

# SZAKDOLGOZAT

Sőregi Ildikó  
2009



**SZENT ISTVÁN EGYETEM**

MEZŐGAZDASÁG- ÉS KÖRNYEZETTUDOMÁNYI KAR

KÖRNYEZET- ÉS TÁJGAZDÁLKODÁSI INTÉZET

TERMÉSZETVÉDELMI ÉS TÁJÖKOLÓGIAI TANSZÉK

# **AZ URBANIZÁCIÓ HATÁSA A BUDAI TERMÁLKARSZTRA**

**Tanszékvezető:**

Dr. Penksza Károly  
egyetemi docens

**Belső konzulens:**

Dr. Centeri Csaba  
egyetemi docens

**Készítette:**

Sőregi Ildikó



Gödöllő

2009

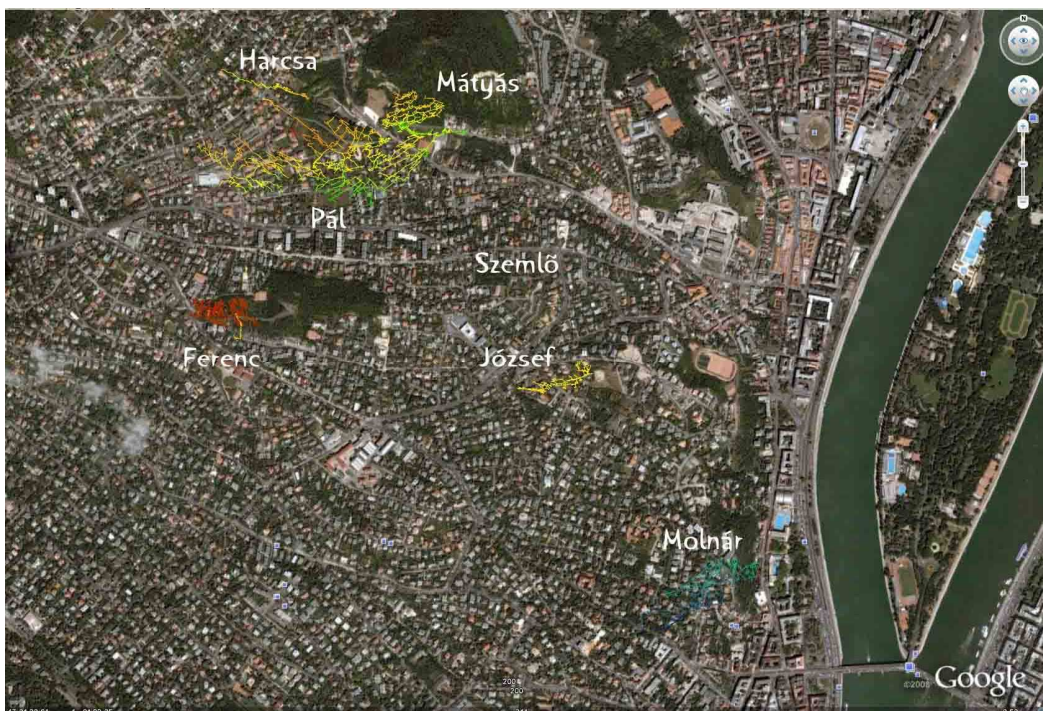
## Tartalomjegyzék

1. Bevezetés .....	3
2. Előzmények, szakirodalmi áttekintés.....	8
2.1 Jogi védelem kialakulása, a területre vonatkozó speciális jogszabályok .....	8
2.2 A vizsgált terület lehatárolása, földtani, hidrogeológiai viszonyai .....	12
2.3 Hidrológia, szivárgások vizsgálata .....	16
2.4 A terület legfontosabb barlangjai .....	18
3. Vízkémiai és bakteriológiai kutatások bemutatása, eredményeinek értékelése és megvitatása.....	24
3.1 Bakteriológiai mérések és értékelésük .....	27
3.2 Vízkémiai mérések és értékelésük.....	33
3.2.1. Összes és változó keménység, kalcium és magnézium ion tartalom.....	35
3.2.2. Kálium, vas és mangán .....	35
3.2.3. Elektromos vezetőképesség, nátrium és klorid ionok .....	44
3.2.4. Nitrát ionok.....	48
3.2.5. Szulfát ionok.....	50
4. A Buda-barlang sikertörténete és a Molnár János-barlang kálváriája. ....	52
5. Javaslatok.....	54
6. Összefoglalás .....	55
Köszönetnyilvánítás .....	56
Forrásmunkák jegyzéke.....	56

## 1. Bevezetés

Magyarország fővárosa, Budapest több szempontból is egyedülálló és páratlan turisztikai vonzerővel rendelkezik. Városnegyedeink, patinás épületeink, a fővárost kettészelő Duna, a Gellért-hegy, az Országháza lenyűgöző látványa, a Vár-negyed és még sorolhatnánk oldalakon keresztül. Nekem és sok más barlangokkal szemben elhivatott társamnak azonban minden kétséget kizáróan a budai oldal mélye jelenti az igazi csodát.

Budapest a barlangok és fürdők fővárosa (1. ábra), ezt minden barlangokkal foglalkozó könyvben és tájékoztatóban olvashatjuk, de hogy ezt eleink is jól tudták arról a régi török fürdők sora tanúskodik és mindennél többet mond az a tény, hogy a „pest” szláv eredetű szó magyarra fordítva barlangot jelent, mely elnevezés nagy valószínűséggel az egykoron a Gellért-hegy oldalában ásító, ma már részben elfalazott nagy barlangszájnak volt köszönhető.



1. ábra: A jelentősebb budai barlangok alaprajzi vetületei a műholdas felvételen ábrázolva  
(Forrás: Google, BTO, 2007)

A barlangok rendszeres kutatása Európában az elsők között hazánkban indult be, magyar tudósok jöttek rá, hogy az őskori ember nyomait legeredményesebben a barlangok üledékeiben lehet kutatni. A jelenleg is leghosszabb magyar barlang, az aggteleki Baradla sokáig a világ egyik leghosszabb barlangjaként volt számon tartva korai bejáróinak és

felmérőinek köszönhetően, míg a Pál-völgyi-barlang mélyén ez elsők között gyúlt ki fény (1927), hogy az idegenforgalom szolgálatába állhasson. 1989-ben Budapesten adtak találkozót egymásnak a világ barlangkutatói, majd nem véletlenül tartották itt 1998-ban a Subcity nemzetközi konferenciát, mely az emberi települések alatt elhelyezkedő barlangokkal, azokat érő antropogén hatásokkal foglalkozott. Páratlan Budapest abból a szempontból is, hogy nincs más olyan város, melynek mélyét a barlangok ilyen mértékben behálóznák, ahol az adott ország második leghosszabb barlangja helyezkedik el, ahol keletkezésük szempontjából egyedülálló hévizes eredetű kristálybarlangok bújnak meg, melyek mind egykori járatai a ma hegy lábánál fakadó hévizes forrásoknak, amik most a gyógyfürdőket táplálják.

A barlangok felbecsülhetetlen értéket képviselnek mind az emberiség, mind a természetvédelem számára. Akadémiai szemszögből nézve számos tudományterület hasznosíthatja a barlangokban folyó kutatásokat. A geológusok a kőzetek vizsgálatának ezen egyedülálló lehetőségével fontos információkat nyerhetnek a földtörténeti korokról, az üledékes kőzetek keletkezési folyamatairól, míg a régészet a barlangok kitöltésében megőrződött leleteken és a barlangok falán található rajzokon át ismerheti meg az ősi korokat, eltűnt kultúrákat. A biológiai kutatások a speciálisan alkalmazkodott barlangi flórát és faunát célozzák meg, de sok érdekes írást olvashatunk felmérésekről, melyek az emberi szervezet túróképességét vizsgálják ezen a napfénytől elzárt, örökké sötét birodalomban. A barlangokban zajló vízkémiai, mikrobiológiai vizsgálatok a barlangok és karsztvizek védelmében játszanak szerepet. A barlangok egyfajta környezeti indikátor szerepet töltenek be, hiszen az ott lejátszódó folyamatok (pl. cseppkő visszaoldódás, denevérpusztulás) alapján lehet következtetni a felszínen zajló negatív hatású eseményekre. A barlangok és azok különleges élőlényeinek vizsgálata olyan fontos eredményeket is hozhat, amelyet a NASA tudott hasznosítani a Mars kutatásában (Lechuguilla-barlang, Carlsbad Nemzeti Park, New Mexico, USA, mely barlangi kitöltését tekintve hasonló a József-hegyi-barlanghoz - csak jóval nagyobb méreteiben képviseli).

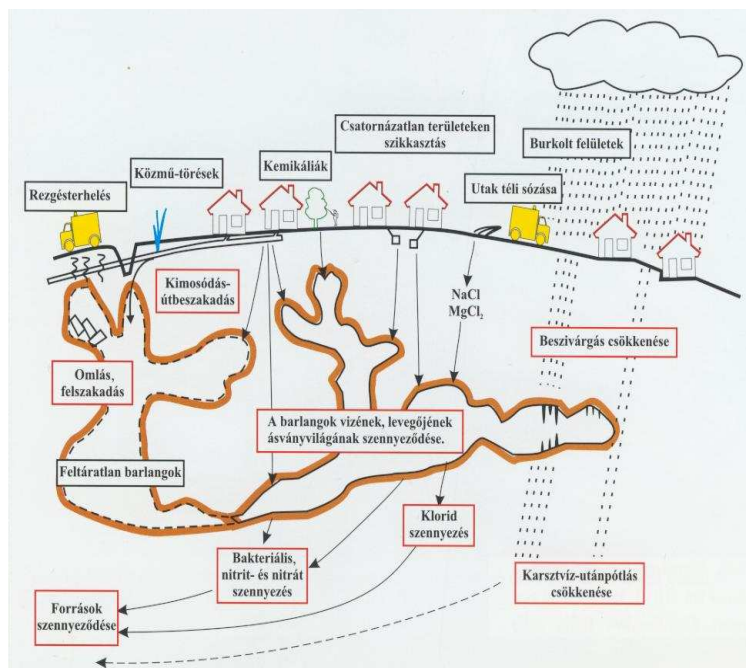
Az évezredek alatt kialakult járatrendszerekben, a keletkezett formakincsekben a természetes lepusztulási folyamatok mellett visszafordíthatatlan változást az emberi tevékenység tud csak okozni. A barlangi falfirkák, melyekkel századunk barlangjárói kívánták megörökíteni túrájukat az adott barlangban, az emlékként hazavitt, majd polcon porosodó letört cseppkődarabok vagy sziklakertet díszítő borsókövek, karbidolások nyomai melyek a látványos károkat okozzák a barlangjainkban. Ezt a bejáratok lezárásával, a túrázások,

túravezetések engedélyhez kötésével - amelynek feltétele a szakvizsga - és a barlangász növendékek természettudatos oktatásával ki lehetett küszöbölni.

Amit viszont még hosszú évekig, évtizedekig nem fogunk tudni megoldani - legalábbis az eddigi szomorú tapasztalatok ezt mutatják - azok a felszínről érkező antropogén hatások megállítása. Természetesen olyan területeken, ahol a felszín nem - vagy csak kevésbé lakott - ez nem számottevő. Fő veszélyforrást jelent azonban Budapest II. kerületében a Rózsadombon, ahol a föld mélyében megbúvó kilométeres barlangrendszerek felett Budapest egyik legértékesebb zöldövezeti területe található (2. ábra). Az utak időszakos, téli sózása, a csőtörések, illegális szikkasztók, az építkezések során feltárt, de inkább betemetett üregek, a bejáratoknál felhalmozott szemét először a barlangot és a karsztvizet majd utána közvetlenül a hegylábánál fakadó hévizeket is károsíthatja. A csőtörések során a barlangokba ömlő víz ugyan a magyarországi viszonylatban „extrémnek” mondható barlangi túrázás váratlan örömeivel szolgálhat (pl. Mátyás-hegyi-barlang Tóhoz vezető járatainak ilyen eset során vízesésekkel tarkított járata, melyet személyesen is megtapasztaltam) de komoly fejtörést okoz a természetvédelem számára, nem beszélve a nagy mennyiségű ivóvíz veszteséggel. A lezúduló víz a barlangi üledéket kimossa, az omladékokat instabillá teszi.

Az erősödő urbanizáció hatására a burkolt felületek nagysága is jelentősen növekszik, mely a csapadék leszivárgását gátolja. Ez pedig a cseppkövek keletkezésének vet gátat, pl. Pál-völgyi-barlang Meseország-szakasza (Takácsné, 2004). Az épületek súlya és az utakon elhaladó járműforgalom az általában 30-50 méterrel a felszín alatt húzódó járatokra ugyan elhanyagolható veszélyforrást jelent és állékonysági problémákat a kutatások szerint nem okoz, de ismert olyan eset is, amikor a barlangok felszín közelébe nyúló részeit veszélyeztette. Erre példa a Ferenc-hegyi-barlang felszín 3-5 méterre megközelítő DNy-i része, ahol a forgalom zaja jól hallható és a kövek peregnek a főtéről (barlangi mennyezet), valamint a József-hegyi-2 sz. barlang, amely egy csőtörést követően az úttest közepének beszakadásával nyílt meg az akkor (1986) éppen hivatalban lévő környezetvédelmi miniszter háza előtt.

Szakedolgozatomban ezeket a hétköznapi emberek számára kevésbé ismert problémákat szeretném bemutatni, felhasználva az általam összegyűjtött vízkémiai, mikrobiológiai kutatások eredményeit és azokat összevetve kimutatni az évtizedek alatt történt esetleges változásokat.



2. ábra: Urbanizációból származó környezeti terhelések a karszton (Forrás: Takácsné Bolner K. 2004)

Vizsgálatomat az urbanizáció által leginkább veszélyeztetett budai termálkarszton, azon belül is a Rózsadombon végeztem ahol az öt legnagyobb barlangra koncentráltam, melyekben évtizedek óta folynak kutatások és magam is jól ismerem. A barlangok mellett a velük közvetlen kapcsolatban álló József-hegyi forráscsoporttal is foglalkoztam, hiszen az antropogén hatások ott is kimutathatóak és jelentősek. A területre vonatkozó barlangokkal kapcsolatos speciális szabályokat, jelentéseket és aktuális eseményeket a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Barlang- és Földtani Osztályán (továbbiakban: KvVM és BTO) a gyakorlati időszak alatt az ott dolgozó munkatársak segítségével az irattárban kutattam fel. A vízkémiai méréseket publikációkból gyűjtöttem össze és vizsgáltam. A tudományos vizsgálatokon kívül egy jelenlegi komoly, barlangokat érintő problémával is kívánok röviden foglalkozni, mégpedig az építkezések hatásával, konkrét példákon bemutatva. Ez a speciális helyzet a II. kerület sajátossága, bár tudományos elemzőmunkát nem igényel, de a barlangok természetvédelmi szempontjából éppolyan fontos, mint a vízkémiai vagy egyéb vizsgálatok. A tárgyalni kívánt helyzet fontosságát mi sem bizonyítja jobban, mint a 96/LIII. Természetvédelmi törvény (továbbiakban Tvt.) ide vonatkozó 50. §-a:

„Az ingatlan tulajdonosa (vagyonkezelője, használója) tűrni köteles, hogy az igazgatóság, a természetvédelmi hatóság, illetve az általuk erre feljogosított személyek, továbbá az állam

tulajdonosi jogait gyakorló szerv felhatalmazásával eljáró személyek a barlangot megközelítsék...”

„A barlangbejáratot az ingatlantulajdonos (vagyonkezelő, használó) nem veszélyeztetheti, nem rongálhatja meg, nem tömheti el, nem zavarhatja a barlangot élőhelyül használó állatokat, és nem akadályozhatja a barlang hasznosítását.”

Tapasztalatom alapján ez az esetek nagy többségében nem, vagy csak jogi útra terelés után valósul meg.



## **2. Előzmények, szakirodalmi áttekintés**

### **2.1 Jogi védelem kialakulása, a területre vonatkozó speciális jogszabályok**

A budai termálkarszton, a 4762 és 4763 kataszteri szám alatt összesen 111 barlang található, melyből 6 fokozott védelem alatt áll (KvVM, 2009). Védelmük sok esetben csak a felszín együttes védetté nyilvánításával oldható meg (pl. Szemplő-hegyi-barlang és felszíne).

Védettségüket indokolja egyedi keletkezésük, formakincsük, geológiai értékük, a felszín agglomerációs terheltsége és az abból származó szennyezőanyagok veszélye.

A barlangok törvényes védelme először Kadić Ottokár javaslatára 1929-ben került szóba, de a törvénytervezet jogerőre sosem emelkedett. Az első, barlangok védelmét szolgáló törvény az 1935-ben elkészült Erdőtörvényben valósult meg. Ezen belül a IV. törvénycikk 212-225.§, a természetvédelemmel foglalkozó rész rendelkezik a barlangok és azok felszíni területének védelméről, a kutatások engedélyezéséről és részben a tulajdonjogról, amennyiben a barlang használatának joga a tulajdonostól elvehető, megfelelő kártérítés ellenében. A barlangok tehát még az 1900-as évek elején a föld tulajdonához kötődtek, állami tulajdonba vételük csak az 1940-es évek végén valósult meg. Erre vonatkozó közvetett jogszabály a PTK 1959. évi IV. tv. volt, amely a „föld méhének kincseit” kizárólagosan állami tulajdonba sorolta, a föld tulajdonától függetlenül (jelenleg is hatályos). 1961-ig 22 barlangot helyeztek védelem alá a hozzájuk tartozó felszíni védőterülettel. Az 1961. évi Természetvédelemről szóló 18. sz. törvényerejű rendelet alapján a barlangok „ex lege” védettséget kaptak és felszíni védőterületüket természetvédelmi területnek nyilvánították. Vagyis a barlangok ettől számítva külön határozat nélkül a törvény erejétől fogva védettek. 1982-ben az 1/1982 OKTH rendelet alapján a barlangok fokozottan védetté nyilváníthatóak lettek (az „ex lege” védelmet a rendelet fenntartotta). Azonban a barlangokra, azok tulajdonviszonyára és védettségére vonatkozó igazi áttörést a természet védelmére vonatkozó 1996. évi LIII. törvény, a Természetvédelmi törvény (Tvt.) hozott. Ez kimondta a kizárólagos állami tulajdonjogot és a forgalomképtelenséget, a barlangok automatikusan kincstári vagyonskörbe kerültek az Áht. 109/B§ alapján. A vagyonnevelés célja elsősorban a megőrzési és a fenntartási feladatok gyakorlása, a központi költségvetési szervek - ami a barlangok esetében az adott nemzeti park igazgatósága - működési feltételeinek javítása csupán másodlagos lehet.

A barlang fogalma a Tvt. 23. § (2) bekezdés a/ pontja alapján: „a barlang a földkéreg alkotó kőzetben kialakult olyan természetes üreg, melynek hossz tengelye meghaladja a két métert és - jelenlegi vagy természetes kitöltésének eltávolítása utáni - mérete egy ember számára lehetővé teszi a behatolást”.

A barlang a 13/2001. V.9 KöM rendelet alapján fokozottan védetté nyilvánítható. Amennyiben a barlang felszínén folytatott tevékenység a természetes állapotot veszélyezteti, úgy ott korlátozás rendelhető el, védőövezet jelölhető ki vagy védetté nyilvánítható a felszín is. A törvény alapján felszíni területnek minősül a földfelszínnek az a része, amely a barlang természetes állapotára közvetlen kihatással van. A védettséget a miniszter feloldhatja, ha fenntartásához természetvédelmi érdek már nem fűződik.

Mivel a barlangok kizárólagos állami tulajdonban állnak a felszíni ingatlan és a barlang tulajdonjoga elválhat egymástól. Ezt a Tvt. a **tűrési kötelezettség** alapján szabályozza, vagyis:

„Az ingatlan tulajdonosa tűrni köteles, hogy a Nemzeti Park Igazgatóság (továbbiakban: NPIG), a természetvédelmi hatóság vagy általuk erre feljogosított személy a barlangot megközelítse, idegenforgalmi céllal kiépített barlangot meglátogassa. Tehát a NPIG szolgálmi joggal bír, míg az ingatlan tulajdonosát ez terheli, ezen felül barlang bejáratát a tulajdonos nem veszélyeztetheti, nem rongálhatja, tömheti el és nem akadályozhatja a hasznosítását.”

A budai termálkarszt speciális helyzete miatt, vagyis az építési telkek alatt húzódó járatrendszerek miatt, a területre vonatkozó városrendezési és építési szabályzat természetesen kitér a barlangok védelmére. A Budapest II. Kerületi Önkormányzat Képviselő-testületének 2/2007.(I.18.) rendelete szerint:

A föld védelmével kapcsolatos 1.§:

„ Felszínmozgás-veszélyes- és barlangveszélyes területen épületet, támfalat, terepszint alatti építményt létesíteni, bővíteni, a terhelési viszonyokat megváltoztató módon átalakítani, illetve megszüntetni csak **geotechnikai szakvélemény** megállapításainak figyelembe vételével és az illetékes szakhatóság hozzájárulásával szabad.”

A vizek védelmével kapcsolatos 2.§ a hévizek védelme érdekében az alábbiakat köti ki:

„A budai termálkarszt természeti értékeinek megőrzése és az aktív meleg források - a Császár- és Lukács-fürdőket tápláló József-hegyi forrás-csoport - vízminőségének védelme érdekében, a csatlakozó karsztos térség egészén (barlangvédelmi besorolástól függetlenül):

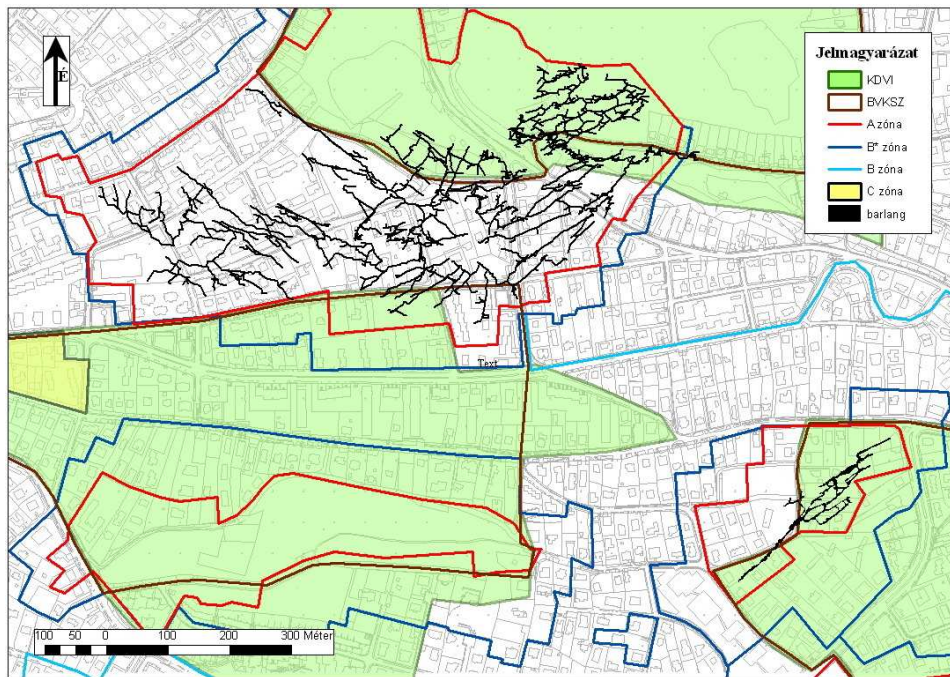
- a) az építési engedélyezési tervdokumentációhoz mellékelt műszaki leírásban az építmény és környezete kölcsönhatásának ismertetése során ki kell térni a **talajmechanikai viszonyok** ismertetésére;
- b) a meglévő **illegális szikkasztókat fel kell számolni**;
- c) a közművek kialakítására vonatkozóan az építési engedélyekben rögzíteni kell, hogy **csak olyan műszaki megoldás alkalmazható, mely kizárja, hogy szennyezett víz, szennyvíz, illetve gáz akár meghibásodás esetén is a karsztba jusson.** A közműveket vízzáró minőségben, vízzáró csatlakozással, ellenőrizhető módon kell megépíteni, s az esetleges meghibásodásokat azonnal javítani kell;

**A vízbázisok védőidomaival, védőterületével, illetve védősávjaival érintett ingatlanok használata és a védelem érdekében szükséges - a jogszabályban meghatározott - használati korlátozások során a vonatkozó jogszabály szerint kell eljárni.**”

Szerencsére a termálkarszt védelmének fontosságát felismerték és a barlangokkal együtt a felszínt is védetté nyilvánították. A nyílt karsztterületeken 1970 óta szikkasztási tilalom van, a Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság (KDVI) határozata alapján. A szennyvíz elvezetését közcsatorna útján kell megoldani, a csatornahálózat állapotát évente felül kell vizsgálni. Tilos tárolni vagy lerakni a szerves eredetű vagy szervesetlen anyagokat tartalmazó törmeléket és hulladékot. Mezőgazdasági művelés esetén csak növényi eredetű komposztrágya alkalmazható.

A barlang-előfordulásos és hidrogeológiai védőövezetekről Budapest Városrendezési és Építési Keretszabályzat (47/1998. Főv. Kgy.) rendelkezik (BKVKSZ). Budapest egész területe védőterületnek számít a hévizek tekintetében, a Keretszabályzat - közzetani szempontból - kilenc kiemelt részt nevez meg. A BKVSZ alapján a barlangok (azok teljes járatrendszere) felett történő épület, támfal, terepszint alatti építmény, pince létesítése, bővítése, felújítása, ill. megszüntetése csak az illetékes szakhatóság engedélyével történhet. A barlang-előfordulásos területeken ezeket az övezeteket a Kerületi Városrendezési Szabályzatoknak kell kijelölnie.

A II. kerület felszínét 1986-ban veszélyességi zónákra osztották majd két évvel később a III. kerület érintett területeit is. Ez alapján az „A” besorolású területhez tartozik a különösen veszélyeztetett, fokozott védelem alatt álló barlangok felszíne, ahol építési tilalom van érvényben és a cél a barlangok állagának megóvása. A „B” zónában építési korlátozások érvényesek melyek többek között talajmechanikai vizsgálatokat és az üregek megkutatását írják elő. A „C” zóna nem karsztos területet jelöl ahol barlang nem található így korlátozás sem vonatkozik rá (3. ábra).



3. ábra: A Pálvölgyi-Mátyáshegyi-barlangrendszer és a Szemplő-hegyi-barlang területén található felszíni védőzónák. (Forrás: Fehér K., 2009). Rövidítések értelmezése a szövegben.

A Barlang- és Földtani Osztály a KvVM elsőfokú hatósága, a barlangokkal kapcsolatos mindennemű ügyek intézésének hivatalos állami szerve. A Nemzeti Parki és Tájvédelmi Főosztály és a Természetvédelmi és Környezetmegőrzési Szakállamtitkárság irányítása alatt működik. Feladata a barlangok nyilvántartásának, felmérésének, barlangokkal kapcsolatos jogszabályok előkészítésében, elsőfokú hatósági szerve a barlangkiépítések, a hasznosítások valamint az ásványgyűjtések esetében, az aktuális ügyek, problémák, új felfedezések kezelésében.

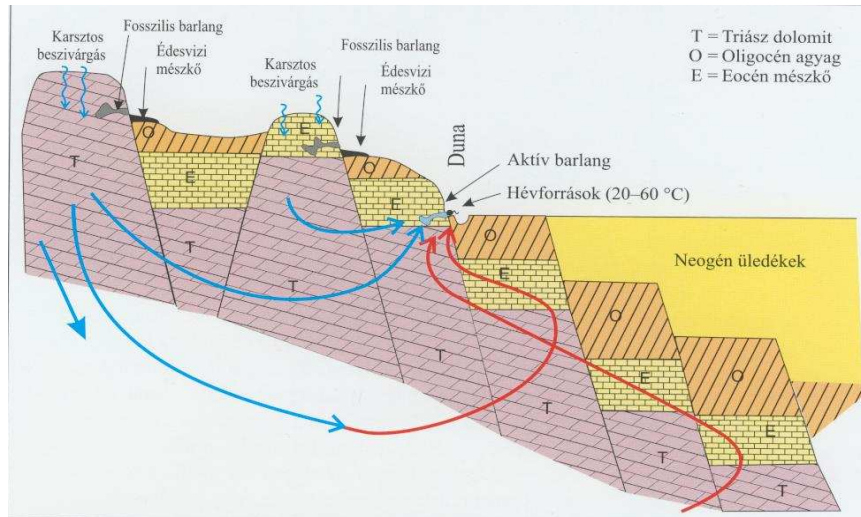
## 2.2 A vizsgált terület lehatárolása, földtani, hidrogeológiai viszonyai

A budai termálkarsztra ható antropogén eredetű szennyeződések nem elegendő csak a barlangokon keresztül vizsgálni, hanem a hegylábi termálforrásokra is figyelmet kell fordítani, melyek a Lukács- és Császár-fürdőt látják el meleg vízzel. Ezek pedig legjobban úgy azonosíthatóak be és előzhetőek meg, ha ismerjük a terület földtani viszonyait, amelyen keresztül a beszivárgó víz áthalad. A víz a kőzettestek pórusaiban, repedéseiben bizonyos időt eltölt, azzal kölcsönhatásba kerül, az oldott szerves és szervesetlen anyag eredeti összetétele megváltozhat. Ismerni kell az adott vízbázis sérülékenységét, befolyásoló tényezőket, ezért ebben a fejezetben a térség geológiáját, hidrogeológiáját mutatom be röviden.

A Budai-hegység a Dunántúli-középhegység nagytáj, ezen belül a Dunazug-hegyvidék középtáj része. Alacsony középhegységi jellegű sasbércei sorozatát medencék és árkok tagolják. ÉNy-DK-i irányú törések, antiklinális vonulatai a kréta kori tektonikai mozgások eredménye. A tektonikus repedéshálózat fontos szerepet játszott a terület barlangjainak kialakulásában, mivel a felszínről leszivárgó vizek ezeken a repedéseken jutottak le a mélybe, azokat járatokká és termékké tágítva. A hegység fő alkotó kőzetei a dolomit, a késő eocén kori nummuliteszes-discocyclinás-lithotamniumos mészkő (vagyis a Szépvölgyi Mészkő) melyre a bryozoás márga települt. A D-Ny-i területeken a Budai Márgából a Tardi Agyag átmenettel fejlődött ki. Az eocén rétegekre diszkordánsan az alsó-oligocén Hárshegyi Homokkő települt. A Kiscelli Agyag az oligocénban fejlődött ki, melyet a kiemelkedés során a későbbi erózió nagyrészt elpusztított. A Budai-hegység a korai-miocénban vált szárazulattá és a karsztról a fedőréteg a Kiscelli Agyagtakaró nagymértékű erózió következtében lepusztult. A felső-pannonban a DK-i irányból nyomuló tenger finomhomok, agyag, agyagmárga réteget rakott le. A hegység a pleisztocénben a Duna bevágódásakor fokozatosan kiemelkedett, mely a karsztvízszint süllyedését eredményezte. A hévforrások így a mindenkori erózióbázison fakadtak ahol édesvízi mészkövet raktak le, mely a mai napig is képződik. Szintén ennek a kornak a terméke a lösztakaró, a hegység K-i és D-i oldalán (Wein 1977).

A budai termálkarszt, ezen belül is a rózsadombi termálkarszt az, amely a nemzetközileg is jelentős típusos hévizes barlangokat rejt. A rózsadombi termálkarszt nagyrészt Budapest II. kerülethez, kis része pedig a III. kerülethez tartozik, a Hármashatár-hegy DK-i végződése, kb. 10 km<sup>2</sup> kiterjedésű. Határai az Ördögárok, a Duna és annak egykori ártere és a Remete-hegyi,

Kecske-hegyi és Látó-hegyi nyergék. Legmagasabb pontja a Látó-hegy (376 m). Állandó felszíni vízfolyások nem találhatók, erózióbázisa a Duna (104 m tszf.), egyben a hévizek mai fakadási pontja, amely a Malom-tó mögötti neotektonikus törés mentén helyezkedik el a Duna eróziójának következtében (4. ábra).



4. ábra: A Budai-hegység hidrotermális folyamatai (Forrás: Kovács, Müller 1980)

Felszíni karsztjelenségek nem jellemzik. A terület a főváros egyik legértékesebb zöldövezeti része - mind telekár mind természeti értékek vonatkozásában - erősen lakott és beépített. A természetvédelmi területek felügyeletét a Duna-Ipoly Nemzeti Park látja el.

A terület barlangjai keletkezésüket tekintve hasonlóak. A budai termálkarszt barlangjai egy közel 200 millió éves karsztfejlődésnek a legfiatalabb tagjai. Főként a felső-eocén Szépvölgyi Mészkőben oldódtak ki, néhol az alsó szintek a középső-triász Mátyáshegyi Mészkőben, míg a felső járatok a bryozoás márgában keletkeztek. A Szépvölgyi Mészkő tömegét mészvázú egysejtűek alkotják, több tíz méter mély tengerben ülepedett le. Nagy számban található benne tengeri sün és kagyló maradványok, melyeket a terület barlangjaiban mindenütt megcsodálhatunk. A barlangokra jellemző a tektonikai repedéshálózat ÉNy-DK-i iránya, amely kialakulásukban elsődleges szerepet játszott. A budai barlangok keletkezésére a hidrotermális tevékenység a jellemző, a keveredési korrózió volt a fő barlangkialakító erő. Az alulról feltörő termálvíz komoly munkát végzett, oldóképességét szén-dioxid és esetenként savtartalma adja. Tágító munkáját elvégző vizek oldóképessége csökken, miközben hűl, azonban ha a különböző telítettségű, eltérő ionkoncentrációjú vizek találkoznak - egy felszínről beszivárgó karsztvíz keveredésével - úgy újra oldóképesek lesznek az újonnan

felszabaduló széndioxid hatására. Ezt a másodlagos oldódási folyamatot nevezzük keveredési korrózióknak, melynek a legtöbb budai barlang keletkezése köszönhető.

A barlangok keletkezésének szakaszait az alábbi pontokban (Lorberer et al. 1987) fontos áttekinteni, hiszen felfedezését követően a Pál-völgyi-barlangot is cseppkőbarlang névvel illették és hideg vizes eredetéről meg voltak győződve. Később azonban, a területen található többi barlang felfedezését követően a kutatók számára nyilvánvalóvá és bizonyítottá vált a hévíz szerepe.

1, A hegység hasadérendszerének tágulása, oldódása a vízzáró fedőrétegek alatt, a meleg karsztvíz turbulens áramlása mellett történt meg. Ebben a kezdeti fázisban a hévíz források süllyedékoldali, meleg vizes, nyomás alatti előterében helyezkedtek el a barlangok és vízszintes ferde járatokkal összekötött üregek alakultak ki, melyek a hévízes barlangok egyik jellemzője.

2, A barlang a kiemelkedés során a karsztvízszint fölé kerül, ezzel szabad légtér alakul ki. A hideg komponens megjelenik a hévízben, ahol nagyobb sűrűsége miatt az alsó részre süllyed. Ezáltal a keveredési zónában növekszik az oldási folyamat erőssége, főképpen oldalirányba. A kialakult és vízgőzzel telített légtérben állandó konvekciós légmozgás keletkezik a vízfelszín és a hideg kőzet hőmérsékleti különbségének hatására. Ebben a fázisban keletkeznek a hévízes barlangokra jellemző gömbfülke sorok és kürtők, melyek a falon lecsapódó agresszívan oldóképes vizek eredménye. A barlang alsóbb részein az ásványos kiválások dominálnak, amit a vízszint ingadozása is befolyásol. A Molnár János-barlang jelenleg ebben a keletkezési fázisban van.

3, A további kiemelkedés hatására a barlang végül a szabadtükrű hideg oldalra és a fő karsztvízszint fölé kerül. A vízzáró fedőrétegek lepusztulnak és összetöredeznek az alatta fejlődő üregrendszerek hatására. Így a felszíni vizek nagyjából akadálytalanul leszivárognak, elkezdődik a hideg-karsztos korrózió és a cseppkőképződés. Az addigi felfelé tartó üregképződés helyett a barlang alsó részein folytatódik a korrózió, amit a felszínről lehordott kvarckavics is erősít, erózióbázisa a tűzköves triász rétegekbe is behatol. Az erózió mellett a felszínen akkumuláció is jelentkezett (a pleisztocén végén) mikor a szomszédos területekről szoliflukciósan lösz üledékek halmozódtak fel.

Az így keletkezett barlangokban a hévízes eredetű képződmények a jellemzőek, szemben a hideg víz, patakok által formált barlangokkal, melynek oka a meleg vizek oldóképességét adó



mélyégi eredetű gázok és esetenként szerves savak. Járataiban a szűk, kuszodás jelleg dominál, jellemzőek a gömbfülkék, oldásos üstök. Cseppkövek ritkák, a budai barlangok közül a Pálvölgyi-Mátyáshegyi-barlangrendszer Pál-völgyi részén jellemzőek, ami a barlang keletkezése után fejlődött ki. Ásványkiválásokban gazdagok a térség barlangjai, egyedi formakincsére jellemző a borsókő, melynek egyik típusa az ún. barlangi „karfiol” ami nagy mennyiségben található pl. a Szemlő-hegyi-barlangban. Jellemzőek a kalcitlemezek, melyekből különleges kiválási típus a Szemlő-hegyi- és a József-hegyi-barlangban található. Ez utóbbi barlangra jellemző és egyben egyik egyedi formakincse is az aragonit, ezek tüiből felépülő kristálypamacsok és a gipsz is (5 és 6. ábra). A gipsz keletkezése az egykor felszín borító Kiscelli Agyagból származó pirittel magyarázható. Ennek következménye a területre jellemző magasabb szulfát-tartalom is, mely nem szennyeződés eredetű.



5 és 6. ábra: A József-hegyi-barlang kristálycsodái (Fotó: Czájlik I. 1984 és Hegedűs A. 2007)

Fontos megemlíteni, hogy a Szépvölgyi Mészke mely barlangképződésre agyagtartalma ellenére kiválóan alkalmas, a felszíni borításban is jelen van. Ennek azért van jelentősége, mert a felszín közelében lévő üregek az építkezések alatt, az utak alatt a terhelés hatására bármikor beszakadhatnak - és be is szakadnak, melyre több példa is van a Rózsadombon: József-hegyi 2 és 3. sz. barlang, Áfonya-úti barlang, Buda-barlang stb.

Szintén fontos felszíni réteget alkot a mészke felett a Budai Márga mely száraz állapotban stabil, de nedvesen, lejtős területen berogyásra, csuszamlásra hajlamos. A csőtörések miatt jelentős mennyiségű víz szökik meg napjainkban is, mely a márga mésztartalmát kioldja,



ezzel elősegíti annak degradáltságát így bármikor beomolhat veszélyeztetve a felette elhelyezkedő építményeket (Leél-Őssy,1987).

### **2.3 Hidrológia, szivárgások vizsgálata**

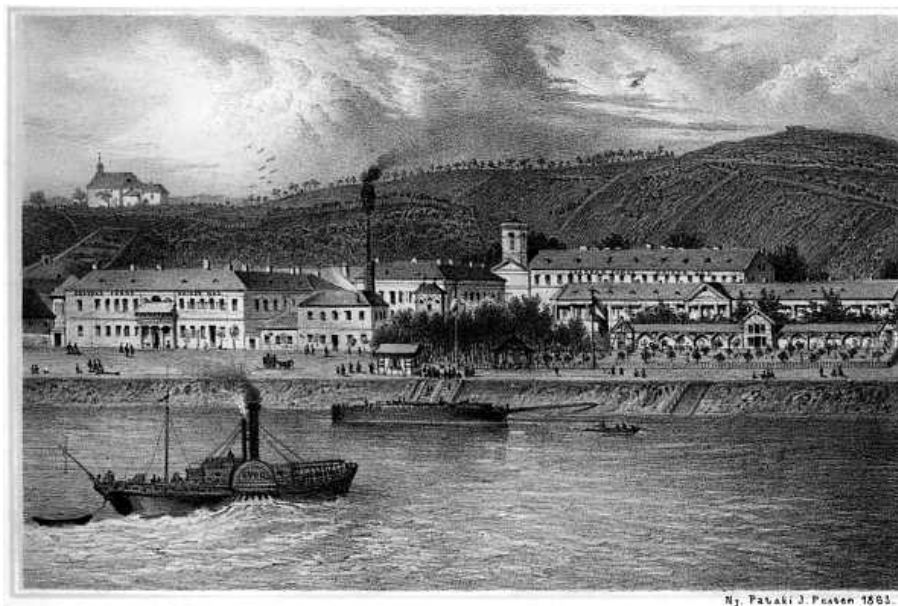
A rózsadombi törmelékfedő epikarsztként működik. Az epikarszt a beszivárgási zóna legfelső részre, mely a talajszint alatt közvetlenül helyezkedik el. Az erősen mállott és hasadozott rétegben a leszivárgó víz átmenetileg tárolódik, majd a mélybe szivárog. A rózsadombi epikarszt beszivárgás és szennyező bejutást szabályozó funkcióval rendelkezik, (Mádlné et al. 2007) melyek vízvisszatartó szerepe részleges. A terület hidraulikai viszonyait jelentősen befolyásolja a zöldövezet erős beépítettsége, a felszínen az utak borítottsága mely a leszivárgó vizek mélybe jutását akadályozza. 1993-as vizsgálatok alapján a 4 km<sup>2</sup> kiterjedésű rózsadombi fennsíkból már 1 km<sup>2</sup> utakkal és épületekkel volt fedve. A számítások alapján az összes évi átlagos beszivárgás a talajvízzel együtt 800 m<sup>3</sup>/nap. (Hazslinszky, Maucha et al. 1993).

A talajvízzel, annak áramlásával és a szennyezőanyagok karsztba történő bejuttatásával viszonylag kevés kutatás foglalkozott. A talajvíz az első vízzáró réteg felett elhelyezkedő vízkészlet, a kőzetszemcsék közötti részeket tölti ki. Szintje változik a csapadék, hőmérséklet, légnyomás és évszakok váltakozásának hatására. Csapadékvízből kap utánpótlást és a lejtő irányában lassan mozog. A pangó talajvízben felhalmozódnak a szennyező komponensek, pl. a fagymentesítésre használt só. A Rózsadombon talajvízre a D-i, Ny-i és K-i perem lejtőin a Tardi és Kiscelli Agyag területein lehet számítani. Az 1987-ben a VITUKI által végzett hidrogeológiai vizsgálatok alapján megállapították, hogy a Rózsadomb talajvizei a Duna felé szivárognak a lejtőn, a főkarsztvíztároló D-i részén a Lukács- és Császár-fürdő felé áramlik. A hegylábi forrás csoporttól É-Ny-ra kb. 240 m. szélesen az oligocén vízzáró rétegek folytonossága kétséges így a közvetlen függőleges irányú leszivárgás valószínű. A magas, 200 m. tengerszint feletti szintnél magasabb vízállású területek talajvizei valószínűleg időszakosak.

1977-ben az FTV (Földmérő és Talajvizsgáló Vállalat) József-hegyen kutatófúrásból vett salakfeltöltés vízből mintát, melynek magas 3296,5 mg/l sótartalma, 103 mg/l klorid, 1524 mg/l szulfát és 276,9 mg/l nitrát tartalma (Maucha et al. 1987) ugyan egy egyedi példa, de mindenképpen felhívja a figyelmet a talajvíz szennyező hatására.

A Lukács- és Császár-fürdők vízbázisai közül 1928 és 1930 között pl. a Szikla-forrást és a Timsós-forrást kizárták a hévíz termelésből, épp a talajvízzel történt szennyeződése miatt (Maucha et al. 1987). Felújítási munkák keretében 1955-56-ban nyitották meg a Lukács III. és IV. hévíz kutakat. A Malomtó, Boltív -, Török - és Római források természetes eredetűek és langyos vizűek. Meleg vizű a fürdőket is ellátó Lukács III. (jelenleg már nem üzemel!), IV., V. és VI. mélyfúrásúak.

A budai termálkarszthoz tartozó József-hegy lábánál ősidők óta hideg, langyos és meleg források (21-60°C) törnek a felszínre, melyet a római és a török időkben is hasznosítottak (7. ábra).



7. ábra: A Lukács fürdő az 1800-as évek végén. A háttérben jól látható a Rózsadomb, még szinte teljesen lakatlan (Forrás: Adamkó P. gyűjteménye, 2009)

A felhévízi forráscsoportoknál 1850-ben Molnár J. 36.000 m<sup>3</sup>/nap, Schafrázik F. 34.000 m<sup>3</sup>/nap összes vízhozamot mért (Lorberer et al. 1987). A VITUKI 1987-es vizsgálata alapján a forráscsoport hideg-ág fő vízgyűjtő területe a Rózsadomb-Hármashatár-hegy vonulata, Solymár, Pilisvörösvár, Nagykovácsi, Nagy-kopasz-hegy, János-hegy, Martinovics-hegy, Rózsadomb. A József-hegyi források vízgyűjtő területéből 34 km<sup>2</sup> esik a Budai-hegység területére. A meleg-ág a Pilis vonulatból és a Vác-Csövári-rögök területéről is táplálkozik. Tehát a József-hegyi kevert vizű forráscsoport a megcsapolási pontja ennek a vízgyűjtő területnek, mely Lukács- és Császár-fürdőt táplálja. A felső-eocén mészkőösszetételű karsztos járatai a hideg- és a meleg-oldal triász rögéből a főkarsztvizet összegyűjtik, majd

összekeveredve a hegylábi források kilépéséhez vezetik, tehát hidraulikai szempontból kollektor szerepe van. Hideg karsztvíz utánpótlása a Ny-i irányból (Budai-hegység, Nagykovácsi, Budakeszi, János-hegy) és másodlagosan a Rózsadomb, Ferenc-hegy, Szemlő-hegy, József-hegy irányból származhat (Maucha et al. 1987). Az utánpótlást befolyásolhatta az 1940-es évektől a Nagykovácsi-Pilisszentiván-Pilisvörösvár-Solymár környéki szénbányászat karsztvíz emelése. 1985-re a források hozama 12000 m<sup>3</sup>/napra csökkent (Hazslinszky et al. 1993).

A térség barlangjai a hévforrások egykori járatai, melyek a hegység kiemelkedésével váltak szárazzá.

## **2.4 A terület legfontosabb barlangjai**

**Ferenc-hegyi-barlang** (Kataszteri száma: 4762-4, 1982 óta fokozottan védett)

Hossza: 6000 m. Mélysége: 85 m.

A barlangot 1933. szeptember 26-án fedezték fel, csatornázás során. Jelenlegi mesterséges bejárata a Ferenchegyi út északi oldalán található fás-bokros területen található a Ferenchegyi út és az Özgida utca elágazásánál. A barlangot magába foglaló Ferenc-hegyet - melyről a nevét is kapta - főként eocén mészkő alkotja. A barlang a Szépvölgyi Mészkő Formációba tartozó felső eocén nummulinás-discocyclinás mészkőben alakult ki nagyrészt, kis része pedig a felső eocén bryozoás márgában. Az idős kőzetet agyagos, humuszos kőzettörmelék fedi a hegytetőn. A barlang kialakulása a keveredési korrózió eredménye. Szűk keresztmetszetű, több szintes igen labirintusos járatrendszer jellemzi. Barlangi képződményei közül a legjellemzőbbek a borsókövek, amelyeken néhol a szivárgó vizek hatására cseppkövek fejlődtek. A járatok üledékes kitöltése a barna barlangi agyag. A barlang a nagyközönség számára nem járható, bonyolult labirintus jellege miatt látogatása csak tapasztalt barlangi túravezető kalauzolása mellett ajánlott (és lehetséges). Amíg a barlang bejárata nem volt lezárva a Barlangi Mentőszolgálatnak számos esetben kellett a járatrendszert átfésülnie elveszett turisták után kutatva.

A barlang nem túl nagy mélységben húzódik a felszín alatt (3- 30 m) a felette található terület zöldövezeti, részben lakott, ezért elszennyeződésének nagy az esélye. Korábban 1987-ben egy sajátos baleset is történt itt, polisztirollal végzett csatornaszigetelés miatt mérgező sztirolgáz

árasztotta el a járatokat, ami miatt több hétig nem lehetett barlangot látogatni. Mivel a felszín számos helyen 3 méterre megközelíti, a 1992-es 134. sz. PHARE project egyik vizsgálata a barlang stabilitását és biztonságát tűzte ki célul. 1986-ban a hatóságok a barlangjáratok és azok valószínű kiterjedése felett építési tilalmat rendeltek el, de mint a PHARE kutatások megállapították, az bejegyzésre sem a telekkönyvbe, sem a hivatalos hatósági helyszínrajzba nem került! (Szunyogh et al. 1992)

**József-hegyi-barlang** (Kataszteri száma: 4762-6, 1985 óta fokozottan védett)

Hossza: 5677 m. Mélysége: 105 m.

A barlang felfedezése 1984. január végére dátumozható, egy építkezés során a markoló egy gömbfűlkét nyitott a felszínre József-hegy csúcsa közelében, Budapest máig is legdrágább zöldövezetében. A barlangba Adamkó Péter és Leél-Őssy Szabolcs irányítása alatt a Rózsadombi Kinizsi SE kutatói több mint két hónapos feltáró munka után, április 2.-án jutottak be (8. ábra), miközben folyamatosan harcban álltak a kutatásban ellenérdekelt kivitelezővel.



8. ábra: A barlang boldog felfedezői közül (balról-jobbra): Baki J., Móga J., Leél-Őssy Sz., Adamkó P., Dénes Gy. (Fotó: Czajlik I., 1984)

A barlang felett tervezett lakótelep a feltárást követően nem épülhetett fel. A világviszonylatban is egyedülálló barlang három fő járatszintjének közzetani felépítése igen változatos. Felső járrendszer bryozoás márgában, fő, középső szintje nagyrészt az eocén Szépvölgyi Mészköben alakult ki. Alsó járatai a triász kori Mátyáshegyi Mészköben fejlődött ki, márgás rétegekkel is keveredve. Típusos termálkarsztos rendszer, magán viselve a hidrotermális jelenségek összes morfológiai jelét. A régió barlangjai között kristályképződményekben a leginkább gazdag. Borsókövek, barit, gipszbevonatok, kristályok,

lemezes kalcit, többgenerációs kalcitkéreg, kalcitlemezek felhalmozódásával keletkezett karácsonyfák, tús aragonit kristályok jellemzik. Gyakorlatilag a Szt. Lukács-fürdő (Duna szintje) jelenkori magasságában fakadó hévforrások egykori fosszilis járata a József-hegyi-barlang. Kialakulásáért a keveredési korrózió a felelős. A felszínen keresztül beszivárgó vizeket a gyógyforrásokhoz kimutathatóan közvetlenül levezeti, ezért különösen fontos a felszínének védelme. Az 1992-es PHARE vizsgálatok keretében a barlang legmélyebb pontján (Solarium-akna) végzett nyelőképesség vizsgálatok során bizonyítást nyert, hogy a felszínről befolyó vizek 24,5 m<sup>3</sup>/órás, azaz 408 l/perc hozammal képesek lefolyni a karsztvízszint illetve a források irányába (Maucha et al. 1992)! Egy 1984. június-júliusi csőtörés során két hónapon keresztül kb. 10000 m<sup>3</sup> víz távozott a rendszerből a barlangon keresztül, az útburkolat beszakadt és a keletkezett üreget át a barlangba le lehetett jutni (Maucha et al. 1992).

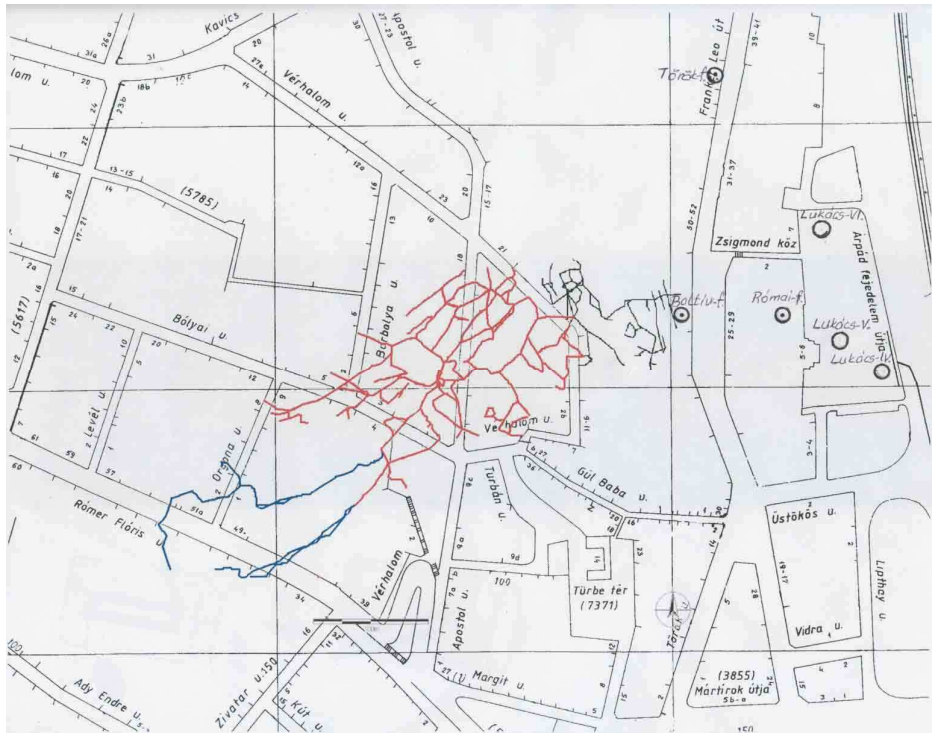
Az urbanizációs szennyezések közül szennyvízcsatornák, utak sózása, csőtörések, a forgalom által kiváltott rezgések és a felszíni lefedettség mesterséges megváltoztatása jelenti a fő problémát. A barlangba csak engedéllyel lehet leszállni, kizárólag kutatási céllal, a nagyközönség számára nem járható.

**Molnár János-barlang** (Kataszteri száma: 4762-5, 1982 óta fokozottan védett)

Hossza: 6000 m. Mélysége: 98,6

A József-hegy lábánál található barlangból fakadó vizet már a rómaiak is hasznosították, később a meleg vízzel malmokat működtettek. Első írásos említése a XVI. századból származik. Nevét első kutatójáról, Molnár János patikusról kapta, aki a vizet vegyelemezte és feltételezte egy nagy barlangrendszer meglétét. A forrásbarlang víz alatti szakaszainak feltárása 1960-ban valósult meg az MHSZ BEKSZ bűvárai által, később az FTSK Delfin kutatói értek el jelentős eredményeket az új szakaszok és a térképezés terén. Az eocén mészkőben keveredési korrózió által keletkezett ma is aktív barlangban jól megfigyelhető a Rózsadomb barlangjainak keletkezése, mely a Molnár János-barlangban jelenleg is tart és folyamatban van. A járatokat két eltérő hőmérsékletű víz tölti ki, a mélyebb részeken 20°C, a felsőkben 27°C. A barlang átlagosan 20-23°C-os vizét a Lukács-fürdő hasznosítja (9. ábra). Az addig 450 méter hosszan ismert barlang új szakaszait 2002-ben fedezték fel a bűvárok és így hossza mára eléri a 6 km-t. A barlang legnagyobb terme, mely sokáig csak merüléssel volt megközelíthető, 8-10 méterre megközelítette a József-hegyi tárót. Kitartó munkálatok után a Rózsadombi Kinizsi SE. barlangkutatói 2008. november 3-án a Kessler Hubert termet

összekötötték a táróval, így az addig csak a bűvárok számára elérhető termet ma „száraz lábbal” is megtekinthetik a szerencsések.



9. ábra: A Molnár János-barlang térképe a forrásokkal (Forrás: BTO, 2008)

Ez a világ legnagyobb hévizes eredetű terme. Középen a vízszinttől 10 m. magas, kb. 20 m. átmérőjű, a tó vize 5-25 m. mélység között változik, 27°C (Leél-Össy szíves szóbeli közlése). Egyedi jellegét adja, hogy a világon jelenleg ez a leghosszabb víz alatti hévizes barlang, ezért is fokozottan védett és az ingatlanon található a Török-fürdő műemlékként számon tartott romja is. A vitás felszíni viszonyokról az utolsó fejezetben számolok be.

**Pálvölgyi-Mátyáshegyi-barlangrendszer** (Kataszteri száma: 4762-2, 1982 óta fokozottan védett) Hossza: 19000 m. Mélysége: 94 m.

A régóta ismert, egymás tőszomszédságában megtalálható Pál-völgyi- és Mátyás-hegyi-barlang 2001. december 2-i összekötése előtt két különálló barlangról beszéltünk, melyek összefüggését a párhuzamos irányú tektonikai hasadékrendszer alapján a kutatók régóta sejtették, elérése érdekében mindkét oldalról komoly erőfeszítéseket tettek. A **Pál-völgyi-barlangot** 1904 júniusában fedezték fel a kőfejtő művelése során és már 1919-ben turisztikai célra is megnyitották. Még a barlangok „ex lege” védelme előtt, 1944-ben védelem alá helyezték. Kutatását a Bekey Imre Gábor Barlangkutató Csoport végzi 1980 óta. Áldozatos

munkájuk során több kilométernyi új szakaszt tártak fel a barlangban és az Acheron csoporttal közösen írtak történelmet 2001 decemberében, mikor a Mátyás-hegyi-barlanggal összekötötték. A Pál-völgyi-rész felső járatai a nummuliteszes mészkőben alakultak ki, néhol a bryozoás márgába is belefutnak. Legmélyebb pontján időszakos tó található. A járatok iránya ÉK-DNy-i, ebbe illeszkedik a Mátyás-hegyi és a kőfejtőben található több „kisebb” barlangrendszer azonos irányvonala is. Jelenleg kutatások folynak a Pál-völgyi kőfejtőben található Kishideglyuk-Bagyura-Harcsaszájú barlangrendszerben, mely irányát tekintve valószínűleg a nagy rendszer része. Abban az esetben, ha a lelkes kutatók sikerrel járnak és összekötik a most 2500 m. hosszú rendszert a jelenleg 19000 m. hosszú Pál-völgyi-Mátyáshegyi-barlangrendszerrel, úgy Budapest mélye az aggteleki Baradla magyarországi szakaszát meghaladó rendszert fogja rejteni.

A Pál-völgyi-barlangban régóta folynak ásványtani, hidrológiai, vízkémiai és bakteriológiai kutatások, denevér-megfigyelések (a populáció igen számottevő a többi budai barlanghoz képest). Felszíne beépített, jelentős antropogén terhelésnek van kitéve, amit a szinte folyamatos vizsgálatok bizonyítanak. A rendszerből közel fél kilométeres szakasz idegenforgalmi célú hasznosítás alatt áll.

A **Mátyás-hegyi rész** első pár száz méterét már az 1930-as években ismerték, szintén kőfejtés során nyílt meg. A barlang további szakaszaiba 1948-ban egy szűkületen keresztül jutottak be a BETE kutatói. Nagyrészt a területre jellemző eocén mészkőben helyezkedik el, azonban alsó, legmélyebb Patakos-ága triász korú tűzköves mészkövet harántol. Az itt található állandó vizű tó 113 m tszf. magasságban megközelíti karsztvízszintet. A barlangot kitöltő üledék, nagy tömegű hordalék a kialakulását követően jutott a rendszerbe. Cseppkövekben, ásványi kitöltésekben szegény, a barlangászok kedvelt „tanbarlangja” ahol az utóbbi években nyílt túrákat is vezetnek a Nemzeti Park engedélyével.

**Szemlő-hegyi-barlang** (Kataszteri száma: 4762-3, 1991 óta gyógybarlang, fokozottan védett)  
Hossza: 2201 m. Mélysége: 50,4 m.

1930-ban kőfejtés során fedezték fel a barlangot és a BETE kutatói jutottak be először. Csodavilágnak számított felfedezésekor a falakat gazdagon borító gipszkiválások, borsókő miatt, mely alapján a kutatók a rózsadombi barlangok hévizes eredetét bizonyítani tudták (10. és 11. ábra). A befoglaló kőzet itt is nagyrészt az eocén Szépvölgyi Mészkő de Ny-i járatai a márgába is felnyúlnak. 1986-ban a nagyközönség számára is megnyitották 300 méter hosszúságban. Stabil klímájának köszönhetően még az 1980-as évek végén Kessler Hubert



kezdeményezésére terápiás célú vizsgálatokat kezdtek meg. 1990 óta a Szent János Kórház járó beteg szakrendelése keretében krónikus légzőszervi betegek kezelése folyik a barlang Óriás-folyosó részén, melyet egy évvel később a Népjóléti Minisztérium gyógybarlanggá nyilvánított.



10 és 11. ábra: A Szemlő-hegyi-barlang kiépített szakaszának egy részlete (Fotó: Egri Cs. 2007) és borsókövel borított falrészlet a Fenyő-ágból (Forrás: [http.6](http://6))

Ezért is fontos, hogy a különleges klímát (is) megőrizzük, amire a felszín erős beépítettségéből adódó antropogén szennyezőanyagok veszélyt jelentenek. A levegőben szétporló vízcseppek az aeroszol összetételét megváltoztathatják.



### **3. Vízkémiai és bakteriológiai kutatások bemutatása, eredményeinek értékelése és megvitatása**

A budai hegység fokozottan védett barlangjai közül jelentős, több évtizedre visszatekintő antropogén hatásokat kimutatni kívánó kutatások a Budai Vár-barlangban, a Ferenc-hegyi-barlangban, a József-hegyi-barlangban, Szemlő-hegyi-barlangban, Molnár János-barlangban, a Pálvölgyi-Mátyáshegyi-barlangrendszerben, Solymári-ördöglyukban folytak és a hegylábi forrásokat is vizsgálták. Ezen barlangok közül az előző fejezetben külön ismertettekben és József-hegy lábánál fakadó meleg vizű forráscsoportban folytatott vizsgálatokat fogom részletesen bemutatni és elemezni ebben a részben. Dolgozatomban publikált vízminőség és bakteriológiai méréseket, adatsorokat használtam fel 1947 és 2008 között, melyeket az alábbiakban részletezek:

1947: Venkovits István és Csajághy Gábor mérései a Pálvölgyi- és Mátyáshegyi-barlangokban

1984: Az OKTH Budapesti Felügyelőségének javaslatára a Barlangtani Osztály a csepegő vizek szennyezettségét vizsgálta a Pál-völgyi-barlangban. Témafelelős: Takácsné Bolner Katalin.

1985: Az Acheron Barlangkutató Csoport vízkémiai vizsgálatai

1987-88: Központi Bányászati és Fejlesztési Intézet megbízására a VITUKI Hidrológiai Intézet komplex környezetvédelmi vizsgálattal összefüggő hidrogeológiai szakvéleményt készített el a hiányos feltártságú Rózsadomb területéről a barlangok és a hegylábi források védelme érdekében, a szennyeződések megszüntetése miatt és a megalapozottabb építésföldtani és természetvédelmi intézkedések érdekében. A feladatban Dr. Lorberer Árpád, Izápy Gábor, Maucha László és Dr. Müller Pál vettek részt. A források bakteriológiai vizsgálatához az FFI adatait használták fel.

Ugyanebben az évben a KÖJÁL és Barlangtani Intézet is indított vizsgálatokat higiénia és közegészségügyi szempontokat is figyelembe véve.

1992: 134. sz. PHARE project, melyet a Természetvédelmi Főfelügyelőség és a Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium 1992-ben indított el, célja „Budapest forrásainak és barlangjainak védelme” volt. Közreműködtek a VITUKI, BME Mézőgeológiai Tanszék, Rotaqua, ELTE Természetföldrajzi Tanszék és az MKBT. Az

1993-ban befejeződő kutatások keretében geológiai, kőzetfizikai, tektonika analíziseket, felszíni és barlangi nyelőképeség vizsgálatot, beszivárgási és migrációs folyamatokat, barlangi és forráscsoport vízkémiai, mikrobiológiai és izotóp vizsgálatokat, stabilitási vizsgálatokat és a barlangi ásványok szennyeződésével kapcsolatos méréseket folytattak. Az eredmények alapján következtetni tudtak a Rózsadomb területét érő antropogén hatásokra.

1999: Pagony Barlangkutató Csoport jelentése, Fehér Katalin kutatásvezető

2001: Pagony Barlangkutató Csoport jelentése, Fehér Katalin kutatásvezető, Mátyás-hegyi-barlangra vonatkozóan

2002: Antheus Mikrobiológiai Barlangkutató Csoport jelentése, Szemplő-hegyi-barlang

2003, 2004, 2005: Smaragd GSH Kft felmérései, kutatásvezető Sásdi László, Mátyás-hegyi-barlang esetében

2004, 2005, 2006: Pagony Barlangkutató Csoport jelentése, Fehér Katalin kutatásvezető, Szemplő-hegyi-barlang és Pál-völgyi-barlang esetében

2007, 2008: Fehér Katalin (ELTE) mérései és a Budapest Gyógyfürdői és Hévízei Zrt. adatsora

A barlangok vizeinek és a hévforrások szennyezettség vizsgálatában a vízkémiai és mikrobiológiai méréseket használtam fel. A karsztvíz szennyezettségét jogszabályban rögzített határérték alapján állapíthatjuk meg. A felszín alatti valamint az ivóvízre vonatkozó határértékeket a 201/2001 (X.25.) Korm. rend. 1 sz. melléklete tartalmazza (1. táblázat).

A rózsadombra jellemző urbanizációs terhelésre általában az alábbi komponensek értékének növekedéséből lehet következtetni:

#### Vízkémia:

- $\text{NH}_4^+$  (ammónium),  $\text{NO}_2^-$  (nitrit),  $\text{NO}_3^-$  (nitrát), KOI (kémiai oxigénigény): főképpen a szennyvíz és bomló állati fehérjék kimutatására alkalmas
- $\text{PO}_4^{3-}$  (foszfát),  $\text{NH}_4^+$  (ammónium),  $\text{NO}_3^-$  (nitrát): műtrágyák használatának eredménye
- $\text{Cl}^-$  (klorid): téli jégtelenítés, vagyis az utak sózása miatt kerül a karsztvízbe.
- $\text{SO}_4^{2-}$  (szulfát) lehet természetes eredetű, de származhat a légköri kén-dioxid szennyeződés csapadékkal együttes talajba jutása által is.

- Összes keménység (vagy keménységi hányados): a kalcium és magnézium ionok mennyisége, értéke többé-kevésbé állandó, változását szennyeződés is okozhatja. Magyarországon általában német keménységi fokban adják meg az értékét.
- pH (a hidroxónium-ionok ( $H_3O^+$ ) koncentrációjának negatív logaritmus): savasságot vagy lúgosságot mutatja ki. A természetes vizekben a hidroxónium-ionok koncentrációja a szabad szén-dioxid függvénye. A természetes vizek pH-értéke közel semleges vagy kissé lúgos.

#### Bakteriológia:

- Coliform: a felszínről érkező fekáliás szennyezettség indikátorai
- Fekál streptococcus: a régebbi fekáliás eredetű szennyeződést is kimutatják mivel környezeti hatásokkal szemben ellenállóak.
- Clostridium: a fekáliás eredet mellett a talaj jelenlétét is kimutatja.
- Pseudomonas aeruginosa: gennykeltő baktérium, ásványvizekben szaporodik.
- Daphnia-teszt: toxicitás vizsgálat

Teleszám 37 °C	20	1 ml-ben
Teleszám 22 °C	100	1 ml-ben
Coliform baktérium	0	100 ml-ben
Escherichia coli	0	100 ml-ben
Fekális enterococcus	0	100 ml-ben
Pseudomonas aeruginosa	0	100 ml-ben
Kémiai oxigénigény (KOI)	5	mg/l
Fajlagos vezetőképesség	2500	S/cm
Nátrium ion	200	mg/l
Szulfát ion	250	mg/l
Ammónium ion	0,5	mg/l
Nitát ion	50	mg/l
Nitrit ion	0,5	mg/l
Vas	2	mg/l
Mangán	0,05	mg/l
Klorid ion	250	mg/l
pH	7-9	
Összes keménység	5-35	nk <sup>o</sup>

1. táblázat: A felszín alatti és az ivóvízre vonatkozó jelenlegi határértékek

A vízmintavételek módjára és az elemzések során alkalmazott technológiákra nem kívánok kitérni, hiszen különböző korok kutatóinak, szakosztályainak adatsorait használtam fel munkám során ahol mindenki az adott kornak és anyagi lehetőségeknek legmegfelelőbb módszert alkalmazta (12. ábra). Másodsorban szakdolgozatomnak nem ez a témája, hiszen

személyesen vízkémiai mérést nem végeztem, hanem az összegyűjtött publikus adatsorokat használom fel munkám során.



12. ábra: A Bekey Imre Gábor Barlangkutató Csoport tagjai csepegésmérő edényt helyeznek el a Pálvölgyi-Mátyáshegyi-barlangrendszerben (Fotó: Sőregi I., 2009)

Az elemzést bakteriológiai és vízkémiai fejezetekre bontva részletezem. A barlangok és források közös táblázatban szerepelnek, hogy a közvetlen kapcsolat, összefüggés egyértelműen látszódjon. A nagy mennyiségű bakteriológiai eredmények - főképpen a forráscsoport tekintetében - legjobban szöveges formai értékelést tették lehetővé, táblázati összefoglalása helyhiány miatt nem volt megvalósítható.

A rendelkezésemre álló lényegesen kevesebb vízkémiai adatokat az áttekinthetőbb táblázatok formájában tüntetem fel és értékelem.

### **3.1 Bakteriológiai mérések és értékelésük**

A Rózsadomb barlangjaiban vízvételi mintapontok felett a csepegő víz 8-80 m. vastag fedőzónán át szivárog a mélybe (pl. Ferenchegyi-barlang esetén 10-20 m. a távolság a járat főtéje és a felszín között). Ez azt jelenti, hogy ezek a vadózus vizek közvetlenül a felszínről kerülnek le és minden tisztulást mellőznek, tehát az antropogén hatásokat kiválóan jelzik. A barlangjáratok aljzatát törmelék és laza homokos kitöltés borítja így a csepegő vizek könnyen elszivárognak. A karsztvízszintet a Pálvölgyi-Mátyáshegyi-barlangrendszer két ponton éri el: a Mátyás-hegyi-részen az állandó vizű Tónál és a Pál-völgyi-oldalon egy időszakos tónál.

A hegylábi forrásokot antropogén hatások mindig érték, már a római korban hasznosították, de az erősödő emberi jelenlét és a beépítettség hatására ennek mértéke folyamatosan növekszik.

A forráscsoportok vizsgálatai az 1940-es években kezdődtek el. Eleinte kémiai majd a világháborút követően bakteriológiai vizsgálatokat is folytattak. A fővárosi KÖJÁL (jelenleg ÁNTSZ) 1956 óta vizsgálta a gyógyvizek bakteriológiai minőségét. Ekkor derült ki, hogy a József-hegyi forráscsoport vize kémiailag megfelelő, de bakteriológiailag szennyezett, melyért a háborút követő rossz közegészségügyi állapotok voltak okolhatóak. A vadózus vizek a karsztvizekből kapják az utánpótlást (a szintén KÖJÁL vizsgálat alá eső juvenilis vizek kutjai, melyek a mélységi magmás kőzetből kapnak utánpótlást, bakteriológiailag is kifogástalannak bizonyultak). 1955-ben az FTV vizsgálata alapján a József-hegyi forráscsoportok minden forrása és kútja coli baktériummal fertőzött volt, melyek legmagasabb aránya a meleg vizű forrásokban volt. Ezért 1956-ban két kút foglalását kicserélték, mélyfúrásokat létesítettek és emellett létrehozták a Lukács III és IV kutakat a nagyobb mennyiségű hévíz termelése érdekében, melynek hőmérséklete kezdetekben 60°C volt. Ezután a magas bakteriológiai szennyezettség megszűnt, de a szennyeződés forrása nem (Izápy et al. 1987).

Egy **1976.** évi vizsgálattal a József-hegyi forráscsoport 1970 óta fennálló szennyezettség tényét és mértéket kívánták bizonyítani (Némedi et al. 1976). Különösen 2 forrás, az egymással összefüggő Malom-forrás (152,2/100 ml fekal coliform) és Török-forrás (82,88/100 ml) esetében találtak kiugró értékeket, magas fekális szennyezettséget. A clostridium-szám magas értéket mutatott, melyet a karsztvíz bakteriológiai szennyezettségének tulajdonítottak. A barlangokban vett vízminták (Pál-völgyi: Tündér Kút, Mátyás-hegyi: Tó és Molnár János-barlangok) szintén magas bakteriológiai szennyezettséget mutattak. A barlangok vize a forrásokhoz hasonló mértékű szennyezettséget mutatott, főleg a clostridiumok száma volt itt is magas. A szennyezettség nem csak a forrásbarlangban, hanem a Pál-völgyi-barlangban is jelen volt.

Megállapították, hogy nagyobb esőzések után a bakteriológiai szennyezettség értéke növekedett. A szerzők arra a következtetésre jutottak, hogy a vízgyűjtő területről szűrés nélkül szivárog le a forrásokig a szennyezett víz, csapadék, talaj.

Az 1976-ban végzett vizsgálatok egyik kiváltó okaként szerepelt többek között az Észak-budai Vendéglátóipari Vállalat vendéglője, a Pál-völgyi vendéglő bizonyított

szennyvízszikkasztása. A vendéglő a karszt repedéseit használta fel illegális szikkasztásra, ezért be is záratták. A Pál-völgyi Étterem illegális szennyvíz szikkasztását a felszínen nem sikerült kimutatni ám a karsztvízszintmérő aknában a baktériumszám és a clostridium-szám magas értéke erre utalt.

1986 június: havária jellegű esemény, a Török-forrás külső védőterületén a Frankel Leo úti csatornatörés hatására egy lakóházban dugulás történt és a visszaduzzadt szennyvíz a talajba szikkadt. Ezt követően a Török-forrásban ezres nagyságrendű coliform-számot, száz-as nagyságrendű clostridium-számot és fekál-coliformot mértek (Némedi et al. 1987).

**1987**-ben a Központi Bányászati és Fejlesztési Intézet megbízására VITUKI Hidrológiai Intézet folytatott kutatást és mérésorozatot, majd a vízminőség változását a barlangokban és a forráscsoportban a meglévő és általuk mért adatsorokkal 1955-60 és 1981-87 között összehasonlította és kiértékelte. Arra az eredményre jutottak, hogy a hideg vizes Török-, Boltív- és Római-forrásokban vízhozam, hőmérséklet és vízszint csökkenés következett be. A pH érték növekedett, ami valószínűleg a csökkenő vízhozam eredménye volt. A nátrium és kálium mennyisége a meleg források esetében csökkenő jellegű (40-50 mg/l). Az ammónium ion tartalom a hévíz kutakban csökkenő, de a langyos vízűben növekvő, amiből csapadékvíz vagy szennyeződés bejutására lehetett következtetni. A hévíz kutaknál a nitrát 1 mg/l-nél kevesebb, de növekvő tendenciájú. A langyos forrásokban 1955-1974 között 0 értékű volt viszont 1974 után növekvő és tartósan 5-10 mg/l értékű, ami növekvő szennyeződést jelzett. A klorid tartalom változása is szembetűnő volt, főképp a Lukács III. kútban 73 mg/l ahol a hőmérséklet csökkenése is nagy volt (30°C 1955-1987 között). A szulfát tartalom változása is leginkább a Lukács III. kútban volt megfigyelhető 30 mg/l és a langyos források vízében 30-60 mg/literrel növekedett a szulfát tartalma. Mind a klorid mind a szulfát tartalom változásának oka a hozam és ezzel párhuzamosan a hőmérséklet csökkenésre vezethető vissza. Ezzel együtt a coliszám is növekedő tendenciát mutatott, mindez a karsztos vízgyűjtőterület elszennyeződésével, a talajvíz bekeveredésével hozták kapcsolatba (Maucha et al. 1987).

A Török-, Római- és Boltív-források coli szennyezettsége 1955-1982 között javuló tendenciát majd 1983-83 után romlót mutatott. A vizsgálatok az mutatták ki, hogy nem a forrás, hanem a forrás és a felhasználás helye között történik lokális szennyeződés, vagyis a források és a Lukács uszoda között. A Boltív-forrás kevesebb coli baktériumot tartalmazott (1955: 33 /100ml 1987: 29/100ml), mint a Malom-tó (1955: 4200/100ml, 1987: 3100/100ml). A Török-

forrás mely szoros kapcsolatban áll a Malom-tóval szintén nagyon magas coli baktériumszámmal rendelkezett: átlaga 1955-ben 21/100 ml. míg 1985-ben 277 /100 ml. Tehát ezek a mérések azt mutatták, hogy a forrást tápláló, barlangokból lejutó főkarsztvíz bakteriálisan nem szennyezett csak a foglalás és fakadás környezetében szennyeződik el.

Az évi beszivárgási trend csökkenő - a források hozamával együtt. Az 1987-es mérések alapján a fedetlen karszt területéről 220 m<sup>3</sup>/nap vízmennyiség szivárgott le a főkarsztvízbe, ez kb. 10%-a a József-hegyi források összvízhozamának. Ez bakteriológiai szempontból fontos lehet, de jelentős veszélyforrás a karszt repedésein keresztül leszivárgó szennyezett felszíni vizek. A vizek áramlása ÉNY-DK irányú, ami a karszton keresztül elérheti a Lukács-Császár fürdőket tápláló forrásokat (Maucha et al. 1987). 1992-es mérések alapján a forrásterület vízáradó képessége 6000-7500 m<sup>3</sup>/napra csökkent az 1950-es években mért 15-20000 m<sup>3</sup>/naphoz képest (Maucha et al. 1992).

A több kút (Lukács V. és VI. kutak) által fokozódó hévíz kitermelés miatt a meleg víz hozama 5000 m<sup>3</sup>/napról 8500 m<sup>3</sup>/napra növekedett, míg a langyos források hozama 14000 m<sup>3</sup>/napról 11000 m<sup>3</sup>/napra csökkent. Ennek hatására a vizek hőmérséklete 10-20 fokkal csökkent és a kémiai összetételük is megváltozott, csökkent a nátrium és klorid tartalom (Maucha et al. 1992).

**1987.** évben KÖJÁL és Barlangtani Intézet által végzett mérések célja az öt barlangban kémiai és bakteriológiai szennyezettség mértékének és eredetének felmérése volt (Némedi et al. 1988, Takácsné et al. 1990). 1987-ben Fővárosi Vízművek ellenőrzési munkálatai során József-hegy körzetében 800m<sup>3</sup>/nap vízvesztéséget mutatott ki! Az 1987-es becslések szerint a csatornázatlanság miatt a szennyezőforrások - vagyis illegális szennyvíz szivárogtatás - száma elérheti az 500-at. Az öt barlangrendszerben először 42, majd kevesebb mintavételi pontról minden évszakban begyűjtésre kerültek a csepegő vizek, két éven keresztül. A vizsgált időszakban egyetlen pont sem volt, ami minden szempontból kifogástalan lett volna.

Bakteriológiai szempontból a legszennyezettebb a Ferenc-hegyi-barlang volt (itt a felszínt a vizsgált járatok 10-20 méterre közelítik meg), majd a Mátyás-hegyi- és a József-hegyi-barlang követte a sorban. A coliform, fekál streptococcus és clostridium baktériumok közvetlen szennyvízbeszivárgást jeleztek. A Pál-völgyi és a Szemlő-hegyi minták minősége nem lépte túl a szabvány által megadott normákat. József-hegy esetében a fekál streptococcus igen magas értékű volt, ami régebbi fekáliás szennyeződést mutatott ki, mely következtében a

baktériumok felszaporodtak. A mintavételi pontok itt új lakótelep és rekultiválatlan építési terület alatt voltak.

A **PHARE 134-es project** keretében **1992**-ben a hegylábi forrásoknál végzett vízkémiai és mikrobiológiai mérések alapján az 1987-es évekhez képest az alábbi változásokat lehetett megfigyelni. A vízkémiai elemzések alapján a források (különösen a langyos vizűek) ismételten megfeleltek a szabványoknak. A szennyeződést jelző alkotók közül az ammónium ionok a mélyfúrású kutak esetében jelen voltak, de ez valószínű rétegeredete miatt nem szennyezőelem. A nitrát-ion tartalom a langyos forrásokban 2-9 mg/l között változott és a KOI és TOC alacsony értékei a víz megfelelőségét mutatták. Ellenben a bakteriológiai vizsgálatok az előző évtizedekhez hasonlóan már jóval kedvezőtlenebb képet mutattak. Sajnos a források épületek belsejében, úttest alatt szennyvízcsatornák közelében vannak, ezért szennyezettségük érthető. A Boltív-forrás szennyezettsége a Malom-tóval összefügg és a vele kapcsolatban lévő források is ezáltal kifogásolhatóak. Megfelelőnek csak a Római-forrás vize bizonyult a PHARE mérések során. A Boltív-forrás Daphnia teszttel végzett toxicitás vizsgálata gyengén mérgező hatást mutatott ki!

A Budapest Gyógyfürdői és Hévízei Zrt. engedélyét kértem, hogy az általam vizsgált források 2007. és 2008. évi tápvíz vizsgálatának teljes bakteriológiai és kémiai mérési eredményeit megkapjam és azokat szakdolgozatomban felhasználjam. Ezt 2009. július végén rendelkezésemre is bocsátották. Évente négy mérést végeztek, a NAT által akkreditált vízvizsgáló laboratórium értékelte az eredményeket.

## **2007.**

A Boltív-forrás kútjának vízkémiai paraméterei sehol nem lépték túl a megengedett határértékeket. Azonban bakteriológiai értékei már korántsem mutattak ilyen jó értékeket. Az endoszáma és a coliform-szám a 4 mérés közül 3 alkalommal is túllépte a határértéket, ebből legmagasabb szeptemberben jelentkezett, endo esetében 1000/100 ml, coliform esetében 200/100 ml. Ugyanebben a hónapban a fekál-coliform (200/100 ml), pseudomonas aeruginosa (20/100 ml) és clostridium spóra-szám (2/100 ml) is határértéken felüli volt.

A Római-forrás vízkémiai eredményei a fentihez hasonlóan kielégítőek voltak, de bakteriológiai szempontból három, a coliform-szám (3/100 ml), pseudomonas aeruginosa (25/100ml) és clostridium spóra-szám (3/100 ml) is határértéken felüli volt.



A Török-forrás eredményei vízkémiai szempontból megfelelőek, de bakteriológiailag szennyezettnek minősültek. Az endoszám kétszer is 500/100 ml feletti értéket, coliform (50/100ml), fekál-coliform (50/100ml) és clostridium spóra-szám (1/100ml) egyszer határértéket meghaladó eredményeket mutatott.

A Lukács fürdő IV. kútjában a bakteriológiai eredmények megfelelőek, de a vízkémiai eredmények ammónium esetén minden mérésnél határérték felettiak voltak (0,5 mg/l). A Lukács fürdő V. kútja szintén  $\text{NH}_4^+$  értéket tekintve minden negyedévben magasabb volt a megengedettnél (0,4 mg/l) de itt a bakteriológiai eredmények sem voltak tökéletesek: pseudomonas aeruginosa 1/100 ml. határérték feletti volt.

## **2008.**

A Boltív-forrás kútjának eredményei az előző évhez hasonlóan alakultak. Vízkémiai paraméterei sehol nem lépték túl a megengedett határértékeket. Bakteriológiai értékei közül az endoszám (300/100 ml), a coliform-szám (4/100 ml), a fekál-coliform (4/100 ml), pseudomonas aeruginosa (10/100 ml) és clostridium spóra-szám (5/100 ml) is határértéken felüli volt.

A Római-forrás vízében csak a coliform-szám bizonyult egy alkalommal határérték felettinek (4/100 ml), vízkémiai paraméterei megfeleltek a szabványnak.

A Török-forrásban csak kétszer történt mérés 2008-ban, mely alapján vízkémiája megfelelt, de az endoszám (300/100 ml), a coliform-szám (10/100 ml), a fekál-coliform (10/100 ml), pseudomonas aeruginosa (1/100 ml) és clostridium spóra-szám (4/100 ml) is határértéken felüli volt.

A Lukács IV. és V. kutak vízének eredményei kísértetiesen azonosak az előző évvel. Az  $\text{NH}_4^+$  esetén mindkét kútnál minden negyedévi mérésnél határérték felettiak voltak (0,4 mg/l). Vízbakteriológiailag ismét az V.sz. kút vize bizonyult szennyezettnek, coliform-szám (13/100 ml), a fekál-coliform (13/100 ml) esetében.

Az 1940 és 2008 között nyomon követett és összegyűjtött eredmények számomra azt jelzik, hogy a valódi szennyezőforrást a mai napig nem sikerült megszüntetni és a szennyezések fő okai valószínűleg változatlanul, az első mérések óta fennállnak. A bakteriológiai szennyezők a barlangi mérések tanúsága szerint a jelenleg ismert barlangrendszerekben (és a valószínűleg létező, de ma még nem ismert részekben is) gyakorlatilag akadály nélkül, minden tisztulástól

mentesen szivárognak a karsztvízszint felé és ott az áramlási viszonyoktól függően többé-kevésbé felhígulva, előbb vagy utóbb eléri a hegylábi vízfakadási pontok valamelyikét. Az idők folyamán ugyan különféle valószínűnek látszó magyarázatok is születtek a szennyezés forrását illetően, amelyek egy-egy rendkívüli esemény magyarázatára talán megfelelőek voltak (pl. a tápvíz a fakadási forrása és a fürdőbe jutása közben a csővezetékben is szennyeződhet), de sajnos az adatokat egymás mellé helyezve jól látható, hogy az évtizedek óta mért eredmények nagyon hasonlóak és a bakteriológiai jellegű szennyezések minden évben közel azonos szinten jelentkeznek, ezáltal lehetetlenné téve a gyógyvizek természetes állapotában történő, a kémiai úton történő tisztítás mellőzésével való felhasználását.

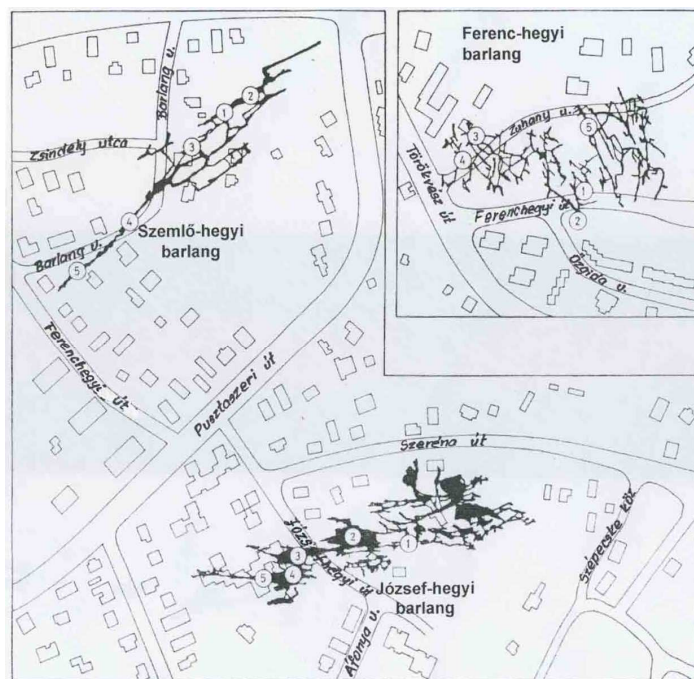
### **3.2 Vízkémiai mérések és értékelésük**

A víz minőségét sokféle, rendszerint egyidejűleg lejátszódó fizikai és biológiai folyamatok alakítják. A víz legfontosabb fizikai tulajdonságai: sűrűség, lebegőanyag tartalom, zavarosság, hőmérséklet, szín, szag, íz. Kémiai szempontból teljesen tiszta víz a természetben nem található. Minden víz egyidejűleg több vagy kevesebb számú kémiai komponenst tartalmaz. A kémiai vízminőséget ezen komponensek jelenléte, koncentrációjának mértéke határozza meg. A fontosabb vizsgálandó komponensek: lúgosság, keménység, pH, nitrogén-, foszfor-, vas, mangán- és kénvegyületek, kloridok, szervesanyag-tartalom. A vizek biológiai tulajdonságait a fizikai és kémiai tulajdonságok is erősen befolyásolják.

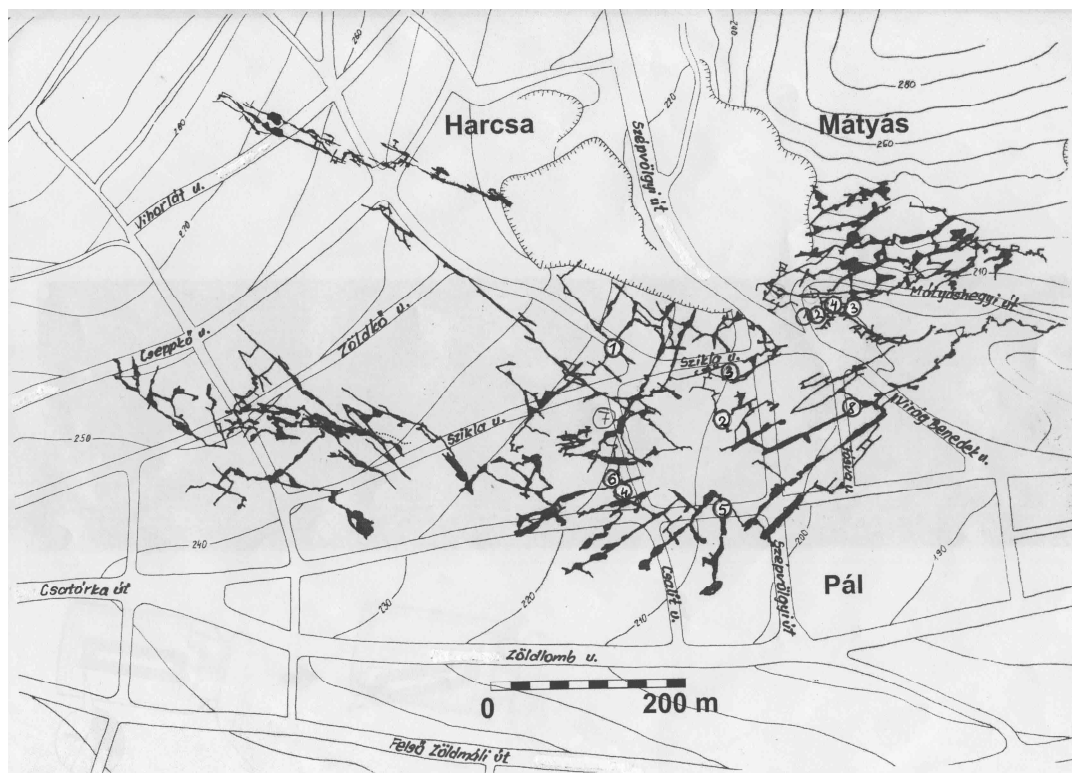
A mérési eredmények összegyűjtését követően a könnyű áttekinthetőség és értékelhetőség érdekében azt a megoldást választottam, hogy az adatokat adott összetevő komponensekre bontva mutatom be az összes barlangi mérőponton és vizsgált években.

A barlangokban a mintavételek helyeit a mellékelt helyszínrajzi térképén a megfelelő számmal jelzett körök mutatják, a következő oldalakon található táblázatokban ezekre a mintavételi helyekre történik hivatkozást (13. és 14. ábra).

A terület barlangjaiban csak kevés helyen található állandó vízcsöpögéses hely és emiatt az évtizedek során az egymástól gyakran függetlenül dolgozó kutatók is gyakran véletlenszerűen is ugyanazt a mintagyűjtő helyet használták fel vizsgálataik során a később összehasonlítást ezzel akaratlanul is megkönnyítve.



13. ábra: A Szemplő-hegyi-, Ferenc-hegyi- és József-hegyi-barlangok térképe a vízmintavételi pontok megjelölésével (Forrás: VITUKI 1987)



14. ábra: A Pálvölgyi-Mátyáshegyi-barlangrendszer térképe a vízmintavételi pontok megjelölésével (Forrás: BTO, 2008)

### 3.2.1. Összes és változó keménység, kalcium és magnézium ion tartalom

A természetes vizek egyik fő jellemzője a keménység. Az ezt okozó oldott kalcium- és magnézium ionok egyik közismert „káros” hatása, hogy a szappanok és a mosószerek tisztító hatását csökkentik azáltal, hogy azokkal reakcióba lépnek. Ezekből a vizekből forralás hatására jelentős mennyiségű oldott anyag válhat ki. Ezt az anyagot nevezzük vízkőnek, amely az ipari felhasználás során jelenthet komoly problémát (lásd. „kazánkő”). Minél nagyobb az oldott  $\text{Ca}^{2+}$  és  $\text{Mg}^{2+}$  koncentráció a vízben, annál keményebbnek mondjuk a vizet. A víz keménységet hazánkban általában a német keménységi fokkal ( $\text{NK}^\circ$ ) jellemzik. 1  $\text{NK}^\circ$  annak a víznek a keménysége, amelyben literenként 10 mg CaO-dal egyenértékű oldott Ca és Mg só van (2 és 3. táblázat). A keménység alapján a vizet négy kategóriába sorolhatjuk: 0-7  $\text{NK}^\circ$  : nagyon lágy víz (5  $\text{NK}^\circ$  alatti lágy víz nem lehet csapvíz) 7-14  $\text{NK}^\circ$  : lágy víz (sok rétegvíz esik ebbe a kategóriába) 14-21  $\text{NK}^\circ$  : közepesen kemény víz 21  $\text{NK}^\circ$  felett: kemény víz (az összes karsztvíz ide esik) és 35  $\text{NK}^\circ$  felett vezetékes víz nem szolgáltatható háztartási célokra.

A négy egymással szoros összefüggésben álló táblázatot áttekintve megállapítható, hogy időben és területileg sem jellemzőek a nagy ingadozások, csak 1-2 kiugró értékkel találkozunk, a változó keménység nagyjából állandó értéket mutat. Egyetlen jellemző trend, hogy a keménység, azaz a Ca/Mg tartalom a mélységgel együtt növekszik. Gyakran előfordul, hogy a Ca/Mg arány 2 körüli értéket mutat, amely mólarányban közel áll az 1:1-hez, ami a dolomit összetételének ( $\text{CaMgCO}_3$ ) felelne meg, pedig a befoglaló kőzet minden esetben mészkő (4 és 5. táblázat).

### 3.2.2. Kálium, vas és mangán

A kálium ionok mennyiség nagyon kis ingadozást mutat általában néhány mg/l. a mérhető mennyiség, amely megegyezik a legtöbb ivóvízben is előforduló 1-2 mg/literes értékkel. Az egy két kiugró érték (akár 20-30 mg/l, Pál-völgyi-barlang, Ferenc-hegyi-barlang) feltehetőleg a felszínen történt műtrágyázásnak köszönhető. A mélykarsztból a források felé áramló vizekben az átlagos csepegő vizeknél nagyobb mennyiségben fordul elő, azonban soha nem haladja meg a 10 mg/literes értéket (6. táblázat).

A vasvegyületek közegészségügyi szempontból nem ártalmasak, nem toxikusak, általában két- vagy háromvegyértékű formában található, általában hidrogén-karbonátos, kisebb mértékben szulfátos illetve huminsavas közegben.

Nagyobb mennyiségben vizet vörössé, sötétbarnává színezik, izét kellemetlenné teszi ezért ivóvizek esetén (megengedett határérték 2 mg/l) eltávolításukról gondoskodni kell. A legtöbb szolgáltatott ivóvízben 0.01 mg/liter alatti értékkel találkozhatunk. A barlangokban mért értékek esetén gyakorlatilag mindenhol a határérték alatti értékek szerepelnek, a József-hegyi-barlang fagyaltos ágának kivételével (15. ábra), azonban az itt és a környéken található vöröses színű cseppkőképződmények jelenléte arra utal, hogy ez a fedőkőzetben található magasabb vastartalomnak köszönhető és nem valamilyen antropogén hatásra vezethető vissza (7. táblázat).



15. ábra: A József-hegyi-barlang vas által elszínezett cseppkövei (Fotó: Czajlik J. 1984)

A magas mangán tartalom elsősorban az alföldi rétegvizekre jellemző. Nem károsak az egészségre, de nehezítenék a víz felhasználását elszíneződést, zavarosodást okoznának, ha nem történne meg az eltávolításuk még a hálózatra jutás előtt. A barlangi képződmények fekete színe gyakorta köszönhető magasabb mangántartalmú víz hatásának. A József-hegyi-barlang Fagyaltos járatának kivételével minden esetben a megengedett határérték (0.05 mg/l) alatti mennyiségek kerültek kimutatásra (8. táblázat).

2. táblázat: Összes keménység NK°

Mérőhelyek	1948	1950 -60	1950 -60	1984	1985	1987 -88	1992	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2007	2008
<b>Pál-völgyi-barlang</b>															
1. Meseország						24-41,6	26,6								
2. Rockenbauer-terem						32,6-86	17,9								
3. Térképész-ág						16-18,4	71,8								
4. Z-folyosó						16,8-22,2									
5. Csurgatórium						17-24	20,7								
6. Hose-terem															
7. Bekey-terem															
8. Titanic															
<b>Mátyás-hegyi-barlang</b>															
1. Tó	17,6				31,6						37,6	17-18,8	24		
2. Tójárat					38	30-37	48,4		11						
3. Sírögödör						53-56	61,6		26,6						
4. Cselédlépcső						41-60	34,6								
<b>József-hegyi-barlang</b>															
1. Vihar-terem						27-29	39,3								
2. Kinizsi-terem						27,2-31	34								
3. Fagyaltos						19,6-21									
4. Várterem						16,4-26	33,8								
5. Géza-kuckója						21-25	21,8								
<b>Szemlő-hegyi-barlang</b>															
1. Agyagos						12,8-18									
2. FTC-terem						17,8-41,6	23,5								
3. Örvény-folyosó						14,8-26,2	18,6								
4. Halál						14,6-19	19,6								
5. Föld szíve						16-30,8									
<b>Ferenc-hegyi-barlang</b>															
1. Elágazás						47,8-93	67								
2. Csepegővíz-terme						29-52,8	31								
3. Pillér-terem						25-40	15,2								
4. Hanni-terem						45,6-83									
5. II. főhasadék						10,4-20	17,4								
<b>Források</b>															
Lukács fürdő IV. kút		30-30,7	29,2-31,1	30,2	28,6	28,9	30,6							27,9-31,6	27,8-34,8
Lukács fürdő V. kút							29,5							29,4-30,7	29,2-33,8
Boltív-forrás kút	26	26,6-27	25,7-27	28,9		27,3	29,1							25,7-28	27-30,2
Római-forrás		25,9-27	25,1-27	27,1	28	26,1	28,2							26-26,9	25,9-30
Török-forrás	26,6	24,8-27	26-27,2	28,4	28,4	25,8	28,9							26,9-18	30-31,2

3. táblázat: Változó keménység NK°												
Mérőhelyek	1948	1984	1985	1987-88	1992	1999	2001	2002	2003	2004-2005	2007	2008
<b>Pál-völgyi-barlang</b>												
1. Meseország					8,1							
2. Rockenbauer-terem					10,9							
3. Térképész-ág					4,2							
4. Z-folyosó												
5. Csurgatórium					11,5							
6. Hose-terem												
7. Bekey-terem												
8. Titanic												
<b>Mátyás-hegyi-barlang</b>												
1. Tó	7,72		7,6									
2. Tójárát			7		7,3							
3. Sírgödör					5,3							
4. Cselédlepcső					5,9							
<b>József-hegyi-barlang</b>												
1. Vihar-terem					3,4							
2. Kinizsi-terem					4,2							
3. Fagylaltos												
4. Várterem					3,6							
5. Géza-kuckója					8,1							
<b>Szemlő-hegyi-barlang</b>												
1. Agyagos				5,6-12,9		2,4-3						
2. FTC-terem				3,9-6,2	10,4	3,2-4						
3. Örvény-folyosó				3,9-10,4	8,7	2,4-3						
4. Halál				3,9-5,6	7,6	1,8-2,2						
5. Föld szíve				5,6-11,2		1,8-2,6						
<b>Ferenc-hegyi-barlang</b>												
1. Elágazás					6,7							
2. Csepegővíz-terme					8,7							
3. Pillér-terem					8,7							
4. Hanni-terem												
5. II. főhasadék					6,7							
<b>Források</b>												
Lukács fürdő IV. kút					23							
Lukács fürdő V. kút					24							
Boltív-forrás kút					19,6							
Római-forrás					18,5							
Török-forrás					20,2							

4. táblázat: Kalcium (Ca<sup>2+</sup>) mg/l.

Mérő- helyek	1950 1960	1960 1970	1984	1985	1987- 88	1992	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Pál-völgyi- barlang</b>															
1. Meseor- szág					89- 235	150									
2. Rocken- bauer-t.					167- 449	98,5									
3. Térkép- ész-ág					74-89	405									
4. Z-folyosó					64-96										
5. Csurga- tórium					54-70	72,2									
6. Hose- terem					125,4										
<b>Mátyás-he- gyi-bg</b>															
1. Tó				117- 126	149,4					137	85,3- 100	113			
2. Tójárat				128- 141	129- 186	210		137							
3. Sírgödör					162- 229	264		309							
4. Cseléd- lépcső					177- 231	152									
<b>József- hegyi-bg</b>															
1. Vihar- terem					102- 120	163,7									
2. Kinizsi- terem					116- 122	131									
3. Fagyfal- tos					86-97	156									
4. Várterem					90-94	130									
5. Géza- kuckója					94- 106	105									
<b>Szemlő- hegyi-bg.</b>															
1. Agyagos					65-89		83,2- 94,5				92-98	184	136		
2.FTC-terem					104- 253	136	102- 117		100		130	166	156		
3. Örvény- folyosó					82- 136	95,8	75,6- 87		90		96	104			
4. Halál					80- 102	111	104- 113		92		102- 104	108,2	102		
5. Föld szíve					132- 158		111- 151		122		104- 150	186	198		
<b>Ferenc- hegyi-bg.</b>															
1. Elágazás					220- 478	343									
2.Csepegő- vív-t.					208- 305	172,5									
3. Pillér- terem					154- 206	79,9									
4. Hanni- terem					296- 505										
5. II. fő- hasadék					89- 112	111									
<b>Források</b>															
Lukács fürdő IV. kút	142- 153	143- 161	146	134	126	148								136- 149	142- 153
Lukács fürdő V. kút						138								104- 144	117- 152
Boltív-forrás kút	115- 120	110- 128	129		116	131								113- 115	114- 127
Római-forrás	115- 121	111- 124	123	108	108	125								106- 115	111- 123
Török-forrás	102- 125	116- 135	132	114	111	131								109- 119	117- 124



5. táblázat: Magnézium (Mg <sup>2+</sup> ) mg/l.															
Mérőhelyek	1950 - 1960	1960 - 1970	1984	1985	1987 -88	1992	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Pál-völgyi-barlang</b>															
1. Meseország					35,7 -117	24,8									
2. Rockenbauer-terem					40- 101	17,7									
3. Térképész-ág					18- 25,7	65,9									
4. Z-folyosó					31- 43,4										
5. Csurgatórium					40- 61,9	46,1									
6. Hose-terem					40,3										
<b>Mátyás-hegyi-barlang</b>															
1. Tó				54- 60	57,9					80,2	25- 41,3	35,6			
2. Tójárát				73- 91	39- 64	82,8		53,9							
3. Sírgödör				105- 125	95- 136	107, 2		136, 1							
4. Cselédlépcső				78	70- 120	58,3 6									
<b>József-hegyi-barlang</b>															
1. Vihar-terem					49,5 -56	71,2 5									
2. Kinizsi-terem					55- 62,6	68,2 3									
3. Fagylaltos					29,6 34,8										
4. Várterem					31,7 34,8	67,7									
5. Géza-kuckója					35,1 -51	31,1 4									
<b>Szemlő-hegyi-barlang</b>															
1. Agyagos					9,6- 24,9						20,7 25,5	24,3	20,7		
2. FTC-terem					14- 37,4	19,5	14- 18,4		24,8		17- 30	20,7	24,3		
3. Örvény-folyosó					14- 31,3	22,6	20 - 22,9		34,7		19,5				
4. Halál					11- 23,0	17,8 6	16- 18,4		26,1		13- 17		15,8		
5. Föld szíve					26- 38,5		33- 44,7		42,2		17- 35,3		36,5		
<b>Ferenc-hegyi-barlang</b>															
1. Elágazás					63- 115	82,6 6									
2. Csepegővíz-terme					25- 66	30,0 2									
3. Pillér-terem					9,5- 17,4	17,3 4									
4. Hanni-terem					10- 42,1										
5. II. főhasadék					13- 19,1	7,96									
<b>Források</b>															
Lukács fürdő IV. kút	39 - 43,7	32,7 - 44,4	41,8	42,4	48,2	42,8								38- 52	34- 60
Lukács fürdő V. kút						44,6								43- 49	36- 55
Boltív-forrás kút	43- 50	41- 49,8	46,3		47,5	47								43- 55	40- 62
Római-forrás	41- 48	37- 55	42,6	45,4	47,5	46,6								42- 48	46- 61
Török-forrás	36- 45	37- 45	42	53	44	46,9								44- 52	55- 64

6. táblázat: Kálium (K <sup>+</sup> ) mg/l.													
Mérőhelyek	1948	1984	1985	1987-88	1992	1999	2001	2002	2003	2004-2005	2006	2007	2008
<b>Pál-völgyi-barlang</b>													
1. Meseország				2,2-14,6	4,73								
2. Rockenbauer-terem				4,1-29,2	4,86								
3. Térképész-ág				3,8-4,4	6,05								
4. Z-folyosó				2,5-3,7									
5. Csurgatórium				1,9-2,5	2,5								
6. Hose-terem				4,02									
7. Bekey-terem													
<b>Mátyás-hegyi-bg.</b>													
1. Tó				4,07					5,59	2,93-3,7	12,4		
2. Tójárat				2,3-5,1	5,31								
3. Sírödör				2,2-3,5	3,66								
4. Cselédlépcső				2,2-4,2	4,54								
<b>József-hegyi-bg.</b>													
1. Vihar-terem				2,2-3,7	4,2								
2. Kinizsi-terem				1,2-2	2,43								
3. Fagyaltos				0,6-1,5									
4. Várterem				1,2-1,5	2,41								
5. Géza-kuckója				0,4-1,5	1,65								
<b>Szemlő-hegyi-bg.</b>													
1. Agyagos				2,4-6,2		2,3							
2. FTC-terem				1,3-6,6	6,36	4,9-5,4							
3. Örvény-folyosó				7,3-31	9,63	8,6-8,8							
4. Halál				3,3-4,4	4,03	4-4,3							
5. Föld szíve				1,3-2,3		2,1-3							
<b>Ferenc-hegyi-bg.</b>													
1. Elágazás				1,2-21,9	72,09								
2. Csepegővíz-terme				35-51	32,16								
3. Pillér-terem				0,4-7,4	4,25								
4. Hanni-terem				1,7-17,5									
5. II. főhasadék				0,4-0,6	0,95								
<b>Források</b>													
Lukács fürdő IV. kút					9,48							9-12,9	7,6-27
Lukács fürdő V. kút					6,56							9-15,5	13-21
Boltív-forrás kút					4,23							0,5-3,6	1-3,8
Római-forrás					3,1							1-6,0	1-4,0
Török-forrás					4,1							0,5-3,9	1,6-13

7. táblázat: Vas (Fe <sup>3+</sup> ) mg/l.												
Mérőhelyek	1950-1960	1960-1970	1984	1985	1987-88	1992	2002	2003	200	2005	2007	2008
<b>Pál-völgyi-barlang</b>												
1. Meseország						0,049						
2. Rockenbauer-terem						0						
3. Térképész-ág						0,0069						
4. Z-folyosó					0,26							
5. Csurgatórium						0						
6. Hose-terem					0,52							
7. Bekey-terem												
<b>Mátyás-hegyi-barlang</b>												
1. Tó				0,37	0,5			0,97	0,01-0,14	<0,01		
2. Tójárat						0,32						
3. Sírgödör					0,07	0,75						
4. Cselédlépcső						0,048						
<b>József-hegyi-barlang</b>												
1. Vihar-terem						0,006						
2. Kinizsi-terem						0,02						
3. Fagylaltos					5,506							
4. Várterem					0,151	0						
5. Géza-kuckója						0						
<b>Szemlő-hegyi-barlang</b>												
1. Agyagos					0,017							
2. FTC-terem						0						
3. Örvény-folyosó						0						
4. Halál					0,12	0,04						
5. Föld szíve					0,49							
<b>Ferenc-hegyi-barlang</b>												
1. Elágazás						0						
2. Csepegővíz-terme					0,01	0						
3. Pillér-terem						0						
4. Hanni-terem					0,01							
5. II. főhasadék						0,01						
<b>Források</b>												
Lukács fürdő IV. kút	0,06-0,11	0-1,5	0	0	0	0,03					0,03-0,08	<0,03
Lukács fürdő V. kút						0,2					0,03-0,17	<0,03
Boltív-forrás kút	0	0	0	0	0	0,01					<0,03	<0,03
Római-forrás	0	0	0	0	0	0,08					<0,03	0,03-0,08
Török-forrás	0,11	0	0	0,1	0	0,008					<0,03	<0,03

8. táblázat: Mangán (Mn <sup>2+</sup> ) 10 <sup>-2</sup> x mg/l.													
Mérőhelyek	1948	1984	1985	1987-88	1992	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2007	2008
<b>Pál-völgyi-barlang</b>													
1. Meseország					0,38								
2. Rockenbauer-terem					8,7								
3. Térképész-ág					0								
4. Z-folyosó				1,2									
5. Csurgatórium					0,85								
6. Hose-terem				5,0									
7. Bekey-terem													
<b>Mátyás-hegyi-barlang</b>													
1. Tó				2,5					1	<1	2		
2. Tójárat					2								
3. Sírögödör				6	2								
4. Cselédlépcső					0,9								
<b>József-hegyi-barlang</b>													
1. Vihar-terem					0,29								
2. Kinizsi-terem					0,9								
3. Fagyaltos				69,7									
4. Várterem					0,71								
5. Géza-kuckója					0,25								
<b>Szemlő-hegyi-barlang</b>													
1. Agyagos				0									
2. FTC-terem					2								
3. Örvény-folyosó					0								
4. Halál				1,2	1,2								
5. Föld szíve				2,5									
<b>Ferenc-hegyi-barlang</b>													
1. Elágazás					0								
2. Csepegővíz-terme				0	0								
3. Pillér-terem					0								
4. Hanni-terem				0,45									
5. II. főhasadék					0,3								
<b>Források</b>													
Lukács fürdő IV. kút					5								
Lukács fürdő V. kút					20								
Boltív-forrás kút					1								
Római-forrás					2								
Török-forrás					2								

### 3.2.3. Elektromos vezetőképesség, nátrium és klorid ionok

E jellemzők egymással szoros összefüggést mutatnak a barlangi vizek esetében, ami nem írható a véletlen számlájára.

A fajlagos elektromos vezetőképesség a vízben oldott kationok és anionok (sók) mennyiségéről ad információt. A magas sótartalmú vizek vezetőképessége magas. A klorid ion a természetben általában nátrium-, kálium- és kalciumionokhoz kötődik. Egy bizonyos határon túl már szennyező anyag, sokféle forrásból származhat. Normális koncentrációban az emberi szervezetre ártalmatlan (<50 mg/l), azonban 250 mg/l koncentráció felett a víz íze már sós. A szennyvízmentes területről származó természetes vizek 0-10 mg, míg a vezetékes vizek 4-10 mg klorid iont tartalmaznak literenként (9. és 10. táblázat).

A táblázatokban összegyűjtött adatokat áttekintve szembevetve, hogy a kapott értékek térben és időben is jelentős ingadozást mutatnak, azonban közös jellemzőjük a természetes értékektől való jelentős eltérés, mely igen gyakran meghaladja az ivóvízszabványban meghatározott értéket (200 mg/l) is.

A Mátyás-hegyi-barlang Centenáris-szakaszának feltárásának idején (1948) a Tóból és a Pál-völgyi-barlangból vett vízminták az akkori feljegyzések tanúsága szerint még normális klorid szintet (<10 mg/l) mutattak. Sajnos ezután hosszú ideig ilyen jellegű vizsgálat nem történt, a mintegy 40 évvel későbbi mérések tanúsága szerint azonban a kloridionok mennyisége 1-3 nagyságrenddel lett nagyobb. Jellemzően komoly klorid szintek kerültek kimutatásra olyan vízmintavételi pontokon mind a Ferenc-, mind a Pál-völgyi-barlangban amelyek közvetlenül, nem nagy mélységben fekszenek valamelyik utca alatt, a mélyebb szinteken megjelenő szivárgó vizek esetében a kőzetrepedésekben jelentősebb távolságokra is történik horizontális irányú vízszállítás is (11. táblázat).

9. táblázat: Vezetőképesség $\mu\text{S}/\text{cm}$													
Mérőhelyek	1984	1985	1987-88	1992	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Pál-völgyi-bg.</b>													
1. Meseország	500		909-2125	1030									
2. Rockenbauer-terem			1677-5986	590									
3. Térképész-ág			517-648	4440									
4. Z-folyosó	840		612-960										
5. Csurgatórium			642-861	690									
6. Hose-terem	636												
<b>Mátyás-hegyi-bg.</b>													
1. Tó		1446						1650	795-1014	1035			
2. Tójárat			1684-2090	2190		1872							
3. Sírgödör			1634-2000	1800		2850							
4. Cselédlépcső			1613-2025	1800									
<b>József-hegyi-bg.</b>													
1. Vihar-terem			970-1126	1250									
2. Kinizsi-terem			812-939	1010									
3. Fagylaltos			544-671										
4. Várterem			604-678	740									
5. Géza-kuckója			665-783	755									
<b>Szemlő-hegyi-bg.</b>													
1. Agyagos			492-832		71-756				837-839	1319	1042		
2. FTC-terem			768-1193	950	1159-1216		1112		1484-1845	1069	1660		
3. Örvény-folyosó			702-1907	800	885-953				832	1288			
4. Halál			523-578	640	764-795		773		739-799	814	798		
5. Föld szíve			927-1050		1061-1133				815-1315	1472	1541		
<b>Ferenc-hegyi-bg.</b>													
1. Elágazás			3239-3936	3210									
2. Csepegővíz-terme			1580-1863	1145									
3. Pillér-terem			766-965	440									
4. Hanni-terem			1789-3344										
5. II. főhasadék			515-608	530									
<b>Források</b> Lukács fürdő IV. kút				1090								1317-1352	1335-1364
Lukács fürdő V. kút				970								1302-1338	1343-1391
Boltív-forrás kút				885								850-891	853-868
Római-forrás				810								843-870	838-844
Török-forrás				870								889-905	895-931

10. táblázat: Nátrium (Na <sup>+</sup> ) mg/l														
Mérőhelyek	1950 1960	1960 1970	1984	1985	1987- 88	1992	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2007	2008
<b>Pál-völgyi- barlang</b>														
1. Meseország					93- 298	65,97								
2. Rockenbauer- terem					266- 903	21,86								32,2
3. Térképész-ág					18,4- 21,7	544,5								
4. Z-folyosó					21,1- 30									
5. Csurgatórium					24,5- 48,5	25								
6. Hose-terem					22,21									
8. Titanic														11,8
<b>Mátyás-hegyi- barlang</b>														
1. Tó				110	163,5					153	48,8- 76,1	89		
2. Tójárat					42- 224	195								
3. Sírgödör					37,9- 45,6	73,16								
4. Cselédlépcső					123- 175	189,5								
<b>József-hegyi- barlang</b>														
1. Vihar-terem					35,9- 45,6	39,23								
2. Kinizsi-terem					3,6- 11,3	10,09								
3. Fagylaltos					5,1- 6,2	5,1- 6,2								
4. Várterem					6,8- 18,8	10,11								
5. Géza-kuckója					6,7- 9,8	15,23								
<b>Szemlő-hegyi- barlang</b>														
1. Agyagos					17,1- 87		36,4- 42,9							
2. FTC-terem					11-82	61,4	130,7- 165							
3. Örvény-folyosó					68- 302	56,08	84,9- 88,7							
4. Halál					7,8- 9,9	9,73	25,5- 27							
5. Föld szíve					29,4- 38		37,2- 39							
<b>Ferenc-hegyi- barlang</b>														
1. Elágazás					409- 665	339,1								
2. Csepegővíz- terme					81- 123	64,41								
3. Pillér-terem					9,3- 13,9	15,11								
4. Hanni-terem					135- 255									
5. II. főhasadék					4,2- 5,6	12,4								
<b>Források</b>														
Lukács fürdő IV. kút	122- 162	107- 137	88	63	85	73,02							106- 115	76- 100
Lukács fürdő V. kút						47,47							104- 110	84- 130
Boltív-forrás kút	11-33	23-51	30		34	27,04							28-35	18-28
Római-forrás	21-53	5-44	23	30	57	17,39							27-30	16-38
Török-forrás	24-61	35-60	37	47	77	26,28							25	28-40

11. táblázat: A klorid ionok (Cl<sup>-</sup>) koncentrációja mg/l

Mérőhelyek	1948	1950 1960	1960 1970	1984	1985	1987 -88	1992	1999	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Pál-völgyi-barlang</b>															
1. Meseország	8,2			9,23		167-574	180								
2. Rockenbauer-terem						485-3197	31,5								54,3
3. Térképész-ág						32-37	1350								
4. Z-folyosó				42,6		36-53									
5. Csurgatórium						40-61	39,4								
6. Hose-terem				30,5											213,4 2
7. Bekey-terem															209,8
8. Titanic															43,4
<b>Mátyás-hegyi-barlang</b>															
1. Tó	7				140					296	100-155				
2. Tójárat					170-180	400-580	510		440						
3. Sírödör					155	170-260	190		565						
4. Cselédlépcső					170	310-430	450								
<b>József-hegyi-barlang</b>															
1. Vihar-terem						90-93	59								
2. Kinizsi-terem						10-40	65								
3. Fagylaltos						11,0-16,0									
4. Várterem						17-50	21								
5. Géza-kuckója						37-45	35								
<b>Szemlő-hegyi-barlang</b>															
1. Agyagos						29-76		56-57				120	112		
2. FTC-terem						44-115	111	147-186	158			274	180		
3. Örvény-folyosó						56-530	63	88-91	122			160			
4. Halál						20-35	61	114-128	106			92	80		
5. Föld szíve						64-72		91-106	164			157	146		
<b>Ferenc-hegyi-barlang</b>															
1. Elágazás						930-2210	490								
2. Csepegővíz-terme						160-236	51,2								
3. Pillér-terem						31-44	31,5								
4. Hanni-terem						361-830									
5. II. főhasadék						12-30,0	30								
<b>Források</b>															
Lukács fürdő IV. kút		128-152	111-130	89,8	61,1	81,4	85,1							136-146	138-152
Lukács fürdő V. kút							59,9							128-142	140-150
Boltív-forrás kút	28,6	26-38	26-43,5	42,4		38,5	40,1							42-57	42-51
Római-forrás		24-32	23,4-40	30,7	30,5	26,5	30,7							42-54	40-45
Török-forrás	39,4	30-50,6	33-52,4	35,9	41,9	34,6	39,4							52-56	58-66



### 3.2.4. Nitrát ionok

A nitrát ion megjelenése a vízben már régebbi, időközben már oxidálódott szerves szennyeződésre utal, származhat azonban szervesetlen nitrátot tartalmazó vegyületekből (pl. műtrágya). Magas koncentrációjuk az egészségre káros (kisgyermekes esetekben kifejezetten veszélyes), a vízi növények és baktériumok túlzott elszaporodását okozhatják (eutrofizáció). Egészségügyi határértéke 50 mg/l (Mexikóban 45 mg/l az USA-ban 10 mg/l), hazánkban a legtöbb csapvízben 4-10 mg/l körüli értékekkel találkozunk.

A barlangokból gyűjtött vízminták szinte minden esetben tartalmazzák ezt az egyértelműen antropogén eredetű, egészségre is veszélyes szennyező komponenst, néhány ponton az egészségügyi határérték sokszorosát is meghaladó mennyiségben. Még ennél is figyelemreméltóbb körülmény, hogy a források vize is - valószínűleg a beszivárgó vizek miatt - az évek során lassan emelkedő nitrát szintet mutat (12. táblázat). Hasonló jelenséget figyeltek meg É-Floridában is, ahol az elmúlt 40-50 évben kevesebb, mint 0.1 mg/l-ről már az 5 mg/l-es értéket is meghaladta (Katz, 2004). Ott ez szinte kizárólag a fokozódó mezőgazdasági tevékenységnek köszönhető, ez azonban a Rózsadomb alatt valószínűleg inkább a városrész lakóinak. A PHARE project keretében <sup>15</sup>N izotópos vizsgálatok segítségével egyértelműen bizonyítható volt a barlangi csepegő vizekben a nitrát ionok szennyvíz-eredete.

A Pál-völgyi-barlangban 1998. májusában észlelték először a cseppkő pusztulási tüneteket. A cseppkő visszaoldódási folyamattal először Jakucs L. (1985, 1986) foglalkozott és írta le „újkeletű cseppkődegradációs szindróma” néven. A Pál-völgyi-barlangban tapasztalható folyamat felderítése érdekében 1999-ben a barlangban 20 pontról folyamatos csepegő víz mintavétele történ vízminőség vizsgálat céljából. A minták klorid és nitrát tartalma minden esetben meghaladta a határértéket és minden bizonnyal az utak sózásának volt tulajdonítható (Takácsné, 2001.). A felmérések eredményeként közel 50 képződményen regisztráltak kisebb-nagyobb mértékű jeleket. A vizsgálatok azonban azt mutatták, hogy a pusztuló cseppkövek a nagyobb mélységben ugyanúgy jelen vannak, mint a felszín közeli járatokban. A felszíni beépítettség és hasznosítási jelleg sem mutatott összefüggést a degradációval, vagyis az antropogén eredetű befolyásoltság nem volt kimutatható.

12. táblázat: A nitrát ionok (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) koncentrációja (mg/l)

Mérőhelyek	1948	1950 1960	1984	1985	1987 -88	1992	1999	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Pál-völgyi-barlang</b>															
1. Meseország			7,2		3,0- 16	8,5									
2. Rockenbauer-terem					15- 44	< 0,5									
3. Térképész-ág					12- 22,0	46									
4. Z-folyosó			90		46- 73										
5. Csurgatórium					39- 64	< 0,5									
6. Hose-terem			41,5												89,5
7. Bekey-terem															55,0
8. Titanic															64,3
<b>Mátyás-hegyi-barlang</b>															
1. Tó				25						46	21- 25	26			
2. Tójárat				37	34- 41	65		40							
3. Sírgödör					96- 110	116		116							
4. Cselédlépcső					56- 80	47									
<b>József-hegyi-barlang</b>															
1. Vihar-terem					149- 218	200									
2. Kinizsi-terem					59- 66	74									
3. Fagyaltos					10- 11,0										
4. Várterem					17- 46	35									
5. Géza-kuckója					61- 94	62,8									
<b>Szemlő-hegyi-barlang</b>															
1. Agyagos					13- 71		57,6- 61,5					74,8	13,9		
2. FTC-terem					49- 133	< 0,5	72,4- 84,7		77,8			145	103, 9		
3. Örvény-folyosó					32- 148	154	97- 103		107, 56			100, 2			
4. Halál					12- 21,0	26	15,5 18,5		22,4 6			22,6	17,6 6		
5. Föld szíve					149- 189		181- 192		108, 29			212, 6	71,7 1		
<b>Ferenc-hegyi-barlang</b>															
1. Elágazás					9,0- 23	175									
2. Csepegővíz-terme					138- 182	31,7									
3. Pillér-terem					80- 86	8,1									
4. Hanni-terem					5-8,0										
5. II. főhasadék					23- 28	9									
<b>Források</b>															
Lukács fürdő IV. kút		0	0	0	0	0,7								<1,5	1,5- 2,2
Lukács fürdő V. kút						0,7								<1,5	1,5- 2,8
Boltív-forrás kút	5	3,8	7,3		10,8	7,4								3,7- 13	6,5- 7,6
Római-forrás		0	14,2	7,5	7,3	7,9								7,8- 11,2	6,3- 8,4
Török-forrás	5	0,9	7,1	3,3	7,2	7,5								7,7- 12,6	7,1

### 3.2.5. Szulfát ionok

A szulfát ionok jelenlétéből és mennyiségéből általában véve az antropogén behatásra önmagában következtetést levonni nem lehet, hiszen az általam vizsgált területen az adott földtani környezetben ez akár természetes eredetű is lehet; nem egy barlangjában több ponton is található a szulfát vonatkozásában túltelített vizek beszivárgását jelző gipsz ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) kiválások. Egy másik fontos forrása a vizekben megjelenő szulfátionoknak a légköri kéndioxid csapadékvizekkel bemosódó része. Az oldott oxigén jelenlétében a keletkező kénsav hamar kénsavvá oxidálódik, amely egyrészt jól oldja a mészkövet, felgyorsítva a természetes üregképződés folyamatát, másrészt gipsz keletkezik, mely némileg vízzoldható. E hatás lehetséges mértékét segít megbecsülni, ha tudjuk, hogy pl. 1977-ben Közép-Európában a kénkibocsátást  $3.1 \text{ t/km}^2$ -re becsülték évenként (Mészáros et al. 1977) amelyből több mint 5 t kénsav keletkezhet. Ez mintegy 5 gramm mészkő feloldására elegendő négyzetméterenként azonban ez egy átlagos csapadékmennyiség beszivárgása esetén elegendő lehet akár 40-50 mg/l szulfátszint folyamatos fenntartására is (Arnold, 1984).

A szulfát ionok egészségügyi határértéke 250 mg/l, a hazai csapvizekben 3-30 mg/l közötti értékekkel találkozunk. A vizsgált barlangi vizek és a források esetében is egységesen magas szulfát-koncentrációról beszélhetünk, holott ez nem mindenhol indokolható természetes eredettel. Ismét kirívó, hogy a Mátyás-hegyi barlang tavának szulfáttartalmát 1948-ban 12-40 mg/l-nek mérték és ezt követően csak 100 mg/l feletti értékekkel találkozunk és ezek még mindig alacsonyabbak, mint a legtöbb csepegő vízben mért érték (13. táblázat). Ha a Tó jelenlegi szulfáttartalma is csak a fedőkőzetből származna, abban az esetben 60 éve is hasonló szulfátion koncentrációval kellett volna találkozniuk a vizsgálatot végzőknek.

13. táblázat: A szulfát ionok (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) koncentrációja (mg/l)

Mérőhelyek	1948	1950 1960	1960 1970	1984	1985	1987 -88	1992	1999	2001	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<b>Pál-völgyi-barlang</b>															
1. Meseország						171-281	215								
2. Rocken-bauer-terem						179-218	60								63,6 6
3. Térképész-ág						62-70	205								
4. Z-folyosó				330		94-120									
5. Csurgatórium						100-138	72								
6. Hose-terem				219											268, 25
8. Titanic															64,3 9
<b>Mátyás-hegyi-barlang</b>															
1. Tó	12-40				175					104	107-125	130			
2. Tójárat						199-218	260		205						
3. Sírgödör						422-925	385		289, 8						
4. Cselédlépcső						358-900	250								
<b>József-hegyi-barlang</b>															
1. Vihar-terem						158-194	315								
2. Kinizsi-terem						225-337	285								
3. Fagyaltos						190-236									
4. Várterem						148-219	210								
5. Géza-kuckója						183-229	206								
<b>Szemlő-hegyi-barlang</b>															
1. Agyagos						77-168	131-151	131-150			85,9-98	239,5	114,4		
2. FTC-terem						137-400	132	104-141			100-103	140,3	166,8		
3. Örvény-folyosó						94-152	110	128-139			89,1	120			
4. Halál						136-168	140	75,9-124			110-113	161	98,8		
5. Föld szíve						165-200		127-167			113-115	159	135,8		
<b>Ferenc-hegyi-barlang</b>															
1. Elágazás						183-277	340								
2. Csepegővíz-terme						230-540	335								
3. Pillér-terem						220-340	40								
4. Hanni-terem						381-755									
5. II. főhasadék						138-194	140								
<b>Források</b>															
Lukács fürdő IV. kút		174-193	160-220	200	159	208,2	154							192-240	187-221
Lukács fürdő V. kút							120							202-216	211-221
Boltív-forrás kút		105-119	94,7-152	155,8		151	135							144-163	158-163
Római-forrás		96,2-123	70-161	135	113,6	231	140							182	163-192
Török-forrás		112-137	99-182	174,4	174,5	215,6	132							154-182	154-158

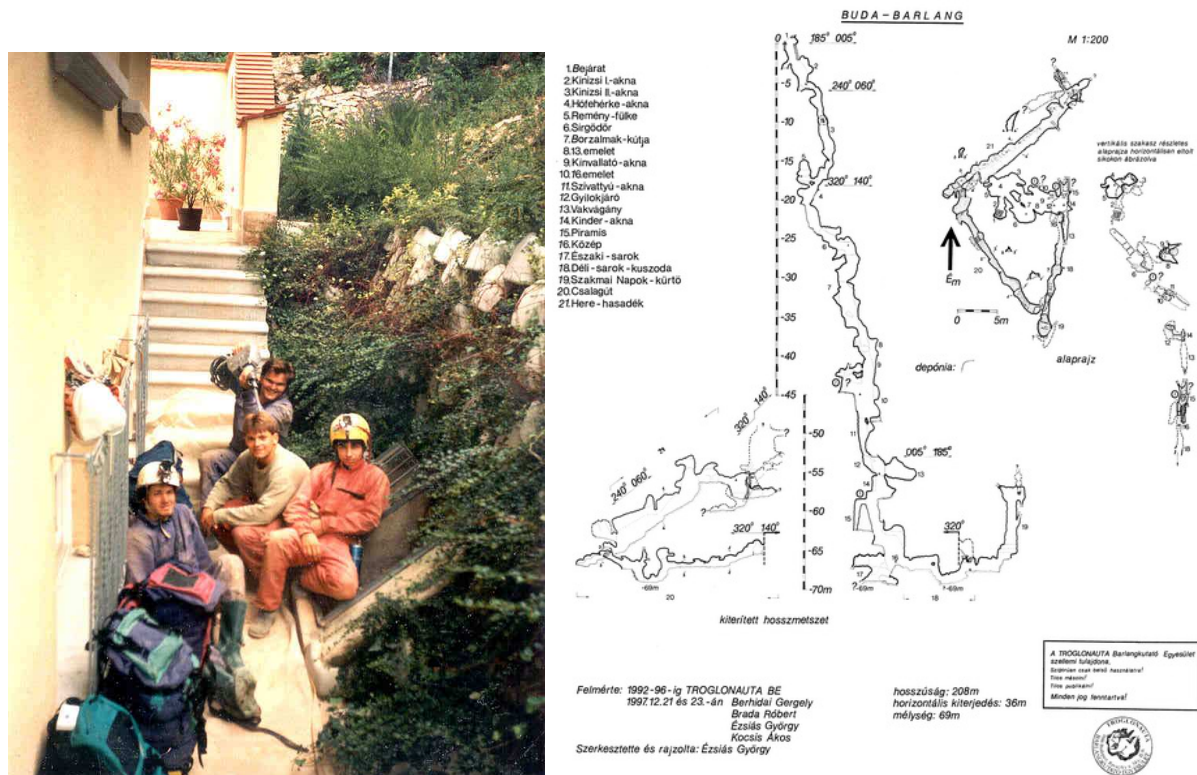
#### **4. A Buda-barlang sikertörténete és a Molnár János-barlang kálváriája.**

Végszóként álljon itt két példa arra vonatkozóan (bár sokkal többet is le tudnék jegyezni, sajnos főleg a negatív változatokból), hogy az urbanizáció nemcsak a kemikáliákkal, szennyezőanyagaival tehet kárt a barlangokban, hanem a törvények figyelmen kívül hagyásával és megkerülésével is. A jog túrési kötelezettséget ír elő a magánterületen lévő „ex lege” védettséget élvező barlangokra, azonban annak betartása csak az emberek hozzáállásán múlik.

A 4762-21 kataszteri szám alatti 69 m. mély Buda-barlang igazi sikertörténet a barlangászok és a tulajdonosok harmonikus együttműködését tekintve. A megkülönböztetett védelem alatt álló barlang magánterületen nyílik a II. kerületben (hrs. 15925/7), természetesen építkezés közben nyílt a felszínre 1991-ben (16 és 17. ábra). A barlang megkutatását követően - amit a kerület építési rendelete is előír - a Troglonauta Barlangkutató Egyesület 1992. húsvétján vette át a barlang kutatását. A csoport vezetője, Ézsiás György elmondta, hogy a tulajdonossal végig jó kapcsolatban voltak, a kutatási céllal érkező barlangászokat (természetesen előzetes egyeztetések után) mindig beengedte, sőt a hátsó kapuhoz saját kulcsot is adott. A barlang omlásveszélyes bejáratát keretbe foglalta, ajtót rakott rá. Az áramot is bevezette a barlangba, ezzel jelentősen megkönnyítve a kutatók munkáját. Mindezekért „cserébe” csak annyit kért, hogy a barlangkutatók maguk után a járdát hagyják tisztán (mossák fel). A csoport szívesen segített, pl. a barlang bejáratát és a közeli falépcsőt lefestették. A tulajdonos és felesége többször is járt a barlangban. A Buda-barlang kutatása jelenleg szünetel, 2003. decemberben történt az utolsó leszállás. 13 év alatt 252 kutatási napot töltött ott a Troglonauta Barlangkutató Egyesület, 250 fővel.

Úgy gondolom, a fenti példának természetesnek kellene lenni, de kevés hasonló akad. A következő eset a Molnár János-barlang története, pár mondatban. A fokozottan védett barlang a Budapest Gyógyfürdői és Hévízei Zrt. tulajdonában lévő Malom-tó melletti területen található, melyt az haszonbérleti szerződésbe adta az ún. Malomtó-Törökfürdő Projectnek (99 évre!) ([http 3](http://3)). A project ügyvezetője Szalay B., fürdőszállót kívánt felépíteni a területen. A Rózsadombi Kinizsi Barlangkutató és Hegymászó SE. - Leél-Őssy Sz. és Adamkó P., a terület kutatói, a táró és a Kessler-terem összekötői - többször is írásban tiltakoztak a KvVM-nél a Malomtó-Törökfürdő project területhasználatával kapcsolatban: pl. 2008. nyarán rendezvények során a tavat és környékét nyilvános WC-nek használták, mobil illemhelyet helyeztek az ingatlanra és használták is. A táróba, ami a barlangba vezet szemetet szórtak, stb.

A barlang megközelítése sokszor „akadályba ütközött”, a bűvárokat is egy időre kitiltották a területről. A Kulturális Örökségvédelmi Hivatal ugyan kiadta a szállóra az építési engedélyt, de a barlangkutatók fellebbezésére az most megbukni látszik. Jelenlegi álláspont szerint uniós támogatással újítanák fel a Török-fürdő területét és megnyitnák a barlangot a nagyközönség számára (http 4). Külön említendő, komoly probléma a felszín védőterülete. A barlang 2004-ig ismert járatai feletti terület ugyan belső védőterület alá esik, az addig ismeretlen, később feltárt részek felszíne azonban nincs védelem alatt! Így joggal vetődik fel az a kérdés, hogy lehet megóvni a barlangot és a fürdőket tápláló forrásokat egy esetlegesen ezen a területen jogszerűen megkezdett, azonban a belső védőterületen tiltott tevékenység káros hatásaitól. A válasz attól tartok egyértelmű: jelenleg nehezen.



16 és 17. ábra: A Troglonauta Barlangkutató Egyesület tagjai a Buda-barlang bejáratánál és a feltárt barlang térképe. (Fotó: Ézsiás György, 1992, térkép forrása: http1)

Mindez jó példa arra, hogy a természetvédelem lelkes, elhivatott és bátor katonái nélkül egy világon egyedi természeti kincs léte milyen könnyen veszélybe kerül.

## 5. Javaslatok

A barlangok léte, kinézete, állaga az emberek „jóindulatán” múlik. Hivatalos védelmével foglalkozó állami szerv, a Barlang- és Földtani Osztály a jogszabályok végrehajtója, de nem kutatóintézet. Az antropogén terhelésnek erősen kitett budai termálkarszton az urbanizáció hatását vízkémiai, bakteriológiai, aeroszol, kőzettani vizsgálatokkal lehet tudományosan kimutatni. Azonban erre a minisztériumi osztálynak sem megbízása sem kapacitása nincs. Ezeket a kutatásokat leginkább lelkes barlangászok és kutatók végzik és jelentésüket leadva, publikálva próbálnak tenni a védelem érdekében. Amennyiben anyagi és létszámbeli támogatást kapna a barlangkutatás, úgy fel lehetne deríteni az antropogén eredetű szennyezőforrások pontos helyét is. Ezek után már „csak” a jogszabályok betartását kéne a gyakorlatban is megvalósítani és a barlangokat érő káros hatások csökkenthetőek lennének.

Az egyedi védelem a barlangok esetében sem vezet célra, nem létezhet külön barlangvédelem, vízminőség-védelem, felszíni védőterület - hanem mind együtt vezet csak célhoz. Láthatjuk, hogy a Rózsadombon jelentkező felszíni antropogén eredetű szennyeződések a hegy lábánál fakadó forrásokon keresztül a hévizet is szennyezik, amiért a fürdőkben hasznosított vizek komoly kezelést és fertőtlenítést igényelnek. Ezért mindenki közös ügye a rózsadombon bevezetett korlátozások pontos betartása. A rózsadomb barlangokat rejtő mélyének felfedezése még nem fejeződött be, az utóbbi évek nagy „találásai” is ezt bizonyítják. Ezért a védőterületek átgondolása, kiterjesztése szükségszerű lenne.

A természettudatos életmódról mostanság sokat hallani, úgymond divatba jött a természetvédelem. Mégis kevés pozitív „barlangos” példáról hallottam és még kevesebb bizakodással találkoztam. Minden vitás, peres ügy gyorsan szárnyra kap a sajtó oldalain (főleg ha egy „celeb” is résztvevője) ezzel ugyan az emberek figyelmét a természetvédelem felé tereli, de csak egy rövid időre. Még több és jobb ismeretterjesztésre lenne szükség. Soha nem elég hangsúlyozni, hogy a természet által évmilliók alatt alkotott barlangokat ugyan el lehet pusztítani akár egy pillanat alatt, egy markoló mozdulatával is, azonban ezzel a mi és a gyermekeink örökségét vesszük el. Rózsadombon milliárdokért cserélnek gazdát az ingatlanok, ám a természetvédelem, a barlangászok és az én számomra a barlangok ennél többet érnek. A média szerepét nem szabad lebecsülni. Bárki, aki akár egy hír, cikk hatására megy el először barlangba vagy kezd el barlangászni a természetvédelem új harcosa lehet, amire nagy szükségünk van.

## 6. Összefoglalás

A budai termálkarszt, ezen belül is a Rózsadomb barlangjait és azokkal közvetlen kapcsolatban lévő József-hegyi forráscsoport antropogén eredetű terhelését kívántam kimutatni. Célom az volt, hogy a fellelhető első és utolsó vízkémiai és bakteriológiai méréseket felhasználva kimutassam az évtizedek alatt rohamosan növekvő beépítettségű termálkarsztot érő antropogén hatásokat, a szennyező komponensek változó értékeiből levonható következtetések alapján. A budai termálkarszt barlangjai fedetlen karsztterületen nyílnak, mely a vizet szűrés nélkül vezeti a mélybe. A csapadékvíz és a talajvíz a barlangokon keresztül egyenesen lejut a József-hegyi forrásokhoz, amivel közvetlen kapcsolatban áll. Maguk a barlangok is egykor az itt fakadó termálvíz járatai voltak, típusos hévizes barlangok annak jellegzetes formakincsével. A rózsadombi barlangokra egyedi keletkezésük, kitöltésük, képződményeik miatt felfedezésük óta megkülönböztetett figyelmet fordítanak, több fokozottan védett. Ezért is folytattak a területen 1947 óta vízkémiai és bakteriológiai méréseket, hogy a barlangok és a hévforrások kapcsolatát kimutassák, a szennyeződések helyét, terjedésének irányát és mértéket fel tudják mérni és annak megfelelően a legjobb természetvédelmi oltalmat biztosítsák számukra. Az 1947 és 2008 között végzett publikált jelentések, mérések felkutatásával a változásokra kívántam rámutatni. A több mint 60 évet felölelő adatsorok táblázatba rendezésével és elemzésével töltött hónapok után azt a következtetést vontam le, hogy a termálkarszt barlangjait érő antropogén terhelések egyértelműen kimutathatóak és a növekvő tendencia megfigyelhető. A heglábi forrásokban megjelenő magas bakteriális szennyezettség viszont nem a barlangokból leszivárgó szennyezés eredménye, hiszen a fentről érkező karsztvíz elenyésző mennyiséget jelent a mélykarsztból érkezőhöz képest. Valószínűbb, hogy ez a források feletti Molnár János-barlang és annak környezetének felszíni beépítettségének tulajdonítható. A világviszonylatban kiemelkedő jelentőségű barlangok és forrásai a szennyeződések megszüntetésével, a jogszabályok szigorításával és a felszíni védőövezet kiterjesztésével védhetőek meg.



## Köszönetnyilvánítás

Köszönetet szeretnék mondani azoknak a személyeknek, akiknek a segítségével szakdolgozatom nem jöhetett volna létre:

Adamkó Péter, Dr. Centeri Csaba, Egri Csaba, Ézsiás György, Fehér Katalin, Kiss Attila, Kiss Jenő, Dr. Leél-Őssy Szabolcs, Dr. Nyerges Miklós, Dr. Perényi Katalin, Takácsné Bolner Katalin

## Forrásmunkák jegyzéke

- Adamkó P., Dénes Gy., Leél-Őssy Sz. (1992): Budai Barlangok. Fővárosi Önkormányzat kiadványa, Budapest, 47 p.
- Arnold A. (1984): Theoretische Betrachtungen zur anthropogenen Beschleunigung des Verkarstungsprozesses durch Immission saurer Gase Aerosole und Staube Mitteilungen Verb. Dt. Höhlen- und Karstforschung, München, 30 (2) 24-26 p.
- Bársonyos J. (1973): Órizzük meg karsztvizeink tisztaságát! Karszt és Barlang, Budapest, 60: 3-4 p.
- Bognár L., Kiss J., (1986) A felszíni építkezések következtében megváltozó beszivárgási viszonyok esetleges károsító hatásáról a József-hegyi-barlang ásványképződésére. Szakvélemény, ELTE Ásványtani Tanszék, Budapest, 9 p.
- Bognár L. (1992): Barlangi ásványok és ezek szennyeződésének vizsgálata. PHARE 134. sz. project. XI. feladat, Kézirat, 23 p.
- Csepregi I. (2008): Barlangokkal kapcsolatos jogi ismeretek. In: Lénárt L. (2008): Barlangi Kutatásvezetői Ismeretek, Budapest, 342: 32-47 p.
- Egri Cs. (2008): Országos Barlangnyilvántartás, In: Lénárt L. (2008): Barlangi Kutatásvezetői Ismeretek, Budapest, 342: 48 - 67 p.
- Fehér K. (1995): Vízkémiai mérések a Szemlő-hegyi-barlangban. Környezeti Ártalmak és a Légzőrendszer V. 47-52 p.
- Fehér K., Kiss K., Kovács J., Kiss A. (2009): Beszivárgás - vizsgálatok a Rózsadombi termálkarszton. XIV. Karsztfejlődés Konferencia, Szombathely, 10 p.
- Gaál L. (1998-1999.): Barlangvédelem a harmadik évezred küszöbén, Karszt és Barlang, Budapest, 150: 51-52 p.

- Hazslinszky T., Nádor A., Szablyár P. (1993): Ajánlás a budai Rózsadomb és környéke termálkarsztja UNESCO Világörökség-listára történő felterjesztéséhez. Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat, Budapest, 64 p.
- Karip Gy. (1981): A Pál-völgy és környéke hidrogeológiája különös tekintettel a budai hévforrások vízminőségének védelmére. Szakdolgozat. Budapest, 61 p
- Katz B. G. (2004): Source of nitrate contamination and age of water in large karstic springs of Florida. *Environmental Geology* (46) 689-706 p.
- Leél-Őssy Sz. (1997) A József-hegyi-barlang geológiai viszonyai, fejlődéstörténete és a Rózsadomb környéki termálkarsztos barlangok genetikája. Kandidátusi értekezés, Budapest, 19 p.
- Leél-Őssy Sz., Adamkó P. (1987): Rózsadombi Kinizsi Barlangkutató és Hegymászó Sportegyesület összefoglaló jelentése és tanulmánya a „Rózsadomb” barlangkérdésével kapcsolatban. Kézirat. Budapest, 47 p.
- Lénárt L. (2008): Karszthidrogeológia, In: Lénárt L. (2008): Barlangi Kutatásvezetői Ismeretek, Budapest, 342: 192-223 p.
- Loberer Á., Maucha L. (1987) Hidrogeológiai szakvélemény a Rózsadomb komplex környezetvédelmi vizsgálatához. VITUKI, Budapest, 85 p.
- Mádlné Szőnyi J., Virág M., Eröss A. (2007): A Szemlő-hegyi-barlang csepegővizeinek vizsgálata a budai márga törmeléktacon történő beszivárgás értékelése céljából. *Földrajzi Közlemények CXXXI.* 4. szám, 371-388 p.
- Mészáros E., Várhelyi G. (1977): An attempt to estimate the continental sulphur emission on the basis of atmospheric measurements. *Atmospheric Environment*, 11 (2): 169-172 p.
- Némedi L., Szabó M., Hegedüs J., Pietraskó Gizella., Kessler H. (1978): A budai meleg és hideg karsztvizek keveredésének közegészségügyi vonatkozásai. *Budapesti Közegészségügy* (3): 65-70 p.
- Némedi L., Tardy J., Tomka J., Tóth B., Takácsné Bolner K., Somosi Gy. (1988): Higiénés vízvizsgálatok a rózsadombi barlangokban. *Budapesti Közegészségügy* (2): 46-51 p.
- Némedi L., Tomka J., Somosi Gy., Szmuk Á., Ladányi S. (1987): Antropogén hatások jelzése bakteriológiai vizsgálatokkal a budapesti ásványvizeknél. *Budapesti Közegészségügy* (4): 114-120 p.
- Nyerges M. (2008): Kémia barlangkutatóknak, In: Lénárt L. (2008): Barlangi Kutatásvezetői Ismeretek, Budapest, 342: 258-279 p.
- Perényi K. (2008): Vízkémiai vizsgálatok, In: Lénárt L. (2008): Barlangi Kutatásvezetői Ismeretek, Budapest, 342: 280-292 p.
- Sárváry I., Maucha L., Izápy G. (1992): Komplex geológiai vizsgálatok és fúrások a Rózsadomb környezetében: Vízkémiai, mikrobiológiai és izotóp vizsgálatok. PHARE 134. sz. project, VII feladat, Kézirat, 23 p.

- Sárváry I., Maucha L., Izápy G. (1992): :A barlangi nyelőképesség vizsgálata, PHARE 134. sz. project. VI. feladat, Kézirat, 6 p.
- Székely K. (1980): A barlangok védelme Magyarországon. Karszt és Barlang, Budapest, 48: 1-5 p.
- Székely K. (2003): Magyarország fokozottan védett barlangjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 428: 249-292 p.
- Szunyogh G., Kisbán J. (1992): A Ferenc-hegyi-barlang stabilitása és biztonsága, PHARE 134. sz. project. X. feladat, Kézirat,, 26 p.
- Takácsné Bolner K. (1984) A csepegő vizek szennyezettségének vizsgálata a Pál-völgyi-barlangban. Budapest, Kézirat, 28 p.
- Takácsné Bolner K., Tardy J., Nemedi L. (1989): Evaluation of the environmental impacts in Budapest's caves on the basis of the study of the quality of dripping waters, International Congress of Speleology, 634 – 639 p.
- Takácsné Bolner K. (1995): Acta Carsologica, Karst water protection problems indicated by dripping water analyses in Buda thermal karst area, Ljubljana, 523-534 p.
- Takácsné Bolner K. (1998): Cave protection problems and measures in the Rózsadomb region, Budapest. Subcity Kiadvány, MKBT, Budapest, 150: 7-11 p.
- Takácsné Bolner K. (2001): Cseppkő-pusztulási jelenségek vizsgálata a Pál-völgyi-barlangban. Karsztfelődés VI, Szombathely, 251-264 p.
- Takácsné Bolner K. (2004): Pál-völgyi-barlang, Print Nyomda Kft, Kecskemét, 79 p.
- Takácsné Bolner K., Tardy J. (1990): Adalékok a budapesti termálkarszt barlangjainak és a József-hegyi forráscsoport vízminőségének védelméhez. Magyar Vízgazdálkodás (2): 26 -28 p.
- Wein Gy. (1977): A Budai-hegység tektonikája. Magyar Állami Földtani Intézet Kiadványa, Budapest, 76 p.
- http1: <http://www.termeszetvedelem.hu>
- http2: <http://www.jozsefhegyi.extra.hu/>
- http3:<http://www.origo.hu/ingatlan/20080513-rozsadomb-malom-to-torokfurdo-hotelt-epitene-a-dakar-ralis-szalay.html>
- http4: [http://www.buvarinfo.hu/zartterimerulesek/2009/20090627\\_molnar\\_kedvezo.htm](http://www.buvarinfo.hu/zartterimerulesek/2009/20090627_molnar_kedvezo.htm)
- http5: <http://www.cave.hu/>
- http6: <http://users.atw.hu/szemlohegyi/kepnew.html>