KARSZTFEJLŐDÉS XVI.
Szombathely, 2011. pp. 203-221.

ÚJABB ADATOK A BUDAI TERMÁLKARSZT BESZIVÁRGÓ VIZEINEK MINŐSÉGÉRŐL

FEHÉR KATALIN

ELTE TTK FFI Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c, feher.katoke@gmail.com

Abstract: We have been investigating the infiltrated water of Buda thermal karst since 1987. The earliest sequence of investigation has been running at Szemlőhegy-cave. In the 96's and 00's sporadic measurements took place in Pálvölgy-Mátyáshegy Cave system, but thanks to Bekey Imre Speleo Team permanent measurements have been happened since 2008. In 2010 we started our measurements in Ferenchegy cave, since that time we can track the pollution of karst on a larger range. Next we attempted to identify the surface source of pollution. The most conspicouos pollution source is a seasonal watercourse in Szépvölgy valley. The water is extremely contaminated here. There is a detrital zone in the valley, and the polluted water directly goes into cave galleries or into karst, without any filtration. We investigated the sewage system above cave galleries. Acquaintance the chemical composition of this waste water could help us to understand the rapid changes in infiltraded water quality. In our lecture we demonstrate this partly pragmatic partly monitoring investigation.

Bevezetés

A budai termálkarsztot és a napról-napra változó, növekvő hosszban feltárt barlangokat a beszivárgó vizek közvetítésével erőteljes szennyezés éri. A felszín napjainkra szinte teljesen beépült, de víz- és csatornahálózata régi, elavult, felújítása csak kisebb területeken valósult meg, és ez az állapot máig potenciális szennyezőforrást jelent.

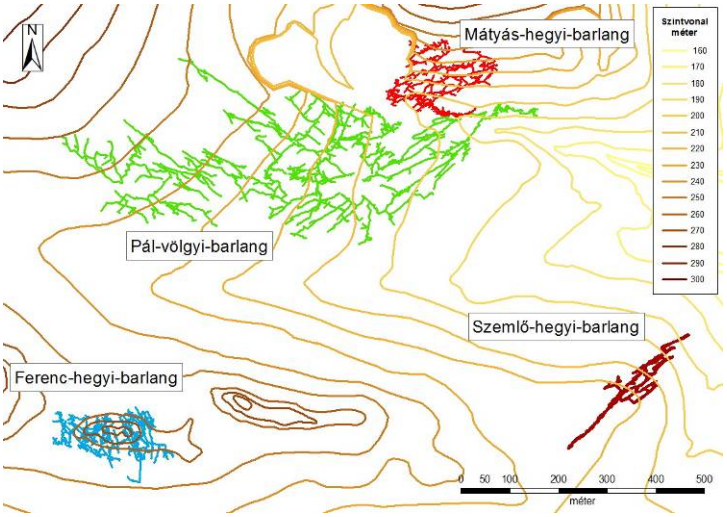
A beszivárgó vizeket a nyolcvanas évektől vizsgálták váltakozó rendszerességgel (*SÁRVÁRY et al.* 1992, *FEHÉR* 1995, *MAUCHA* 2001, *FEHÉR* 2009). E munkák adatai alapján mutatjuk be a közel három évtized alatt történt változásokat, néhány jellemző mintavételi pontot kiemelve.

A szennyezést jelző komponensek eredetének kiderítéséhez a Szépvölgy időszakos vízfolyását sikerült újra megvizsgálnunk (*KISS* 2009*)*, ill. a kommunális csatornahálózat két pontján vett szennyvíz összetételét elemezve kerestük az okot a barlangba lejutó szennyezések eredetéről.

A vizsgált barlangok általános bemutatása

A terület barlangjai túlnyomórészt a felső-eocén Szépvölgyi Mészkő Formációban alakultak ki, egyes járatok felhúzódnak a bryozoás márgába, de néhány közülük, pl. a Mátyás-hegyi-barlang Patakos-ága a fekű triász mészkőt (Mátyáshegyi Formáció) is eléri. A területre a D-DK-i, 25-35°-os

rétegdőlés a jellemző (*1. ábra)*. A beszivárgást befolyásoló domborzat az egyes vizsgált barlangoknál eltérő.



1. ábra: A barlangok elhelyezkedése(Barlangtani Osztály adatai alapján)
Fig. 1: Map of the investigated area with the caves

A Ferenc-hegyi-barlang bejárata 262,05 m tszf magasságban nyílik, hossza: kb. 6500 m, függőleges kiterjedése 85 m. Felszínközeli járatai déli irányban (ahol a mintavételi helyek is vannak) beépített terület alá nyúlnak.

A Pál-völgyi-barlang bejárata 205,8 m tszf magasságban található, hossza meghaladja a 13500 m-t, függőleges kiterjedése 114 m. Lankás hegylábfelszín alatt húzódik, járatainak térbeli elhelyezkedése többé-kevésbé követi a kőzet D-DK-i, 25-30°-os rétegdőlését. Felszíne gyakorlatilag teljesen beépített.

A Mátyás-hegyi-barlang bejárata 202,05 m tszf magasságban nyílik, hossza 5200 m, függőleges kiterjedése 108 m. Járatainak nagy része a meredek oldalú Mátyás-hegy alatt húzódik, így beszivárgás csak a Törmelék-labirintus zónájában van, ami a Szépvölgy tektonikailag preformált (és erősen töredezett) zónája alatt található. A két barlang közös rendszert alkot, de a korábbi mérések értékelése könnyebb, ha külön-külön tárgyaljuk a változásokat.

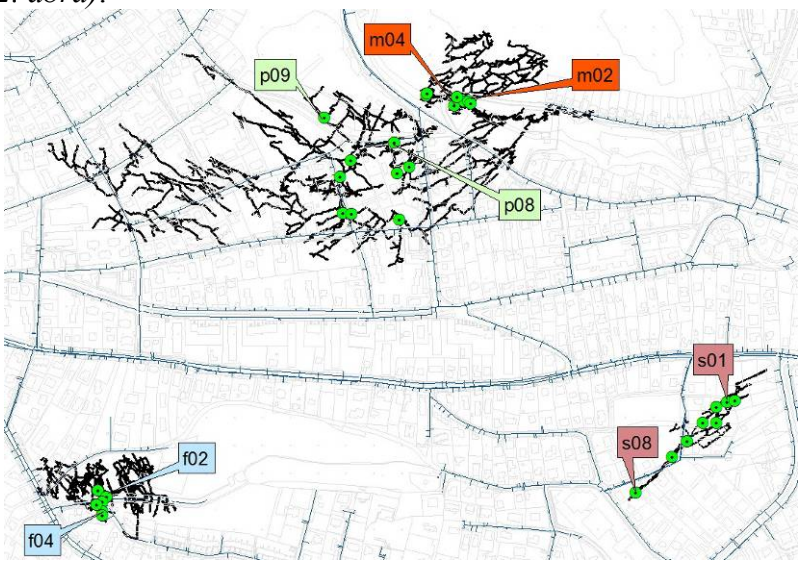
A Szemlő-hegyi-barlang mesterséges bejárata 188 m tszf magasságban található, hossza: 2230 m, függőleges kiterjedése 50 m. A barlang egy része (Óriás-folyosó) a Ferenc-hegy keleti nyúlványának felső részén található lejtőpihenő, míg járatainak zöme a mai bejáratig húzódó lejtő alatt húzódik, melyen mesterségesen kialakított kert található. (*SZÉKELY* 2003*)*

Módszerek

A mintavételeket fixen telepített edényekkel oldottuk meg, melyekben állandó vízcserét biztosítottunk (*FEHÉR* 1995*)*. A vizek elemzése a Magyar Ivóvízszabvány előírásai szerint történt mind az ÁNTSZ (*MAUCHA* 2001), mind a saját méréseink esetében (*FEHÉR* 2009*)*. A vizsgálatba bevont adatokat az 1987-2001 időszakra vonatkozóan Maucha és társai tanulmányából vettük át *(MAUCHA* 2001*),* a Szemlő-hegyi-barlang kivételével, ahol teljes egészében saját mérési eredményeinket használtuk fel. A többi vizsgált barlang 2008-2011. közötti adatsorai szintén saját mérésekből származnak.

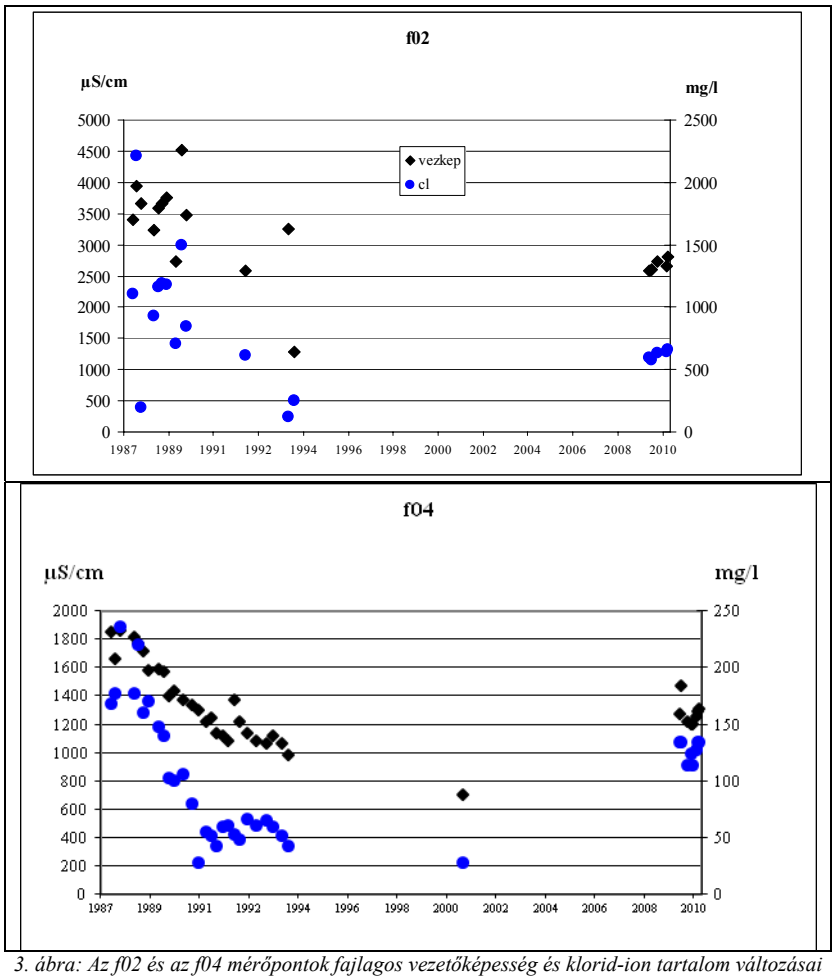
Az 1987-2011. közötti változások

A négy barlang mérőpontjai közül azokat elemeztük, ahol a régi ill. a mostani mintavételek azonos helyeken történtek. A Ferenc-hegyi-barlangban csak kettőnél tudtuk ezt megvalósítani, ezért (és a terjedelmi korlátok miatt is) minden vizsgált barlang esetében csak két ponton mutatjuk be a változásokat *(2. ábra)*.



2. ábra:Mintavételi pontok
Ferenc-hegyi-barlang: f02 Kettős-delta, f04 Csepegő vizek term;, Pál-völgyi-barlang: p08-Térképész-ág, p09 Meseország; Mátyás-hegyi-barlang:m02 Sírgödör, m04 Patakos-ág; Szemlő-hegyi-barlang: s01 Ferencvárosi-terem, s08 Földszíve-terem felett. Szürke vonal: közműtérkép, kék vonal: fő csatornahálózat (A Fővárosi Csatornázási Művek és a Barlangtani Osztály adatai alapján)
Fig. 2: Measuring points in caves.
Ferenchegy cave: f02 Kettős-delta, f04 Csepegő vizek term;, Pálvölgy cave: p08-Térképész-ág, p09 Meseország; Mátyáshegy cave: m02 Sírgödör, m04 Patakos-ág; Szemlőhegy cave: s01 Ferencvárosi-terem, s08 Földszíve-terem felett. Grey line: public utility, blue line: main sewage system

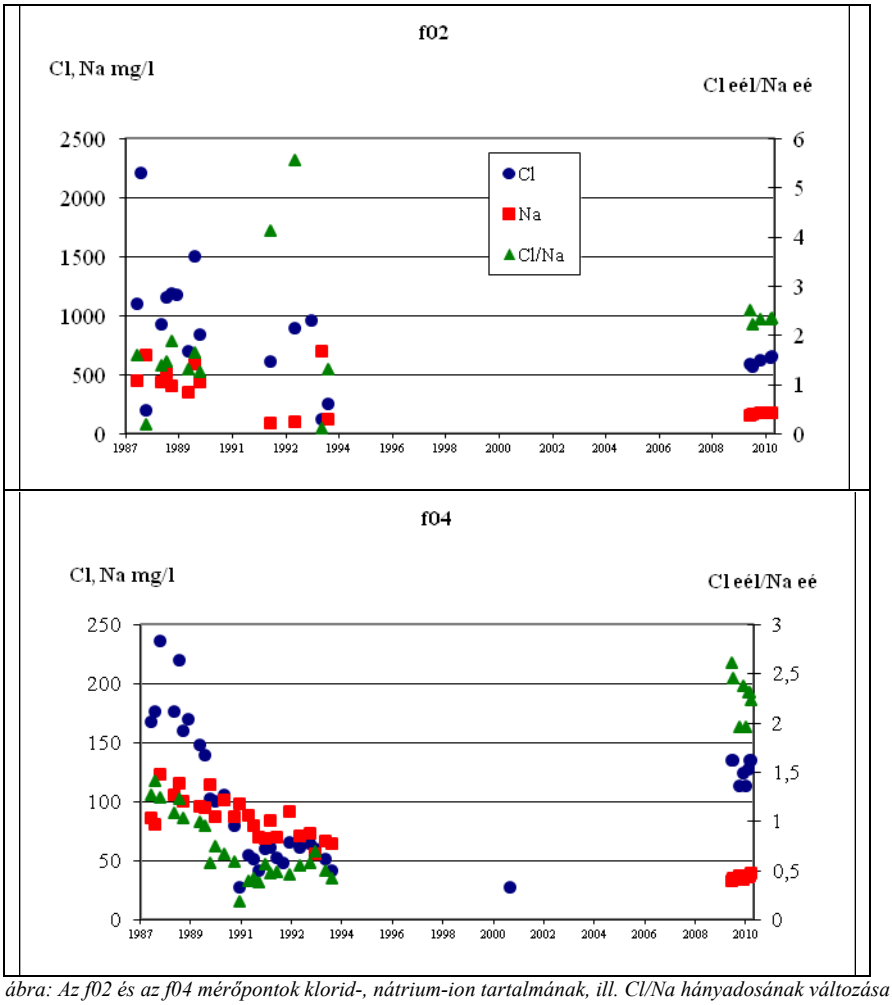
A *Ferenc-hegyi-barlangban* vett minták fajlagos vezetőképesség és klorid-ion tartalom értékeiben csökkenés figyelhető meg a 1987-2001 időszakban, míg a 2010-11-es mérések újra magasabb értékeket mutatnak. Az f02-es ponton a vezetőképesség 4000 µS/cm értékről 1500-ra csökkent a korábbi adatoknál, de a legutóbbi mérések eredményei 2500-3000 µS/cm között mozognak. A klorid-ion a 2000 mg/l értékről 200 mg/l alá csökkent, majd 600-700 mg/l közötti értéket mutat. Az f04-es mérőponton, bár alacsonyabb tartományokban (1800-800; ill. 1300 µS/cm és 250-25; ill. 125 mg/l), ugyanilyen változások figyelhetők meg (*3. ábra)*.



3. ábra: Az f02 és az f04 mérőpontok fajlagos vezetőképesség és klorid-ion tartalom változásai
Fig. 3: Fluctuation in specific conductance and chloride on measuring points f02 and f04

A klorid, mint a szennyezést talán legjobban jelző ion eredetét a nátriummal együtt vizsgáltuk. Az utak síkosságmentesítéséhez használt NaCl-

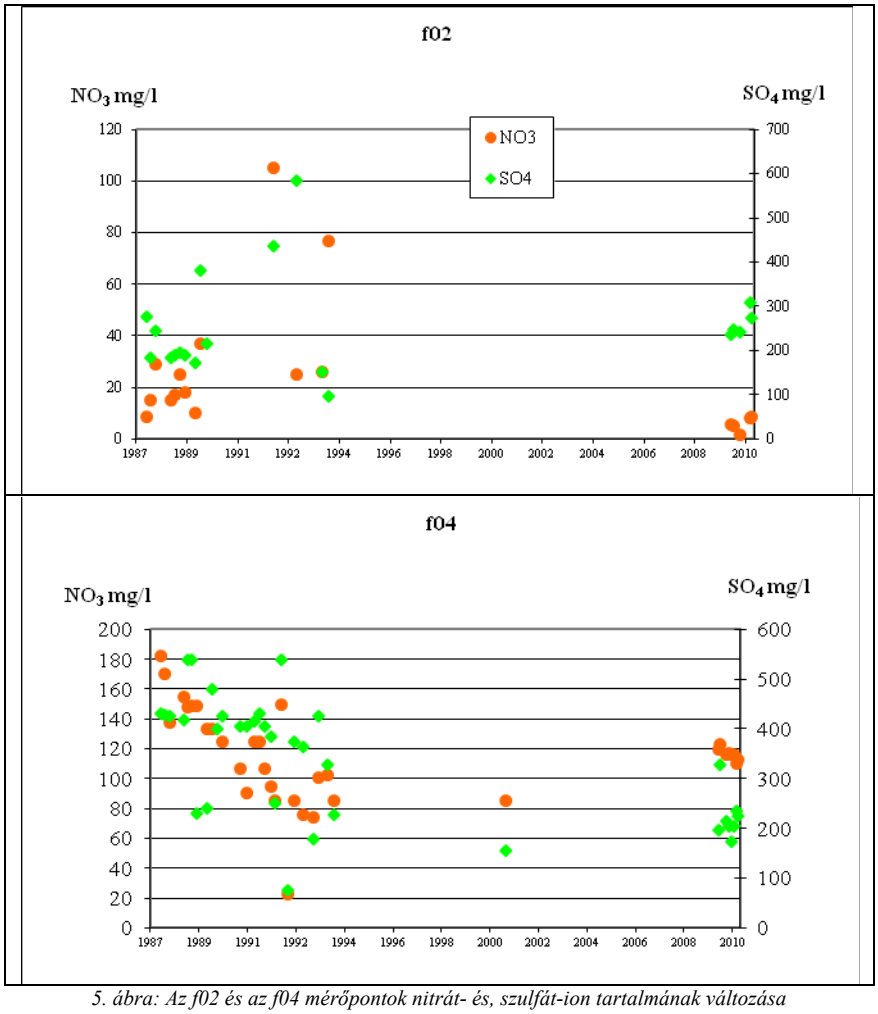
ból származó klorid esetén a két ion egyenértékének (Cl/Na) hányadosa 1. A hányados növekvő értéke a klorid-ion növekedését mutatja, ez pedig azt jelzi, hogy a klór más forrásból is származhat *(KISS–FEHÉR* 2009*)*. Ez a hányados mindkét mérőponton 2,5 körüli értékre növekedett *(4. ábra)*.



4. ábra: Az f02 és az f04 mérőpontok klorid-, nátrium-ion tartalmának, ill. Cl/Na hányadosának változása
Fig. 4: Alteration of chloride/nitrat quotient, and fluctuation this ions on measuring points f02 and f04

A nitrát-ion tartalom, mely egyértelműen szennyezésből származik (*HEM* 1985*)*, az f04 ponton magasabb, és a változás is itt szembetűnőbb. 180 mg/l-es értékről 2001-re 80 mg/l-re csökken, majd 2011-ben 120 mg/l körüli értéken mozog. A szulfát-ion tartalomban, néhány kiugró érték elle-

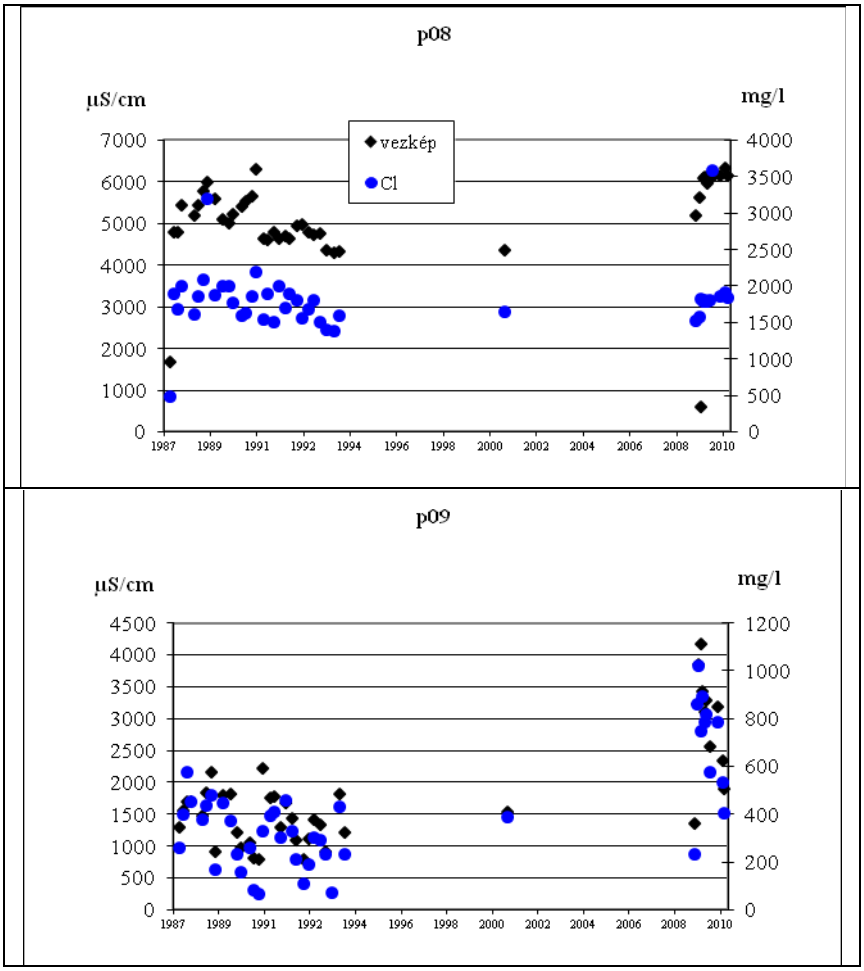
nére is csökkenés tapasztalható. Az f02 ponton a nitrát- és a szulfát-ion tág határok között változik. 2001 előtt alacsony volt a nitrát-ion koncentráció (20 mg/l körüli, 80-100 mg/l kiugró értékekkel), 2010-11-ben már 10 mg/l alatti érték volt mérhető. A szulfát-ion esetében a korábbi értékek 100-600 mg/l közöttiek, a legutóbbi évek eredményei 250-300 mg/l koncentrációt mutatnak.



5. ábra: Az f02 és az f04 mérőpontok nitrát- és, szulfát-ion tartalmának változása
Fig. 5: Changes in nitrate and sulphate concentrations on measuring point f02 and f04

A *Pál-völgyi-barlang* legszennyezettebb, p08-as mérőpontja a Szép-völgy zónája alatt található. Magas vezetőképesség-értékeiben 1987-2001. között csökkenés volt tapasztalható, de még így sem csökkent le 4500 µS/cm alá. A 2008-2011. közötti mérésekre újra a 6000 µS/cm feletti kon-

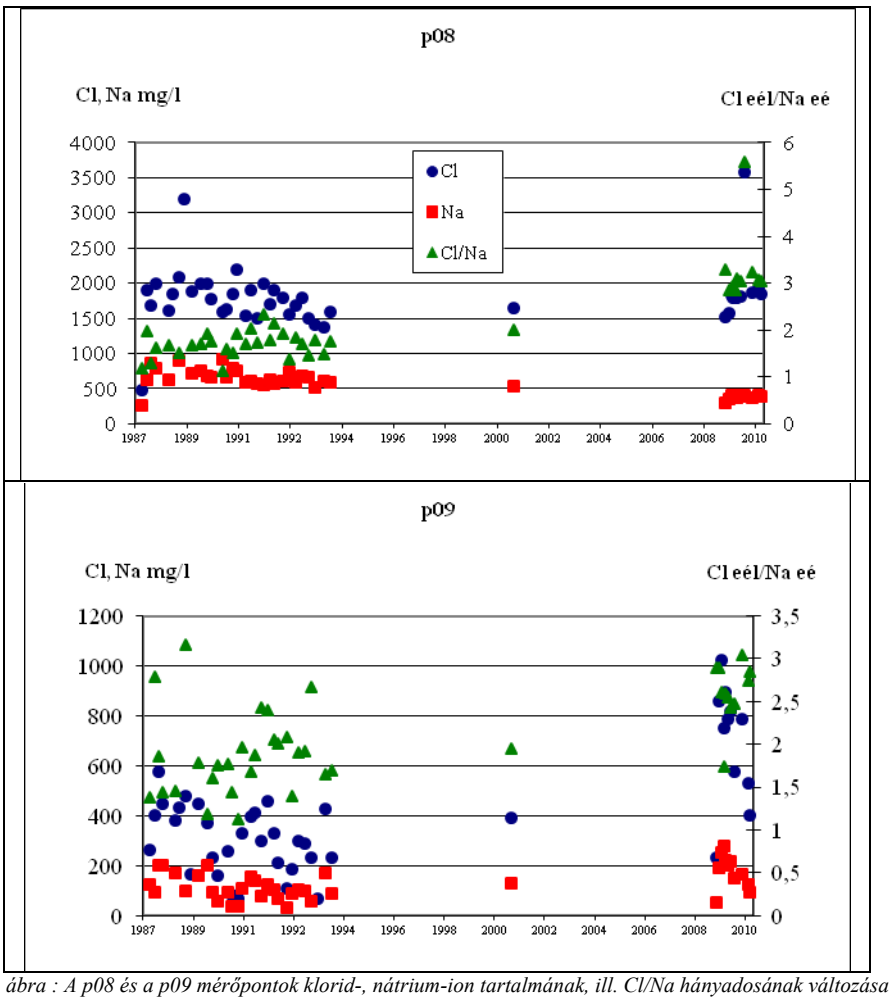
centráció a jellemző. A klorid-ion 1500-2000 mg/l között változik. A p09 pont mindkét komponense, mindkét időszakban tág határok között mozog, azzal a különbséggel, hogy 2008 után a mért értékek szélesebb intervallumban oszlanak el. A vezetőképesség 1987-2001 között 200 és 2200, 2008 után 1500 és 4200 µS/cm között, a klorid-ion 100-600, ill 250-1000 mg/l között változik *(6. ábra)*.



6. ábra: A p08 és a p09 mérőpontok fajlagos vezetőképesség és klorid-ion tartalom változásai
Fig. 6: Fluctuation in specific conductance and chloride on measuring points p08 and p09

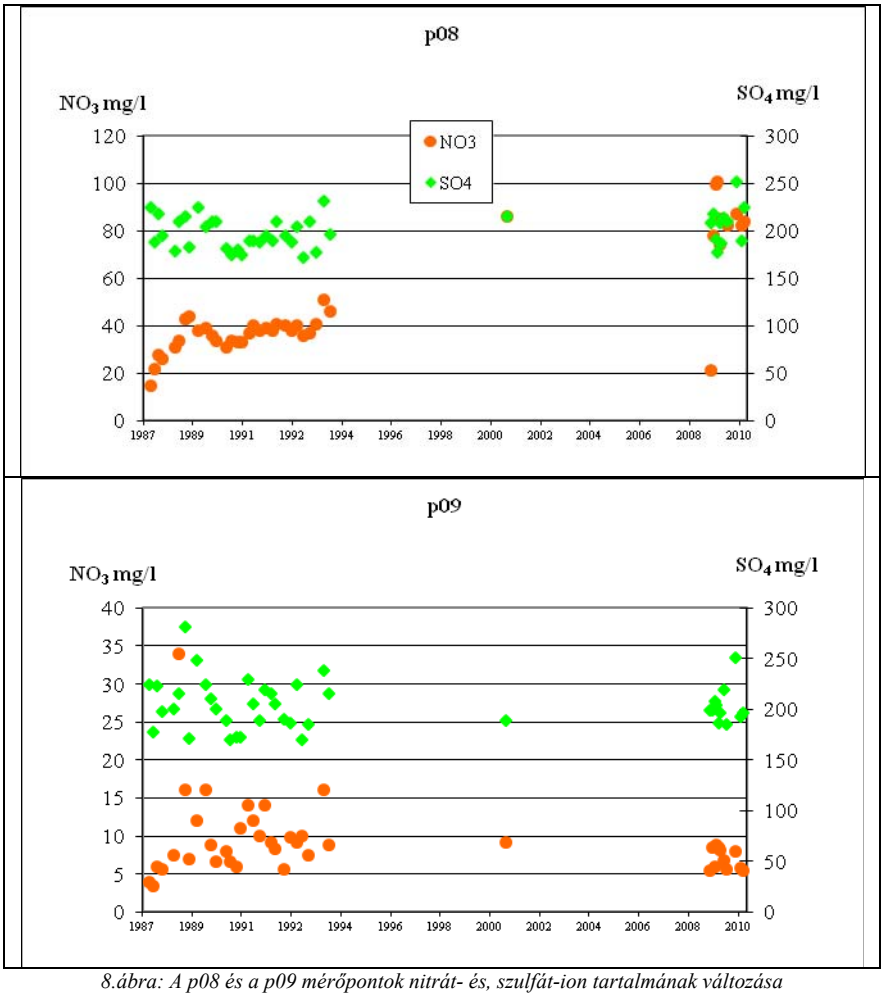
A klorid-ion tartalom fentiekben leírt változásait a nátrium-ion nem követi, inkább csökkenés jellemzi. Ezt a tendenciát mutatja a Cl/Na hányados is, amely 1,5 körüli értékről 3-ra emelkedett 2011-re. A p09-es mérőponton – a klorid-ionhoz hasonlóan – tág tartományban változik. Az arány

változása azt jelzi, hogy megváltozott a kemikáliák használata úgy a lakossági, mint közterületi alkalmazás terén.



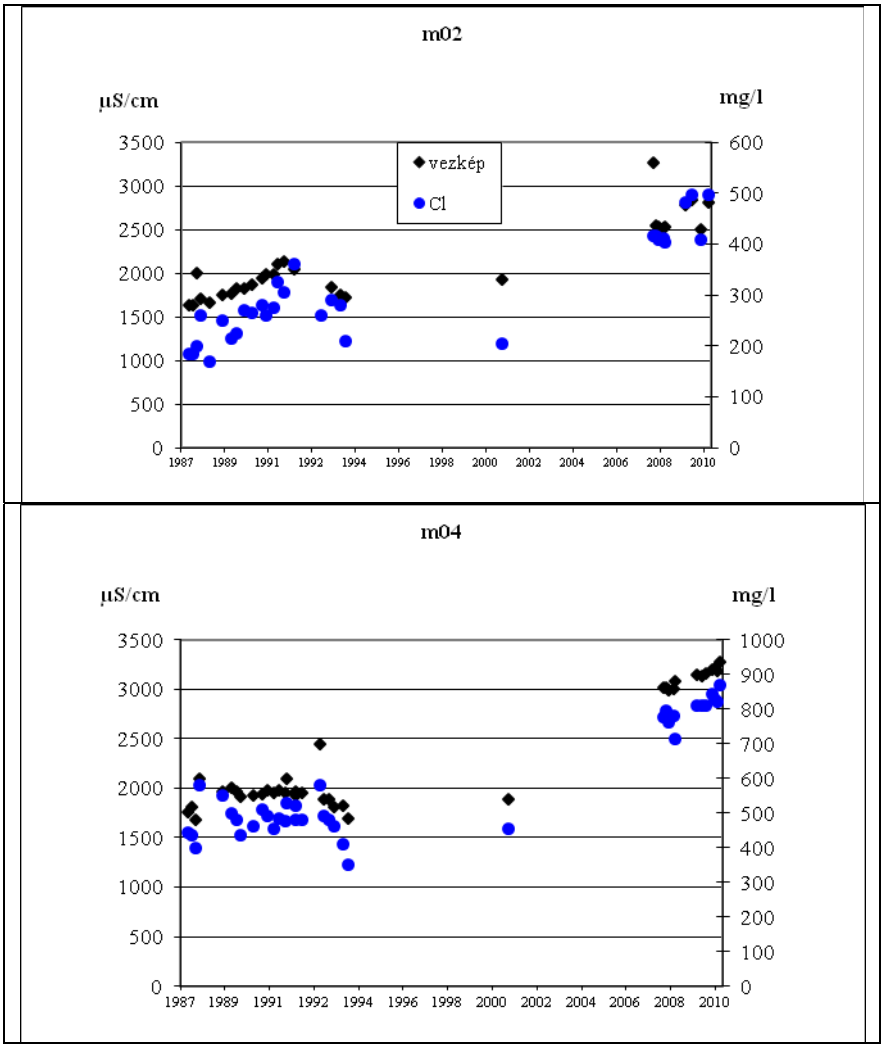
7. ábra : A p08 és a p09 mérőpontok klorid-, nátrium-ion tartalmának, ill. Cl/Na hányadosának változása
Fig. 7: Alteration of chloride/nitrat quotient, and fluctuation this ions on measuring points p08 and p09

A nitrát-ion tartalom a p08 mérőhelyen növekedett, 2008 után elérte a 100 mg/l értéket is. A p09 ponton 4-18 mg/l között változik, egy esetben közelíti meg a 35 mg/l koncentrációt, amely az ivóvízszabvány szerint is alacsonynak tekinthető. A szulfát-ion mindkét mérőhelyen 180-280 mg/l között mozog (egy esetben közelíti meg a 300 mg/l-es értéket, *7, 8. ábra*).



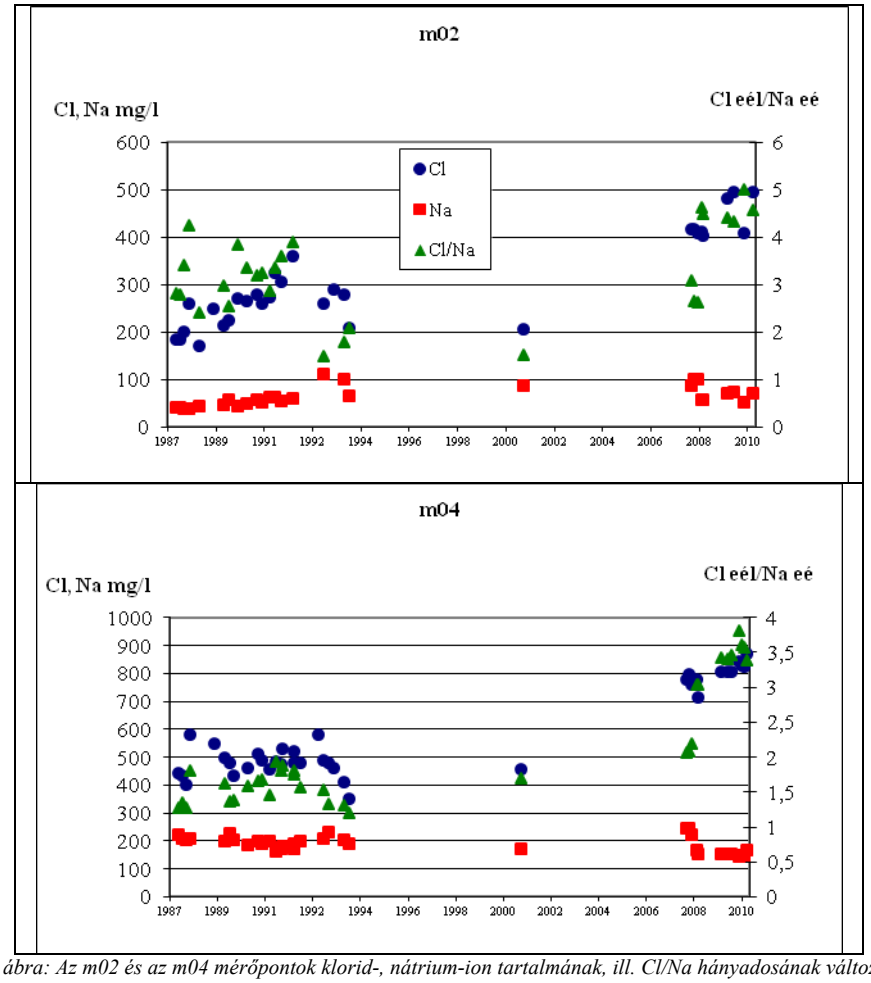
8.ábra: A p08 és a p09 mérőpontok nitrát- és, szulfát-ion tartalmának változása
Fig. 8: Changes in nitrate and sulphate concentrations on measuring point p08 and p09

A *Mátyás-hegyi-barlang* vizeiben mért vezetőképességek a szennyezés növekedését jelzik, a korábban mért 1500-2000 µS/cm értékek helyett 3000 µS/cm-nél magasabbat is észleltünk. A klorid-ion tartalom az m02 ponton a régebbi méréseknél 200-400 mg/l között volt, de 2008-2011-ben megközelítette az 500 mg/l koncentrációt. A m04 ponton az induló értékek nagyobbak voltak (400-600 mg/l), ám mára már megközelítik a 900 mg/l-t *(9. ábra)*.



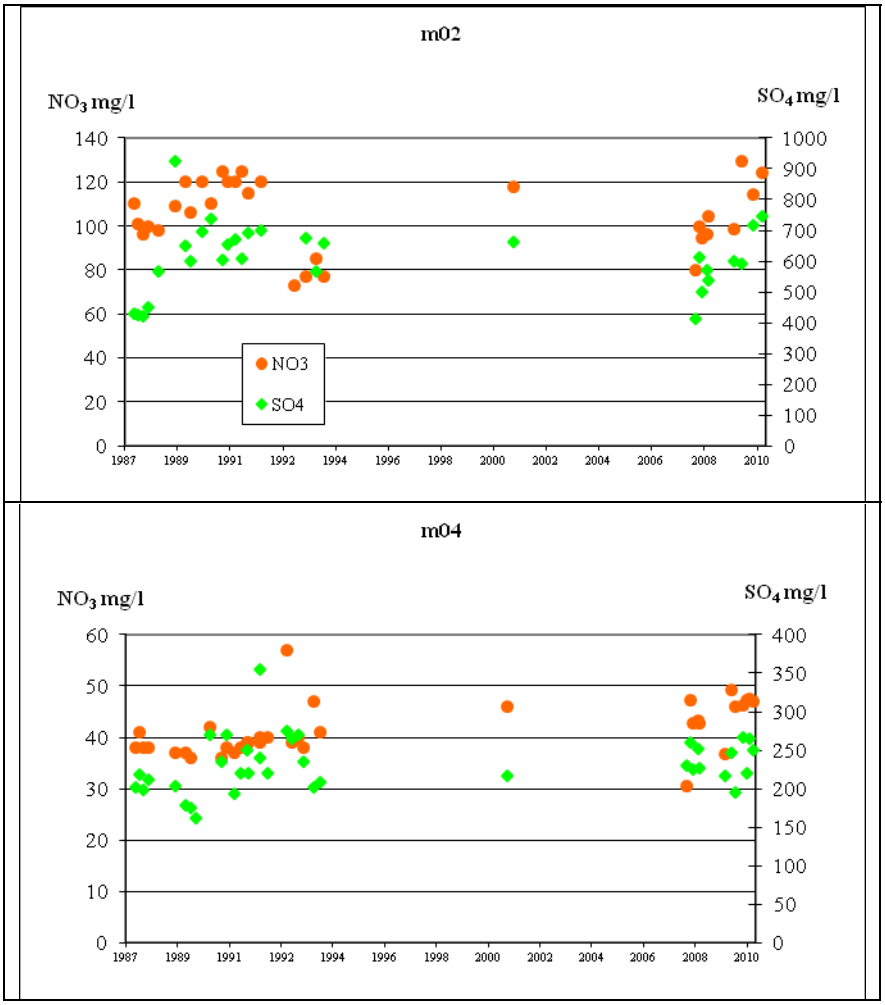
9. ábra: Az m02 és az m04 mérőpontok fajlagos vezetőképesség és klorid-ion tartalom változásai
Fig. 9: Fluctuation in specific conductance and chloride on measuring points m02 and m04

A Cl/Na hányadost vizsgálva a Pál-völgyi-barlang mérőpontjainál tapasztalthoz hasonló tendenciát fedezhetünk fel. A különbség annyi, hogy a m02-es ponton 4-5 közötti értékre növekedett *(10. ábra)*. A magas hányados itt is a klorid-szennyezés növekedését jelzi.



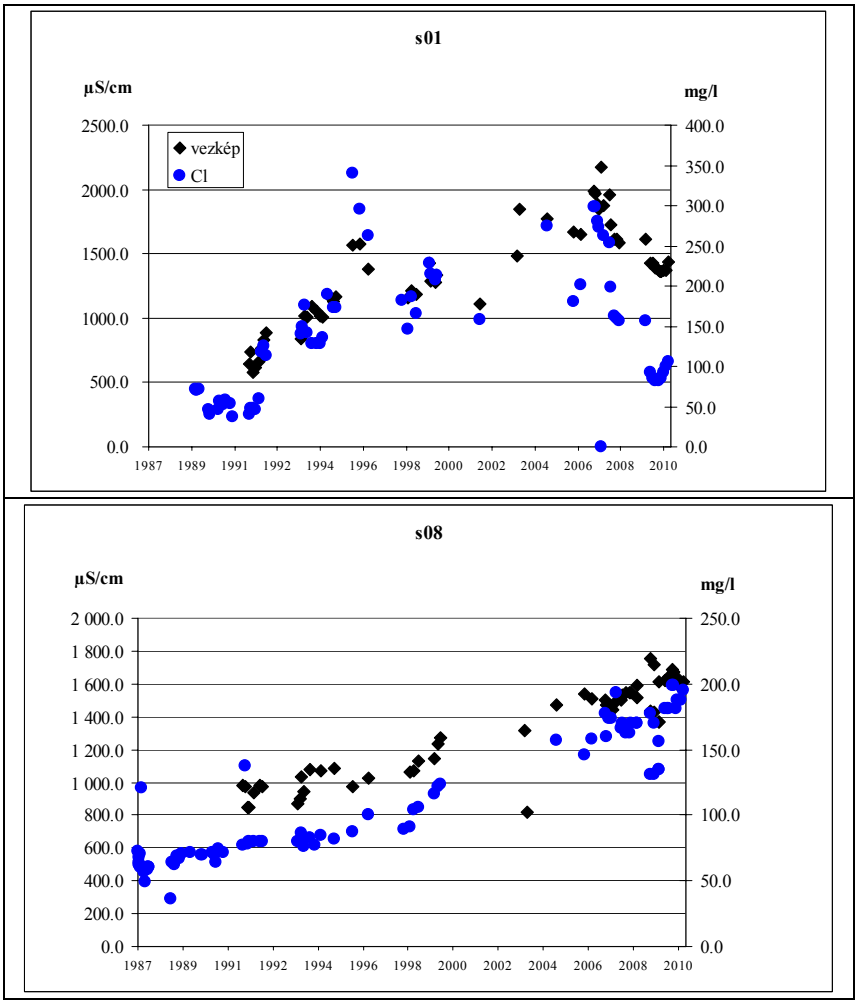
10. ábra: Az m02 és az m04 mérőpontok klorid-, nátrium-ion tartalmának, ill. Cl/Na hányadosának változása
Fig. 10: Alteration of chloride/nitrat quotient, and fluctuation this ions on measuring points m02 and m04

A nitrát- és a szulfát-ion koncentráció egyik mérőponton sem mutat egyértelmű változást. A nitrát-ion az m02 ponton 70-130 mg/l, az m04 ponton 30-50 mg/l, a szulfát-ion 400-800 mg/l, ill. 180-280 mg/l között mozog *(11. ábra)*.



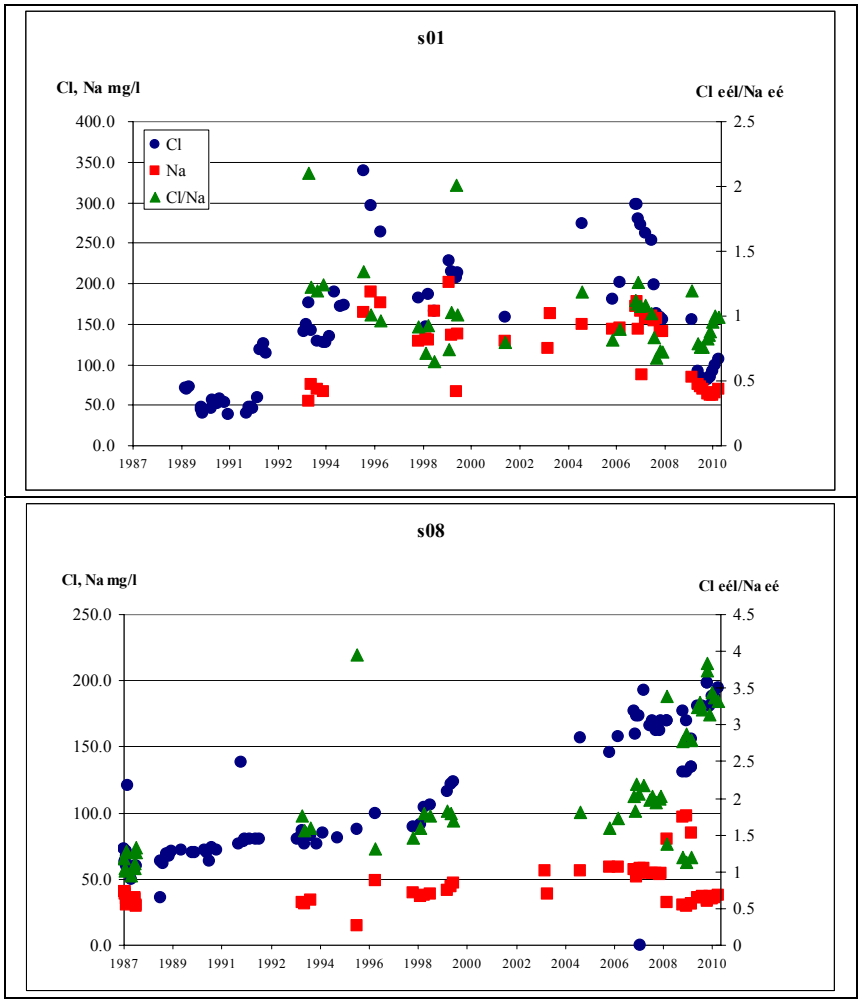
11. ábra: Az m02 és az m04 mérőpontok nitrát- és, szulfát-ion tartalmának változása
Fig. 11: Changes in nitrate and sulphate concentrations on measuring point m02 and m04

A legteljesebb adatsor a *Szemlő-hegyi-barlang* beszivárgó vizeiről áll rendelkezésre. Az s01 ponton a vezetőképesség értéke 2007-re az 500 µS/cm értékről 2000 µS/cm érték fölé növekedett, majd, bár csökkenni kezdett, nem ment 1400 µS/cm érték alá. A klorid-ion tartalom is ezt a tendenciát követi, 50 mg/l-ről 300 mg/l-re növekedett (az 1995. évi kiugrást nem figyelembe véve), és 2007 után erőteljesen csökkent: 70 mg/l-es értékre. 2009 után azonban mindkét paraméter enyhe emelkedést mutat. Az s08 ponton a vezetőképesség 900-ról 1700 µS/cm-re, a klorid-ion 50 mg/l-ről egyenletes növekedéssel 2000 mg/l értékre nőtt a vizsgált időszakban *(12. ábra).*



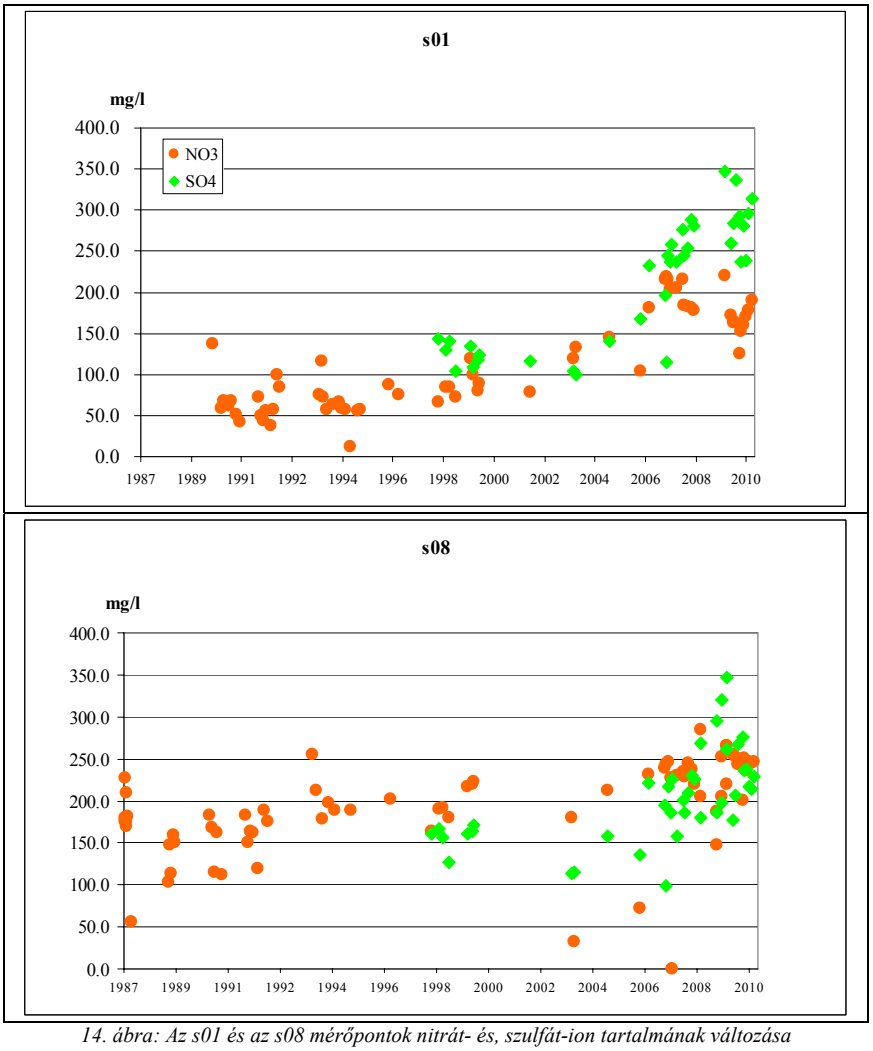
12. ábra: Az s01 és az s08 mérőpontok fajlagos vezetőképesség és klorid-ion tartalom változásai
Fig. 12: Fluctuation in specific conductance and chloride on measuring points s01 and s08

A vizsgált mérőpontok közül csak az s01-nél tapasztalható az, hogy a Cl/Na hányados 1-es érték körül stagnál; egy-két kiugró értéktől eltekintve a többi pontoktól eltérően nem változik. Itt a felszínről leszivárgó vizek valószínűleg nem olyan helyről származnak, ahol változott a felhasznált kemikáliák aránya, inkább a felszín átalakítása kapcsán betemetett antropogén anyagokból való kioldódás játszhat szerepet. Az s08 pont nátrium-ion értékei kevés változást mutatnak, míg a klorid-ion egyenletesen növekszik, így a Cl/Na arány 3,5-4 közé emelkedett az évek során *(13. ábra)*.



13. ábra: Az s01 és az s08 mérőpontok klorid-, nátrium-ion tartalmának, ill. Cl/Na hányadosának változása
Fig. 13: Alteration of chloride/nitrat quotient, and fluctuation this ions on measuring points s01 and s08

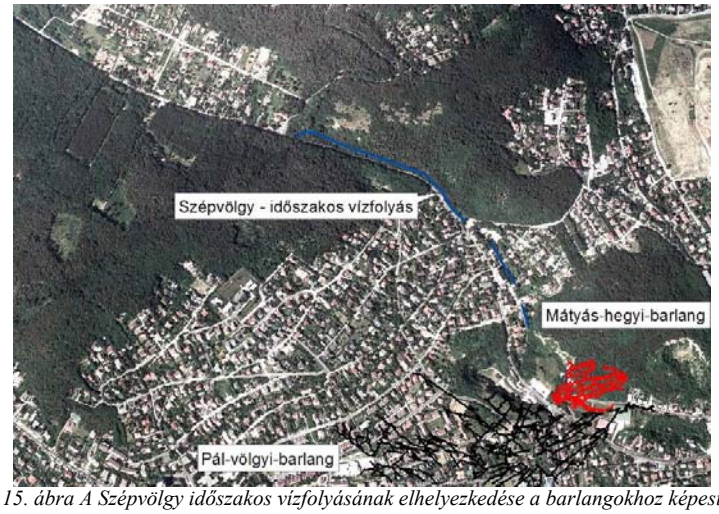
A nitrát-ion tartalom a többi, tárgyalt mérőponthoz képest itt a legnagyobb, és növekvő tendenciájú. Az s01 ponton 50-100 mg/l közötti értékről 2006-ra 180-230 mg/l-re emelkedett, majd 2009-ig 150 mg/l alá csökkent, de ezután újra növekedett megközelítve a 200 mg/l-es értéket. Az s08-as ponton egyenletes növekedése figyelhető meg, 2009. után már 250 mg/l körüli értékekkel. A szulfát mindkét ponton növekszik, 100-150 mg/l közötti értékről 200-350 mg/l-re *(14. ábra)*.



14. ábra: Az s01 és az s08 mérőpontok nitrát- és, szulfát-ion tartalmának változása
Fig. 14: Changes in nitrate and sulphate concentrations on measuring point s01 and s08

A Szépvölgy időszakos vízfolyásának szennyezettsége

Nagyobb esőzés, hirtelen hóolvadás alkalmával az időszakos vízfolyás medre megtelik, és a vízhozamtól függően a Fenyőgyöngyétől, a buszvégállomás alatt kialakított áteresztől (mely a felette lévő lakóövezetről vezeti el az esővizet) egészen a Mátyás-hegy K-i kőfejtőjének hajdani meddőjéig halad. Kisebb vízhozamnál már feljebb elszivárog, nem mindig jut el idáig a szennyezett víztömeg *(15. ábra)*.



15. ábra A Szépvölgy időszakos vízfolyásának elhelyezkedése a barlangokhoz képest
Fig. 15: Map of caves and the periodic watercourse in Szépvölgy valley

2009-ben sikerült egy nagyobb esőzésnél megmintáznunk a völgyön egészen a kőfejtőig végigzúduló (*KISS* 2009), majd 2010-ben a Pál-völgyi közig nyomon követhető vizeket. Az *I. táblázatban* a Szépvölgy két pontján mért értékeket, ill. a Mátyás-hegyi-barlang Szépvölgy vonala alá eső mérőpontjainak statisztikai mutatóit tüntettük fel. A felszíni vízfolyásnak magas a vezetőképessége és klorid-ion koncentrációja, melynek egy része okozhatja a barlangi beszivárgó vizek maximum értékeit. A nátrium-ionra ez a feltételezés csak részben igaz, ezt a Cl/Na arány eltérése is alátámasztja. A barlangba beszivárgó víz magas nitrát- és szulfát-ion tartalmára sem ad magyarázatot az időszakos vízfolyás vízminősége, feltételeznünk kell más szennyező forrást is. Legkézenfekvőbb magyarázat a párhuzamosan haladó, és a szennyvizet nagy területről gyűjtő csatorna szivárgása lehet.

1. táblázat
Table I.

A Szépvölgy időszakos vízfolyásának és a Mátyás-hegyi-barlang beszivárgó vizeinek minősége
Comparison the water quality of periodic watercourse in Szépvölgy valley and infiltrated waters of Mátyáshegy cave (vezkép = conductance)

		Vezkép	Cl	NO_3	SO_4	Na	Cl/Na
		µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	eé/eé
Fenyőgyöngye alatt	2009.02.09	**28900**	10248	0,9	28	3223	2,0
	2010.11.27	**15150**	5601	2,5	39	1587	2,3
Pálvölgyi-köz	2009.02.09	**20200**	7231	2,4	31	2065	2,3
	2010.11.27	**11370**	4112	4,1	22	1103	2,4
Mátyás-hegyi-barlang	medián	**2910**	588	94,3	385	149	3,1
2008-2011	minimum	**1054**	85	18,6	143	23	0,5
	maximum	**7900**	4395	231,4	1396	681	5,8

Az antropogén okokat tovább keresve, két alkalommal megmintáztuk a kommunális szennyvizet elvezető csatornákat. A szennyvíz összetétele napi-heti tevékenységtől függően gyorsan változhat, így hétvégre időzítettük a mintavételt feltételezve, hogy ilyenkor aktívabb az otthoni tevékenység a lakókörzetben. Tudjuk, hogy ez nem reprezentatív mintavétel, hisz ahhoz sokkal sűrűbben kellene azt végezni, a lakossági tevékenységek ciklusához igazodva, de a továbbgondolkodáshoz már segítséget nyújthat ez a vizsgálat is.

A szennyvíz vezetőképessége (1109-1582 µS/cm) magyarázhatja a beszivárgó vizek hasonló értékeit (a Pál-völgyi-barlangban tapasztalt maximumokat kivéve, mert ezeket a Szépvölgy zónája alatti pontokon mértük, ahol az előzőekben leírtak miatt más hatások is jelentkeznek). Igaz ez a korid-ionra is, de a Cl/Na arány esetében már nem mondhatjuk el ugyanezt. Addig, amíg a szennyvíznél 0,8-1,5 közötti a hányados értéke, a beszivárgó vizeknél már jóval nagyobb, és a nátrium-ion hátrányára tolódik el. Feltételeznünk kell, hogy nem csak a csatornából kerül a beszivárgó vízbe klorid-ion, hanem egyéb forrásból is.

II. táblázat
Table II.

A kommunális közcsatorna és a barlangi beszivárgó vizek minősége
Comparison the waste water and infiltrated cave waters

		Vezkép	**Cl**	**NO_3**	**NO_2**	**NH_4**	**PO_4**	**SO_4**	**Na**	**Cl/Na**
		µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	eé/eé
Pálvölgyi út - csatorna	2011.01.29	**1109**	78	0	0	43,5	13,3	91	33	1,5
Pál-völgyi-barlang	medián	**1346**	163	68	0	0	0	194	23	3,3
2008-2011	min	**494**	35	5	0	0	0	78	6	1,0
	max	**6330**	3580	239	0	0	0	514	415	16,7
(0 = k.h.alatt)										
Barlang utca - csatorna	2011.01.29	**1582**	142	1,2	0,92	41,2	7,8	129	112	0,8
	2011.04.17	**1522**	128	0	0	55,0	5,5	238	91	0,9
Szemlő-hegyi-barlang	medián	**1337**	113	119	0	0	0	199	42	1,8
2008-2011	min	**487**	7	8	0	0	0	64	6	0,6
	max	**1958**	266	379	1,18	0,5	2,1	476	161	4,0

A nitrogén-formákat vizsgálva szembetűnő, hogy míg a szennyvízben a redukált forma, az ammónium-ion az uralkodó, addig a beszivárgó vízben már az oxidatív viszonyokat jelző nitrát-ion fordul elő. A beszivárgás során megváltozó redox-viszonyokat *KRAUS* szóbeli közlése is megerősíti, mely szerint a cseppkövek katódluminoszkópos vizsgálatával kimutatta, hogy azok oxidatív állapotú oldatokból képződnek.

A beszivárgó vizek nagy szulfát-ion tartalmának egy része természetes okokra vezethető vissza, hisz a fedőben lévő márga magas pirittartalmú.

A bemutatott mérőpontok szulfát-ion tartalmának emelkedése viszont származhat a szennyvízből, ahogyan a *II. táblázat* adatai is mutatják.

A foszfát-ion csak a Szemlő-hegyi-barlang két pontján kimutatható, bár a szennyvízben nagy koncentrációban van jelen. Feltételezhető, hogy ezeken a pontokon kevésbe érvényesül a fedőréteg szűrőhatása.

Összefoglalás

A területet érő egyre nagyobb terhelésre hosszú évtizedek óta tartó vizsgálatok, elemzések, publikációk hívják fel a figyelmet (*FEHÉR* 1995, *TAKÁCSNÉ BOLNER* et al. 1989, *MAUCHA* 2001, *VIRÁG* et al. 2009, *FEHÉR* et al. 2009, *KISS* 2009). A legutóbbi évek eredményei –különösen a vezetőképesség és a klorid-koncentráció emelkedése – a szennyezés további növekedésére figyelmeztetnek. A Cl/Na hányados markánsan megnövekedett értéke nagymennyiségű, az útsózástól független klórszennyezést jelez. Forrását keresve nem hagyható figyelmen kívül a térség településszociológiai trendjének az utóbbi húsz évben tapasztal változása: a luxusingatlanok szaporodása, a tájhasználat megváltozása. A különböző káros antropogén hatások kimutatása, feltérképezése, néhány lelkes kutató, vagy kutatóműhely munkája „csak" figyelemfelkeltő lehet. Számos intézmény, hatóság összefogásával, hosszútávú védelmi terv kidolgozásával, és megvalósításával, lakossági támogatással lehetne a jelenlegi kedvezőtlen helyzeten változtatni, amely a Duna partján fakadó gyógyvízforrások állapotát is veszélyeztetheti.

Köszönetemet szeretném kifejezni munkámat hosszú évek során támogató barlangkutató társaimnak, az Acheron Barlangkutató Csoportnak, a Pagony Barlangkutató Csoportnak, a Bekei Imre Gábor Barlangkutató Csoportnak és az ELTE Környezet és Tájföldrajzi Tanszékének önzetlen segítségükért.

IRODALOM

FEHÉR K. (1995): Vízkémiai vizsgálatok a Szemlő-hegyi-bg-ban. - Környezeti Ártalmak és a Légzőrendszer V. Konferenciája, Hévíz. p.47-52.

FEHÉR K. (2009): A Rózsadombi-termálkarszt szennyeződésveszélyeztetettségi vizsgálata. - Diplomamunka, Budapest. ISBN 978-963-06-7311-2.

FEHÉR K.–KISS K.–KOVÁCS J.–KISS A. (2009): Beszivárgás vizsgálatok a Rózsadombi-termálkarszton. - Karsztfejlődés XIV, Szombathely. p 45-55.
HEM, J. (1985): Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. – U. S. Geological Survey, Alexandria. p.66–128.
KISS K. (2009): A felszíni szennyezés hatása a barlangi beszivárgó vizekre a Mátyás-hegyi-barlang példáján. – Geográfus Doktoranduszok IX. Országos Konferenciája, Szeged. www.geography.hu
KRAUS S. (2011): Cseppkövek katódluminoszkópos vizsgálatai. - Szóbeli közlés.
MAUCA L. (2001): Lakott területek alatt húzódó, fokozottan védett barlangok vizeinek vizsgálata. - Magyar Karszt és Barlangkutató Társulat, Budapest.
MARI L.–FEHÉR K. (1999): The impacts of land use change on the Buda termal karst: a study of Szemlő-hegy cave. – In: BÁRÁNY-KEVEI I.–GUNN, J.: Essays in the ecology and conservation of karst. Spec. Issue of Acta Geographica Szegediensis. Szeged. p. 104–111.
VIRÁG M. –MÁDLNÉ SZŐNYI J.–MINDSZENTY A.–ZIHNÉ PERÉNYI K.–LEÉL-ŐSSY SZ.–ERŐSS .–SIKLÓSY Z. (2009): Az urbanizáció hatása a budai barlangok csepegő vizeire. - XIV, Szombathely. p 57-82.
TAKÁCSNÉ BOLNER, K.–TARDY, J.–NÉMEDI, L. (1989): Evaluation of the environmental impacts in Budapest's caves on the basis of the study of the dripping waters. - 10th International Congress of Speleology, UIS p. 634-639.
SÁRVÁRY I.–MAUCHA L.–IZÁPY G. (1992) Vízkémiai, mikrobiológiai és izotóp vizsgálatok,VII. feladat. Beszámoló jelentés. – In: PHARE PROJECT, 134/2. Komplex geológiai vizsgálatok és fúrások a Rózsadomb környezetében. Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium, Budapest.
SZÉKELY K. (szerk., 2003): Magyarország fokozottan védett barlangjai. - Mezőgazda Kiadó, Budapest. ISBN 963 9358 96 7