

## A budavári barlang kútjainak hidrológiai vizsgálata

**Kivonat:** A budai Vár alatt húzódó üreg- és barlangrendszer hidrológiai vizsgálatát az 1970-es évek elején Kessler Hubert kezdte meg. Az ő vizsgálatait folytatta szerző a kilencvenes évek közepétől, mérve a barlangi kutak vízállását, vízhőmérsékletét, áramlási viszonyait, valamint elemezte a vizek kémiai tulajdonságait. A két mérési időszak eredményeinek összehasonlításával megállapította, hogy a kutak komoly depressziót szenvedtek, s a vizek erősen szennyezettekké váltak.

**Kulcsszavak:** hidrogeológia, barlang, kút, vízállás, vízkémia

### 1. Bevezetés

Készülő, a budai Várhegy hidrogeológiájával foglalkozó doktori disszertációmnak fontos része a barlangrendszerben található kutak vizsgálata. Célul tűztem ki, hogy terepi és laboratóriumi mérésekkel meghatározzam a kutak vízháztartását és vízminőségét. Vizsgálataimat a Budapesti Műszaki Egyetem Mérnökgeológia Tanszék doktoranduszként, majd később a FŐMTERV Rt. tervezőjeként végeztem. Munkámat számos szervezet és intézmény szakembere segítette, kutatásaim 1993 és 1996 között a Belügyminisztérium által támogatott Országos Pinceprogram keretében folytak.

### 2. Barlangok, üregek, pincék

A budai Várhegy mésztufaüregei eredeti kifejlődésükben szabálytalan, alacsony képződmények voltak, s ezeket az ember a történelem folyamán saját hasznára kívánta formálni. Ha kemény volt a mészkő a feketé vájták ki, ha fejtető volt, akkor a fötő és az oldalfalak irányában terjeszkedtek. Utóbbiakat sok helyütt felfalazták, a fötőt pedig pillérekkel alátámasztották (Kadič 1942). Az üregekbe befolyó víz összegyűjtésére kutakat ástak, melyeket sokszor a fötőtől a felszínig légaknákkal tettek könnyen hozzáférhetővé. A fent bemutatott folyamatok következtében mára számos elnevezés vált használatossá az üregek tekintetében. Hívjuk őket barlangnak, üregnek, pincének, mélypincének, barlangpincének, törökpincének, sziklapincének. Segítheti a fogalmak tisztázását, ha csoportosítjuk a Várhegyen található üregtípusokat. A leggyakoribb osztályozási mód a vertikális elhelyezkedés szerinti (Scheuer 1986) (*1. ábra*).

1. Legfelül helyezkednek el az épületek pincéi, a felszín alatt maximum 2 - 3 m mélyen. Ezek a pincék teljesen mesterséges kialakításúak.

2. A középső pinceszint az épületek alatt 3 - 8 m mélységben húzódik. Többségük kisebb - nagyobb természetes üreg lehetett a mészkőben, amiket aztán a lakók kibővítettek.

3. A harmadik szinten egyedi és összefüggő pincéket találunk. Az összefüggő pincerendszer egy részét nevezzük Nagy Labirintusnak. A harmadik szint üregei eredetileg a hévizes barlangképződés eredményeként jöttek létre, mai formájuk legnagyobb részét azonban a fent bemutatott átalakításoknak köszönhetik. Fő kiterjedési irányuk megegyezik a kőzetekben jelentkező repedések irányával.

Visszatérve az elnevezések helyes használatára, a csoportosításból kitűnik, hogy az első csoport elemeit csak pincének hívhatjuk, a második csoport elemeit üregeknek,

sziklapincéknek és mélypincéknek, míg a harmadik csoport elemeit barlangoknak, barlangpincéknek, az egyedi elemeket pedig szintén nevezhetjük üregeknek és sziklapincéknek.

A csoportosítás annyiban pontosításra szorul, hogy egy erősen leegyszerűsített modellt alkot, mivel a valóságban az üregrendszer magassági értelemben sokkal változatosabban helyezkedik el, mint a rendszerezési szisztéma szerint. (A Nagy Labirintus termeinek többsége 10 - 15 m-re húzódik a felszín alatt, ám van teljes egészében természetes eredetű és állapotú üreg, amely csak néhány méterre található a felszíntől.)

Az összefüggő barlangpincék összes alapterülete kb 18.000 m<sup>2</sup>, a különálló üregek összterülete kb 4.000 m<sup>2</sup>. Jelenlegi ismereteink szerint természetes eredetű üregek csak a Polgárváros alatt találhatók (**2. ábra**).

A barlangpincék kutatásakor két alapvető problémával találjuk magunkat szemben:

1. Nincs hiteles, pontos térkép a területről.
2. Nincsenek tisztázva a tulajdonviszonyok.

Mindkét hiányosság leküzdésére komoly próbálkozások történtek az elmúlt tíz évben, az első probléma megoldására biztató jelnek tűnik a tavalyi évben megkezdett kisebb terület térképezése, a második nehézség megoldása azonban úgy tűnik még hosszab ideig várat magára.

### 3. Barlangi kutak vizsgálata

Az előző pontban említett barlangi kutak vizsgálatával számos információ nyerhető a Várhegy vízháztartásáról.

A megtalálható és azonosítható kutak száma folyamatosan csökkent az idők folyamán. A XVII. század derekán 75 (Zolnay 1961), 1908-ban 28 kútról írtak (Szontagh 1908), 1938-ban már csak 13 kutat vizsgáltak (Horusitzky 1939), az 1951-es térképeken 26 kutat jelöltek meg. A jelenlegi kutatások alkalmával összesen 20 kút került a látókörünkbe. Már a Kessler H. által 1971-ben feltárt kutak közül is több azonosíthatatlanná vált.

A térképezés a kutak magassági elhelyezkedése szempontjából a legfontosabb, ez elengedhetetlen a hidrogeológiai kutatások folytatásához. A régi adatok több kútnál jelentősen eltérnek egymástól, a saját szintezési eredményeim is sok helyen komoly kérdéseket vetnek fel: a kutak egymáshoz képesti elhelyezkedése, relatív viszonyuk több esetben is ellentmondásos.

Kessler H. vizsgálatai idején a kutakat beszintezték, ám az adatoknak nyoma veszett. Csak a mért vízállás adatok maradtak meg, s azokhoz viszonyítva határoztam meg a kutak magassági paramétereit. Az üregek (barlangok) pontos és korszerű, szakemberek által végzett felméréséig fenntartásokkal kell fogadni a vertikális értékeket. Ugyanakkor a vízállásokra, s néhány kút egymáshoz viszonyított helyzetére vonatkozó megállapítások így is érvényesek, a tendenciák igazak (gondolok itt a Hadik és a Mamutfogas kút összehasonlítására, a vízállások egymáshoz képesti változására, a csapadékkal és a közművekkel összefüggésbe hozható változásokra), csak nem minden esetben pontosak.

Az újabb vizsgálatoknál a kutak számokkal való jelölését elvetettük, mivel a régi vizsgálatok alakalmával minimum 5 féle számozást vezettek be (Horusitzky 1938, Kessler 1971, Debreceni Búvárklub 1994, 1996, Hajnal 1995). A kutak "keresztapja" Sásdi László volt, az Ariadne Barlangkutató Csoport vezetője, akivel a legújabb méréseket végeztük.

### 3.1. Vízállás

A barlangi kutak vízállásainak mérése viszonylagos rendszerességgel eddig három időszakban történt. Az első időszak 1970. 09. 06-tól 1971. 05. 30.-ig tartott (Kessler 1971). E kilenc hónap alatt heti gyakorisággal mértek 12 kútat. A második alkalom 1994. április elejétől közel egy évig tartott, amikor 7 kútra (Labirintus, Mamutfogas, Hadik, Német, Mérőórás, Barlangos, É-labirintus) vízszint-mérő műszert szereltünk fel. A műszerek elvileg folyamatos regisztrációra voltak képesek (Hajnal 1995).

A harmadik időszakban 1998 júniusától 2000 januárjáig mértük a vízszinteket, körülbelül havi egy méréssel tíz kút vízállását regisztráltuk. Az első időszak adatainak elemzése alapján próbálkoztunk a második időszakban a vízszint-mérő műszerek telepítésével. Ezeknek a műszereknek ugyanis a szerkezeti kialakításuk miatt közel 5 cm-es holtjátékuk van a damil nyúlásából következően, ám Kessler H. mérései több esetben is ennél az értéknél jóval nagyobb vízszintingadozást mutattak egy-egy kútnál. A legkisebb heti változás 33 mm (Barlangos kút), a legnagyobb pedig 170 cm volt (Bövényes kút). Ennek ellenére a második időszakban kizárólag konstans vízállásokat sikerült regisztrálnunk, ezért a műszereket egy év után leszereltük. (Igaz, csak 5 kút - Mamutfogas, Hadik, Német, Mérőórás, Barlangos - volt azonos a vizsgálati periódusokban. Sajnos a kutak vizsgálatait nem a tudományos célkitűzések határozták meg, hanem a mélypincékbe való lejutási lehetőségek.)

Ezért csak az első és a harmadik mérési időszak eredményeinek értékelése lehetséges. Ábrázoltam az 1970-es, és az 1998-as időszak vízállásgörbéit (**3. - 12. ábra**). Fontos megjegyezni még, hogy az első periódus vízállásai csak vízállásgörbéken maradtak fenn, táblázatos formában az adatok nem álltak rendelkezésre, mérési jegyzőkönyveknek, konkrét adatoknak nincs nyoma. Ezért az adatfeldolgozás és az ábrázolás rendkívül nehézkes volt.

Az első mérési időszakban a **Bövényes** és a Vendégekőnyves kútnál történt "vízkimerítés" (Kessler 1971) 1970. novemberének első napjaiban. Előbbi kút vízállása 1971 elejétől több mint 600 mm-t emelkedett, majd egy hosszabb csökkenő periódus után ismét gyorsan emelkedett (**3. ábra**). Ez az áprilisihez képest közel ötszörös májusi csapadéknövekedés hatására következett be. A saját méréseink idején még egyértelműbben követte a kút vízállása a csapadék mennyiségét, ami a ritkább észlelések ellenére is egyértelműen megállapítható. A kút átlagos víznívója a két mérési időszak között 1,40 m-t esett.

A hetvenes években a **Nagy kút** vízjátéka volt az egyik legkisebb (a maximális heti változás 38 mm volt), az 1998-ban kezdődő adatsor jóval szeszélyesebb (**4. ábra**). A csapadék mennyiség változásainak megfelelő előjellel változtak a vízállások, ennek mértéke az összes kút közül itt a legnagyobb. Az előjel helyesség az 1999-es júniusi csapadékmaximum alkalmával felborult, ugyanis a kút vízállása, minden addigi mértéket meghaladóan süllyedt, mégpedig az addig feltételezett 157,6 m Af kútfenék szint alá (!) közel 40 cm-el. Ez azonban csak úgy volt lehetséges, ha a kút fenekét időközben újból kitisztították, amiről konkrét adatok nem állnak a rendelkezésemre. Valószínűsíthetően a tisztítás idején a vizet folyamatosan szivattyúzták. Bár lehetséges, hogy a víz mozgását csak a csapadék mértéke befolyásolta a többi mérés időpontjában, fontos figyelembe venni, hogy ez a kút van az egyik legjobban kitéve a nem kívánt emberi beavatkozásoknak. A kút átlagos vízszintje közel 1,0 m-t süllyedt a két mérési időszak között.

A **Kávészó kút** - ahogy a neve is elárulja -, a másik legveszélyeztetettebb vízadója a Nagy Labirintusnak, mivel egy vendéglátóipari egység területén található. A legtöbb szemét, cigarettacsikk, papír, stb., ebben a kútban szokott előfordulni. Az első mérési

időszakban változóan reagált a csapadéokra, mivel a novemberi magas értékeket rugalmasan követte a vízállás, míg az 1971. májusi magas csapadéokra semmilyen változás nem következett be (**5. ábra**). A több mint 1,2 m-es víznívó-csökkenést szenvedett kút vízállása az újabb mérések idején csak nagyon kis mértékben változott, s egyáltalán nem reagált a júniusi csapadék maximumra.

A **Vendégkönyves kút** az egyetlen, amelynek nem csökkent a víznívója a két mérési időszak között, sőt egy néhány cm-el meg is emelkedett (**6. ábra**). Érdekes, hogy mindkét méréssorozat elején érzékenyen reagált a vízállás a csapadéokra, s mindkét sorozat második felében hatástalanok maradtak a nagyobb csapadékok is. Ez azonban nem magyarázható semmilyen természeti jelenséggel, ugyanakkor a Labirintus D-i részének legnedvesebb pontján helyezkedik el ez a kút.

A **Mamutfogas kút** vízállása az első mérési időszakban lomhán, a második mérési időszakban pedig viszonylag élénken követte a csapadék mennyiségek változását (**7. ábra**). Viszont a kiugróan magas csapadék egyik periódusban sem okozott komoly változást. Az átlagos víznívó a többi kúthoz viszonyítva csak kis mértékben - 60-80 cm-el - csökkent.

1971 elejétől február végéig a **Hadik kút** vízállása 370 mm-t emelkedett, ami ebben az időszakban az egyik legnagyobb érték volt (**8. ábra**). Ennek a tendenciának okai nem ismertek, a csapadék mennyiségével nem hozható összefüggésbe. Viszont az utolsó mérési időszakban igen, a kút vízállása érzékenyen reagált a csapadéokra. Az átlagos víznívó 1,4 m-t csökkent.

A **Török kút** vize kicsit korábban mint a Hadiké, 1970 végén emelkedni kezdett, s ez a tendencia a következő év elején is folytatódott (**9. ábra**). Ezt csak részben okozhatta a csapadék, viszont az 1971. májusi emelkedést már teljes mértékben. A legújabb mérésekkor ez a kút érezte meg legkevésbé a csapadék hatását, a vízállás alig változott. A kút átlagos víznívója viszont az egyik legnagyobb mértékben, 1,8 m-el csökkent.

Nagy átlagos vízszint-csökkenés következett be a **Német kútnál** is, közel 2,0 m-es volt a vízszintesítés (**10. ábra**). A hetvenes években többször ellentétes változások történtek a vízállásoknál, mint ahogy azt a csapadék befolyásolta volna, míg az új méréseknél lomhán követte a csapadékot a kút vízállása. Az 1999. júniusi csapadéokra ez a kút reagált az egyik legérzékenyebben.

A **Mérőórák kút** vízjátéka mindkét időszakban csekély volt, ugyanakkor a 2,6 m-es átlagos vízszintsüllyedés a legnagyobb az összes kút közül (**11. ábra**).

Ugyanekkora (2,6 m) süllyedés következett be a **Barlangos kútnál** is, s a lomha vízjárás is hasonló az előző kútéhoz, ám a Német kútnál tapasztaltakhoz hasonlóan, ennek a kútnak a vize emelkedett meg a legjobban az 1999 júniusi csapadék hatására (**12. ábra**).

A többi (a következőkben tárgyalt) vizsgálatok figyelembevételével is több érdekes momentum is leírható a kutak vízállásai kapcsán.

1. A Barlangos és a Mérőórák kút vize együtt mozgott egy-egy mérési időszakban, és a szinte teljesen azonos, 2,6 m-es vízszintesítésből következően vélhetően a mérési időszakok között is. Ez alól csak az 1999 júniusi mérési adat jelent kivételt (**13. ábra**).
2. A Barlangos és a Német, valamint a Mamutfogas és a Hadik kút vízállása reagált párban egyformán az évszázad egyik legnagyobb havi csapadékára.

3. Az első mérési időszakban a Török és a Hadik kút vízállása emelkedett kiugróan magasra a viszonylag nagy téli csapadék hatására, és valószínűleg emberi beavatkozás következtében is.
4. A Hadik és a Mamutfogas kút vízjárása szinte azonos görbét ír le az új mérési időszakban (**14. ábra**).
5. A Vendégkönyves kút kivételével minden kút átlagos vízszintje jelentősen csökkent, 0,8 m-től 2,6 m-ig. Az ezekben mutatkozó komoly eltérés kizárja a rossz szintezési adatokból következő hibákat.
6. A legkisebb vízoszlop a Nagy kútban mutatkozott (lehet a fenék tisztítása miatt!), a legnagyobb a Mamutfogas kútban, ahol sokszor a 3 m-t is meghaladta.
7. Az első méréssorozat idején a Barlangos, a Mérőórási, a Nagy kút alig, a Német kút pedig ellentétesen reagált a csapadéokra.

### 3.2. Hőmérséklet

A múlt század elején egy-két alkalommal megmérték néhány kút vizének hőmérsékletét, többségük 12 °C -os volt (Szontagh 1908).

Ugyancsak néhány adat áll rendelkezésre 1938-ból (Horusitzky 1938), amikor 13 kút víz hőmérsékletét regisztrálták. Az értékek 10,5 és 13,85 °C között változtak. Ebben a mérési időszakban 8 és 11 °C volt a levegő hőmérséklete az üregekben.

Az első hosszabb adatsor 1970-71-ben született (Kessler 1971), akkor a kút vizek hőmérséklete 10,6 és 15,8 °C között változott, és a víz hőmérséklet többé kevésbé követte a levegő hőmérséklet változását. A mérések eredményei itt is csak grafikus formában feldolgozva maradtak meg, a görbékről leolvasott minimum, maximum értékeket közlöm (kerekítve!) kutanként. A legújabb méréseket az 1998-ban végeztük, körülbelül havi gyakorisággal, Sásdi L. vezetésével (**1. táblázat**).

#### 1. táblázat. A barlangi kutak víz hőmérséklete

Kutak	1970 - 1971.		1998 - 1999.	
	min. °C	max. °C	min. °C	max. °C
Bövényes	13	14	13,7	16,0
Nagy	14	15	14,3	18,0
Kávészó	13	14	16,2	17,6
Vendégkönyves	12	13	15,3	17,2
Mamutfogas	14	15	12,0	14,0
Hadik	15	16 (15,8)	10,0	14,5
Török	12	14	11,5	14,0
Német	13	14	12,0	14,3
Mérőórási	13	14	13,0	14,8
Barlangos	11 (10,6)	13	14,1	16,0

A legalacsonyabb értéket a Hadik kútban (10 °C), a legmagasabbat a Nagy kútban (18 °C) mértük. A minimum értékeket kivétel nélkül az 1999. január 4.-i regisztrálás alakmával mértük, a maximumok a nyári hónapokban, vagy koraősszel születtek. Az első méréssorozat adatai jóval kiegyenlítettebb képet mutatnak a másodikénál. Az egyes kutak minimumai között 4 °C, a maximumok között csupán 3 °C, míg az újabb méréssornál a minimumoknál 6,2 °C, a maximumoknál pedig 4 °C volt a különbség.

(Érdekes, hogy a Hadik kútban volt az első esetben a maximum, a második esetben a minimum hőmérséklet. Ennek okát abban látom, hogy ez a kút, illetve barlangszakasz közvetlen kapcsolatban van a felszínnel a főtében található nyitott kürtön keresztül. Ezért a léghőmérséklettel egyidejűleg a vízhőmérséklet is érzékenyebb lehet a meteorológiai hatásokra.)

A két idősor minimum értéke 10,6 és 10 °C gyakorlatilag megegyezett, míg a maximumoknál 2 °C -os növekedés történt. A második adatsor egyenetlenségei között megfigyelhető az a tendencia, hogy a Labirintus D-i, vizsgálataink idején hasznosított, és így helyenként fűtött részen a vízhőmérsékletek átlagosan 2°C-kal magasabbak, mint a Labirintus É-i részén található kutaknál. Ez alól csak a Barlangos kút a kivétel.

### 3.3. Vízáradóképeség

A barlangi kutak vízáradóképeségét 1970-ben vizsgálták először (Kessler 1971), majd az 1990-es évek közepén a Debreceni Búvárklub (DBK) szakemberei végeztek méréseket több alkalommal is (Debreceni Búvárklub 1994a, 1994b, 1996) (2. táblázat).

#### 2. táblázat. Barlangi kutak vízáradóképesége

kutak vízáradóképesége	1971.	1993.	1994.	1996.
	(l/nap)			
Dísz tér 15.	-	-	480,00	1008
Mély	3,9	-	3,84	-
Bövényes	16,0	-	14,40	-
Vendégkönyves	43,0	-	-	-
Labirintus	-	1296	744,00	720
Mamutfogas	-	-	43,20	-
Mérőórás	-	744	480,00	-
Barlangos	-	552	38,40	-
Ciszterna	9,3	-	-	-
É-i Labirintus	-	-	89,12	528
Rendőrség	-	-	5.400,00	7.200
Táncsics M. 5.	-	-	10.080,00	12.000
Táncsics M. 15.	-	-	13.000,00	12.000
Fortuna 21.	-	-	1.440,00	1.440

A táblázatból látható, hogy nagyon kevés mérés történt és csak rövid ideig tartottak. A vízhozamokat a leszivattyúzott kutak visszatöltődési idejéből számították. Ennél az eljárásnál pedig fokozottan igaz az “egy mérés, nem mérés” elve. Sajnos két kút hozamáról egyáltalán nincsenek információink (Nagy és Hadik), ami a vizsgált paraméterek összevetésekor is nagy hátrányt jelent.

A meglévő eredményekből mégis levonható néhány fontos következtetés. A Polgárváros É-i részén található kutak vízáradóképesége két-három nagyságrenddel nagyobb, mint a D-i részen található kutaké. Ez alól csak a Dísz tér 15. számú ház alatti kút kivétel. Vízáradóképeség szempontjából négy területre osztották a Polgárvárost (Debreceni Búvárklub 1994), ami ennyi mérésből elhamarkodott megállapítás lehet, helyességét további mérésekkel kell igazolni. Véleményem szerint két fő terület létezése viszont bizonyos. Az első a Mély, a Bövényes, Vendégkönyves, Mamutfogas esetleg Hadik kút térsége, a második a Táncsics Mihály utca, Fortuna utca és az Országház utca É-i részét magába foglaló terület (Mérőórás, Barlangos, É-i Labirintus, Rendőrség, Táncsics Mihály 5. és 15., Fortuna u. 21.) (2. ábra).

A Mély és a Bölényes kút értékeinél látható, hogy a nagy időpontbeli eltérés ellenére a hozamok szinte teljesen megegyeztek a két mérés alkalmával. Az 1993-as és az 1994-es eredmények különbségei figyelhetők meg három kútnál: a Labirintus és a Mérőórás kút hozama közel a felére, a Barlangosé pedig egy nagyságrenddel csökkent. Bár egy-egy kút vizsgálatának pontos időpontját nem tartalmazzák a jelentések, a dokumentumok dátumozása szerint 1993 végén, illetve 1994 januárjában mérték a visszatöltődéseket. Ezért a fenti három kútnál a jelentős vízhozamcsökkenés kapcsolatba hozható a csapadék mértékének változásával. Ugyanis 1993 októberében 134,9 mm csapadék hullott, ami rendkívül nagy mennyiség, az utána következő hónapokban pedig rendre: 82,3, 53,1 és 43,7 mm. Tehát feltételezhető, hogy az első mérés idején a nagy csapadék hatására jóval több víz raktározódott a kőzetben, mint később. Kessler H. szerint a kutak vízutánpótlódása nem közvetlenül a csapadékból, hanem a rétegekben tárolt statikus vízkészletből történik. Erre a visszatöltődéskor mért hőmérséklet emelkedésből következtetett (Kessler 1971).

A Labirintus kútjának 1996-os vizsgálatakor regisztrált hozam viszont nem változott a két évvel korábbihoz képest. A Tánics Mihály utca két kútja minden alkalommal 10.000 l/nap fölötti hozammal rendelkezett.

A rendőrség alatti Országház utca 9 - 11. pinceszakasz kitüntetett szereppel bír a Polgárváros É-i részén. Itt egykor szivattyú gépház állt, amelynek tönkrement berendezéseit a DBK szakemberei automata bűvárszivattyúra cseréltek. A szivattyúzsompba a labirintus környékbeli csatornái, és a falazaton kívülről csurgók vannak bekötve. Feltehetően ennek a kútnak a vízutánpótlódása nagyobb területről származik, mint a többi kúté.

Fontos volna részletesebben megvizsgálni ennek a területnek a földtani adottságait, mind a vízáadó rétegek, mind pedig az esetleges törések szempontjából.

### 3.4. Vízkémia

A barlangi kutak vizeinek múlt század eleji kémiai vizsgálatainak eredményeit több tanulmány is rögzíti (Szontagh 1908, Horusitzky 1938).

Az 1970-es átfogó kútvíz vizsgálatok alkalmával a FŐMTERV Rt. vegyi laboratóriumában végezték az elemzéseket. Az 1994-es vizsgálatok a BME, Vízellátás - Csatornázás Tanszék laboratóriumában (Hajnal 1995), míg 1998-tól ismét a FŐMTERV Rt. laboratóriumába készültek. A két labor egymástól eltérő típusú vizsgálatokra rendezkedett be, ennek következtében az adatok sokszor nem vethetők össze egymással, a grafikonokon többször nem szerepelnek a 94-es adatok, viszont abból az időből részletes oldott elem vizsgálati eredmények állnak rendelkezésemre. A grafikonokon az MSZ 448/31 kutakra vonatkoztatott tűrhető határértékeket tüntettem fel. Összehasonlításképpen közlöm a magyar karszterületeken jellemző víztípusok vízminőségi szélsőértékeit (Maucha 1989).

pH

A vizek pH értéke 7 - 8,5 között mozog, lényeges változások az egyes kutaknál nem tapasztalhatók (**3. táblázat**). Egyedül a Rendőrség alatti zsompban mértünk 6,5-ös pH-t, aminek az lehet a magyarázata - ahogy már az előző pontban említettem -, hogy ez a kút lényegesen nagyobb területről táplálkozik, mint a többi, és a csapadékkal, és a barlangi közművekkel is intenzív kapcsolatban áll.

### 3. táblázat. Kutak vízkémiai vizsgálata, pH érték

Kávészó	Nagy	Vendég-	Bölényes	Mamut-	Mérő-	Né-	Labirin-	Barlan-	Rendő-	Ha-	Észlelési idő
---------	------	---------	----------	--------	-------	-----	----------	---------	--------	-----	---------------

		könyves		fogas	órás	met	tus	gos	ség	dik	
8,3	7,6	8,5	8,2	7,7	8	8,4		7,9		8,1	1970.11.16.
8,5	8,3	8,6	8,3	7,9	8	8,6		8,3		8,2	1971.02.11.
				7,9	8,3	8,1	7,5	8,1	8	7,8	1999.04.28.
7,8	7,8	8,1	7,8								1999.05.04.
7,4	7,4	7,2	7,7	7,9	7,6	7,5		7,8		7,7	1971.05.23.
7,8	7,6	8,1	7,7								1999.07.19.
				7,9	8,2	7,6	7,8	8	6,6	8,2	1999.07.20.
7,6	7,9	7,9	7,8								1999.11.16.
7,6	7,6	7,5	7,6								2000.01.19.

## Mg<sup>2+</sup>

A magnézium jelenlétét a legújabb vízmintáknál vizsgáltuk részletesen. Az Mg<sup>2+</sup> a kőzetoldódásból származhat (pl. gellérhegyi ásványvíz), a szennyvízhez nincs köze. Éppen ezért meglepőek a kiugró mértékű változások a néhány hónap különbséggel végzett vizsgálatoknál. A vizsgált 11 kútból hatnak a vízében nem voltak nagy változások, a többi 5 kútban sokszorosára nőtt, vagy éppen csökkent a magnézium tartalom két mérés között (**4. táblázat**). A Kávézó és a Barlangos kút 120 mg/l körüli értéke közel a kétszerese a hévízkutaknál mért értékeknek (70 mg/l). A magnézium uralkodóan a dolomit alkotója, így elképzelhető, hogy a forrásvízi mészkő valamilyen mértékben dolomitot is tartalmaz, ahogy azt néhány talajmechanikai fúrás leírásánál jelezték is (FÖMTERV 1971). Az aggteleki karszton végzett kutatásoknál megállapították, hogy a szárazabb periódusokban a vizekben az Mg-ion tartalom nagyobb mértékben feldúsul, mint ami a vízgyűjtőterületen a mészkő és a dolomit terület arányából következne (Maucha 1998).

### 4. táblázat. Kutak vízkémiai vizsgálata, Mg<sup>2+</sup>-tartalom

Kávézó	Nagy	Vendég-könyves	Bölnyes	Mamut-fogas	Mérő-órás	Német	Labirintus	Barlangos	Rendőrség	Hadik	Észlelési idő
				57,5	58,4	70,9	67,1	125,5	63,2	75,7	1999.04.28.
41,2	49,8	55,6	78,6								1999.05.04.
19,2	34,5	27,8	63,2								1999.07.19.
				28,7	11,5	69,9	54,6	33,5	48,9	49,8	1999.07.20.
23,4	39,4	26,2	82,5								1999.11.16.
115,3	62,8	14,1	65,6								2000.01.19.

## Na<sup>2+</sup>

A vegyészek véleménye szerint a nátrium túlnyomó része ezen a területen a sózásból származhat. Ezért érdekes az egyes kutak közötti nagyságrendi eltérés, mivel a vizsgálatok olyan időszakban történtek, amikor nem sózhattak (1994. VII. és IX. hó). A nagy nátrium tartalmú kútvezetekben kicsi emelkedés, a kis nátrium tartalmúakban enyhe csökkenés volt tapasztalható (**5. táblázat**). Csak ennek az elemnek a figyelembevételével arra lehet következtetni, hogy a Barlangos és a Hadik kút hosszú ideig nem ereszt el a vizét (esetleg a Labirintus kút is ide sorolható, de abból csak egy vízmintavétel történt), míg a többi kútnál elszivárog, illetve friss vízzel keveredik a kútvíz.

### 5. táblázat. Kutak vízkémiai vizsgálata, Na<sup>2+</sup>-tartalom

Mamutfogas	Mérőórás	Német	Labirintus	Barlangos	Rendőrség	Hadik	Török	Észlelési idő
81,49	68,3	107,3		386,6	25,33	315,7		1994.07.06.
78,14	66,38	35,12	197,2	415	19,02	364,6	109,5	1994.09.21.

## NH<sub>4</sub><sup>+</sup>



A kútvezetekben az ammónium jelenléte egyértelműen szennyeződésre utal. Az eredmények alapján egy kút sem áll állandó kapcsolatban a csatornahálózattal, de egy-egy nagyobb szennyezés többször is megfertőzött néhány kút (6. táblázat). A Kávézó kút vize 2000-ben, míg a Vendégkönyves kút vize 1970-ben szennyeződött erősen, s minden mértéket meghaladt a Barlangos kút vizének 1971 februári ammónia tartalma (20,1 mg/l). Ez közel hússzorosa a hévízkutak szokásos értékeinek.

**6. táblázat. Kutak vízkémiai vizsgálata,  $NH_4^+$ -tartalom**

Kávézó	Nagy	Vendégkönyves	Bövényes	Mamutfogas	Mérőórás	Német	Labirintus	Barlangos	Rendőrség	Hadik	Észlelési idő
0,6	1,2	3,4	0,6	0,6	1,2	0,6		1,2		0,6	1970.11.16.
0,2	0,2	1,4	0,2	0,2	0,2	1		3,5		0,2	1971.02.11.
				0,4	0,4	0,4	0,6	0	0,2	0,4	1999.04.28.
1	0,2	0,4	0,2								1999.05.04.
0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4		0,4		0,2	1971.05.23.
0	0,4	0,1	0,1								1999.07.19.
				0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1999.07.20.
0,2	0,2	0,2	0,2								1999.11.16.
1,8	0,2	0,8	0,2								2000.01.19.

$NO_3^-$

Az  $NO_3^-$  is szennyvíz jelenlétére utal. A grafikonon látható, hogy a mérések időpontjában csak a Labirintus és a Rendőrség kútjában fordult elő, hogy a nitrát tartalom nem lépte túl a tűrhető, 80 mg/l-es határértéket. Kiugróan magas értéket a Mérőórás és a Hadik kút vízmintáinál tapasztaltunk (7. táblázat). Időben mindegyik kútnál csökkenő tendencia figyelhető meg, ami részint a szennyező forrás (csatorna) hibáinak kiküszöbölése miatt is lehetséges, részint pedig annak, hogy a csapadékvíz is és a vezetékes víz is hígítja az  $NO_3^-$ -at. Tehát a Mérőórás kút csökkenő értékei a csapadékkal való szoros kapcsolatot jelenthetik, míg a Nagy kút viszonylag tartós, a határérték feletti nitrát tartalma gyenge kapcsolatot feltételez a csapadékkal.

**7. táblázat. Kutak vízkémiai vizsgálata,  $NO_3^-$ -tartalom**

Kávézó	Nagy	Vendégkönyves	Bövényes	Mamutfogas	Mérőórás	Német	Labirintus	Barlangos	Rendőrség	Hadik	Észlelési idő
85	128	115	110	75,8	644	177		16		414	1970.11.16.
74	106	174	136	64,8	500	168		0,5		43,2	1971.02.11.
				180	144	190	60	144	48	170	1999.04.28.
8	208	28,8	96								1999.05.04.
106	78	100	88	56	397	140		0,03		38	1971.05.23.
0	181,8	16,4	14,5								1999.07.19.
				143,6	136,4	138,2	12,7	83,6	20	23,6	1999.07.20.
2	190	60	116								1999.11.16.
0	168	16	118								2000.01.19.
80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	Határérték

$NO_2^-$

Az  $NO_2^-$  meghatározására jóval kevesebb vizsgálat történt mint az előző paraméterre, de itt is jól látható, hogy minden kút vize többszörösen túllépte a 0,1 mg/l-es határértéket (8. táblázat). A Barlangos kút sokszoros határérték túllépése (28 mg/l!) ugyanarra az időre esett, mikor a kút vizének ammónia tartalma is rekordot döntött.

**8. táblázat. Kutak vízkémiai vizsgálata,  $NO_2^-$ -tartalom**

Kávézó	Nagy	Vendégkönyves	Bövényes	Mamut-	Mérő-	Né-	Labirin-	Barlan-	Rendőr-	Ha-	Észlelési idő
--------	------	---------------	----------	--------	-------	-----	----------	---------	---------	-----	---------------

zó		könyves		fogas	órás	met	tus	gos	ség	dik	
0,5		0,5				0,1					1970.11.16.
0,1	0,1	0,5	0,1		0,5	0,3		28		0,1	1971.02.11.
				0	0	0	0	0	0	0,5	1999.04.24.
0	0,4	0	0,1								1999.05.04.
0,03				0,5	0,03	0,5					1971.05.23.
0	0,5	0	0								1999.07.19.
				0	0	0,1	0	0	0	0	1999.07.20.
0	0	0,2	0								1999.11.16.
0	0,1	0,5	0								2000.01.19.
0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	Határérték

## Cl<sup>-</sup>

A magas klór tartalom élénk kapcsolatot feltételez a felszínnel, mivel származhat sózásból, illetve kisebb mértékben vezetéki vízből. A vári kútvezetek többsége az ázott kutak túrt határértékét (30 mg/l) jelentősen túllépte (**9. táblázat**). A Bölényes, a Labirintus és a Barlangos kutakban lévő vizekben mértek több alkalommal is 1000 mg/l körüli Cl<sup>-</sup> tartalmat, s a Hadik kút vize is többször érte el a 600 mg/l körüli értéket. Érdekes, hogy a kiugró eredmények a nyári méréssorozat alkalmával születtek, tehát a magas klórtartalmat akkor nem a sózás eredményezte.

### 9. táblázat. Kutak vízkémiai vizsgálata, Cl<sup>-</sup>-tartalom

Kávészó	Nagy	Vendég-könyves	Bölényes	Mamutfogas	Mérő-órás	Német	Labirintus	Barlangos	Rendőrség	Hadik	Török	Észlelési idő
				148	134	50	438	1076	36	580	208	1994.09.21.
				280	163,3	213	923	1420	177,5	710		1999.04.28.
42,6	184,6	74,6	994									1999.07.19.
				319,5	220,1	319,5	1136	1491	177,5	532,5		1999.07.20.
249	337	99	1136									1999.11.16.
142	355	71	994									1999.11.17.
249	533	107	923									2000.01.19.
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	Határérték

## SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

A szulfát oldódhat kőzetből, betonból és gipszből is. Több kút vize (Kávészó, Mamutfogas, Labirintus, Rendőrség, Hadik) egyszer sem érte el a 300 mg/l-es határértéket. Négy kútnál is az 1999. 07. 20.-i mintavételezéskor volt a legkisebb a szulfát tartalom (**10. táblázat**). Ebben a kémiai paraméterben háromszor is maximumot ért el a Nagy kút vize, s az eddig több elem alapján is szennyezettnek ítélt Barlangos kút vize is sok szulfátot tartalmazott.

### 10. táblázat. Kutak vízkémiai vizsgálata, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-tartalom

Kávészó	Nagy	Vendég-könyves	Bölényes	Mamutfogas	Mérő-órás	Német	Labirintus	Barlangos	Rendőrség	Hadik	Észlelési idő
185	997	224	393	225	374	304		485		145	1970.11.16.
170	1120	220	360	210	380	320		452		160	1971.02.11.
				100	100	270	230		250	210	1999.04.28.
	310		310					330			1999.05.04.
288	1024	354	385	222	375	294		434		163	1971.05.23.
		154	250					400			1999.07.19.
				100	100	80	100		230	269	1999.07.20.
	480	250	440								1999.11.16.
290	480	210	170								2000.01.19.
300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	Határérték

Vezetőképesség, Oxigénfogyasztás

Négy kút vize (Bölényes, Nagy, Barlangos és Hadik) haladta meg a talajban szivárgó vizek vezetőképességét (1600  $\mu\text{s}$ ) (**11. táblázat**). A vezetőképesség vizsgálata azonban csak nagyon ritkán valósult meg, hasonlóan az oxigénfogyasztáshoz. Mindkét paraméternél a Rendőrség alatti kút vize érte el a minimumot (**12. táblázat**). Az oxigénfogyasztás egy kútban sem érte el a 3,5 mg/l-es határértéket.

**11. táblázat. Kutak vízkémiai vizsgálata, Vezetőképesség**

Mamutfogas	Mérőórás	Német	Labirintus	Barlangos	Rendőrség	Hadik	Török	Észlelési idő
1280	1330	1420		3800	690	2080		1994.07.06.
1080	1190	670	1800	3380	530	2050	1700	1994.09.21.

**12. táblázat. Kutak vízkémiai vizsgálata, Oxigénfogyasztás**

Mamutfogas	Mérőórás	Német	Labirintus	Barlangos	Rendőrség	Hadik	Török	Észlelési idő
2,8	2,72	3,44		2,48	1,84	2		1994.07.06.
3,04	2,8	2,96	2,48	1,68	1,04	2,08	2,8	1994.09.21.

$\delta^{18}\text{O}$  mérés

Az MTA Atommagkutató Intézetében (Debrecen) vizsgálták meg 8 kút vizét  $\delta^{18}\text{O}$  módszerrel, a kutakban található hálózati víz részarányának kimutatására (Debreceni Búvárklub 1996).

Szokás szerint délről északra haladva mutatom be a kapott eredményeket (**13. táblázat**).

**13. táblázat. A barlangi kutakban kimutatott hálózati víz részaránya (Debreceni Búvárklub 1996.)**

Kutak	Hálózati víz részaránya (%)
Dísz tér 15.	61,9
Labirintus	9,9
Hadik	0,0
É-i labirintus	0,0
Táncsics M. 5.	75,0
Rendőrség	71,6
Táncsics M. 15.	78,6
Fortuna 21.	55,9

**3.5. Áramlási viszonyok**

Az 1970-es vizsgálatok idején vízállás változásokból igyekeztek meghatározni az áramlási viszonyokat (Kessler 1971). A kutak közötti kommunikáció meghatározására egyidejű próbaszivattyúzást és vízfestést alkalmaztak (Debreceni Búvárklub 1994). Kessler H. a vízfestést azért nem tartotta indokoltnak, mert szerinte a területen olyan kicsi a szivárgási sebesség, hogy a vizsgálat évekig tartana. Az újabb vizsgálatok csak részben igazolták ezt a feltételezést, mivel néhány kút szoros kapcsolatot mutat egymással. A vízállásokból feltételezett áramlási irányok nem bizonyosodtak be, sőt egyes esetekben megcáfoltuk azokat (Hadik és Mamutfogas kút esetében).

Az 1994-es próbaszivattyúzás a következő eredményeket hozta:

A Dísz tér 15. ház alatti kút leszívására a Nagy kút vize kis mértékben (2 cm) reagált.

Az É-i Labirintus kút leszívására érzékenyen reagált a Rendőrség kút vize (15 cm), viszont fordított esetben (utóbbi kút szivattyúzásakor) nem reagált az É-i Labirintus kút vize.

A Török kút szivattyúzását egy környező kút (Hadik, Német) sem érezte meg.

A vízfestéses vizsgálat komoly eredményt a Táncsics Mihály u. 15. számú kútvíz vizsgálatokhoz hozott, mivel a fluoreszcénes víz megjelent a Várlejtőn, a Kagyló lépcső mellett.

#### 4. Összefoglalás

Ebben a pontban először a kutankénti megállapításokat összegzem táblázatos formában (**14. táblázat**), majd az általános észrevételeket veszem sorra.

##### **14. táblázat. A barlangi kutak vízvizsgálatainak főbb eredményei**

Kút	Csapadék-kapcsolat	Víz hőmérséklet	Vízadó-képesség	Közmű-kapcsolat	Áramlás
Dísz tér 15.	-	-	közepes	vezetési víz	Nagy kút felől
Mély	erős	-	kicsi	-	Dél felé
Bövényes	erős	magas	kicsi	-	-
Nagy	közepes	magas	-	szennyvíz	Dél felé
Kávészó	gyenge	magas	-	-	-
Vendég-könyves	közepes	magas	kicsi	-	-
Labirintus	-	-	közepes	-	-
Mamutfogas	közepes	követi a léghőmérsékletet	kicsi	-	-
Hadik	erős	nagyon élénk léghőmérséklet követés	-	szennyvíz	nem kommunikál
Török	gyenge	követi a léghőmérsékletet	-	-	nem kommunikál
Német	közepes	követi a léghőmérsékletet	-	szennyvíz	-
Mérőórás	közepes	követi a léghőmérsékletet	közepes	szennyvíz	-
Barlangos	közepes	magas	közepes	szennyvíz	-
Ciszterna	-	-	kicsi	szennyvíz	-
É-i labirintus	-	-	közepes	-	Észak felől
Rendőrség	-	-	nagy	vezetési víz	Észak felől
Táncsics Mihály u. 5.	-	-	nagy	vezetési víz	-
Táncsics Mihály u. 15.	-	-	nagy	vezetési víz	Észak felé
Fortuna u. 21.	-	-	közepes	vezetési víz	-

Általános megállapítások:

1. A vízkémiai vizsgálatok bebizonyították, hogy egy kútban sincs ivóvíz minőségű víz.
2. A csapadékatatok függvényében vizsgált vízállásváltozások, a kémiai paraméterek, és a próbaszivattyúzások eredményeinek figyelembevételével megállapítható, hogy a kutak között nincs olyan mértékű kommunikáció, amelyet Kessler H. feltételezett.

3. Vízadóképeség szempontjából a terület két jól elkülöníthető - É-i, és D-i - részre osztható.
4. A kútvizek hőmérséklete szorosan összefügg a léghőmérséklettel.
5. Jelentős víznívósüllyedés következett be valamennyi kútnál, átlagosan 2m-es volt a depresszió a két mérési időszak között. (Ennek oka a jelentős ivóvíz-betáplálás csökkenésben keresendő, melyre disszertációm "Vízmerleg" fejezetében részletesen kitérek.

Javaslom monitoring-rendszer kiépítését, amely lehetővé tenné a további, egyidejű vizsgálatok elvégzését. Megfelelő számú adat ismeretében lehetővé válna a rendszer olyan mélységű modellezése, mely az egyre gyakrabban bekövetkező havária események (útbeszakadások, csőtörések, kőzetmozgások) gyors orvosolást is segítené.

### **Köszönetnyilvánítás**

Köszönöm témavezetőmnek, Dr. Kleb Bélának (BME) szakmai útmutatását.  
Köszönöm Sásdi Lászlónak (Ariadne Barlangászcsoport) és Czako Lászlónak (Debreceni Búvárklub) a barlangi méréseknél nyújtott folyamatos segítségüket.  
Köszönöm Olasz Gézánnak (FŐMTERV Rt.) és Perényi Ágnesnek (BME) a vízvizsgálatok kémiai elemzését.

### **Irodalom**

- Hajnal, G. (1995): A budai Várbarlangok hidrológiája, *Karszt- és Barlangkutató*, 10. pp. 211-223.
- Horusitzky, H. (1939): Budapest Duna - jobbparti részének geológiai viszonyai. *Hidrológiai Közöny*, 18 (1938). p. 404.
- Kadič, O. (1942): A budavári barlangpincék, a várhegyi barlang és a Barlangtani Gyűjtemény ismertetése. *Barlangvilág*, 12 (3-4). pp. 49-75.
- Kessler, H. (1971): A budai Várbarlangban végzett hidrológiai mérések értékelése. Kézirat (FŐMTERV 30.891)
- Maucha, L. (1989): A karsztvizek jelentősége és kutatása hazánkban. *Karszt és Barlang*, 1989 (1-2). pp. 67-76.
- Scheuer, Gy. (1986): A budai Vár-barlang geológiai vizsgálata, geológiai állapotfelmérés. Kézirat, Bp., p. 67.
- Szontagh, T. (1908): A budai várhegyi Alagút hidrogeológiai viszonyai - Jelentés a Várhegyi Alagút vizesedésének okairól. Bp., p. 23.
- Zolnay, L. (1961): Buda középkori vízművei. *Történelmi Szemle*, pp. 16-55.

Debreceni Búvárklub jelentései:

Összefoglaló jelentés a budai Várbarlang 1993. máj. 29. - 1994. jan. 28. között vizsgált és tisztított kútjainak hidrogeológiai megfigyeléseiről (kézirat, 1994.)

Jelentés a Tánicsics u. 15. sz. kút állapotfelméréséről, összefüggés-vizsgálatáról és próbaszivattyúzásáról (kézirat, 1994.)

Jelentés a budai Várnegyed 8 kútjának és 2 forrásának vizsgálatáról, melynek célja a vizek hálózati részarányának meghatározása (kézirat, 1996.)

Hajnal Géza, egyetemi tanársegéd  
Budapesti Műszaki Egyetem  
Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

A cikket a Hidrológiai Közlöny szerkesztősége 2001. szeptember 17-én elfogadta.