

A PASNYAG-FORRÁS KARSZTVÍZRENDSZERÉNEK IZOTÓPHIDROLÓGIAI VIZSGÁLATA

PALCSU LÁSZLÓ-RINYU LÁSZLÓ-MAJOR ZOLTÁN-
MOLNÁR MIHÁLY-FUTÓ ISTVÁN-SZÁNTÓ ZSUZSANNA-
SVINGOR ÉVA

MTA Atommagkutató Intézete, Környezetanalitikai Laboratórium
Debrecen, Bem tér 18/c, 4026 palcsu@atomki.hu

Abstract: The studied area is the part of the Aggtelek karst system, Hungary. The Pasnyag spring and the Lótusz spring are located one after the other nearby the Alsó-hill. The water of the Pasnyag spring is used as drinking water. From the local hydrogeological conditions it is possible that fresh and old groundwater components are mixed in the springs. This fact is also confirmed by the water quality data. The objective of this work was to determine the mixing ratio of the water of different origin in the springs. Repeated water sampling has been carried out around the site from the springs and two monitoring wells (F1 and F4) for two years. The F1 monitoring well is near at hand the Pasnyag spring, and the F4 well is between the two springs. The water quality of the Pasnyag spring and the nearby F1 well is significantly different. Helium content and isotope ratio, tritium concentration (by ^3He ingrowth method), radiocarbon content of dissolved inorganic carbon (DIC), and $\delta^{13}\text{C}$ isotope ratio were measured from the water samples. On the basis of isotope measurements the water of the springs and the observed monitoring wells are composed of fresh and old components in different ratios. The fresh component is dominant in the Pasnyag spring. The tritium and radiocarbon concentration of this water show that it is fresh, young water directly from the karstic system, with only small amount of DIC from the limestone. The helium concentration and isotope ratio in the water of this spring also shows that the subthermal water component is not significant. Higher ratio of the fresh karstic water also detectable in the distant F4 monitoring well, but it has slightly lower tritium and ^{14}C content. In the Lótusz spring and the F1 well (nearby the Pasnyag spring) higher ratio of the subthermal water was observed. The low tritium and radiocarbon content show together that these waters contain high amount of old water. The higher helium content and the higher radiogenic ^4He ratio of the water also indicate subthermal origin in these cases.

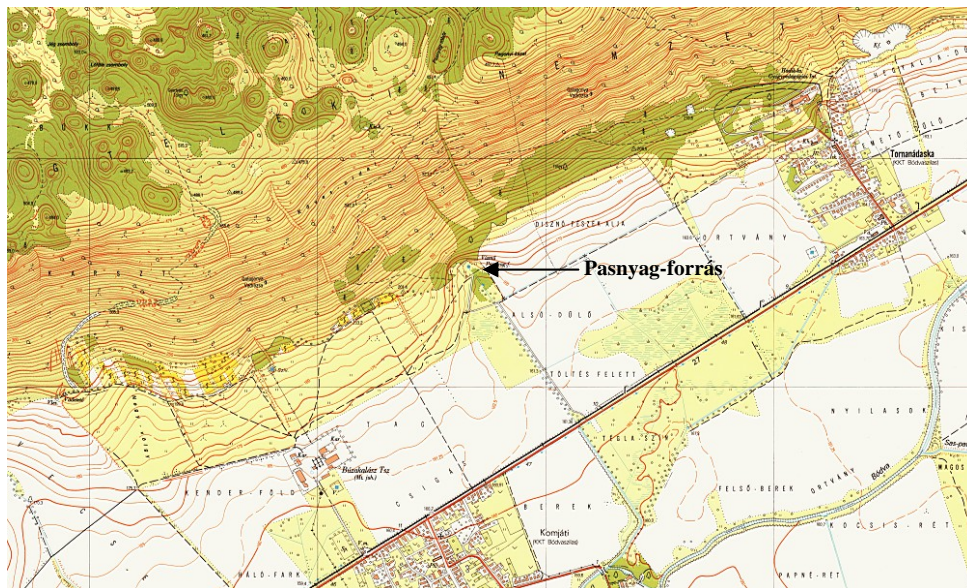
Bevezetés

A Pasnyag-forrás az Aggteleki-karszt keleti nyúlványának tövében fakadó karsztvízforrás, melynek vizét a környező néhány falu ivóvízellátására használják. Közbeszerzési pályázat keretein belül az Envicom 2000 Kft. 2002-2003-ban vízbázis-sérülékenységi vizsgálatokat folytatott a forráshoz tartozó területen. Ebben a vizsgálatban a MTA ATOMKI Környezetanalitikai Laboratóriuma tríciummérésekkel vett részt, majd újabb vizsgálati módszereket bevetve folytatta és jelenleg is folytatja a vízbázis izotóphidrológiai viszonyainak felderítését. Erőfeszítéseink arra irányulnak, hogy kiderítsük, a Pasnyag-forrás vízbázi-

sából származó vizek – beleértve a figyelőkutak vizeit, és a Lótusz-forrás vizét is – milyen eredetűek, milyenek a keveredési viszonyok, milyen idős a keveredő vizek, milyenek az áramlási viszonyok. Mindezekre a vizek izotópösszetételének (^3H , ^{13}C , ^{14}C , ^3He , ^4He) vizsgálatával próbálunk fényt deríteni.

Geológiai háttér

A geológiai háttér részletes ismertetése megtalálható az Envicom 2000 Kft. által készített jelentésben (HIDASI *et al.* 2003), itt csak a rövid összefoglalásra szorítkozunk. A komjáti Pasnyag-forrás a Gömör–Tornai-karszthoz tartozó Alsó-hegy déli részén fakad, Komjáti községtől ÉK-re 1 km-re (1. ábra). Az Alsó-hegyet É-on Szlovákiában a Torna-, délen a Ménes-patak és a Bódva-völgye határolja. A terület három nagyobb részre osztható: 1. Alsó-hegy Derenk körül elterülő nyugati szárnya 2. Szilasi-fennsík vagy Nagy-fennsík 3. Kis- vagy Szögligeti-fennsík. Az általunk vizsgált terület a Szilasi-fennsíkhöz tartozik.

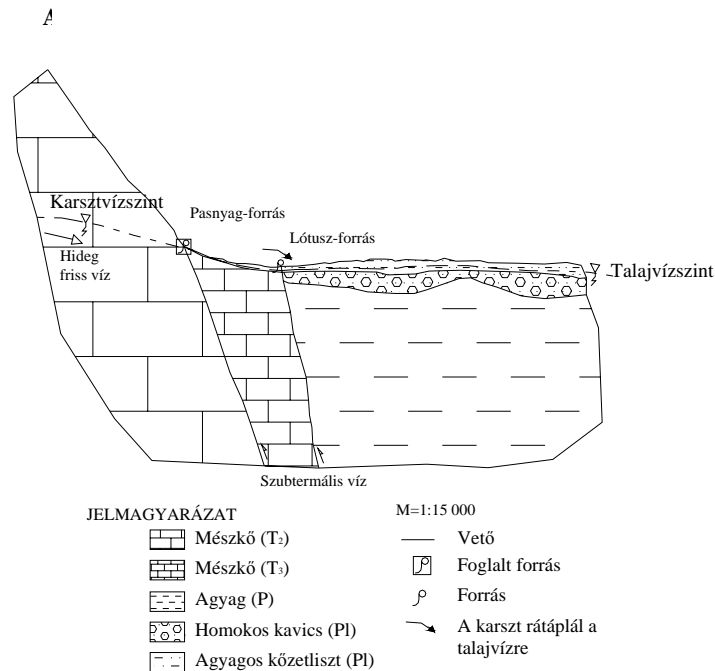


1. ábra: Az Aggteleki-karszt keleti részén húzódó Alsó-hegy, középen látható a Pasnyag-forrás
Fig 1.: Eastern part of the Aggtelek Karst Region, the arrow shows the location of the Pasnyag spring

Az országhatár a fennsík Ny–K irányú középvonala táján húzódik. A vizsgált terület az Alsó-hegy és a Bódva-völgy kistájakon helyezkedik el. Az Alsó-hegy 500–550 m magasságú tömbje a környezetéből jelentősen kiemelkedik. Északon a Torna völgye 180–200 mBf szinten, míg délen a Bódva völgye 150–160 mBf szinten helyezkedik el. A vizsgált terület nagy részén a felszínen megtalálható középső triász mészkövek egységes víztartót alkotnak. A karsztvíztartó összlet szélessége a felszínen Ny-on Bódvaszilasnál eléri a 4000 m-t, K felé elkeskenyedik. A déli oldalon ÉNy–DK csapású normál vető mentén a karszt a mélybe kerül. Ezen a területen a karszton nagy vastagságú pannóniai rétegösszlet települ, mely vízzárónak tekinthető. A felszín alatt Komjátitól délre a karsztvíztartó határát magmás testek adják, melyek ugyancsak vízzárók. A Ny-i határt a Bódvaszilás–Derenk közötti pikkelyes öv alkotja, ahol a perm–első triász vízrekesztő kőzetek a felszínen megjelennek. Ezekben guttensteini és hallstatti mészkő tömbök találhatók, melyekből kisebb vízhozamú források fakadnak. Feltételezhető, hogy az aljzat a terep alatt több mint 1000 m mélyen helyezkedik el. Az északi, szlovák oldalon alsó triász Bódvaszilasi Homokkő és Szini Márga adja a karsztos víztartó határát. Az Alsó-hegyen úgynevezett alpesi típusú karsztos formák figyelhetők meg. A lejtők erősen karrosak, sziklásak, a mészkősziklák jelentősen legömbölyítettek. A fennsíkon töbrök találhatók, melyeknek átmérője a 150-200 métert, mélységük a 30-40 métert is elérheti, de a többség kevésbé nagy és kevésbé mély. Némelyik mélysége meghaladja az átmérő 20 %-át, meredekebb falúak, fenekük kevésbé kitöltött. A töbrök többhelyütt völgyszerű mélyedésekben sorakoznak, uvalákat alkotnak. Az uvalák ÉÉNy–DDK-i irányúak, tektonikusan preformáltak. Az Alsó-hegyen száznál több függőleges aknabarlang, zsomboly található. Az Alsó-hegyen a rétegek dőlése majdnem függőleges, mely kedvezett a zsombolyok kialakulásának. Mind az É-i mind a D-i oldalon számos forrás fakad. A források fakadási helye tektonikai vonalakhoz köthető. A magyar oldalon fakadó jelentősebb források Ny-ról K-felé a következők: Szénhely, Barlangkutató, Községi, Vecsem (Kisvecsem), Pasnyag, Lótusz, Kastélykerti, Tapolca forrás csoport (3 forrás).

A vízmű kiépítése a Pasnyag-forrásnál a forrás küszöbsüllyesztéses foglалásával történt 1984-ben. A forrás térségében a kivitelezés előtt hegyláb alatti 7–8 m átmérőjű kis tó volt, a hozamtól függően 0,6–1,2 m-es vízmélységgel. A forrásfoglaláshoz egy 12,8 m mély medencét építettek ki és 159,3 mBf szinten 1,8 m magas, 1 m széles tárot hajtottak ki ÉNy-i irányba. A medencéből 2 db

100 m emelési magasságú, 30 m³/h vízhozamú EMU típusú szivattyúval emelik a vizet a hálózatba. Áradáskor a felesleges víz túlfolyón távozik, melynek hozamát még a forrásfoglalás előtt kiépített mérőbukón lehet mérni. A forrás észlelő hálózata 5 db karsztvízre szűrőzött (F-1–4, F-6) és 1 db talajvízre szűrőzött (F-5) észlelőkútból áll.



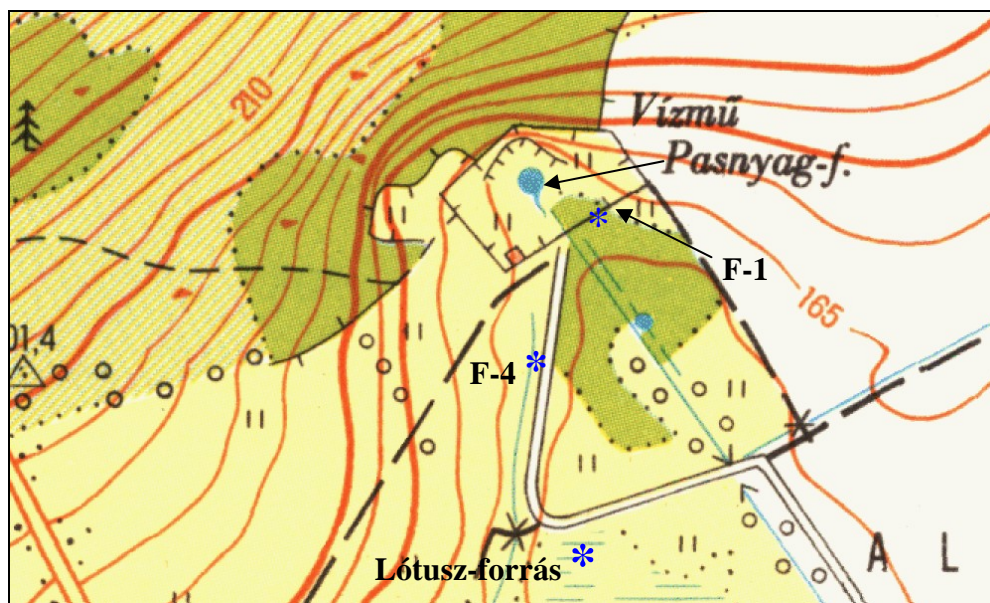
2. ábra: A vizsgált terület geológia metszete
Fig 2.: The cross-section of the investigated area

Az Alsó-hegy D-i peremén lévő karsztforrások közül öt szubtermális víz is a felszínre vezet. Ilyen a vizsgálat tárgyát képező Pasnyag-forrás is. Korábbi vizsgálatok szerint a Pasnyag-forrás által szolgáltatott víz két különböző korú és hőmérsékletű víz keveredése folytán jön létre. Döntő részben friss, hideg karsztvízből táplálkozik, melyhez alapvízhozam esetén kb. 20 % mélyből származó szubtermális víz keveredik (DÉNES 1973). A vizsgált terület legjelentősebb melegvízes komponenssel bíró forrása a Lótusz-forrás, melynek helyét jelenleg csak egy kis pocsolya, valamint vízi növények (sás, nád) jelzik. A vízmű területén a patakmederben kishozamú melegvíz feltörés (23,2 °C) található. A karsztvíz meleg komponense ezek szerint nem csak a Lótusz- és a

Pasnyag-forráson keresztül, hanem valószínűleg a patakmederben is megcsapódik, ez utóbbi azonban a Pasnyag-forrás nagy hozamánál nem észlelhető (2. ábra).

Vizsgálati módszerek

A Pasnyag-forrás karsztvízrendszerén komplex izotóphidrológiai vizsgálatokat végeztünk. Kezdetben a Pasnyag-forrás vizét és a közelben lévő két figyelőkút (F-1 és F-4) vizeit mintáztuk, később a Lótusz-forrásra is kiterjesztettük vizsgálatainkat (3. ábra).



3. ábra: A mintázott források és figyelőkutak elhelyezkedése a vizsgált területen
Fig 3.: The investigated area, the two springs (Pasnyag, Lótusz) and the two monitoring wells (F-1, F-4)

A mintázott vizek tríciumtartalmát, a vízben oldott szerves szén (DIC: dissolved inorganic carbon) radiokarbon-tartalmát és $\delta^{13}\text{C}$ értékét, illetve a vízben oldott héliumizotópok mennyiségét határoztuk meg. A vízminták tríciumtartalmát a tríciumból származó ^3He tömegspektrométeres mérésével határoztuk meg, a szükséges mintamennyiség 1–3 liter víz (PALCSU et al 2002, PALCSU 2003). Ennél a módszernél a vízmintát egy fémlombikba tesz-

szük, vákuumszivattyúkkal elszívjuk az oldott gázokat, majd 1–2 hónapnyi tárolás után nemesgázmérő tömegspektrométerrel meghatározzuk a trícium bomlásából származó hélium mennyiségét. A tríciumkoncentrációt TU egységben adjuk meg: 1 TU egy hidrogéntartalmú vegyület tríciumkoncentrációja, ha a $^3\text{H}/^1\text{H}$ (más jelöléssel T/H) arány 10^{-18} . Víz esetén 1 TU megfelel 0,118 Bq/l aktivitáskoncentrációnak. A víz radiokarbon-tartalmának (^{14}C) meghatározásához 30–50 liter vízből tömény NaOH-os lúgosítás után BaCl_2 -dal csapjuk ki az oldott karbonátot. Dekantálás után a BaCO_3 csapadékból felszabadítjuk a CO_2 -t, amelynek aktivitását a mintagázzal töltött proporcionális számlálóval mérjük meg (HERTELENDI *et al* 1989). Az eredményeket pMC-ben adjuk meg, ami azt mutatja meg, hogy az adott szénminta ^{14}C -tartalma hány százaléka a modern szén ^{14}C -tartalmának. A vízben oldott héliumizotópok mennyiségének meghatározása speciális mintavételt igényel, ugyanis el kell kerülni egyrészt a vízben oldott gázok elillanását, másrészt a levegő beoldódását. A mintázáskor ezért a vizet rézcsövön folytatjuk át, majd tíz perc múlva a rézcső mindkét végét acél szorítópozákkal elszorítjuk. A rézcsőbe vett vízmintából a laboratóriumban felszabadítjuk az oldott gázokat, amelyekből szeparáljuk és tisztítjuk a nemesgázokat. A héliumizotópok mennyiségét ugyanazzal a tömegspektrométerrel mérjük meg, amit a tríciumméréshez is használunk (PALCSU *et al* 2003).

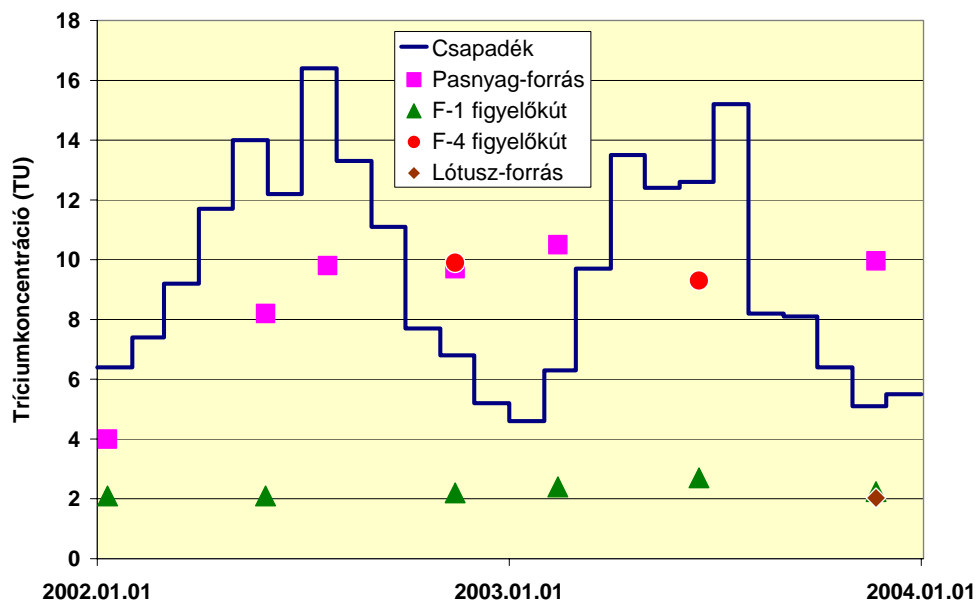
Eredmények és következtetések

Vizsgálatainkat a Pasnyag-forrás és a mellette lévő F-1 figyelőkút vize tríciumkoncentrációjának mérésével kezdtük 2002 elején. Az elmúlt két évben több mintát is vettünk az említett helyekről, próbáltunk minden évszakban egy-egy mintát megvizsgálni. Később az F-4 figyelőkutat, 2003 végétől pedig a Lótusz-forrást is bevontuk a hidrológiai kutatásokba.

Trícium

A 4. ábrán láthatóak az egyes vízminták tríciumadatai a mintavétel időpontjának függvényében. Az ábrán össze lehet hasonlítani a területről vett vízminták tríciumkoncentrációjának változását a csapadék havi átlagos tríciumtartalmával. Látható, hogy a Pasnyag-forrás vize lényegesen több tríciumot tartalmaz, mint a viszonylag közel lévő F-1 figyelőkútból származó víz. Ha idősebb és fiatal vizek keverékeként állnak elő ezek a vizek, akkor ez azt jelenti, hogy a forrás vize

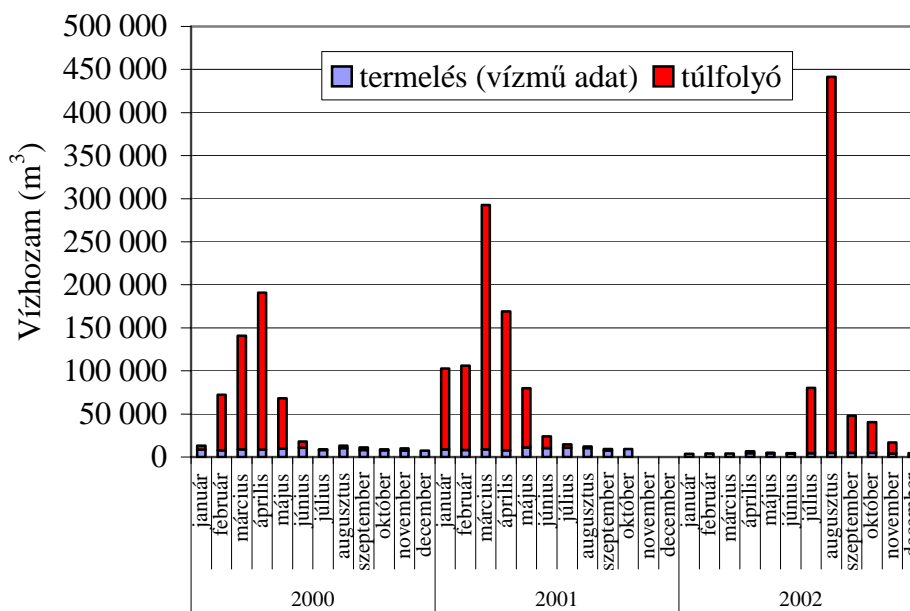
átlagosan fiatalabb, mint a figyelőkút vize. Sőt, szembetűnő az, hogy míg az F-1-ben lényegében nem változott a tríciumtartalom, addig a Pasnyag-forrásból eredő víz tríciumtartalma 4 TU-ról megemelkedett 10 TU-ra. Ez az emelkedés 2002 első felében követte a havi csapadékátlag változást, azonban 2002 nyarától a Pasnyag-forrás tríciumtartalma nem változik lényegesen.



4. ábra: A vizsgált területről származó vízminták tríciumadatai
 Fig 4.: Tritium concentration data of the investigated water samples in function of sampling date

Mi okozhatja ezt? Ha megnézzük az 5. ábrát, amely a Pasnyag-forrás vízhozamát mutatja, akkor észrevehetjük, hogy míg az előző években a tél végi hóolvadás okozott bőséges vízhozamot, addig 2002-ben a tél eléggé csapadék-szegény volt, és a nyári esőzések idézték elő a Pasnyag-forrás „áradását”. A 4. és az 5. ábra alapján valószínűsíthető, hogy a forrásvíz egy fiatal, friss víz és egy idősebb, tríciumban szegényebb víz keveréke. 2002 elején a Pasnyag-forrás vízhozama nem volt jelentős, ami azt mutatja, hogy a forrás vízgyűjtő területén viszonylag kevés csapadékvíz szivárgott be. A téli forrásvíz alacsony tríciumtartalmát (4 TU) ezért azzal lehet magyarázni, hogy alacsony tríciumtartalmú téli csapadék keveredett hozzá egy mélységi vízhez. Az idősebb víz hozzákeveredésének mértéke a tríciumértékek szerint nagyjából 20–30 %.

A tavasz folyamán, ahogy nőtt a csapadék tríciumkoncentrációja, úgy nőtt a forrásvízé is (8,2 TU, 9,8 TU), mindeközben a keveredési arány lényegesen nem változott. Ezzel szemben a nagy nyári esőzések megemelték a vízhozamot olyannyira, hogy a forrásvíz tríciumtartalma egészen 2003 végéig változatlan maradt.



5. ábra: A Pasnyag-forrás vízhozama
Fig 5.: Water output of the Pasnyag spring

Ez azzal magyarázható, hogy a karsztvízbázisban felhalmozódott a 2002. évi nyári csapadék, ami még 2003 folyamán is folyamatosan éreztette a hatását. Sajnos, a Pasnyag-forrásból 2003 nyarán nem tudtunk mintát venni, de feltételezhető, hogy a forrásvíz és az F-4 figyelőkút vizének tríciumtartalma nagyon hasonló, hiszen a 2002 őszi minták esetén a két vízminta tríciumkoncentrációja megegyezett. Ezért feltételezzük azt, hogy a Pasnyag-forrás vizének tríciumtartalma 2003 nyarán is 10 TU körül volt. Mint ahogy azt

már említettük, az F-1 figyelőkút vizében a tríciumszint nem változott számottevően, a két év folyamán 2–3 TU között mozgott. Ez azt mutatja, hogy itt jelentősebb a mélységi víz hozzákeveredése. Ezt alátámasztja, hogy a víz tríciumtartalmát nem befolyásolja a csapadékvíz tríciumkoncentrációjának szezonális változása. Hasonló a helyzet a Lótusz-forrással, igaz itt még csak egy mérés történt, de annyi megállapítható, hogy a Lótusz-forrás vizének tríciumtartalma nagyon hasonló az F-1-éhez. Ez utóbbi megállapítások nem meglepőek, hiszen ha ránézünk a 2. ábrára, akkor azt láthatjuk, hogy mind az F-1, mind a Lótusz-forrás egy-egy törésvonalon, vetődésen helyezkedik el, ahol – korábbi vizsgálatok szerint – szubtermális víz áramlik felfelé (DÉNES 1973). Valószínű, hogy ez az az idős, mélységi víz, ami hozzákeveredik a Pasnyag-forrást tápláló fiatal, friss vízhez is.

^{14}C (radiokarbon)

I. táblázat
Table I.

A 2003-ban vett vízminták izotóperedményei
Isotope results of water samples taken in 2003

	Pasnyag-forrás			F-1			F-4		
	2003. 02.13.	2003. 06.18.	2003. 11.22.	2003. 02.13.	2003. 06.18.	2003. 11.22.	2003. 02.13.	2003. 06.18.	2003. 11.22.
T (TU)	10,5	-	10,0	2,4	2,7	2,2	-	9,3	-
^{14}C (pMC)	-	-	96,7	-	34,0	32,5	-	51,3	-
$\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (‰)	-	-	-14,04	-	-9,42	-9,78	-	-12,20	-
^{14}C -kor* (év)	-	-	?	-	850	1500	-	?	-
He ($\text{cm}^3/\text{g}_{\text{víz}}$)	$9,32 \cdot 10^{-8}$	-	$7,66 \cdot 10^{-8}$	$9,55 \cdot 10^{-7}$	$8,16 \cdot 10^{-7}$	$7,58 \cdot 10^{-7}$	-	$3,42 \cdot 10^{-7}$	-
$^3\text{He}/^4\text{He}$	$8,96 \cdot 10^{-7}$	-	$1,19 \cdot 10^{-6}$	$3,84 \cdot 10^{-7}$	$3,84 \cdot 10^{-7}$	$3,58 \cdot 10^{-7}$	-	$6,51 \cdot 10^{-7}$	-
$(^3\text{He}/^4\text{He})_{\text{L}}$	0,65	-	0,86	0,28	0,28	0,26	-	0,47	-
$\text{He}_{\text{tróbblet}}$ ($\text{cm}^3/\text{g}_{\text{víz}}$)	$3,29 \cdot 10^{-8}$	-	$1,07 \cdot 10^{-8}$	$6,90 \cdot 10^{-7}$	$5,91 \cdot 10^{-7}$	$5,62 \cdot 10^{-7}$	-	$1,81 \cdot 10^{-7}$	-

*: átlagos tartózkodási idő (INGERSON and PEARSON 1964)

-: nincs mintázva

?: nem számolható kor

A tríciummérések alapján megállapítottuk, hogy keverékvizekről van szó, ezért többféle izotópos vizsgálatot is bevontunk, hogy pontosabb képet kapjunk a hidrológiai viszonyokról. 2003-ban kezdtük a radiokarbon- és héliumméréseket. A mérési eredményeket az I. táblázat mutatja.

A ^{14}C - és a héliumeredményekből a következő következtetéseket tudtuk levonni. A ^{14}C értékek azt mutatják, hogy az F-1 vizének átlagos tartózkodási ideje hosszabb, mint az F-4-é és a Pasnyag-forrásé, hiszen az F-1 vízében alacsonyabb a vízben oldott szén radiokarbon-koncentrációja, mint a másik két vízben. Sőt, a Pasnyag-forrásban mért 96,7 pMC egészen modern (fiatal, friss) víz többségére utal. Az F-4 figyelőkútból 2003 nyarán vett vízmintában az oldott szén radiokarbon-tartalma idős víz jelenlétét valószínűsíti. A $\delta^{13}\text{C}$ értékek szerint az F-1 vízében több a közeteredetű oldott karbonát, mint a többiben, mert az F-1 vizének stabilizotóp-aránya kevésbé negatív, mint az F-4 és a Pasnyag-forrás vízében mért érték, ami mészkő beoldódására utal. Az inaktív karbonát beoldódásának hatását korrekcióba véve az F-1 kút vizének átlagos tartózkodási idejére 850–1500 év adódik, azaz az idős komponens jelentős hányadot képvisel. Kis mennyiségű, de nagy karbonáttartalmú idős víz keveredése fiatal vízhez lényegesen lecsökkenti a ^{14}C százalékos arányát (pMC), de a tríciumkoncentrációt alig változtatja meg. Ezt láthatjuk az F-4 esetén, ahol magas tríciumtartalom (9,3 TU) mellett viszonylag alacsony ^{14}C -koncentráció volt mérhető (51,3 pMC). Az F-1 kút esetében észlelt 2,2–2,7 TU tríciumkoncentráció egyértelműen mutatja, hogy az idős (>1500 év) komponens mellett ez a víz is tartalmaz fiatal (<50 év) járulékot.

Héliumizotópok

2003 elején kezdtük mérni a vízben oldott héliumizotópok mennyiségét is. Az *I. táblázatban* szereplő adatok alapján megállapítható, hogy az F-1-ből származó vízben lényegesen, egy nagyságrenddel több oldott hélium található ($7,58 \cdot 10^{-7}$ -től $9,55 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^3/\text{g}$ -ig), mint a Pasnyag-forrás vízében ($9,32 \cdot 10^{-8}$, illetve $7,66 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^3/\text{g}$).

Mindemellett a héliumizotóp-arányok azt mutatják, hogy a hélium ^4He többlettel rendelkezik, hiszen a $^3\text{He}/^4\text{He}$ arányok alacsonyabbak a levegőben lévő hélium izotóparányánál ($1,3841 \cdot 10^{-6}$). Ez a héliumtöbblet a földkéregben lévő alfabomló izotópok bomlásából származik. Ezt a többletet ki lehet számolni a koncentráció és az izotóparány adatokból. A Pasnyag-forrás és az F-1 kút vízében lévő héliumtöbblet még inkább különbözik egymástól, az eltérés már akár 20–60-szoros is lehet az F-1 javára. Mivel a héliumtöbblet és a vízkör között egyértelmű kapcsolat létezik, megállapíthatjuk azt, hogy az F-1 vize jóval idősebb, mint a Pasnyag-forrás vize.

Míg az F-1-ben oldott hélium mennyisége és izotóparánya nem változott a különböző mintázások alkalmával – hasonlóan a tríciumhoz és a radiokarbonhoz –, addig a Pasnyag-forrás vizében mért hélium adatok változtak. A 2003 őszi mintázás alkalmával a forrásvíz lényegesen kevesebb héliumot tartalmazott, mint év elején, ráadásul kevesebb volt benne a radiogén hélium. A 2003 őszi minta héliumtartalma összhangban van a radiokarbon-tartalommal, miszerint a vízben oldott szén modern, a hélium adatok szerint pedig alig volt benne héliumtöbblet, tehát az idős víz járuléka alacsony volt.

Az F-1 és a Pasnyag-forrás köztes esete a nyáron mintázott F-4. Alacsonyabb radiogén héliumtartalommal és magasabb ^{14}C -tartalommal rendelkezik, mint az F-1, ami szintén azt sugallja, hogy itt is kevert vízről van szó, csak a keveredési arányok mások, mégpedig nagyobb a friss víz járuléka, mint az F-1 esetén.

Összegzés

Valószínűsíthető, hogy mind a négy helyről származó víz egy nagyon fiatal és egy idősebb, mélységi víz keverékévé áll elő. A trícium adatok mutatják, hogy mind a négy víz esetén számolni kell több-kevesebb nagyon fiatal vízzel. A nagyon fiatal víz itt most néhány hónapos, néhány éves vizet jelent. Az idősebb, mélységi víz jelenlétét pedig a radiokarbon- és hélium adatok támasztják alá. A Pasnyag-forrás és az F-4 kút vize inkább fiatal vizet tartalmaz, de a vizekben jelen van, igaz csak egy kisebb részben az idős, mélyebb rétegekből származó víz. Az F-1 kút és a Lótusz-forrás vize viszont nagyobb mennyiségben tartalmaz idős vizet az előbbi két kúthoz képest, amit alátámasztanak az izotóperedmények.

A vizsgálatok jelenleg is folynak. Célunk, hogy évi négy komplex mintázással olyan összetett vizsgálatot hajtsunk végre, amellyel átfogó képet kapunk a Pasnyag-forrás karsztvízrendszerének hidrológiai viszonyairól.

IRODALOM

DÉNES GY. (1973): A Felső-Bódva medence délkeleti peremének vízföldtani vizsgálata és a karsztforrások hidrológiai vizsgálata tríciumos kormeghatározással - VITUKI Témabeszámoló az 1972-es évben végzett kutatásokról

- HIDAS J.-SZÉKVÖLGYI K.-MARKOVITS P.* (2003): Üzemelő, sérülékeny földtani környezetű ivóvízbázisok biztonságba helyezése I. diagnosztikai fázis, a Komjáti, Pasnyag-forrás vízbázis területén - Közbeszerzési Zárójelentés, Envicom 2000 Kft., megbízó: Észak-magyarországi Vízügyi Igazgatóság
- HERTELENDI, E.-CSONGOR, É.-ZÁBORSZKY, L.-MOLNÁR, J.-DAJKÓ, G.-GYÖRFFI, M.-NAGY, S.* (1989): Counter system for high precision ^{14}C dating, Radiocarbon 31 3 p. 399-407.
- INGERSON, E.-PEARSON, F. J.* (1964): Estimation of the age and rate of motion of groundwater by the ^{14}C method, In: Recent Research in the Fields of Atmosphere, Hydrosphere and Nuclear Geochemistry (Maruzen Co eds.). Sugawara Festival Volume, Tokyo, p. 263-283.
- PALCSU, L.-SZÁNTÓ, Zs.-SVINGOR, É.-MOLNÁR, M.-FUTÓ, I.* (2002): Metal container instead of glass bulb in tritium measurement by ^3He ingrowth method, Fusion Science and Technology, Vol 41. No. 3., Part 2. p. 532-535.
- PALCSU L.* (2003): A nemesgáz-tömegspektrometria hidrológiai és atomerőművi alkalmazásai, Doktori (PhD) értekezés, Debreceni Egyetem, 2003.
- PALCSU, L.-SZÁNTÓ, ZS.-MOLNÁR, M.-FUTÓ, I.-RINYU, L.-HORVÁTH, I.-FÓRIZS, I.* (2003): Isotope studies of a groundwater-flow system in granite, Middle Hungary, Book of Extended Abstracts, International Conference on "Groundwater in Fractured Rocks", Prague, Czech Republic, 15-19 September 2003.