelenléte a T-3. kútban, amelyben a fajlagos elektromos vezetőképesség értéke (kb. 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) meghaladja még a termálvizek fajlagos elektromos vezetőképességét is. Ennek az a következménye, hogy árvizek idején a szökevényforrások megcsapolódásának áttevődése itt fajlagos elektromos vezetőképesség csökkenést okoz, mivel a források oldott anyag tartalma alacsonyabb, mint a szennyezett talajvízé.

A vizsgált kutakban az is látszott, hogy a talajvíz az év nagy részében magasabb helyzetben van, mint a Duna, azaz a folyó megcsapol. Árvizek idején azonban a folyó kerül magasabb helyzetbe, ilyenkor vize parti tározásba kerül.

A keresztkorrelációs vizsgálatok eredményei alapján a talajvízszint megfigyelő kutakban azonnal vagy pár órán belül kimutatható a folyó hatása, míg a Molnár János-barlang – Boltív-forrás – Malom-tó rendszerében 3-4 nap után, utóbbi helyen sokkal gyengébb a kapcsolat a folyóval. Ahogyan már korábban említettük, itt a paraméterekben alig volt változás a vizsgált időszakban.

Következtetések

A vizsgált Molnár János-barlang – Boltív-forrás – Malom-tó rendszer paramétereiben a vizsgált időszakban kis változások voltak a hőmérsékletben és a fajlagos elektromos vezetőképességben, ami a termál és a langyos komponens arányainak kismértékű időbeli változására utal. Ugyanakkor az oldott CO_2 és a ^{222}Rn koncentrációban megmutatkozó különbség elvben azt mutatja, hogy van változás a meleg és a langyos megcsapolódás arányában. Ugyanakkor e paramétereket a lokális tényezők jelentősen zavarhatják. A stabil izotópos eredmények alapján a Molnár János-barlang Kessler-termében a langyos és a melegvíz jelenléte elkülöníthető. A Malom-tóból a Boltív forrás vizét elvezető csatorna vize azonban ténylegesen keveredés eredménye.

A Duna és a megcsapolódás kapcsolatát tekintve a bemutatott speciális modell érvényesül, de ezt a hatást az árvizek idején parti tározásba kerülő folyóvíz és antropogén hatások módosítják. Ilyen antropogén hatás a közeli Lukács-fürdő általi termálvíz termelés, a terület beépítettsége és a talajvíz szennyezettsége.

Összefoglalás

Tanulmányunkban a Molnár János-barlang – Malom-tó – Boltív-forrás rendszerén keresztül vizsgáltuk a rózsadombi megcsapolódási területen a langyos források paramétereinek változását, illetve talajvízszint megfigyelő kutak adataival kiegészítve saját méréseinket a Duna, mint helyi erózióbázis hatását is tanulmányoztuk a területen.

Méréseink alapján elmondható, hogy a két komponens keveredési arányában időben történik változás. A Molnár János-barlangot kitöltő víz is e komponensekből jön létre.

A Duna fontos hatótényező a területen, és hatását az emberi tevékenységek módosítják.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az OTKA NK 101356 keretében és támogatásával zajlott. Szeretnénk megköszönni a mintavételben nyújtott segítséget és a mérési helyszínekhez való hozzájutást a Molnár János-barlangban tevékenykedő búvároknak, a Budapest Gyógyfürdői és Hévízei Zrt.-nek és a Lukács-fürdő gépészeinek. A mérések az ELTE TTK Általános és Alkalmazott Földtani Tanszékén, Atomfizikai Tanszékén és az MTA CSFK Földtani és Geokémiai Kutatóintézetében valósultak meg. A talajvízszint megfigyelő kutak adataiért a Fővárosi Csatornázási Műveknek tartozunk köszönettel.

IRODALOM

- ERŐSS A. (2010): Characterization of fluids and evaluation of their effects on karst development at the Rózsadomb and Gellért Hill, Buda Thermal Karst, Hungary. – *Doktori disszertáció*, ELTE, 171p.
- ERŐSS A.–MÁDL-SZŐNYI J.,–CSOMA É. A. (2008): Characteristics of discharge at Rose and Gellért Hills, Budapest, Hungary. – *Central European Geology* 51(3), pp. 267-281.
- ERŐSS A.–MÁDL-SZŐNYI J.–SURBECK H.–HORVÁTH Á.–GOLDSCHEIDER N.–CSOMA A.É. (2012): Radionuclides as natural tracers for the characterization of fluids in regional discharge areas, Buda Thermal Karst, Hungary. – *Journal of Hydrology* 426-427, pp. 124-137.
- LIEB I.(2004): A Lukács fürdő bemutatása. Földtani és hidrogeológiai viszonyai, történetének felkutatása és forrásainak retrospektív vizsgálata. – *Szakdolgozat*, ELTE TTK Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, pp. 1-41.

- LOVRITY V.–BODOR P. (2014): A Boltív-forrás vízhozamának és fizikai, kémiai paramétereinek változása a csapadékesemények és a Duna vízállás függvényében. Értékelés archív adatok és jelenlegi mérések alapján. – *Tudományos Diákköri Dolgozat*, ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, 80p.
- MÁDL-SZŐNYI J.–LEÉL-ŐSSY SZ.–KÁDÁR M.–ANGELUS B.–ZSEMLE F.–ERŐSS A.–KALINOVITS S.–SEGESDI J.–MÜLLER I.–MINDSZENTY A. (2001): A Budai Termálkarszt-rendszer hidrodinamikájának vizsgálata nyomjelzéssel. – *Jelentés*, Budapest, 46p.
- MÁDL-SZŐNYI J. –ERŐSS A. (2013): Effects of regional groundwater flow on deep carbonate systems focusing on discharge zones. – *Proceedings of the International Symposium on Regional Groundwater Flow: Theory, Applications and Future development. 21-23 June Xi'an, China. China Geological Survey, Commission of Regional Groundwater Flow, IAH*, pp. 71-75.
- MÁDLNÉ SZŐNYI J. –PÁLL-SOMOGYI K. –ERŐSS A. (2013): A Duna és a felszín alatti vizek kapcsolatának elemzése. – In: MINDSZENTY A. (szerk.): Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”). – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, pp. 164-169.
- NÉMET-BUCSI A. (2006): A Budai Termálkarszt megcsapolódásának vizsgálata Rózsadomb lábánál. — *Diplomamunka*, ELTE Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék, 80p.
- PÁLFY M. (1921): A budapesti hévforrások vízmennyiségének ingadozásáról. — *Hidrológiai Közöny 9. évf., 1. sz.*, pp. 13-29.
- PAPP F. (1942): Budapest meleg gyógyforrásai. — *A Budapesti Központi Gyógy- és Üdülőhelyi Bizottság Rheuma és Fürdőkutató Intézet kiadványa*, Budapest, 252p.
- SCHAFARZIK F. (1920): Szökevény hévforrások a Gellérthegy tövében. - *Földtani Közöny 1920, III.évf.*, pp. 79-158.
- SOMOGYI K. (2009): A Duna hatásának vizsgálata a Gellért-hegy környezetének felszín alatti vizeire. — *Diplomamunka*, ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, 112p.
- STRICZKI I. (2010): A Duna és a felszín alatti vizek kapcsolatának vizsgálata a budai Dunaparti Fogyújtó csatorna monitoring rendszerébe tartozó kutak, források segítségével. – *Diplomamunka*, ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, 110p.
- VIRÁG M. (szerk.) (2013): Földtani örökségünk – a Budai Termálkarszt. – In: MINDSZENTY A. (szerk.): Budapest: földtani értékek és az ember. Városgeológiai tanulmányok („In urbe et pro urbe”). – *ELTE Eötvös Kiadó*, Budapest, pp. 181-274.