

VIRÁG MAGDOLNA

**A SZEMLŐ-HEGYI-BARLANG CSEPEGŐ VIZEINEK
VIZSGÁLATA A RÓZSADOMBI TÖRMELÉKTAKARÓN ÁT
TÖRTÉNŐ BESZIVÁRGÁS ÉRTÉKELÉSE CÉLJÁBÓL**

Diplomamunka



Témavezető: Mádlné Dr. Szőnyi Judit

Konzulensek: Zihné Dr. Perényi Katalin

Erőss Anita

Siklósy Zoltán

ELTE-TTK FFI Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék

Budapest

2008

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉSEK.....	3
2. A HIDROGEOLOGIAI KÖRNYEZET BEMUTATÁSA	4
2.1 TOPOGRÁFIA	4
2.1.1 A terület lehatárolása, természeti adottságok	4
2.1.2 Területhasználat változása	6
2.2 KLÍMA	8
2.3 GEOLÓGIA	9
2.3.1. A Budai-hegység földtani fejlődéstörténete.....	9
2.3.2. A rétegtani egységek rövid hidrogeológiai szempontú leírása	10
2.3.3. A Budai-hegység szerkezetfejlődése.....	12
3. A BUDAI TERMÁLKARSZT.....	13
3.1 A BUDAI TERMÁLKARSZT ÁRAMLÁSI RENDSZERE	13
3.2 A RÓZSADOMB KÖRNYEZETÉNEK FÖLDTANA	14
3.3 A RÓZSADOMBI BARLANGOK	16
3.4 SZEMLŐ-HEGYI-BARLANG	20
3.3.1 Kutatástörténet.....	20
3.3.2 A barlang jellemzői.....	22
4. EPIKARSZT-TÖRMELÉKTAKARÓ ÉS HIDRAULIKAI FUNKCIÓJA A RÓZSADOMBON	23
4.1 AZ EPIKARSZT ÉS HIDRAULIKAI SZEREPE	23
4.2 A RÓZSADOMBI TÖRMELÉKFEDŐ JELLEMZÉSE	25
4.3 EMBERILEG BEFOLYÁSOLT BESZIVÁRGÁS	28
5. KUTATÁSI KONCEPCIÓ.....	28
5.1 ELŐZMÉNYEK	28
5.2 KUTATÁSI HIPOTÉZIS	30
6. VIZSGÁLATI ÉS ÉRTÉKELÉSI MÓDSZEREK.....	31
6.1 TEREPI VIZSGÁLATOK	31
6.1.1 Barlangi vizsgálatok	31
6.1.2 Felszíni vizsgálatok.....	37
6.2 LABORATÓRIUMI ELEMZÉSEK	39
6.3 TÉRINFORMATIKA.....	42
6.3.1. Vizsgálatok forrásai és módszere.....	42
6.3.2 Felszín vizsgálata.....	44
6.3.3 Barlang vizsgálata	46
6.4 KÉRDŐÍVEZÉS	49
6.5 FELDOLGOZÁSI MÓDSZEREK	49
6.5.1 Vízmintaadatok feldolgozása	49
6.5.2 Területhasználat adatok feldolgozása.....	50
7. FELSZÍNKÖZELI TÖRMELÉKTAKARÓ MINŐSÍTÉSE.....	51
8. TERÜLETHASZNÁLAT ÉRTÉKELÉSE.....	54
8.1 ADATOK	54
8.1.1 Térinformatika	54
8.1.2 Kérdőíves adatok	56
8.2 TERÜLETHASZNÁLATI GYAKORLAT	57
8.3 BARLANGJÁRATOK JELLEMZÉSE	66
9. CSEPEGŐHELYEKRE VONATKOZÓ ÉRTÉKELÉS	69
9.1 ADATOK	69
9.2 CSAPADÉK	69

9.3 CSEPEGŐHELYENKÉNTI ÉRTÉKELÉS	73
9.4 ÖSSZEHASONLÍTÓ ÉRTÉKELÉS	118
10. KÖVETKEZTETÉSEK.....	132
10.1 ÉRTELMEZÉS.....	132
10.2 DISZKUSSZIÓ	135
10.2.1 Stabilizotóp-adatokkal történő összehasonlítás	135
10.2.2 Összehasonlítás más karszterületek vízmintáival.....	137
11. ÖSSZEGZÉS.....	140
12. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	142
13. IRODALOMJEGYZÉK	144
14. ÁBRÁK, KÉPEK ÉS TÉRKÉPEK JEGYZÉKE:	149
15. MELLÉKLET.....	153

1. Bevezetés, célkitűzések

A Budai-hegység részét képező Rózsadombon és környékén a lakóövezetben számos hévizes eredetű barlang található: különleges keletkezésmódjuknak, méreteiknek, formakincsüknek és ásványkiválásaiknak köszönhetően Budapestet a „barlangok fővárosának” is nevezik. A jelenleg ismert körülbelül 150 darab, több mint 46 kilométer összhosszúságú barlang közül 5 jelentős méretekkel rendelkezik: teljesen szárazzá vált a Pálvölgyi-Mátyáshegyi-barlangrendszer (19000 méter: Magyarország 2. leghosszabb barlangja, 122,6 m vertikális kiterjedés), a Ferenc-hegyi-barlang (6000 méter hosszúság, 85 méter vertikális kiterjedés), a József-hegyi-barlang (5677 méter hosszúság, 105,8 méter vertikális kiterjedés), és a Szemlő-hegyi-barlang (2201 méter hosszúság, 50,4 méter vertikális kiterjedés) ma már pusztulási szakaszban van (LEÉL-ŐSSY SZ. 1995; ORSZÁGOS BARLANGNYILVÁNTARTÁS). A karsztvíz szintjében elhelyezkedő Molnár János-barlang (5500 méter felmért, 6000 méter feltételezett hosszúság, 96,6 méter vertikális kiterjedés) (ORSZÁGOS BARLANGNYILVÁNTARTÁS) pedig jelenleg is aktívan oldódik, formálódik.

A Budai Termálkarszt egyik fontos alrendszere a felszínnel közvetlenül érintkező törmelékfedő, epikarszt. Ez szabályozza a felszínre hulló csapadék beszivárgásának folyamatát, ezáltal a telítetlen zónába történő vízbejutást, - közvetetten - a karsztvízhez érkező utánpótlást. A Rózsadomb száraz barlangjai - a telítetlen zóna feltárásával - lehetőséget biztosítanak az epikarsztot elhagyó víz csepegőhelyenkénti mennyiségi és minőségi elemzésére. A csepegés és csapadék adatok összevetése információval szolgál az epikarszton át történő beszivárgási folyamatok jobb megértéséhez. A természetes környezetben előforduló epikarsztokkal szemben azonban, itt emberi tevékenységek - elsődlegesen építési, közműfektetési munkák - révén megzavart állapotot találunk.

Diplomamunkámban a Szemlő-hegyi-barlangban végzett szisztematikusan csepegésmennyiség-mérésekkel és az összegyűjtött vízminták kémiai elemzésével, valamint ezeknek a csapadékkal és a felszínborítással történő egyidejű tanulmányozásával a barlang fölötti törmelékzóna beszivárgás-közvetítő hatását vizsgálom. E kérdés fontos barlangvédelmi szempontból, hiszen csaknem teljesen beépített terület alatti barlangról van szó. Ugyanakkor a beszivárgás a Lukács-fürdőt tápláló források utánpótlódásához is adalékkal szolgálhat.

A kutatás során a csepegő vizek kémiai összetételének a vízmennyiséggel és a csapadékkal történő együttes értékelése, a Budai Márgában kialakuló törmelékes fedőn vagy epikarszton át történő beszivárgás időbeli folyamatának jobb megértését segíti, egyúttal jelzi a barlangot a felszínről érő antropogén hatásokat.

A helyszín kiválasztása részben személyes indíttatású: öt és fél évig dolgoztam a Szemlő-hegyi-barlangban idegenvezetőként, így itt rendszeresen volt alkalmam a különböző intenzitású csepegési helyeket is megfigyelni és bizonyos összefüggéseket megállapítani. A járatok aránylag kis összhosszúságának (2201 m) valamint a kiépítésnek köszönhetően a legtöbb szakasz viszonylag könnyen megközelíthető, ezért lehetőséget kínál a rendszeres terepbejárásra, megfigyelésekre és vizsgálatokra.

A munka az ELTE-TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet Általános és Alkalmazott Földtani Tanszékén a Budai Termálkarszton folyó kutatásba illeszkedik és az Erdélyi Mihály Alapítvány támogatásával valósulhatott meg.

2. A hidrogeológiai környezet bemutatása

2.1 Topográfia

2.1.1 A terület lehatárolása, természeti adottságok

A Szemlő-hegyi-barlang tanulmányozásának földrajzi keretet a Rózsadomb ad, amely földrajzilag a Hármashatár-hegy csoport DK-i elvégződése. A terület legmagasabb pontja a Látó-hegy (376 m), erózióbázisa pedig a 104 m tengerszint feletti magasságban elhelyezkedő Duna, amely egyúttal a természetes langyos és meleg források fakadási szintje is. A tágabb értelemben vett Rózsadomb kb. 10 km² kiterjedésű terület, és a Vaskapu-hegy - Látó-hegy - Remete-hegy - Mátyás-hegy (301 m) - Ferenc-hegy - József-hegy (234 m) - Rókus-hegy térségét foglalja magába. A területen belüli kisebb hegyek a Ferenc-hegy, Szemlő-hegy, József-hegy, Rókus-hegy és a szűkebb értelemben vett Rózsadomb (195 m). Természetes határai DNY-on az Ördögárok tektonikus eredetű völgye, K-en és ÉK-en a Duna és annak egykori ártere, ÉNy-on az Apáthy-szikla, É-i határa pedig a Remete-hegyet a Kecské-hegytől (384 m), illetve a Látó-hegyet a Kecské-hegytől elválasztó nyergek vonalában húzódik. (2.1-2 kép) Közigazgatási szempontból a terület nagyobbik, Szép-völgytől DNY-ra fekvő része Budapest II. kerületéhez, kisebbik része pedig a főváros III. kerületéhez tartozik. (HAZSLINSZKY et al. 1993)

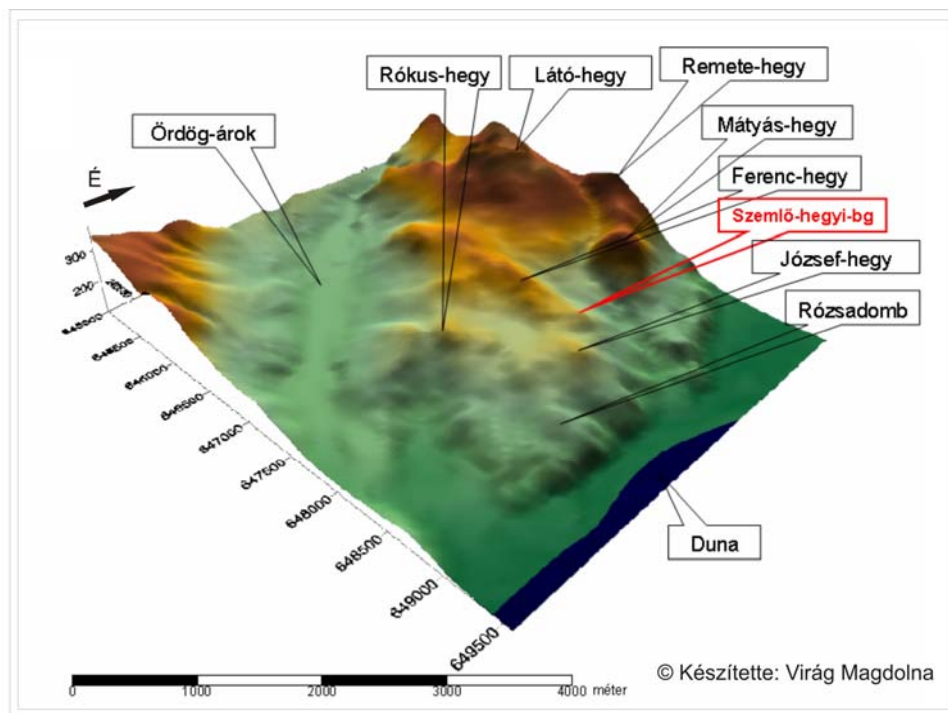


2.1 kép: A Rózsadomb látképe D-i irányból



2.2 kép: A Rózsadomb látképe K-i irányból

A völgyektől viszonylag meredek lejtőkkel elhatárolódó területen belül a domborzat inkább domb-, mint hegyvidék jellegű. (HAZSLINSZKY et al. 1993) A Rózsadomb felszínén a beépítést megelőzően sem voltak megfigyelhetők karsztjelenségek: hiányoznak a karsztvidékeken jellemző karmezők, töbrök, és víznyelők. (TAKÁCSNÉ BOLNER K.– TARDY J. 2003) (2.1 térkép) Állandó felszíni vízfolyások nincsenek, esetleg időszakosan a Szép-völgy vezetheti a vizet jelentősebb záporok alkalmával (HAZSLINSZKY et al. 1993).



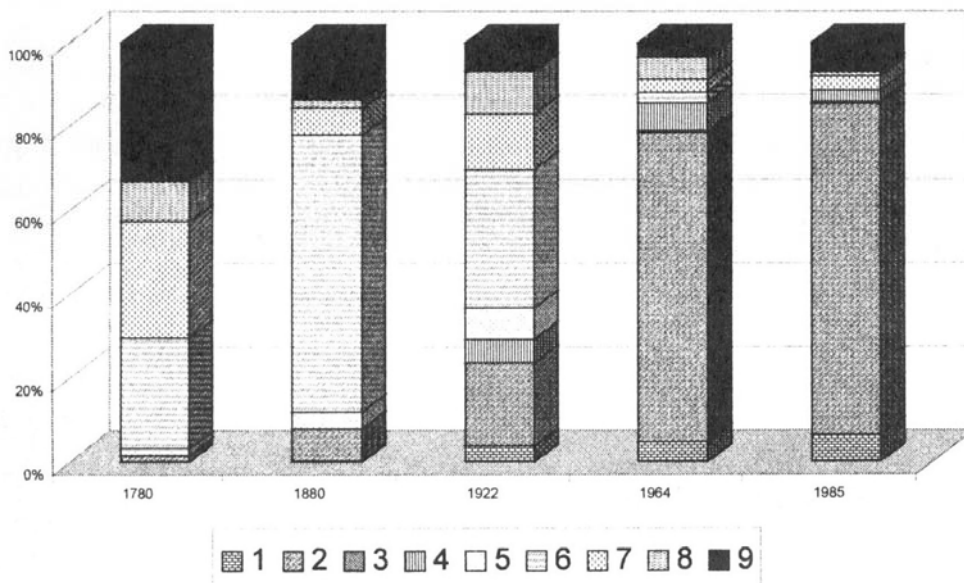
2.1 térkép: A tágabb értelemben vett Rózsadomb területi lehatárolása és domborzata

2.1.2 Területhasználat változása

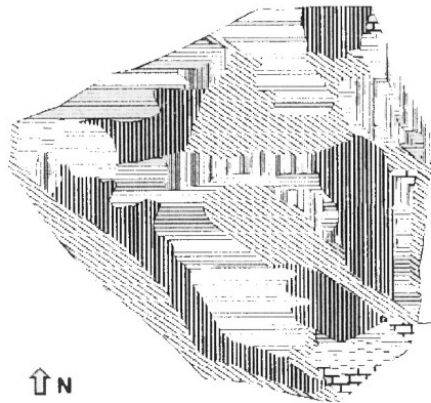
A Rózsadombon és környékén az utóbbi kétszáz évben jelentősen átalakult a területhasználat. A természetes növénytakaró lombos erdő volt. A kedvező éghajlati adottságoknak köszönhetően az erdő nagy részét kiirtották, a helyére szőlőket, gyümölcsösöket telepítettek (a szőlő a nagy filoxerajárványt követően teljesen kipusztult). A domborzat átalakítása a XIX. század végén – XX. század elején működő 4 nagyobb és számos kisebb kőfejtőben történő mészkő kitermelésével kezdődött. A peremi részeket már a XX. század első felében szinte teljesen beépítették, a '70-es években pedig már a magasabban fekvő területeken is megkezdődtek az intenzív családi- és társasház építkezések. Napjainkra a beépítettség szinte teljessé vált. Erdők már csak a Duna-Ípoly Nemzeti Parkhoz tartozó Budai Tájvédelmi Körzet területén: a Látó-hegyen, a Remete-hegyen, a Mátyás-hegyen és a Ferenc-hegy tetején találhatóak, és ezek parkerdő jellegűek. (HAZSLINSZKY et al. 1993)

MARI L. (In MARI L.– FEHÉR K. 1999) különböző évekből (XVIII.-XX. század) származó topográfiai térképekből, ezek légi és űrfelvételekkel történő összehasonlításából levezetett felszínborítás térképek készítésével és különböző térképek elemzésével, összevetésével az utóbbi kétszáz év területhasználatának változásait vizsgálta a Rózsadombon. Az 1785-ből származó első katonai felmérés, az 1880-as harmadik katonai felmérés, az 1922-ből, 1964-ből és 1985-ből származó topográfiai térképek alapján minden időszakra megrajzolta a felszínborítás térképeket. Már az első katonai felmérés térképei sem mutatják az eredeti, természetes állapotot, azonban a vizsgált időszakok közül ezek az 1785-ben készített térképek állnak hozzá a legközelebb. Itt a felszínborítás kategóriái csak a mezőgazdasági területhasználat jeleit mutatják leginkább, de jó alapot biztosítanak a későbbi bonyolultabb területhasználatok vizsgálatához. A topográfiai térképek, a légi és űrfelvételek alapján történt a kilenc felszínborítás kategória meghatározása.

TERÜLETHASZNÁLAT VÁLTOZÁS 1780-TÓL 1985-IG

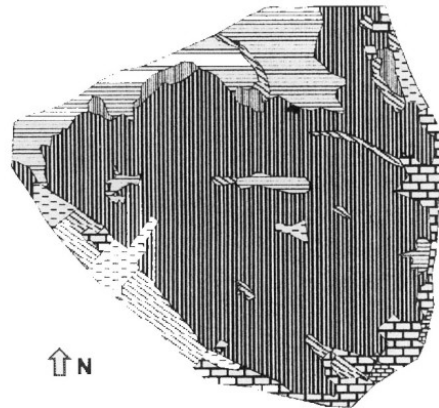


TERÜLETHASZNÁLAT 1780-BAN



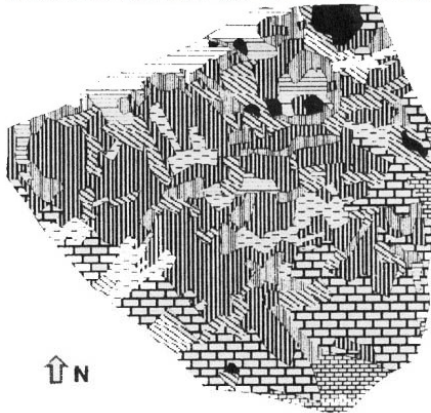
↑ N

TERÜLETHASZNÁLAT 1880-BAN



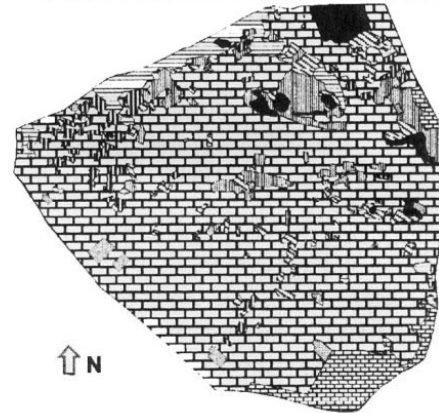
↑ N

TERÜLETHASZNÁLAT 1922-BEN



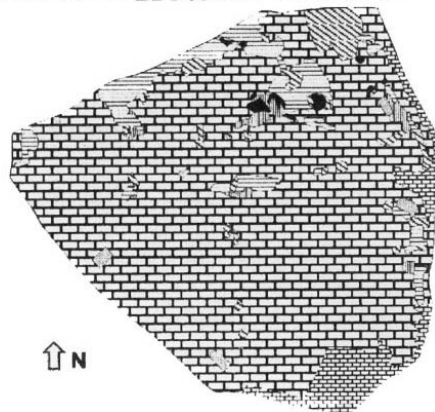
↑ N

TERÜLETHASZNÁLAT 1964-BEN

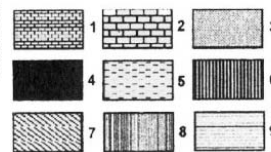


↑ N

TERÜLETHASZNÁLAT 1985-BEN



↑ N



2.1 ábra: A területhasználat változása (jelmagyarázat: 1. összefüggő városi szerkezet; 2. nem összefüggő városi szerkezet; 3. sportpályák; 4. kőfejtő; 5. megművelt terület; 6. gyümölcsfák, szőlőskertek; 7. füves területek; 9. erdő) (MARI L. 1999)

A térképeken és diagramokon (2.1 ábra) jól látható a természetes felszínborítás gyors ütemű visszaszorulása a beépített területek számának növekedésével szemben. A XVIII. században a terület 42,7%-át borította erdő vagy bozótos; ez az arány 8,1%-ra csökkent. Ezzel szemben a beépített területek aránya 1785-ben még csak 1,6% volt, azonban 1985-ben már 85,3%.

A jelenlegi (2004.) felszínborítást a 2.2 térkép mutatja.



0 1000 2000 3000 4000 méter

Készítette: Virág Magdolna

**2.2 térkép: A tágabb értelembbe vett Rózsadomb jelenlegi felszínborítása
(forrás: GoogleEarth)**

2.2 Klíma

Budapest éghajlata általában nem tér el az ország éghajlatától. A mérsékelt égövön belül az éghajlati tényezők közül – a földrajzi helyzettől eltekintve - a nyugati szélnek van jelentős szerepe, mert az hozza a különböző légtömegeket, amelyektől a hőmérséklet, a csapadék mennyisége és minősége is függ. Az évi átlagos középhőmérséklet 11 °C, minimuma 9,0 °C (1940), maximuma 12,8 °C (1791), ez alapján 3,8 °C ingadozás mutatható ki. A júliusi átlag a Budai-hegységben 19 °C, szemben a belvárosban mérhető 22 °C-kal. Télen a hegyvidék magasabb részein a januári átlag 2,5 °C. Az évi átlagos csapadékmennyiség 50 év átlagából számítva 617 mm. Jelentősebb eltérések vannak az 1841-1955 közötti időszakban: a maximális csapadék 1937-ben 989 mm, a minimális csapadék 1863-ban pedig 326 mm. A csapadékeloszlás nem egyenletes. A Budai-hegységben általában több a csapadék, mint a Pesti-síkságon. A hegység medencéi a körülöttük levő hegyek szélárnyéka miatt szárazabbak. A legtöbb csapadékot a magasabb hegycsoportok kapják: 650-700 mm-t (SCHAFARZIK et al. 1964).

Hajnal Géza a Rózsadombra is végzett vízmérleg számításokat a csapadékadatok alapján. Az Országos Meteorológiai Szolgálat Kitaibel Pál utcai

csapadékmérő állomásán 1971 és 2000 között mért évi csapadékösszeget dolgozta fel. Megállapította, hogy e vizsgált időszakban 1997-ben hullott a legkevesebb csapadék: 326 mm. 1973-ban, 1992-ben és 2000-ben mértek még 400 mm alatti éves csapadékot. 1999-ben volt a legcsapadékosabb év: 841 mm hullott. A 30 éves csapadékátlag 1971 és 2000 között 532 mm volt (HAJNAL G. 2007).

2.3 Geológia

2.3.1. A Budai-hegység földtani fejlődéstörténete

A Budai-hegység felszínén előforduló legidősebb ismert kőzetek triász korúak. A mélyfúrások az alaphegységet felépítő mezozoos karbonátos rétegsort nem fúrták át, így azok aljzatára csak analógiák alapján lehet következtetni (WEIN GY. 1977). A Budai-hegység legidősebb ismert kőzetei a földtörténeti mezozoikum triász időszakában, a Tethys passzív peremének karbonátplatformjain képződtek (HAAS J. 1988). A triász rétegsor alját a ladin – alsó-karni, sekélytengeri *Budaörsi Dolomit Formáció* képezi. A karnitól egészen a kora-rhaetiig a kialakult intraplatóform medencékben a karni – rhaeti korú *Mátyáshegyi Formáció* képződött. Jellemző a tűzkőgumók és lencsék megjelenése. Típuszselvénye a Rózsadombon, a Mátyás-hegyi-kőfejtőben található. E formációval részben összefogazódik a sekély self belső, ciklikus vízszintingadozással jellemezhető környezetben képződött, késő-karni – nóri korú *Fődolomit Formáció* akár 1000-1500 méter vastag rétegsora. A Rózsadombon nem jellemző, de a Budai-hegység más területein a jellegzetesen vastagpados, lofer-ciklusos nóri – rhaeti *Dachsteini Mészke Formáció* települ rá (HAAS J. 1993; WEIN GY. 1977).

A triász és az eocén között a Budai-hegység területéről nem ismerünk biosztratigráfiailag meghatározható korú üledékeket. Az üledékhézagban bizonytalan, nagy valószínűséggel a kréta – eocén szárazulati eseménnyel korrelálható szárazföldi mállástermékek, bauxitindikációk és tűzálló agyagok lehetnek (WEIN GY. 1977). A szárazulati periódusban a karsztos térszínen kialakult paleokarsztos üregek (NÁDOR A. 1991; KÖRÖSI L. 1998) keletkeztek, melyek elterjedésük és üledékkel kitöltöttségük függvényében a triász kőzetek vízvezető képességét számottevően befolyásolhatják.

Jelentősebb üledékképződés a Budai Paleogén medence üledékgyűjtőjében a késő-eocénben, a DNy-i irányból érkező transzgresszió nyomán indult meg (WEIN GY. 1977; BÁLDI T.–BÁLDINÉ BEKE M. 1985; NAGYMAROSY A. 1998a). A Budai-hegységet a transzgresszió a priabonai korszakban éri el, amelyet a kezdeti periódusban lerakódott alapkonglomerátum és breccsa megjelenése jelez. Erre települt a sekélytengeri, platform és szublitorális fáciesű *Szépvölgyi Mészke Formáció*. A késő-eocén – kora-oligocén idején a gyors kimélyülés eredményeként képződtek a *Budai Márga Formáció* (NAGYMAROSY A. 1987) sekélybathiális környezetben lerakódó agyagos, márgás, mészkőbetelepüléses rétegei. Jellegzetes tagozata az a Szépvölgyi Mészke Formáció és típusos Budai Márga Formáció átmenetét jelző bryozoás márga. Típuszselvénye a Pusztaszeri út 5. alatt található útbevágás.

Az oligocén elején a Budai-hegységen ÉÉK-DDNy irányban végighúzó Budai-vonal meghatározó jelentőségű volt (FODOR et al. 1994). A fácieshatártól nyugatra a Dunántúl kiemelkedett, és a kora-oligocénben szárazföldi lepusztulás („infraoligocén denudáció”) zajlott. A Budai-vonaltól keletre a Budai Márgából folyamatosan fejlődik ki az anoxikus medencében képződött *Tardi Agyag Formáció*, amelyre a *Kiscelli Agyag Formáció* normális oxigénellátottságú medencében képződött rétegei települnek

(BÁLDI T. 1983). A késő-kiscelli transzgresszió következtében az utóbbi képződmény már a Budai-vonaltól nyugatra is megtalálható, ahol a *Hárshegyi Homokkő Formáció* (BÁLDI et al. 1976; BÁLDI T. 1983) bázisrétegei fölé települ. Az egri korszakban partipartközeli környezetben a Törökbálinti Homokkő Formáció homokos üledéke halmozódott fel (NAGYMAROSY A. 1998b).

A Tardi Agyag és a Hárshegyi Homokkő nagy része a késő-oligocéntől, a fiatalabb Kiscelli Agyag fő tömege a miocéntől kezdődően, a Budai-hegység kiemelkedése következtében lepusztult. Jelentős karsztosodási fázis a lepusztulást követően a pleisztocénben ment végbe, ekkor alakultak ki az ismert budai nagybarlangok járatrendszerei (LEÉL-ÖSSY SZ. 1995, 1997; TAKÁCSNÉ BOLNER K.–KRAUS S. 1989, NÁDOR A. 1991); a barlangképződés, illetve karsztosodás azonban napjainkban is zajlik.

A hegység a miocénben fokozatosan szárazulattá vált. A pleisztocénben a Duna egykori erózióbázisán a források kilépési pontjain édesvízi mészkövek rakódtak le (SCHEUER GY.–SCHWEITZER F. 1988). A Duna hordalékát képező kavics és homok különböző terasz szinteken jelenik meg (PÉCSI et al. 1985). A hegység területén a felszínen vagy felszínközélen a periglaciális körülmények között képződött üledékek, a lösz és lejtőtörmelékek előfordulása általános.

2.3.2. A rétegtani egységek rövid hidrogeológiai szempontú leírása

Az alábbiakban a Budai-hegység kőzeteinek fontosabb jellemzőit a hidrogeológiai szerepével együtt tárgyalom. A formációleírások GYALOG L. és CSÁSZÁR G. (1995), CSÁSZÁR G. (1997), a hidrosztratigráfiai vonatkozások MINDSZENTY et al. (2000) alapján készültek.

Budaörsi Dolomit Formáció:

Többnyire jól rétegzett, olykor pados felépítésű dolomit, a Dasycladacea algamaradványok kioldásából származó csöszzerű pórusokkal (diplopóras dolomit). Gyakran erősen repedezett, vagy porló, közepes vízvezető képességű kőzet.

Mátyáshegyi Formáció:

Gyakran tűzkőgumós, mészkő és dolomit kifejlődésű karbonátos képződmény, márgabetelepülésekkel tagolt. Dolomit tagozata repedezett, közepesen vízvezető képződmény, mészkő tagozata jól karsztosodó és jó vízvezető kőzet.

Fődolomit Formáció:

Jelentős vastagságú (1000-1500 m), többnyire vastagpados, lofer ciklusos dolomit. Gyakran töredezett, közepes vízvezető képességű, azonban a nagyobb tektonikai vonalak mentén jó vízvezető lehet.

Dachsteini Mészkő Formáció:

Többnyire vastagpados, jellegzetes lofer ciklusos mészkő, Megalodontaceaeket jelentős mennyiségben tartalmazhat. Jól karsztosodott, gyakran mikrorepedezett, jó vízvezető képességű kőzet. Vastagsága 700-1000m.

Szép völgyi Mészkő Formáció:

5-7% agyagtartalmú mészkő, mészmárga. Agyagtartalma ellenére jól karsztosodó, jó vízvezető képességű kőzet, jelentős nagyforaminifera faunával rendelkezik. A budai nagybarlangok járatrendszerei jellemzően ebben a kőzetben alakultak ki. Átlagos vastagsága néhány 10 méter.

Budai Márga Formáció:

Mélyebb részében márga, mészmárga (alloadapikus mészkőpadokkal), magasabb részében agyagmárga kifejlődésű, gyakori tufitos homokközsínókkal. Repedezettsége, mikrorepedezettsége révén közepes vízvezető. Vastagsága 50-200 m.

Tardi Agzag Formáció:

Uralkodóan mikrorétegzett agyagos aleurolit. Vízrekesztő képződmény. Vastagsága 90-130 m.

Kiscelli Agzag Formáció:

Agyagos agyagmárgás aleurolit, agyagmárga. Vízrekesztő képződmény. Vastagsága általában 30-500 m közötti.

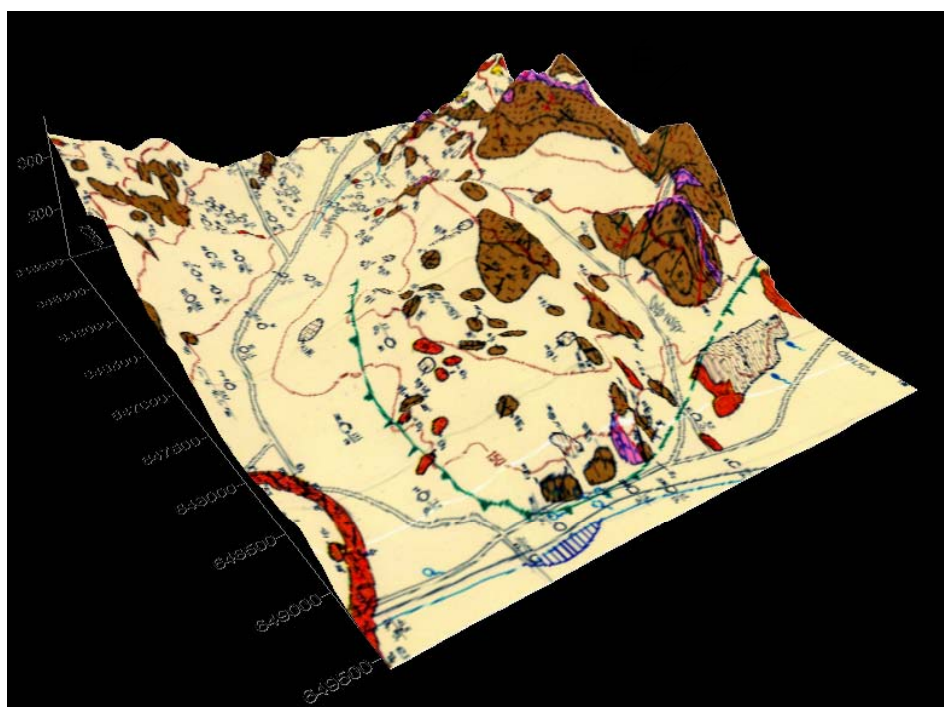
Hárshegyi Homokkő Formáció:

Uralkodóan durvahomokkő, helyenként finomhomokkő-, konglomerátum-, illetve agyagbetelepülésekkel. A típusos *Hárshegyi Homokkő* kötőanyaga utólagos hidrotermális hatásra kialakult kova, kalcedon, ritkábban barit; alig kovás változatának kötőanyaga általában kalcit vagy limonit. Rossz vízvezető. Vastagsága 20-200 m.

Törökbálinti Homokkő Formáció:

Uralkodóan durva és finomszemű homokkő, alsóbb részén agyagbetelepülésekkel. Közepes vízvezető képességű. Vastagsága 200-500 m.

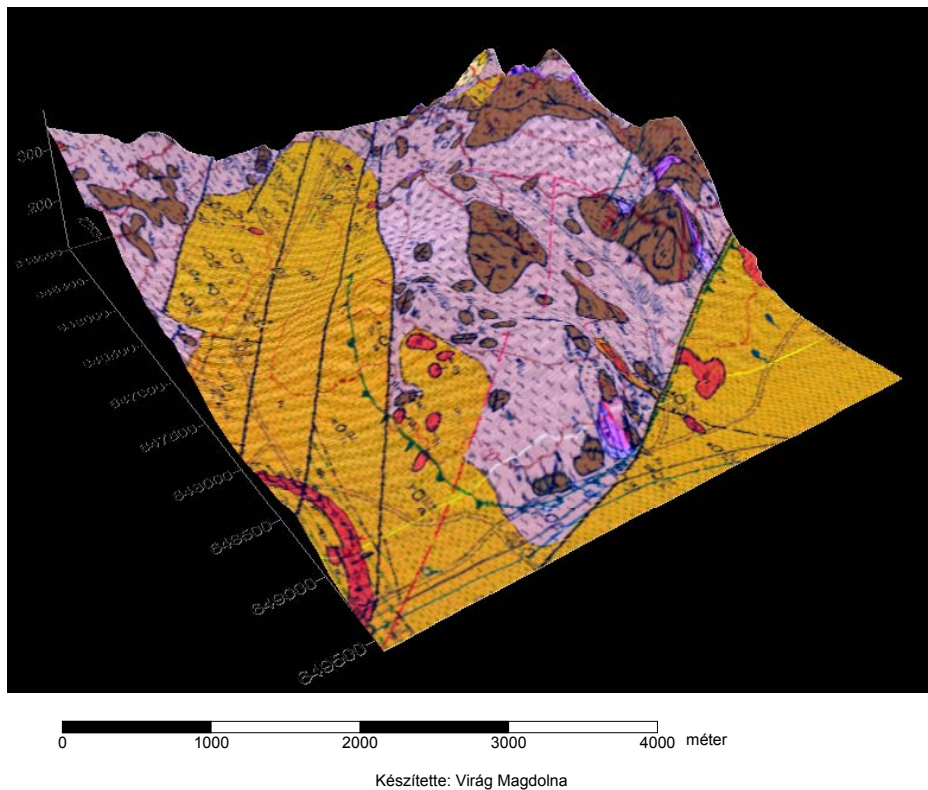
A kőzetek földtani térképen való elhelyezkedését a *TÉRKÉPMELLÉKLET 10 és 11*, domborzathoz való viszonyát pedig a *2.3 és 2.4 térképek* szemléltetik.



0 1000 2000 3000 4000 méter

Készítette: Virág Magdolna

**2.3 térkép: Negyedidőszaki képződményekkel fedett földtani térkép (WEIN GY. 1977)
a domborzatmodellen**



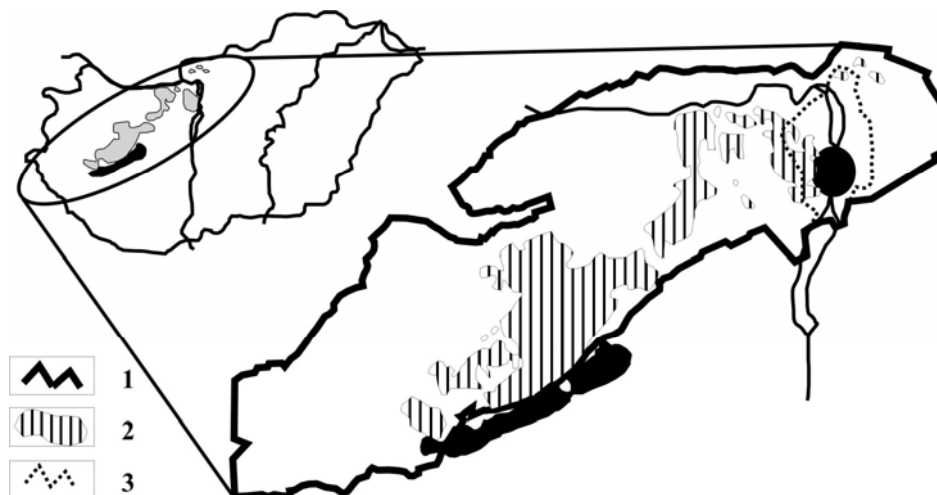
2.4 térkép: Fedetlen földtani térkép (WEIN GY. 1977) a domborzatmodellen

2.3.3. A Budai-hegység szerkezetfejlődése

A Budai-hegység szerkezetére a vetős elemek kulisszás elrendeződése jellemző. A legjellemzőbb irányok: északnyugat – délkelet, ill. kelet – nyugat. A hegység keleti határát az ilyen jellegű vetőkből összeálló komplex törésvonal alkotja (WEIN GY. 1977). A hegység szerkezetfejlődését FODOR et al. (1994) szerint feltételezhetően négy tektonikai fázis határozta meg. A kréta során ÉK-DNY-i kompresszió hatására enyhe redők, feltolódások jöttek létre. A késő-paleogén – kora-miocénben NyÉNy-KDK–ÉNy-DK-i kompresszió és rá merőleges tenzió uralkodott. A középső-miocén – pliocén időszakban a K-Ny- i ill. DK-ÉNy-i extenzió hatására a korábbi vetők normál vetőkként reaktiválódhattak, és további normál vetős szerkezetek keletkeztek. Végül feltételezhető egy kvarter korú ÉK-DNy-i extenzió (és esetleg egy rá merőleges kompresszió) fellépése is. A köztrések előfordulását a leggyakoribb tektonikai irányok határozzák meg. Ezek: ÉNy-DK, NyÉNy-KDK, K-Ny, ÉK-DNy és É-D. A repedések a barlangokban jól tanulmányozhatók (LEÉL-ÓSSY SZ. 1995).

3. A Budai Termálkarszt

A Budai Termálkarszt hidrogeológiaiilag a Dunántúli-középhegység karsztvíztároló rendszerének északkeleti része (3.1 ábra).

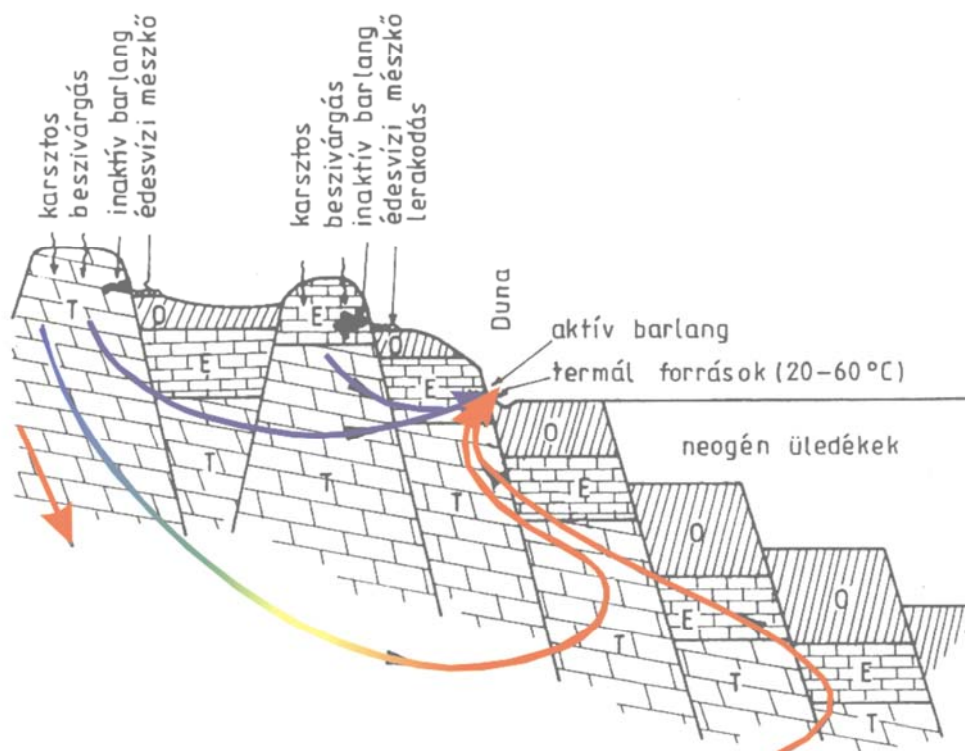


3.1 ábra: A Budai Termálkarszt helyzete (ERŐSS A. hozzájárulásával)
1: mezozóos karbonátos kőzetek felszín alatti elterjedése; 2: mezozóos karbonátok a felszínen; 3: Budai Termálkarszt

3.1 A Budai Termálkarszt áramlási rendszere

A Budai Termálkarszton a Dunához közeli beszivárgási területeken le hulló csapadékvízből származó deszcendens vizek az aszcendens termálvizekkel együtt a Duna vonalában jutnak felszínre (VENDEL M.– KISHÁZI P. 1964; ALFÖLDI L. 1978; LIEBE P.– LORBERER Á.1978; KOVÁCS J.– MÜLLER P. 1980 stb). A jelenlegihez hasonló vízáramlás rendszer a miocénben kezdett kialakulni, amikor a Budai-hegység emelkedésével lepusztult az addig részleges vízzáróként működő agyag, így a tiász és eocén kőzetek felszínre kerültek. Ezzel párhuzamosan az Alföld medencéje folyamatosan süllyedt. A Budai-hegység és a Pilis magasabban fekvő nyílt karsztos térszínein beszivárgó csapadékvizek egy része az utánpótlódás állandó hidrosztatikai nyomása által vezérelve eljut a nagyobb mélységekbe, a Pesti-síkság alá. A mélykarsztban a víz a medenceüledékek alá áramlik, a magas geotermikus gradiens következtében felmelegszik, és a tektonikus repedéseken keresztül felfelé áramlik. A felfelé törekvő víz a Pesti-síkság relatív vízzáró fedőüledései mentén leszorítva áramlik vissza a budai oldal irányába. A hévíz a vízvezető karsztos kőzetek mindenkori erózióbázisán, vagyis a Duna vonalában források formájában jut ki a felszínre. A beszivárgástól a forrásokig a víz ^{14}C mérések alapján 5-16 ezer évet (DEÁK J. 1978) tölt el a felszín alatt. E forráskilépési helyek felé irányulnak a forrásokhoz közelebbi karsztos felszínen beszivárgó vizek is. A descendens hideg víz és az aszcendens termálvíz a forrásonában, azaz a Duna mentén keveredik egymással. E különböző

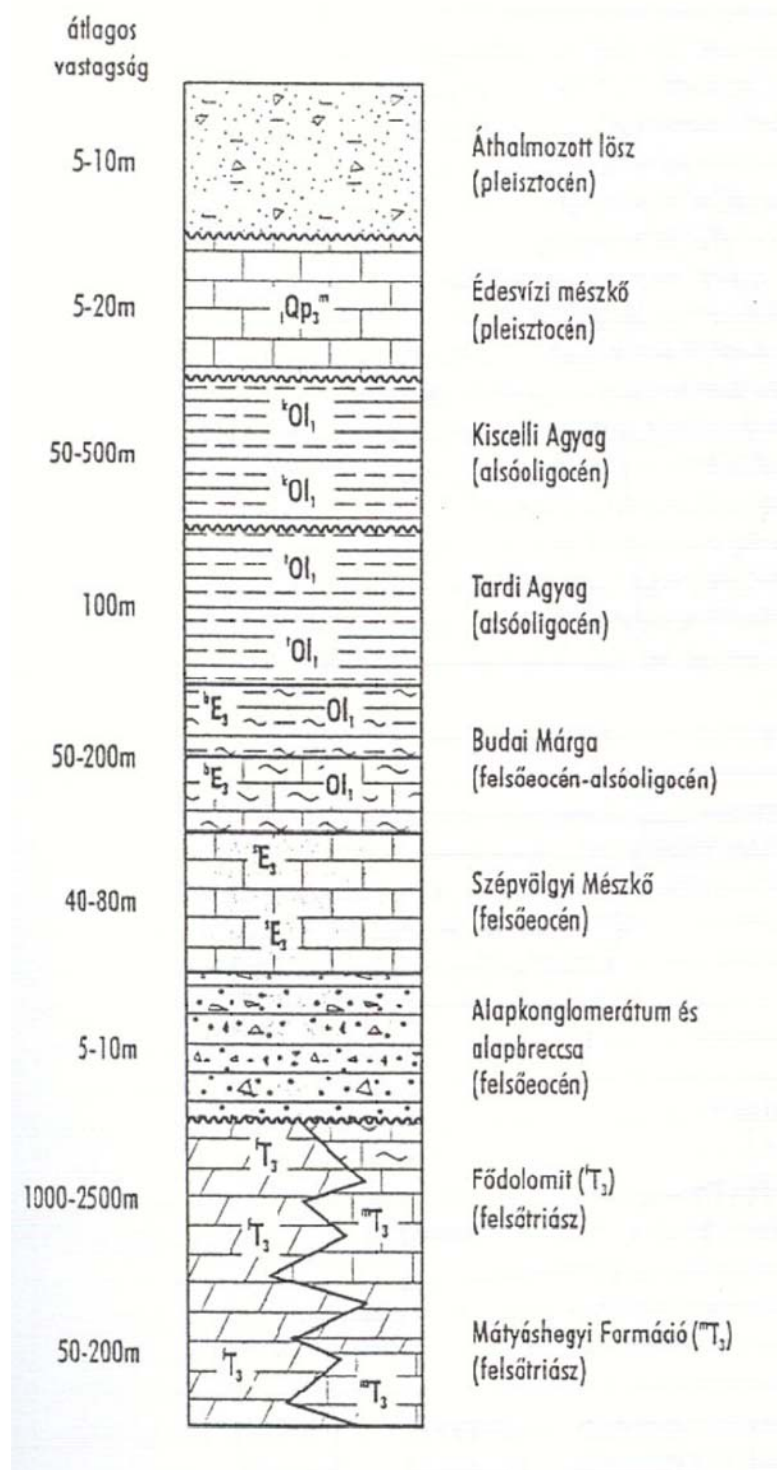
hőfokú és oldottanyag tartalmú vizek keveredésekor fellépő intenzív oldódás, azaz a keveredési korrózió a repedéseket hosszú idő alatt barlangjáratokká tágítja. A Budai-hegység emelkedésével és a pleisztocén elejétől a Duna fokozatos mélyebbre vágódásával a feláramlási helyek is egyre mélyebbre helyeződtek. A korábbi forrásonakat a különböző szinteken elhelyezkedő barlangok és a feloldott mészyangból lerakódott édesvízi mészkő előfordulások jelzik (3.2 ábra).



3.2 ábra: A Budai-hegység karsztvíz áramlási rendszere
(KOVÁCS ÉS MÜLLER, 1980 után módosítva)

3.2 A Rózsadomb környezetének földtana

A 3.3 ábra alapján az 1000 méternél is vastagabb felső-triász fölött az 5-10 méter vastag eocén alapkonglomerátum, majd a 80m vastagságot is elérő *Szépvolgyi Mészkő* települ. A mészkövet általában a *Budai Márga* rétegei fedik (50-100m), melyben egyidős, neutrális vulkanizmusra utaló tufazsinórok is találhatóak. A márga vastagsága néhol a 200 m-t is eléri. A Rózsadomb területének legnagyobb részén ez a képződmény található a felszínen. A környékről ismert alsó-oligocén korú kőzetek a *Tardi Agyag* és *Kiscelli Agyag*, összesen kb. 150-300m vastagságúak. A pleisztocént édesvízi mészkő és áthalmazott lösz képviselik (LEÉL-ŐSSY SZ. 1997).



3.3 ábra: A József-hegy környékének elvi rétegsora (LEÉL-ŐSSY SZ. 1997)

3.3 A rózsadombi barlangok

A budai barlangok uralkodóan termálkarsztos eredetűek, kialakulásuk a keveredési korrózióknak köszönhető (FORD, D. C.– TAKÁCSNÉ BOLNER K. 1991; NÁDOR A. 1994). Képződésük idején a beszivárgó hideg vizek szerepe alárendelt volt (BENKOVICS et al. 1995).

A hidegvizes barlangokétól eltérő formakincs illetve a hirtelen és drasztikus méretváltozás (TAKÁCSNÉ BOLNER K.– KRAUS S. 1989; LEÉL-ÖSSY SZ. 1995) tipikus jellemzője a termálkarsztos barlangoknak. Emellett még FORD, D. C.–WILLIAMS, P. W. (1989) és NÁDOR A. (1991) által megállapított jellemző tulajdonságok a barlang függetlensége a felszíni domborzattól, a fluviatilis üledékek hiánya valamint a hévizes ásványkiválások gyakorisága. A termálkarsztos barlangok formakincsének legjellemzőbb elemei a gömbfülkék és a korróziós üstök (MÜLLER P. 1974). További jellegzetes formák a scallopok, mennyezeti félcsövek, feláramlási csövek. Ásványkiválásaik anyaga (TAKÁCSNÉ BOLNER K.– KRAUS S. 1989; BENKOVICS et al. 1995; LEÉL-ÖSSY SZ. 1995) jellemzően kalcit, aragonit és gipsz és barit, de ezek mellett még számos ásványtípus megtalálható. A kalcit és a gipsz számos megjelenési formája ismert (például borsókő, kalcitlemez, barlangi karfiol, kalcit telér, heliktit, cseppkő, gipszvirág, gipszkígyó, gipsz szál stb).

A Rózsadombon és környékén a triász, illetve jelentősebb mértékben az eocén karbonátos kőzetekben (mészköben, márgában) számos barlang és barlangindikáció található (LEÉL-ÖSSY SZ. 1995). Termálkarsztos keletkezésükből adódóan nem jellemző a felszínre nyíló természetes bejárat, vagyis felfedezésük és megismerésük a XIX. század végén – XX. század elején megindult és napjainkban is zajló, a felszín megbontásával járó emberi tevékenységeknek: többnyire kőbányászatnak, építkezések során létesített alapozó gödröknek, vagy csatornafektetési munkálatoknak köszönhető (HAZSLINSZKY et al. 1993). Jelenleg körülbelül 150 darab, több mint 46 kilométer összhosszúságú barlangjárát ismert (ORSZÁGOS BARLANGNYILVÁNTARTÁS). A legtöbb közülük csak barlangindikáció, vagy néhány 10 méteres hosszúságú, azonban 5 barlang (Pálvölgyi-Mátyáshegyi-barlangrendszer, Ferenc-hegyi-barlang, József-hegyi-barlang, Szemlő-hegyi-barlang és Molnár János-barlang) jelentős méretekkel rendelkezik. A Szépvölgyi út mentén egy kőbányászat során nyitott bányaudvar oldalában 1904-ben fedezték fel a Pál-völgyi-barlangot (3.1 kép), a szemközti kőfejtőben pedig 1948-ban a Mátyás-hegyi-barlangot (3.2 kép). A két barlang között sok éven keresztül keresett természetes átjárót 2001-ben találták meg, ezzel a Pálvölgyi-Mátyáshegyi-barlangrendszer jelenlegi összhosszúsága megközelíti a 19 kilométert. A csatornafektetés során 1933-ban felfedezett, borsókővekkal gazdagon borított Ferenc-hegyi-barlang járatai ma kb. 6000 méter hosszúságban ismertek (3.3 kép). 1984-ben, a Diplomata lakótelep építésekor fedezték fel a jelenleg 5677 méter összhosszúságú, ásványkiválásokban rendkívül gazdag József-hegyi-barlangot (3.4 kép). (LEÉL-ÖSSY SZ. 1995; ORSZÁGOS BARLANGNYILVÁNTARTÁS). Az említett barlangjáratok már szárazzá váltak és pusztuló fázisban vannak, illetve a karsztvíz szintje felett helyezkednek el: bejáratuk általában 200–240 mBf magasságban nyílik, fő járataik pedig 160–170 mBf szintben húzódnak. A Duna (104 mBf) magasságában, vagyis a karsztvíz szintjében elhelyezkedő Molnár János-barlang bevezető szakasza már az 1860-as években ismert volt, azonban a bűvárok sokáig csak 420 méter hosszú járatot úszhattak be. 2002-ben egy véletlennek köszönhetően a kutatóknak sikerült újabb

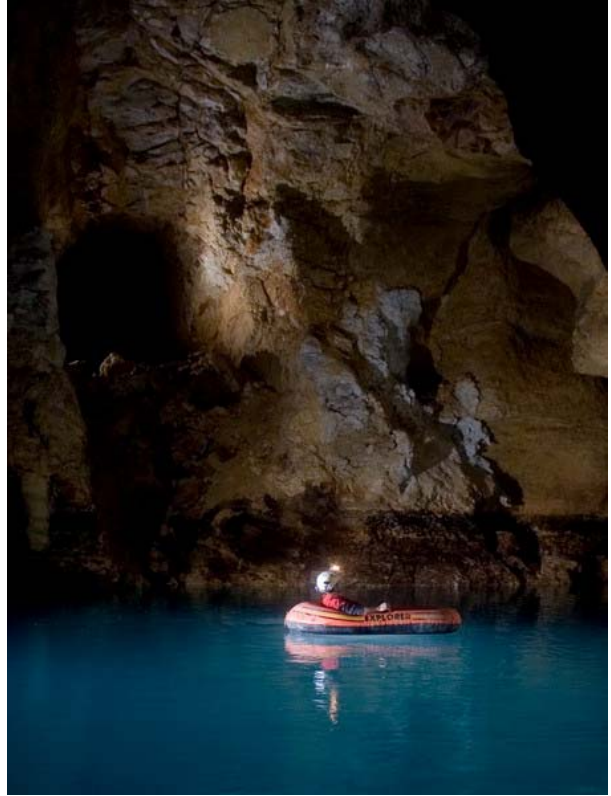
barlangszakaszokba is bejutniuk, és a beúszásokkal, térképezéssel eddig még további kb. 5000 méter hosszúságot mértek fel. A 96 méter mélységű barlang hosszan benyúlik a Rózsadomb alá, és a folytatás, újabb szakaszok megismerése többnyire „csak” beúszás és technika, felszerelés függvénye. (MÜLLNER L. szóbeli közlése; ORSZÁGOS BARLANGNYILVÁNTARTÁS) A jelenleg is oldódó, keletkező aktív barlang járatait szinte teljesen kitölti a termálvíz, mindössze a jelentős méretekkel rendelkező Kessler Hubert-terem felső része emelkedik a karsztvíz szintje fölé (3.5 kép). A víz hőmérséklete a mélyebb szinten húzódó járatokban általában 20 °C, a felsőkben pedig 23 °C (KALINOVITS S. 2003).



3.1 kép: Mátyás-hegyi-barlang (fotó: HEGEDŰS A.) 3.2 kép: Pál-völgyi-barlang



3.3 kép: Ferenc-hegyi-barlang

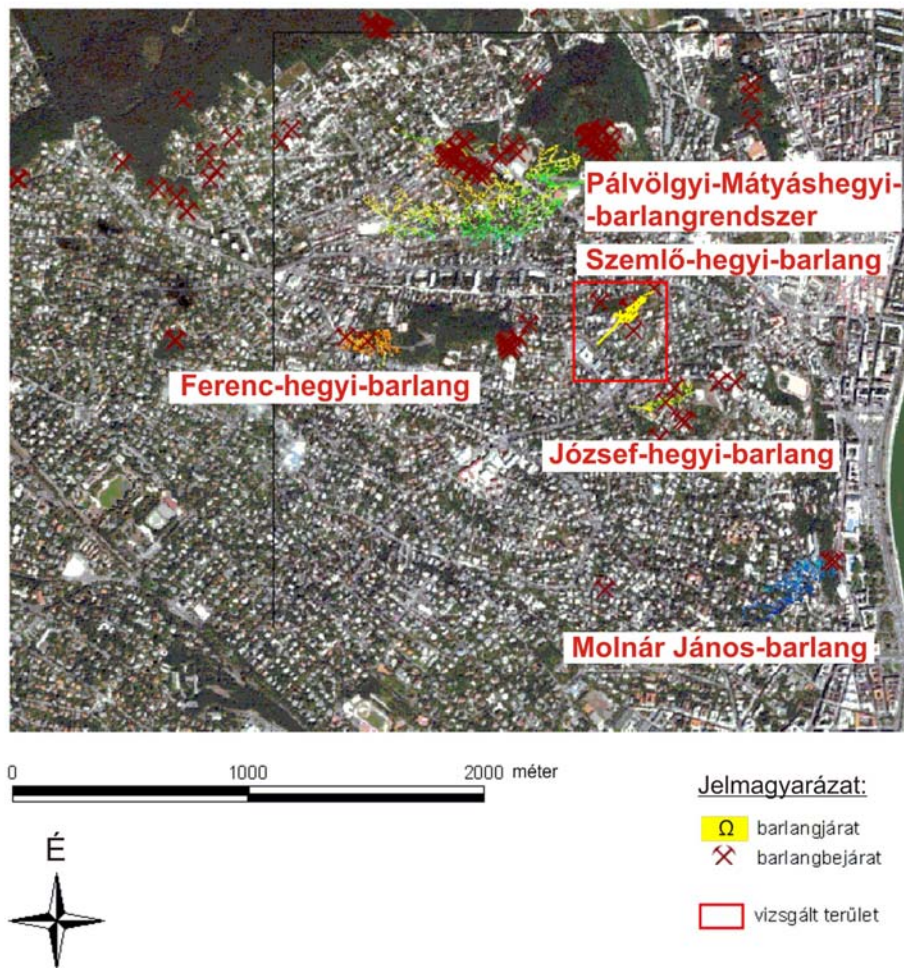


3.5 kép: Molnár János-barlang (bal oldali fotó: KISS G, jobb oldali fotó: EGRI CS.)



3.4 kép: József-hegyi-barlang (fotó: HEGEDŰS A.)

Barlangok a Rózsadombon



© Feldolgozta: Virág Magdolna, 2008.

3.1 térkép: A Budai barlangok elhelyezkedése és a Szemlő-hegyi-barlang vizsgált területe

3.4 Szemlő-hegyi-barlang

3.3.1 Kutatástörténet

A barlangot 1930. szeptemberében a Barlang utca 10. telken kőfejtés közben fedezték fel. A kezdetben pár méter után összeszűkülő járatot átbontva Kessler Hubert és Futó András szeptember 20-án bejutott a barlang fő járatszintjébe: a Rózsalugasba, a tágas Óriás-folyosóba, majd a szűkebb Hosszú-folyosóba, és pár nappal később Szekula Máriának a Tű-fokán keresztül a Mária-terembe és folytatásába. A barlangkutatók ezt követően az addig ismert szakaszokat könnyebben járhatóvá tették: a szűkületeket átvették, kitágították, a kötőmelékkel elegyengették, és a nehezebb részekben létrákat helyeztek be. A második világháborút követő gazdátlanság után 1958-ban lezárták a barlangot, és folytatták a kutatómunkát: még ebben az évben a Kinizsi Természetbarát Egyesület Barlangkutató Szakosztályának kutatói Palánkai János vezetésével átbontották az Óriás-folyosó addigi végpontját jelentő DNY-i omladékot, és bejutottak a kb. 280 méter hosszú Kadić-szakaszba.

1973 tavaszán történt az eddigi utolsó jelentősebb feltárás: Puskás Csaba irányításával a Ferencvárosi Természetbarát Sportkör Barlangkutató Szakosztályának kutatói megtalálták az Egyetemi-szakaszból indulva az Agyagos-szakaszon keresztül a Ferencvárosi-termet, amely az eddig ismert járatoknál jobban megközelítette a felszínt. Miután az Országos Természetvédelmi Hivatal vette át a barlang kezelését, 1974-ben megkezdték a barlang kiépítését. Az megnyitásra csak jóval később, 1986. október 23-án került sor. (KRAUS S.– HAZSLINSZKY T. 2003; HORVÁTH J.– SZUNYOGH G. 2005; TAKÁCSNÉ BOLNER K. 2007)

A barlanggal és képződményeivel kapcsolatos megfigyelések és az elvégzett vizsgálatok alapjaiban változtatták meg a budai barlangok keletkezéséről szóló addig elterjedt elméleteket. A Szemlő-hegyi-barlangban ismerték fel először a hévizes eredetű: a tudományos szenzációt a nagy mennyiségben megjelenő jellegetes, melegvízes eredetű ásványai, borsókövei és jellegetes oldásformái jelentették. Ebből a barlangból írták le először a borsókövet, a kalcitlemezt és a (gipsz) szálát. A szilárd kitöltésre vonatkozó tudományos kutatások során az alábbiakban röviden ismertetem a jelentősebb eredményeket és publikációkat.

Az első tudományos vizsgálatokat a Földtani Intézet megbízásából 1930 novemberében Kadić Ottokár főgeológus végezte el. Kutatásának eredményeit 1933-ban ismerette (KADIĆ O. 1933) Kessler Hubert elsőként 1936-ban megjelent ismeretterjesztő könyvében írta le azt a tudománytörténeti jelentőségűnek számító megállapítást, hogy a Szemlő-hegyi-barlang egészének kialakulása a mélyből feltörő hévizeknek köszönhető (KESSLER H. 1936).

Gánti Tibor (GÁNTI T. 1962) a borsóköveket termálvízből kiváló képződményekként írja le, ami az aragonitból később megfelelő hőmérsékleten, nyomáson és szennyezők kíséretében később átalakul kalcitá. Morfológia alapján 4 típust különít el: pizolitok vagy valódi borsókövek, kalcitkristályokat utólag bevonó mikrokristályos kalcitréteg, gombaszerű képződmények, rózsakövek.

1958-ban Szentés György és Kessler Hubert jóvoltából, további vizsgálatok céljaként begyűjtöttek egy, a Hópalotában talált 25 cm hosszú, 40 mikron átmérőjű csillogó szálát. A mikroszkópos és röntgen vizsgálatok alapján Ca^{2+} és SO_4^{2-} ionok alkotják, és szerkezete alapján is megállapították, hogy gipsz szál. (GADÓ P. 1965)

A jelenleg barlangi karácsonyfákként ismert képződményeket PANOŠ, V. (1960) – akkori csehszlovákiai – analógiák alapján hévizes gejzireknek tartja. A barlang 1974-

80 között történő kiépítése során a Hosszú-folyosóban aljzatmélyítési munka közben megbontották és félbemetszték az egyik borsókövel borított kúpot, és a feltárt kalcitlemezes szerkezet alapján ekkor vált ismertté a barlangi karácsonyfa (TAKÁCSNÉ BOLNER K. 2007).

Kraus Sándor 1978-ban megjelenő diplomamunkájában és ezt követően számos publikációjában foglalkozik a barlang földtani vizsgálatával: fejlődéstörténetével, formakincsével és ásványkiválásaival (KRAUS S. 1978, 1979, 1990, 1995, 1996 stb) A borsókövek, kalcitlemezek, barlangi karfiolok és egyéb kitöltések vizsgálata és részletes elemzése mellett leírja, hogy a gipsz bevonat az utolsó hévizes fázis záró tagja. A borsókövek melegvízes eredetéről kezdetben egyértelmű vélemény alkot, majd egy későbbi munkájában alapvetően meleg vízből képződött és hideg vízből, valamint levegőből kivált csoportba osztotta. Véleménye szerint a járatokban kis mennyiségben előforduló tús aragonit a barlangi levegő párájából képződhetett. Az Örvény-folyosó aljában, a Rózsálgasban található borsóköves kúpokat borsókő rönkökként (logomit) ismerteti: alakjuk hasonlít ugyan a borsókövel borított állócseppköre, de belsejüket borsókő alkotja, ezért üregesek. Továbbá a függőcseppkövekre emlékeztető borsókő függönyök (logotitok) pedig 10-20 cm átmérőjű hengeres kiválások, melyek belül is borsókőből állnak.

Leél-Össy Szabolcs kandidátusi értekezésében, a Földtani Közönyben és a Karszt és Barlangban megjelent cikkében is foglalkozik a budai barlangok - közülük kiemelten a József-hegyi-barlang - ásványkiválásaival (LEÉL-ÖSSY SZ. 1995, 1997, 1997b stb). Véleménye szerint a koncentrikus héjából felépülő gömbökből álló barlangi borsókő genetikája sok esetben nem tisztázott. Megemlíti, hogy Kessler Hubert korábban melegvízes eredetűnek tartotta, de ma már inkább az aerosol eredet inkább az elfogadott. A borsókövet sokáig aragonit anyagúnak tartották; de elterjedt volt az aragonitból átkristályosodott kalcit elgondolás is. Pordiffrakciós vizsgálatok alapján azonban nyomokban sem lehetett benne aragonitot kimutatni, tehát valószínűleg már eleve kalcitként válhatott ki.

Bognár László 1992-ben ismertette a Szemlő-hegyi-barlangból származó 6 minta vizsgálatát, amely szerint közülük 3 db csak kalcitból, 1 db félig kalcitból, félig aragonitból, és 2 db 80 %-ban kalcitból, 20 %-ban kvarcból áll. (BOGNÁR L. 1992)

Mérték a borsókövek, karfiolok és kalcitlemezek ^{13}C és ^{18}O stabil izotóp értékeit is (BENKOVICS et al. 1995).

Kormeghatározást már korábban is végeztek barlangi kalcitkiválásokon (FORD, D. C.– TAKÁCSNÉ BOLNER K. 1991). Szanyi Gyöngyvér diplomamunkájában (SZANYI GY. 2007) a budai barlangok kalcitlemezeit uránsoros kormeghatározással vizsgálta. A Szemlő-hegyi-barlangból 5 helyről származó kalcitlemezeket vizsgált, melynek eredményeként az alábbi korokat kapta. A Hosszú-folyosó (176 mBf) mintája 374^{+59}_{-40} ezer, a Liftakna (175 mBf) mintája 415^{+98}_{-54} ezer, a Hosszú-táró elágazás (178 mBf) mintája 442^{+185}_{-68} ezer, az Óriás-folyosó aljának (172 mBf) mintája 295^{+23}_{-19} ezer, a Hópalota (171 mBf) mintája pedig 285^{+21}_{-19} ezer éves.

3.3.2 A barlang jellemzői

A Szemlő-hegyi-barlang befoglaló kőzete a felső-eocén Szépvölgyi Mészkö, a felsőbb járatok a felső-eocén, alsó-oligocén bryozoás Budai Márgában alakultak ki (BENKOVICS et al. 1995). A barlang két, szinte párhuzamos fő hasadéka ÉK-DNY-i irányú, melyekhez néhány kisebb mellékág csatlakozik (LEÉL-ŐSSY SZ. 1995). A járatok alakjában jól tükröződik a tektonikus preformáció (3.6 kép). A barlang járatai jellemzően követik a kőzetretegek 20°-os dőlését. A fő járatszint 160 mBf magasságban, az egykori felfedező bejárat 206 m magasságban helyezkedik el (BENKOVICS et al. 1995). A barlangot fedő Budai Márga vastagsága átlagosan 20 m (LEÉL-ŐSSY SZ. szóbeli közlése).

A száraz barlangoknál - így a Szemlő-hegyi-barlangnál is - a felszínről beszivárgó vizek szerepe a jelenlegi hidrogeológiai környezeti viszonyok mellett számottevő. A felszínről oldott állapotban migráló ionok, bejutva a barlangjáratokba, módosítják a szilárd kitöltést, a képződményeket. Hatnak a barlangi klímára is, ugyanis a lecseppenő és szétporlódó víz alapvetően meghatározza az aeroszol összetételét. A Szemlő-hegyi-barlangban 1991-óta működő barlangterápia légzőkúrái szempontjából is lényeges a beszivárgó, csepegő vizek minősége. A tovább mozgó víz pedig a karsztvízszinthez lejutva hozzájárul a karsztforrások utánpótlásához és befolyásolja a vízminőséget.

Ásványkiválásainak gazdagsága a korábbi évtizedek rongálásai ellenére is szembevetendő. A legnagyobb mennyiségben előforduló, többféle típusú borsókövek (3.7 kép) végein sok helyen kis méretű cseppkövek növekednek, továbbá megfigyelhetők a járatok egykori alját jelző kalcitlemezek (3.8 kép) és a belőlük kúp alakban felépülő „barlangi karácsonyfák” (3.9 kép), illetve a többgenerációs kalcitkérges („barlangi karfiolok”) is. A gipszkiválások nagy része megsemmisült, ma már csak néhány helyen lehet kisebb mennyiségben látni (például Hópalota). E képződmények egy bizonyos magasságig szinte teljesen beborítják az alapkőzetet. A járatok alakját helyenként jelentősen befolyásolják a „kulisszaszerűen” kipreparálódott kalcit telérek, és látványosak a főték záróformáiként megfelenő gömbfölkék, vagy az alapkőzetbe mélyülő gömbüstök is (LEÉL-ŐSSY SZ. 1995; KRAUS S.– HAZSLINSZKY T. 2003; TAKÁCSNÉ BOLNER K. 2007).



3.7 kép: Borsókövek



3.8 kép: Kalcitlemezek



3.6 kép: Hasadékjellegű barlangjárat



3.9 kép: „Barlangi karácsonyfák”

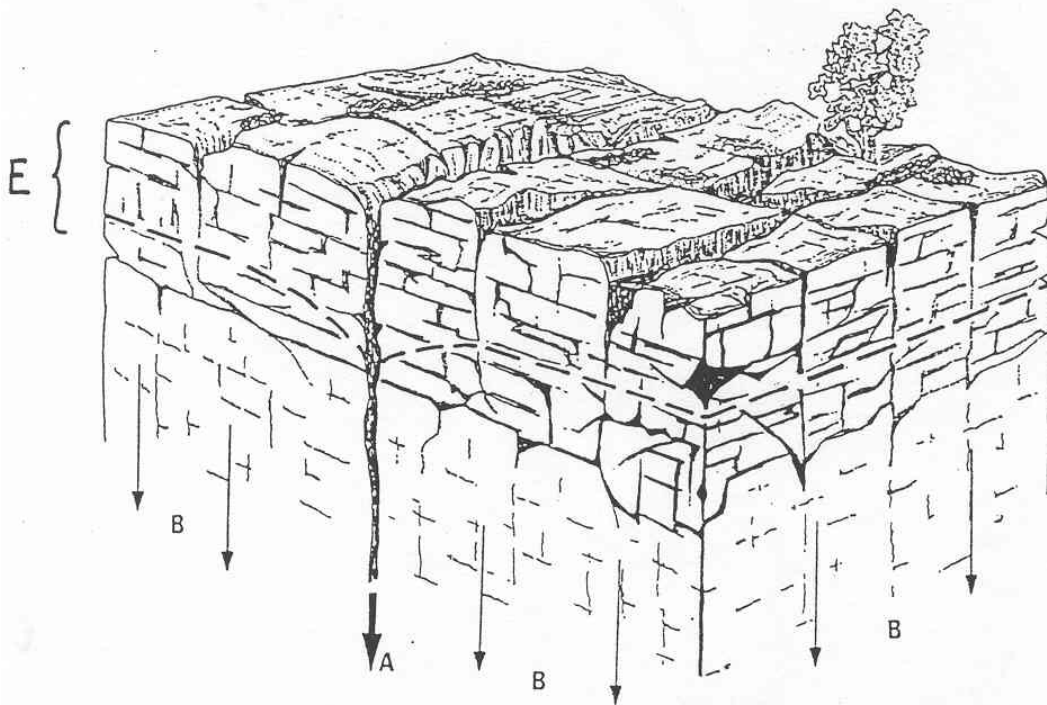
4. Epikarszt-törmeléktakaró és hidraulikai funkciója a Rózsadombon

4.1 Az epikarszt és hidraulikai szerepe

Az epikarszt a karsztrendszer legfelső zónája. Hidraulikai funkciója kettős (MANGIN, A. 1975; WILLIAMS, P.W. 1983; GUNN, J. 1986; MANGIN, A.– BAKALOWICZ, M. 1989; FORD, D. C.– WILLIAMS, P. W. 1989; KLIMCHOUK, A. 1995): tározóképesége folytán folyamatos utánpótlódást biztosít a karsztrendszer számára; ugyanakkor – szerkezetiileg meghatározott járatok mentén – koncentráltan is juttat vizet a karsztrendszer mélyebb zónáiba (4.1. ábra).

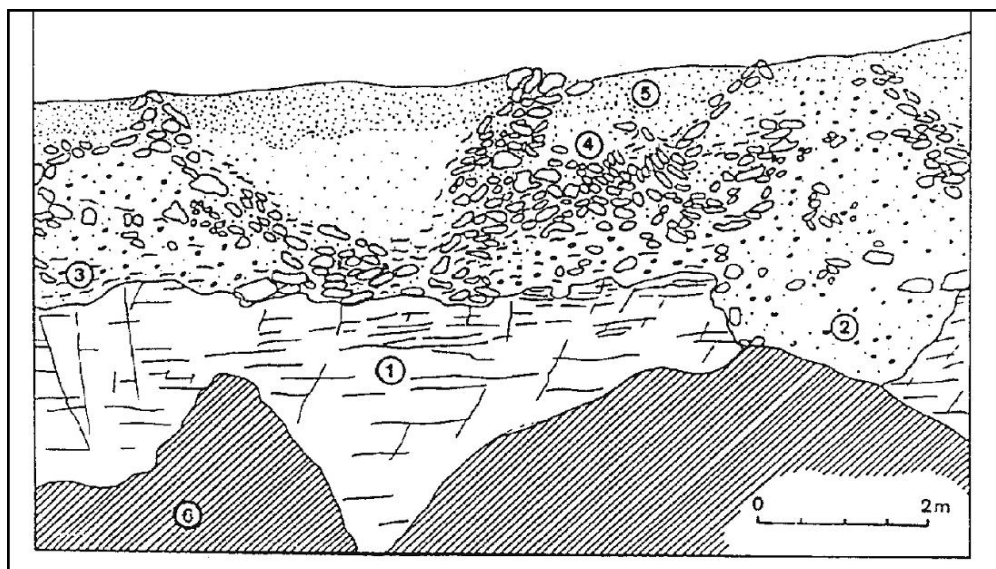
A szennyezők kiküszöbölése szempontjából a vízvisszatartás kedvez a tisztulási folyamatoknak, míg a közvetlen vízközvetítés segíti a felszíni eredetű szennyezők gyors mélybejutását.

SCHEUER GY. és SCHWEITZER F. (1971) nyomán ismert a fagyaprózódási jelenségek hatására kialakuló törmeléktakarók szerepe a karsztok vízháztartásában. TYC, A. (1996) vizsgálatai rámutattak a karbonátos kőzetekben a felszínközeli kialakuló periglaciális formák (4.2 ábra) hidraulikai szerepére.



4.1 ábra: Az epikarszt sematikus ábrázolása (MANGIN, 1975 nyomán)

A: koncentrált beáramlás, B: diffúz beáramlás, E: epikarszt



4.2 ábra: Oszályozott kavics és törmelék az epikarszt zóna legfelső részén és a fedő üledékben (TYC, 1996 nyomán)

(jelmagyarázat: 1: repedezett és töredezett mészkő, 2: finomszemcsés üledékkel kitöltött karsztforma, 3: agyag homokkal és törmelékekkel, 4: homokos agyag, 5: talaj, 6: törmelék-kúp)

4.2 A rózsadombi törmelékfedő jellemzése

A Rózsadomb területén a törmeléktakarónak, vagyis az epikarsztnak egy speciális kifejlődését találjuk. A Budai Termálkarszt - a nyitott karszt-fedett karszt fejlődési folyamain keresztül - a késő pliocéntól kezdve a feltáródott karszt állapotába került. A periglaciális folyamatok hatására felaprózódott, fellazult kőzetek hatalmas mennyiségű törmelékanyagot szolgáltatottak. Ugyanakkor a lerakódó lösz a törmelékhez hozzákeveredve, a lejtős tömegmozgások által változatos megjelenésű, durvább-finomabb törmelékes fedő összletet hozott létre a karsztos kőzetek felszínén. Megállapítható, hogy a Rózsadomb területén a fellazult karbonátos szálkőzet és a törmeléktakaró bizonyos helyzetekben epikarsztként funkcionál és beszivárgás, valamint szennyező bejutás szabályzó szereppel bír (ERŐSS A. 2001; MÁDLNÉ SZÖNYI et al. 2001). Ezek a rózsadombi törmelékes sorozatok tehát csak részben viselkednek – a korábbi feltételezéseknek megfelelően – vízvisszatartó fedőként.

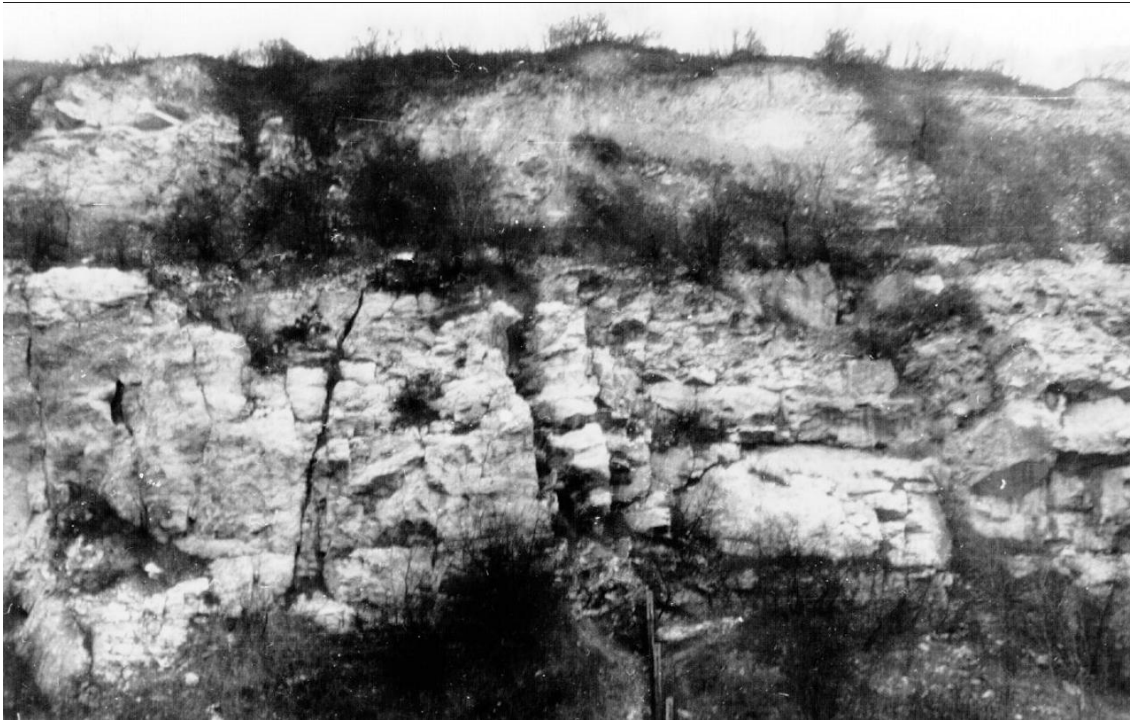
Építési feltárásokban és archív fotódokumentációs anyagokon elvégzett földtani és karsztmorfológiai vizsgálatok alapján a következő típushelyzeteket sikerült azonosítani a fedőre vonatkozóan (4.1-4. kép)

(ERŐSS A. 2001; MÁDLNÉ SZÖNYI et al. 2001):

1. típus: a karbonátos kőzet a felszínen található, törmelékes fedő nélkül.
2. típus: a szálkőzet fölött az alapkőzet törmeléke található, mátrix nélkül.
3. típus: az alapkőzet törmeléke agyagos-lössös mátrixban úszik.
4. típus: az alapkőzet törmeléke felett a szelvény jelentős részét lösz és részben vagy egészben áthalmozott vörös-agyagos talaj teszi ki.

Az első csoportba tartozó kőzetsorozatokat fagyhatásra kihangsúlyozott elválási felületek, erős tektonizáltság jellemzi. Az epikarszt és a blokk zóna között fokozatos az átmenet, ugyanakkor megfigyelhetők vertikális elemek, nyitott hasadékok, melyek továbbíthatják a vizet a szálkőzet felé.

A másodiktól a negyedik típushelyzetig a szálkőzet fölött kialakult törmelékes sorozat permeabilitása fokozatosan csökken. A második csoportba tartozó sorozatok permeabilis víztartóként funkcionálnak, míg a negyedik sorozatnál az agyagos-lössös rétegek vízfogóként hatnak. Tényleges epikarsztként a második sorozatba tartozó összletek működnek, ugyanakkor a harmadik csoportba tartozó sorozatok is tárolhatnak vizet, jelentős csapadék esetén.



4.1 kép: 1. típus (VÉGHNÉ, 1985)



4.2 kép: 2. típus (ERŐSS A. 2001)



4.3 kép: 3. típus (VÉGHNÉ, 1985)



4.4 kép: 4. típus (VÉGHNÉ, 1985)

4.3 Emberileg befolyásolt beszivárgás

A Rózsadomb területén a Budai Márgával való fedettség és a nagyfokú beépítettség miatt jelentősen lecsökkent a beszivárgás. A 4 km² kiterjedésű terület felszínéből 1 km²-nyi részt fednek le az utak és az épületek. A fennmaradó 3 km² területen a fedetlen triász és eocén mészkő felszíni területe 0,46 km². E területen a beszivárgás sokéves átlaga 174 mm, ez 220 m³/nap átlagos beszivárgásnak felel meg. Más területeken szerzett tapasztalatok alapján feltételezik, hogy a Rózsadombnak a Budai Márgával fedett területein az átlagos beszivárgás évente 35 mm, ami 285 m³/nap. Összegezve 505 m³/napra becsülik a sokéves átlagos beszivárgást a Rózsadombon, ez a felszín alatti víz átadással együtt kb. 800 m³/nap. (HAZSLINSZKY et al. 1993)

Az építkezések révén nő a burkolt felületek aránya, csökken a beszivárgási terület. A beszivárgó vizekre hatást gyakorol a csatornázás hiánya vagy a meghibásodásából adódó szennyvízbefolyás. Szintén érintik a beszivárgást a csőtörések okozta intenzív vízbetörések, illetve az utak sózásából származó szennyezők (MARI L.– FEHÉR K. 1999; TAKÁCSNÉ BOLNER K.– TARDY J. 2003; HAZSLINSZKY et al. 1993).

5. Kutatási koncepció

5.1 Előzmények

1987-ben indult az a két éves, a budai nagybarlangokat érintő vizgálatsorozat, amelynek keretein belül összesen 42 helyszínen csepegő vizekből minden évszakban kémiai (kémiai oxigén igény, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, összes keménység, vezetőképesség, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺) és bakteriológiai paramétereket (Psychrophile bacteria, Mesophile bacteria, Clostridium, Coliform, Streptococcus faecalis, Pseudomonas) vizsgáltak (TAKÁCSNÉ BOLNER et al. 1989). A vizsgálatokat a budapesti KÖJÁL laboratóriuma végezte 1987-88-ban negyedévente gyűjtött mintákon, azaz pontonként 8 elemzés történt. Megállapították, hogy a nitrát és a klorid ionok megjelenése és egyes helyeken magas koncentrációja a csepegő vizekben egyértelműen antropogén hatások következménye: az előbbi csatornatörésekből, nitrát anyagú műtrágyákból, az utóbbi az utak téli sózásából származik. Különösen hideg teleken a sófelhasználás megnövekedése a csepegő vizekben is kimutatható volt. Feltételezésük szerint a NaCl a hasadékokat, repedéseket kitöltő agyagos-márgás összletben felhalmozódik, és „sósákként” funkcionál. E kitöltéseken átszivárgó víz klorid ion tartalma meghaladja az ivóvizekre előírt határértéknek akár tízszeresét is. Megjegyzendő, hogy a szennyezésjelző ivóvíz minőségi határérték kloridra 100 mg/l (201/2001. X. 25. Korm. rendelet 1. sz. melléklet). A konyhasó kioldódásának időpontját és időtartama valamintkövetkezményei a következtetések alapjännem jelezhetőkelőre megbízhatóan. Kimutatták ugyanis, hogy a csepegő vizek klorid ion tartalma az enyhébb teleken a kevesebb útsózást követően sem mérséklődött (TAKÁCSNÉ BOLNER K.– TARDY J. 2003). A szerzők a barlangjáratok felszín közelségének is tulajdonították az intenzívebb szennyezést. A bakteriális szennyezéseket főleg a közművek meghibásodásából adódó vízbeszivárgásból és szennyvízbetörésből, vagy éppen a csatornázottság hiánya miatt az emésztőkből történő átszivárgásból származtatták..

E kutatás keretében a Szemlő-hegyi-barlangban 5 helyszínen vizsgálták a csepegő vizeket: 1-2. Agyagos-szakasz, 3. Örvény-folyosó, 4. Halál-szakasz, 5. Földszíve-terem. Összességében a második helyszín (Agyagos-szakasz) csepegő vize bizonyult a legszennyezettebbnek kiugró NO_3^- tartalma, közepes SO_4^{2-} és kisebb mértékű Cl^- tartalma miatt. A NO_3^- az első helyszínen meghatározó; az 5. Földszíve-teremben kimagasló értékeket mutat. Az Örvény-folyosó elektromos vezetőképessége, Cl^- tartalma és NO_3^- tartalma egyaránt magas értékekkel rendelkezik. A Halál-szakasz helyszín vízmintája bizonyult a legkevésbé szennyezettnek. Az 1-4. helyszíneken 20-30 méter, az 5. helyszínnél 50 méter mélységben húzódnak a járatok a felszín alatt (TAKÁCSNÉ BOLNER et al. 1989). TAKÁCSNÉ BOLNER K. (HAZSLINSZKY et al. 1993) a beépítettség növekedését is a barlangokat veszélyeztető tényezőként értékeli a burkolt felületek növekedése miatt.

Fehér Katalin 1987 óta és jelenleg is vizsgálja a csepegő vizek összetételét a Szemlő-hegyi-barlangban. Nyolc mintavételi pontot alakított ki. Ezek a Ferencvárosi-terem (1.), Pettyes-terem (2.), Agyagos-szakasz (3.), Liftakna után 10 méter (4.), Örvény-folyosó (5.), Óriás-folyosó (6.), Halál (7.), Földszíve-terem (8.) helyszínei. A mintavételi pontokon fixen telepített edényeket helyezett el, és az edény nyílásába olyan tölcsezt helyezett, amely egy csőben folytatódik és leér az edény aljáig, így a vízfelesleg az edény tetején eltávozik, biztosítva, hogymindig „friss” víz maradjon az edényben. A vízmintavételt átlagosan kéthavonta végezi, és vizsgálataival az összes keménységet, lúgosságot, állandó keménységet, Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , ionokat, egy-egy alkalommal pedig Na^+ , K^+ és ammónium iont is méri

Több évtizedes méréseivel (FEHÉR K. 1997) az előzőekben említett kutatásokkal összhangban rámutatott, hogy a kémiai komponensekben a természetes hatások mellett az emberi felszín-átalakító tevékenységek és a szennyező források (pl. útsózás), csőtörés következményei is hatással vannak a csepegő vizekre. Méréssorai alapján az is követhető, hogy a szennyező ion koncentrációja trendszerűen emelkedik. E jelenség okaként – a barlang környezetének fokozódó területhasználata mellett - a barlang feletti rétegek szennyezőkkel telítődés miatti szűrőkapacitásának csökkenését említi. Meglátása alapján ezáltal egyre kisebb mértékben tudják a fedőrétegek a szennyező anyagokat megkötni. E folyamatot a barlangi levegő tisztulása szempontjából is veszélyesnek ítéli (FEHÉR K. 1997; MARI L.– FEHÉR K. 1999).

FEHÉR K. (1999) a fedőréteg földtani szerepét is értékelt a barlangba jutó szennyezők továbbítása szempontjából. Megállapítása szerint az Óriás-folyosó barlangszakaszon a víztovábbítást lényegében a Szépvölgyi Mészke Formáció és Budai Márga Formáció 20°-os dőlésű határa befolyásolja, és a folyamatos, intenzív csepegést is e réteghatár vízvezetésének tulajdonítható (MARI L.– FEHÉR K. 1999).

A szerkezetek beszivárgási folyamatokban betöltött fontosságára utal az 1992-ben elvégzett szivárgási kísérlet eredménye (SÁRVÁRY et al. 1992), amely szerint a Budai Márga vízáteresztésében a függőleges hasadékok szerepe szintén meghatározó (LEÉL-ÓSSY SZ. 1997).

5.2 Kutatási hipotézis

A diplomamunkám tárgyát képező kutatás célja a rózsadombi törmelékfedő, bizonyos helyzetekben epikarszt (ERŐSS A. 2001; MÁDLNÉ SZŐNYI et al. 2001; MÁDLNÉ SZŐNYI et al. 2007) hidraulikai viselkedésének vizsgálata a Szemlő-hegyi-barlangban - mint „természetes laboratóriumban” - végzett csepegés-méréseken keresztül. Ehhez elsőként képet kell formálni a törmelékfedőről a felszín, a fúrások és feltárások, azaz a földtani jegyek oldaláról. Feltételezhető, hogy a felszínközeli geológiai viszonyok tükröződnek a törmelékzónából való vízkijutásban, amely az egyes csepegőhelyek között mérhető intenzitás és összetételbeli különbségekben követhető.

Karsztos kőzetekben a telítetlen zónában zajló oldattranszport tanulmányozására kísérleti kutatási eredmények rendelkezésre állnak (ČENČUR CURK B. 1997; VESELIČ M.– ČENČUR CURK B. 2001; VESELIČ et al. 2001 stb.). A Rózsadombi törmelékfedő sajátossága három tényezőben foglalható össze, melyek hidraulikai viselkedését is befolyásolják: (1) egyrészt fagyhatás által befolyásolt törmelékfedőről van szó, amely (2) termálkarsztos barlangok fölött alakult ki; továbbá (3) egy világváros területhasználatának, környezetátalakító tevékenységének következményei is tükröződnek a rétegsorban és jelentkeznek a csepegővizekben.

E három elem együttes tanulmányozása és kölcsönhatásainak elemzése áll dolgozatom középpontjában. Ezért a felszínközeli epikarsztos vagy törmelékzóna hidraulikai hatását a csapadékeseményekkel összefüggésben, az egyes mérőhelyeken belüli időbeli változékonyság elemzésével vizsgáltam. A vízmintákon végzett kémiai elemzések elsődlegesen azt a célt szolgálták, hogy belőlük megtudjuk, a fedőösszlet hidraulikai viselkedése mennyire tükröződik a kémiai komponensek időbeli változásaiban. A mérőhelyek közötti különbségeket is megfigyeltem.

Az elemzések értékelésénél figyelembe vettem a jelenlegi felszínborítást, a mesterséges feltöltések, vízvezeték és csatorna károsodások valamint a szennyezőforrások lehetséges hatását. Ezek a hatások ugyanis rátevéődnek a természetes folyamatokból adódó hatásokra és az egyes csepegőhelyek között mérhető mennyiségi és minőségi különbségeket okozhatnak. A területhasználat vizsgálatához, az adott felszíni és felszín alatti objektumok pontos térbeli meghatározásához térinformatikai módszereket alkalmaztam. Ezzel a közelítéssel a Szemlő-hegyi-barlang fölötti ún. „antropogén epikarszt vagy törmelékfedő” hidraulikai viselkedéséről és a beszivárgó vizekre gyakorolt hatásáról tudtam képet alkotni.

6. Vizsgálati és értékelési módszerek

6.1 Terepi vizsgálatok

6.1.1 Barlangi vizsgálatok

A Szemlő-hegyi-barlang csepegő vizeinek gyűjtésére és kémiai vizsgálatára az ELTE-TTK Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszéke kutatási engedélyt kapott 2005. április 15-én (engedély szám: KTVF: 4168-3/2005). Az engedély kiadását követően 2005. július 25-től ideiglenes edények behelyezésével megfigyeléseket és próbaméréseket végeztünk a végleges edények pontos elhelyezésének és a mérési, leolvasási gyakoriságok megállapításához, optimalizálásához. A mintavételi pontok kiválasztásánál figyelembe vettük, hogy mérhető mennyiségű legyen a vízbeszivárgás, a csepegő helyek alá egyszerűen, fixen beépíthetők legyenek az intenzitáshoz méretezett ürtartalmú edények, illetve a mérési, csepegési pontok nagyjából egyenletes elrendezésben reprezentálják a barlang ismert járatait. A rendszeres méréseket 2005. október 31-én kezdtük meg és 2008. április 13-án fejeztük be.

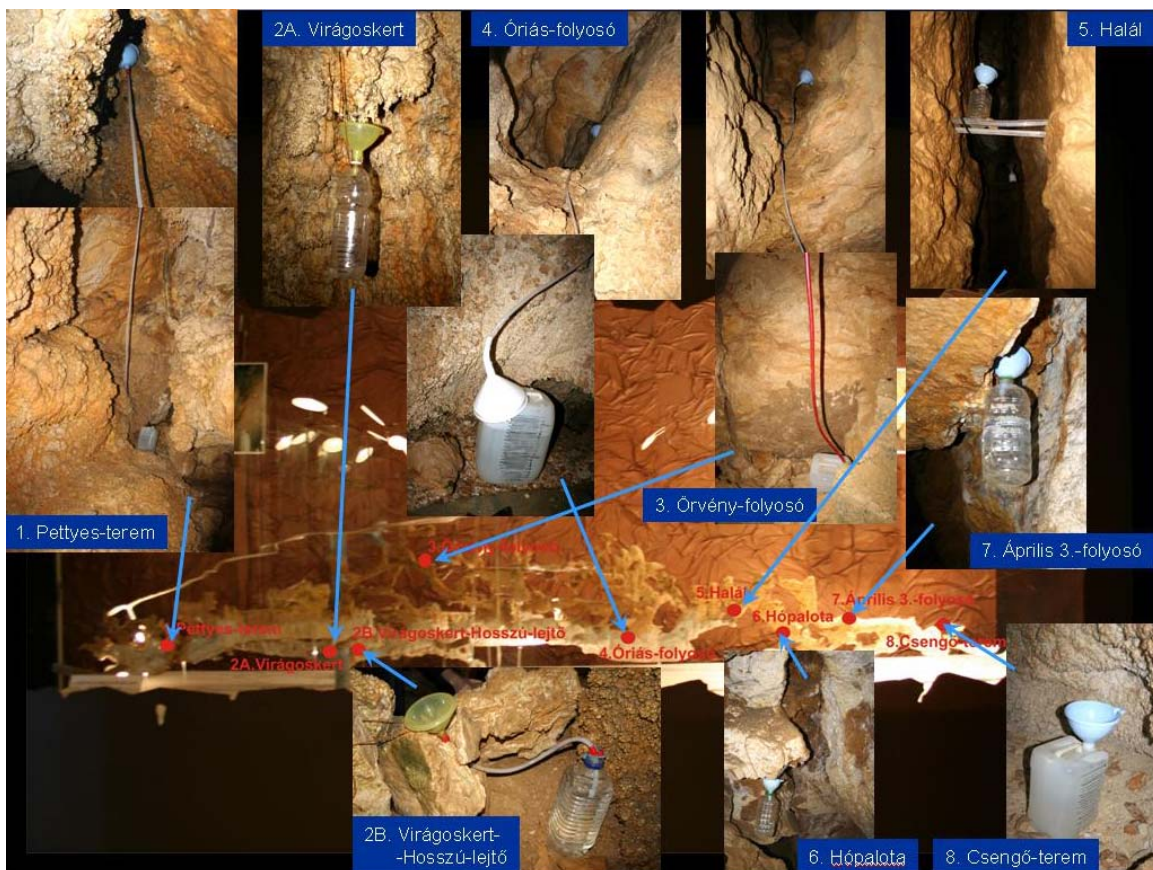


6.1 térkép: Csepegésmérési helyek a Szemlő-hegyi-barlangban

Nyolc csepegővíz-mintázó helyet alakítottunk ki, melyek számát a vizsgálatok megkezdése után két hónappal kilencre bővítettük (6.1 térkép). A bővítést a 2.számú Virágoskert mérőhelyen tapasztalt nagyon alacsony csepegés intenzitás (1,5 liter/3 hónap) indokolta. Ettől 10 méterrel DK-re kialakítottuk a Virágoskert-Hosszú-lejtő mérőhelyet, melyet 2B jelzéssel láttunk el, 2A jelzéssel összehasonlítás céljából megtartva az eredeti beépítést is. Az edények rögzítése általában vékony zsinórral történt, ennek segítségével kötöttük sziklaélekre, illetve kiszögelésekre. Az egyik mérőhelyen (Halál) egy már beépített fém alátámasztásra helyeztük az edényt, majd később néhány méterrel távolabb saját alumínium alátámasztást alakítottunk ki. A későbbi gyakorlati mintázás indokolta több helyszínen is a tölcser közvetlen csepegőhely alatti rögzítését, ahonnan csövön keresztül vezettük le a vizet a mérőedénybe.

A végső kialakításban a Virágoskert edénye 2 literes, és a tölcserrel együtt zsinórral felfüggesztve közvetlenül a csepegés helye alatt lóg, és a borsóköves falszakaszon szivárgó és csepegő elenyészően kis mennyiségű vizet gyűjti. A Virágoskert-Hosszú-lejtő és Halál 5 literes edényébe közvetlenül a főhasadék tetejéről, magasból cseppen le a víz. Az egymáshoz közeli Április 3.-folyosó és a Csengő-terem mérőhelyek esetében a járat kovás főtéjéről csepegő vizet gyűjtöttük: az előbbi 5 literes edényét a repedés alá zsinórral rögzítettük, az utóbbi 10 literes marmonkannát pedig fél méterrel a csepegőhely alá, az aljzatra tettük. A Hópalota 5 literes edényét egy kiszögelő perem alatti kisebb intenzitású csepegés alá rögzítettük: a víz itt nem közvetlenül a hasadék főtéjéről, hanem az apró repedéseken, illetve törmeléken keresztül szivárog. Az Örvény-folyosóban egy magasba nyúló kürtő oldalfalának kisebb, belógó egyenetlenségéről a tölcserbe csepegő víz műanyag csövön keresztül jut a járat aljzatán elhelyezett 10 literes kannájába. Az Óriás-folyosó nagy intenzitású csepegésénél a járat főtéjének repedése alá rögzített és műanyag csövön levezetett víz gyűjtőedénye 20 literes marmonkanna, azonban az egy hét alatt összegyűlő mennyiség tekintetében még ennek térfogata is kevésnek bizonyult. Ugyanakkor figyelembe kell venni, hogy az Óriás-folyosó e szakasza fölött még egy másik, felső járatszint húzódik! A Pettyes-terem 10 literes edényébe szintén repedésbe helyezett tölcseren és csövön keresztül jut a víz. A képződményekkel gazdagon borított, keskeny hasadék elszűkülése és szeszélyesen váltakozó oldásformái miatt nem nyilvánvaló, hogy a magasabb részekén törmeléken átszivárgás vagy a főtérről közvetlen csepegés útján jut le a víz (6.1 kép).

A vízmintavételezések és helyszíni mérések - a barlang jellegéből adódóan a kiépítetlen helyekre minimum három fős csoportokban mehettünk - csapatmunkában történtek. A csapat gyakorlott barlangászokból, barlangkutatókból és lelkes érdeklődőkből állt, és mivel heti rendszerességgel kellett a barlangba menni, ezért összességében 97 alkalommal 224 munkaórát töltöttünk ott el. Ehhez nincs hozzászámolva a szervezés, továbbá a mérésekre való felkészülés, beöltözés, ami az előzőhöz hasonló mennyiségű időt igényelt.



6.1 kép: Csepegésmérési helyek és vízmintagyűjtő edények beépítési módja

A bejárások, begyűjtések és mérések (6.2 kép) általában heti egy alkalommal, hétvégi napokon történtek. A kiépített részen ezen kívül hetente több alkalommal, rendszertelen gyakorisággal is történtek bejárások. Ilyenkor csak a csepegő víz térfogatának leolvasása és az esetleges helyszíni mérések történtek, mintavétel és mérés nem. A bejárások során azokat a mintákat gyűjtöttük be, amelyek edényei minimum 1,5 liter vizet tartalmaztak, mivel a helyszíni mérésekhez 2 dl, a laboratóriumi mérésekhez 1-1,5 liter víz szükséges. Ha nem gyűlt össze a megfelelő mennyiség, csak leolvasás történt, amit a későbbiekben a folyamatos adatsor érdekében kiegészítettünk a helyszíni mérésekkel is.

A barlangban elvégzett vizsgálatokról éves kutatási jelentéseket készítettünk: a mintavételi alkalmak adatlapjai és az elvégzett helyszíni mérések is e jelentésekben részletesen megtalálhatók. (Kutatásjelentés 2006, 2007, 2008.)



6.2 kép: Helyszíni mérések és vízmintavétel a Szemplő-hegyi-barlangban

A vízmintákon a helyszínen terepi műszerekkel fajlagos elektromos vezetőképességet, pH-t és vízhőmérsékletet mértünk. A Virágoskertben és az Április 3.-folyosóban kihelyezett higanyos hőmérőről leolvastuk a levegő hőmérsékletét. Néhány alkalommal a Gombszaggató tavából is vettünk vízmintát. Egy alkalommal pedig összehasonlításként megmértük a barlangépület konyhájában és a barlangban nyerhető csapvíz összetételét is. A begyűjtött vízmintákat az ELTE-TTK Általános és Alkalmazott Földtani Tanszéke és az Analitikai Kémiai Tanszék Speciációs-gyógyszerész-nyomanalitikai laboratóriumában Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} és NO_3^- ionokra megelemeztük. A barlangban gyűjtött mintáimon havonta egy alkalommal hidrogén és oxigén izotópok stabilizotóp-geokémiai mérése is történt az MTA Geokémiai Kutatóintézetben. A vizsgálati időszakot követően fél évvel: 2008. november 23-án az Örvény-folyosóból összehasonlító és kiegészítő elemzések céljából vízmintát vettünk, melyet az eddigi egyetemi kémiai analitikai módszerek mellett a MÁFI akkreditált laborjában teljes kémiai elemzésnek is alávetettük.

Csepegésintenzitás mérése

A fentiekben ismertetett, különböző űrtartalmú edények oldalát a barlangba helyezés előtt, laborban történt vízmennyiség mérés alapján beosztásokkal láttam el. A barlangi mérések során a mennyiség leolvasása a beosztáshoz tartozó vízszint leolvasása alapján történt. Tekintettel arra, hogy a mintavétel ugyan hetente történt, de emberi erővel, így nem teljesen egyenletes időközönként. A napi csapadékatokkal történő összevetés céljából a kvázi hetente leolvasott vízmennyiséget – egyszerűsítéssel élve – egyenletesen osztottam el a két leolvasás között eltelt idővel.

2008. március 2-án minden csepegésmérő helyszínen megszámoltuk, hogy 10 perc alatt hány csepp gyűlik össze, és a cseppeket egy kis mérőhengerben (10 cm³) összegyűjtve megmértük az adott idő alatt összegyűlt vízmennyiséget (ml). Ezzel a módszerrel - a beszivárgás folyamatosságától, állandóságától függően - rövid időtartományra kaphatunk tájékoztató értéket (óra, esetleg nap).

Víz hőmérséklet mérése

A víz hőmérséklet helyszíni mérése a hőmérséklet adatokon túl a fajlagos elektromos vezetőképesség értelmezéséhez elengedhetetlen. Külső-(belső), 2,5 méteres vezetékkel ellátott digitális hőmérővel mértem (6.3 kép), a műszer méréshatára: (-50) – (+70) °C, megbízhatósága: $\pm (0,1)$ °C.



6.3 kép: Víz hőmérséklet mérése a Szemlő-hegyi-barlangban

pH mérése

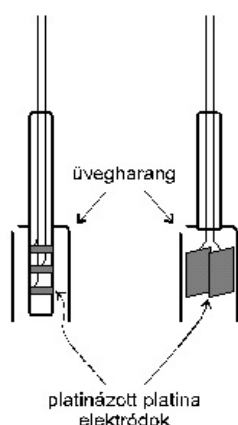
A pH a csepegővízben zajló reakciók megállapítása szempontjából lényeges. A mérőműszer kalibrálása ismert pH-jú pufferoldatokra történik. A pufferoldat gyenge sav (vagy bázis) és sójának oldata. A pH-ja állandó, hígítással illetve sav vagy lúg hozzáadásával szemben is csak igen kis mértékben változik, ezért alkalmazható kalibráló oldatként. A pH-t Shindengen ISFET (félvezető) mérési rendszerű, KS701 típusú műszerrel mértem és pH 7,0 oldattal 1 pontra („érzékelőre”) cseppentve kalibráltam. (6.4 kép) A műszer méréshatára: 2–12 pH, a hibahatár: $\pm 0,1$ pH. A mérési

hőmérsékleti tartomány 5-40 °C; beépített automata hőmérséklet érzékelő-kompenzálással működik.



6.4 kép: pH mérés a Szemlő-hegyi-barlangban

Fajlagos elektromos vezetőképesség mérése



A vezetőképesség mérésével a minta oldott anyag tartalmára vonatkozó információ nyerhető. Feszültség hatására a pozitív ionok a negatív pólus felé vándorolnak, a negatív ionok pedig a pozitív felé, tehát így vezetődik az áram a vizes oldatban. A vezetőképesség (G) az ellenállás (R) reciproka: $G=1/R$. Pontos értéke a mérőcella kialakításától (az elektródok méretétől és távolságától) is függ, de ezzel korrigálva egy műszerfüggetlen adat nyerhető, ami csak az adott oldatot jellemzi:

$$\kappa = G \cdot K_{\text{cell}}$$

ez a κ (kappa) a *fajlagos vezetés*. Mértékegysége a S/cm, (Siemens/cm), $1 \text{ S} = 1/\text{Ohm}$ (de a gyakorlatban ennek a töredékét használják: $\mu\text{S}/\text{cm}$, mS/cm). A fajlagos elektromos vezetőképesség csak az oldott anyagok koncentrációjától függ, és a minta oldott anyag tartalmával egyenes arányban változik. A cellaállandó, K_{cell} meghatározható ismert fajlagos vezetőségű oldat mérésével. (ZIHNE PERÉNYI K. 2008).

Mivel az oldatok elektromos vezetőképessége hőmérséklet-függő, az adatok összehasonlíthatósága érdekében a 25 °C-ra átszámított κ -t kell megadni, ami táblázatból (*TÁBLÁZAT MELLÉKLET*) kiolvasható korrekciós faktorról való szorzás eredményeként számolható ki ($\kappa \cdot$ korrekciós faktor).

A fajlagos elektromos vezetőképességet WTW (Wissenschaftlich - Technische Werkstätten) LF 56 87EY111 típusú konduktométerrel mértem a hozzá tartozó 1,08 cellaállandójú elektróda használatával (6.5 kép).



6.5 kép: Fajlagos elektromos vezetőképesség mérése a Szemlő-hegyi-barlangban

6.1.2 Felszíni vizsgálatok

Csapadék mérése

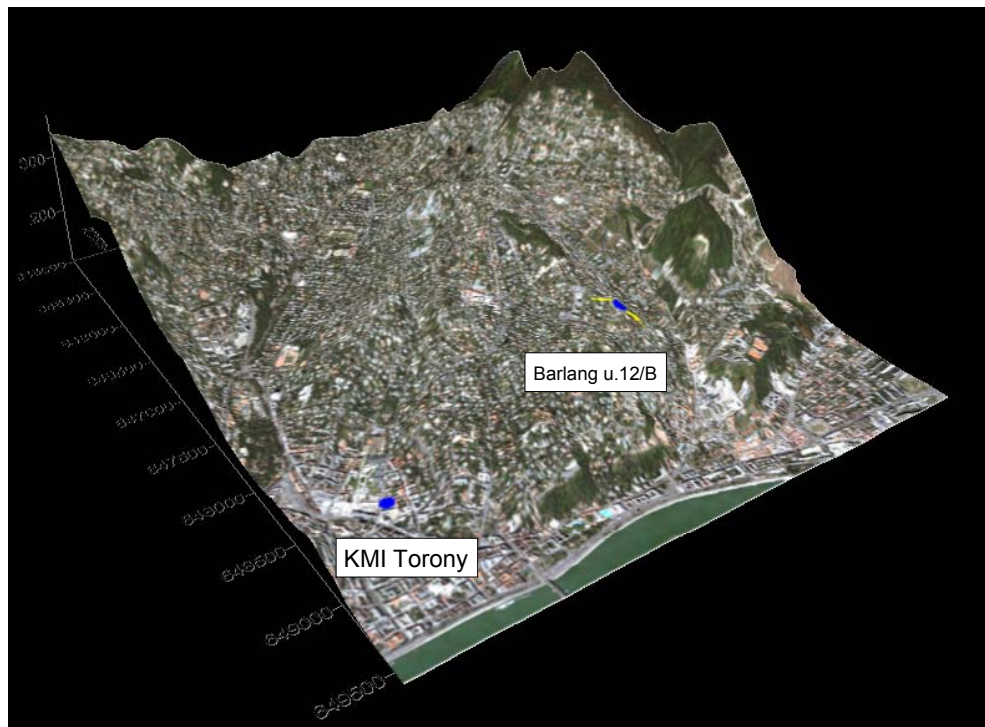
A barlangjáratok felett elhelyezkedő Barlang utca 12/B telken lakó Medvegyné Máthé Krisztina (és Medveggy Iván) naponta 2005. november 2. és 2006. május vége között az ELTE-TTK Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszékének szabványos csapadékmérőjével helyszíni csapadékméréseket végzett (6.6 kép). Minden nap reggel 6:45-kor mérték a csapadékmérő edényében összegyűlt víz térfogatát, és leolvasták az északi irányba tájolt teraszon elhelyezett hőmérőt. Havazások alkalmával 1 m² területről összegyűjtött és felolvasztott hó számított a csapadék mennyiségének. Ha a hőmérséklet 0 °C fölé emelkedett, akkor lehetett a mért mennyiség beszivárgását figyelembe venni. 2006. februárban, illetve márciusban két alkalommal megtörtént a felolvasztott hólé vízkémiai elemzése is.

A csapadékmérő átmérője alapján a következő képlettel kiszámoltam a területet: $T=(d^2/4)*3,14$, majd az így kapott értékeket elosztottam a mért vízmennyiség liter értékeivel. Ezzel mm-ben megkaptam a hullott csapadék mennyiségét.

A barlangi mérések csapadékadatokkal való további folyamatos összehasonlíthatósága érdekében az Országos Meteorológiai Szolgálattól adatokat kértünk a teljes barlangi vizsgálat időszakára. A KMI (Központi Meteorológiai Intézet) Torony adatait 2005. november 1. és 2008. április 8. közötti időszakra kaptam meg. Az in situ Barlang utca 12/B és a KMI torony elhelyezkedését a 6.2 térkép mutatja.



6.6 kép: Csapadék mérése a Barlang utca 12/B telken



0 1000 2000 3000 4000 méter

Készítette: Virág Magdolna

6.2 térkép: Csapadék mérőhelyek: Barlang utca 12/B és KMI Torony

6.2 Laboratóriumi elemzések

Az összegyűlt vízből vett mintákat már a helyszínen HCO_3^- -ra megtitráltam (2008. december elejétől a Ca^{2+} és Mg^{2+} ionokat is ott mértem). A továbbiakban a mintákat sötét és hideg helyen tároltam, és később az ELTE-TTK Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék laboratóriumában Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} és NO_3^- ionokra Varga András vegyésztechnikus segítségével elemeztem meg. A laboratóriumi mérések (Ca^{2+} , Mg^{2+}) egy része az ELTE-TTK Analitikai Kémiai Tanszéken, a Speciációs, gyógyszer- és nyomanalitikai Laboratóriumban készültek Zihné Dr. Perényi Katalin adjunktus jóvoltából.

A karsztvíz főkomponensei természetes körülmények között általában a kalcium- és hidrogénkarbonát-ionok. Méréstechnikailag és a kiértékelésnél is külön csoportot képeznek a nagyobb mennyiségben jelen lévő **makrokomponensek** (6.1 táblázat), melyek mennyisége literenként meghaladja a 0,1-1 mg-t. Ezek szervesen ionok, a pozitív töltésű ionok (kationok) közül fémionok tartoznak ide: kalcium-, magnézium-, nátrium- és kálium-ionok. Ritkább esetben elérhetik ezt a koncentrációt a vas(II)-, mangán-, stroncium-, valamint az ammónium-ionok is. A negatív ionokat a szervesen savak anionjai képviselik: hidrogénkarbonát-, klorid-, szulfát-, esetleg nitrát-foszfat- és fluorid-ionok.

	Karsztvíz makrokomponensei:
Kationok	Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+, (Fe^{2+}, Mn^{2+}, Sr^{2+}, NH_4^+)
Anionok	HCO_3^{2-}, Cl^-, SO_4^{2-}, (NO_3^-, PO_4^{3-}, F^-)

6.1 táblázat: Karsztvizek makrokomponensei (forrás: ZIHNE PERÉNYI K, 2008)

A **mikrokomponensek** ($c < 0,1-1$ mg/l) között is található fémionok (például kadmium Cd^{2+} , réz Cu^{2+}), ezek komplexei (például alumínium hidroxokomplexei, $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$), továbbá egyéb szervesen ionok (vanadil-ion, VO^{2+} , arzenit HASO_3^{2-}) is, de megtalálhatók töltéssel rendelkező szerves vegyületek (a talaj bomlási folyamataiból származó huminsavak, fulvosavak), illetve nyomnyi mennyiségű egyéb szerves molekulák (fenol, poliaromás szénhidrogén szennyeződés) is. A mikrokomponensek mennyisége gyakran a mg/liter milliomodrészénél is kevesebb. (ZIHNE PERÉNYI K. 2008)

Az MSZ szerint alkalmazott mérési módszereket az alábbiakban ismertetem.

Ionok mérése:

A **kalcium** mennyiségét **titrimetriásan** határoztam meg a következő módon: 100 ml vízmintához 5 ml 1 mólos NaOH oldatot majd 0,4 g murexidet (indikátor) adtam. Ezt 0,1 mólos EDTA oldattal titráltam színváltozásig. Az EDTA fogyásából az oldat Ca^{2+} koncentrációját a következő képlettel számoltam ki:

$$C = f * V * 20,04$$

Ahol:

C: az oldat Ca^{2+} koncentrációja mg/l-ben

f: az EDTA oldat faktora

V: az EDTA oldat fogyása ml-ben

A mérés kimutatási határa 2 mg/l.

A **magnézium** mennyiségét szintén **titrimetriásan** határoztam meg az összkeménységből számítva. A mérés módja a következő: 100 ml vízmintához 10 ml

pufferoldatot (54 g NH₄Cl és 350 ml 25 %-os ammónia oldat desztillált vízzel 1000 ml-re feltöltve), majd 0,4 g Eriokrómfekete T indikátort adtam. A kapott oldatot 0,1 mólos EDTA oldattal titráltam színváltozásig. Ezzel a módszerrel közvetlenül a Ca²⁺ és a Mg²⁺ összes mennyisége számítható ki, de ebből kivonva a Ca²⁺ mennyiségét kijön a Mg²⁺ mennyisége:

$$C = f * (V_{\text{ÖK}} - V_{\text{CA}}) * 12,16$$

Ahol:

C: az oldat Mg²⁺ koncentrációja mg/l-ben

f: az EDTA oldat faktora

V_{ÖK}: az EDTA oldat fogyása ml-ben

V_{CA}: a Ca²⁺ titrálásánál fogyott EDTA oldat ml-ben

A mérés kimutatási határa 1,2 mg/l.

A **nátrium** mennyiségét Flamon **lángfotométerrel** mértem és 1 mg/l-es referenciaoldatot, a **kálium** mérésénél pedig 4 mg/l-es referenciaoldatot használtam (6.7 kép).



6.7 kép: Nátrium és kálium ionok mérése Flamon lángfotométerrel

A **hidrogénkarbonát** ion koncentrációját **titrimetriásan** mértem a következők szerint: 100 ml vízmintához 2 csepp metilnarancs indikátort adtam, majd az oldatot 0,1 n HCl oldattal megtitráltam. A HCO₃⁻ koncentrációja ezek után a következő módon számítottam ki:

$$C = f * V * 61$$

Ahol:

C: az oldat HCO₃⁻ koncentrációja mg/l-ben

f: a HCl oldat faktora

V: a titrálásnál fogyott HCl oldat fogyása ml-ben

A mérés kimutatási határa 6,1 mg/l.

A **klorid** ion koncentrációját **titrimetriásan** (6.8 kép) mértem a következők szerint: Először 100 ml desztillált vízzel elvégeztem a lent leírt titrálást, az így kapott

oldat lesz a vakpróba. A titrálás menete a következő: 100 ml vízmintához hozzáadunk 10 ml klorid-hozzáát oldatot (1,374 g NaCl és 75g K₂CrO₃ desztillált vízben feloldva és 1000 ml-re feltöltve, majd az így kapott oldat 10 szeresére felhígítva), majd AgNO₃ mérőoldattal (0,958g AgNO₃ 1000 ml desztillált vízben feloldva) megtitráljuk kezdődő vörösbarna színig. Ezek után a kloridkoncentráció a következő módon számoltam:

$$C = 2 * (b - a)$$

Ahol:

C: a vízminta Cl⁻ koncentrációja mg/l-ben

a: a vakpróba titrálásánál fogyott klorid hozzáát oldat ml-ben

b: a vízminta titrálásánál fogyott klorid-hozzáát oldat ml-ben

Ez az eljárás eléggé megbízható, bár szórása nem jelentéktelen: kis értékeknél 3-5 mg/l körül mozoghat, míg nagyobb értékeknél ez elérheti a 10 mg/l-t is.



6.8 kép: Klorid (és kalcium, magnézium, hidrogénkarbonát) titrimetriás mérése

A **szulfát** ion koncentrációt **fotometriás módszerrel** (6.9 kép) a következő módon mértem: 40 ml vizsgálandó vízhez először 2 ml NaCl oldatot, majd 5 ml bárium-kromát oldatot adtam. Az így kapott elegyet ultrahangfürdőbe 1 percig rázattam azért, hogy a BaSO₄ csapadék maradék nélkül kiváljon. Ezután 2 ml ammónia oldat hozzáadása után 5000/min fordulatszámon 2 percig centrifugáltam, végül a tisztáját 436 nm-es hullámhosszon fotometráltam. A fotometrást Spektromon 195D típusú fotométerrel végeztem. A fotometráshoz a fenti eljárást el kell végezni 40 ml desztillált vízzel (vakpróba) valamint 40 ml standard szulfát törzsoldattal (C = 50 mg/l) is. Ennek az eljárásnak a kimutatási határa és hibája 5 mg/l körül van.



6.9 kép: Szulfát (és nitrát) mérése Spektromon 195D fotométerrel

A **nitrát** ion koncentrációját **fotometriás módszerrel** mértem. 5 ml vizsgálandó vízmintához 1 ml nátrium-szalicilát oldatot adtam, majd gőzfürdőn szárazra pároltam. Bepárlás után hozzáadtam 1 ml tömény kénsavat, 10 perc múlva 30 ml desztillált vizet és 7 ml NaOH oldatot, ezután 50 ml-re feltöltöttem az oldatot desztillált vízzel. Az így kapott oldatot 410 nm-es hullámhosszon fotometráltam. A fotometrást Spektromon 195D típusú fotométerrel végeztem. A fotometráshoz a fenti eljárást 5 ml desztillált vízzel (vakpróba) valamint 5 ml standard nitrát törzsoldattal ($c = 10 \text{ mg/l}$) is elvégeztem. A fenti vizsgálat kimutatási határa és hibája 1 mg/l körül van.

6.3 Térinformatika

6.3.1. Vizsgálatok forrásai és módszere

A felszínen zajló folyamatok és a felszín alatti barlangjáratok térbeli összefüggéseinek megismeréséhez a térinformatika segítségével vizsgálatokat végeztem.

Az elemzések egyik célja a Budai Termálkarszt, illetve a Rózsadomb felszíni morfológiájának „megrajzolása”, a jelenlegi felszínborítás vagy területhasználat megismerése, továbbá a földtani felépítés és az ismert barlangok elhelyezkedése közti összefüggések kimutatása. A Szemlő-hegyi-barlang környezetére az előbbinél részletesebb feldolgozásokat és elemzéseket készítettem. Amíg az előző, tágabb környezet bemutatására a már meglévő térképeket helyeztem egymásra, a szűkebb vizsgálati területemen eleve több térképet vizsgáltam, illetve bedigitalizáltam, és saját interpretációkat készítettem. A földtani vizsgálatokhoz Wein György által szerkesztett földtani térképeket és az FTV sekélyfúrás térkép ide vonatkozó részeit használtam fel. Bedigitalizáltam a rendelkezésemre álló csatorna és vízvezeték térképeket is. A felszínborítás vizsgálatát a telekhatárokat, épületeket és utakat is ábrázoló közműtérkép, az EOVS térkép és a Google Earthről letölthető 2004. augusztus elején készült, 4 méter pontosságú IKONOS űrfelvétel, valamint az aktualitások figyelembe vételéhez saját terepi megfigyelések alapján végeztem. A kérdőíves vizsgálatok eredményét és a burkolt felületek arányát a felszínborítás térkép további feldolgozásával, „újraosztályozásával” ábrázoltam. A barlang tágabb környezetében egy mintaterületet határoltam le, továbbá megrajoltam az építési korlátozásokat szabályozó A és B*-zónák határát. A lehatárolt területeken belül kiszámítottam az elkülönített felszíni elemek területét: az így nyert adatokat Excelben, diagramok formájában ábrázoltam és elemeztem. Ezáltal minőségi (térkép) és mennyiségi

(diagramok, terület) formában is látható az adott területen előforduló burkolt, illetve vízbeszivárgásra alkalmas felületek elhelyezkedése és aránya. A területen zajló emberi tevékenységek - amelyekről részben a kérdőívezéssel szereztem információt - megismerése alapján, a felszínborítás térképpel történő együttes elemzéssel pedig meghatározható a felszíni, vagy felszínközeli szennyező források térbeli helyzete.

A felszíni vagy felszín közeli (csatorna, vízvezeték) térképeket a barlangtérképpel és a barlangi mérő helyeimmel térbeli összefüggésben vizsgáltam. A Szemlő-hegyi-barlang térképe - szemben a többi budai barlangéval - korábban még nem készült el digitális, koordináta helyes formában, így csak egy beszkenelt raszteres térkép-sorozatot tudtak a rendelkezésemre bocsátani (Szunyogh Gábor, Országos Barlangnyilvántartás). A KvVM Barlangtani és Földtani Osztályától (Országos Barlangnyilvántartás) kapott barlangbejárat EOVS koordináta adatai - azon belül is a Liftakna - alapján sikerült a barlangtérképet 1 koordináta-pár alapján georeferálni. A további feldolgozások során az ábrázolt barlangjáratokat egybefüggően bedigitalizáltam és ráillesztettem a felszíni EOVS térkép(ek)re, és megjelenítettem a csepegés mérési helyeket is. Azonban ez csak síkbeli, alaprajz ábrázolás, a hosszmetsetet, a mélységet nem mutatja. Ennek megoldására az állandósított fixpontok XYZ koordinátáit és az egyes pontok közti kapcsolatot polygon vonalhálózatot kellett létrehozni, ami a barlang korábbi felmérése idején állandóra beépített fixpontok (alumínium lapocskák) alapján történt. A felhasznált POLYGON barlangtérképező szoftver felszíni pontokat és rácshálót is értelmezni tud, vagyis lehetőség nyílt az interpolált GRID rácsháló (felszíni domborzat) és a vizsgált területre eső barlangbejáratok (Pusztaszeri-barlang, Pünkösdi-barlang, Zsindely utcai-barlang) és a Szemlő-hegyi-barlang járathálózatának együttes ábrázolására. A program segítségével ezek egyszerre forgathatók, tehát 3D-ben, alaprajz és hosszmetsetben, továbbá átmeneti nézetekben is tanulmányozhatók.

Felhasznált programok:

- ERDAS IMAGINE 8.5
- ArcView GIS 3.3
- Surfer 8
- ER Mapper 7.0
- POLYGON barlangtérképező program
- CorelDRAW X3
- Microsoft Excel

Az adott programokban való feldolgozásokat az egyetemi tanulmányaim során elsajátított ismeretek, továbbá az Elek István szerkesztésében készült „Térinformatikai gyakorlatok” című adott programokra vonatkozó fejezetei (ELEK et al. 2007), vagy felhasználói kézikönyv alapján végeztem. A feldolgozások menetét és lépéseit a mellékletben részletesen ismertetem (1. Melléklet)

6.3.2 Felszín vizsgálata

GIS adatbázis létrehozás és megjelenítés

A terület 1:10000 méretarányú, ERDAS 8.5 program segítségével georeferált, végeredményben EOVS vetületi rendszerű alaptérképek alapján az ArcView 3.3 GIS programmal tematikus vektoros térképeket, illetve adatbázist készítettem. A domborzat ábrázolásához bedigitalizáltam a szintvonalakat és magassági pontokat, valamint a felszíni vízfolyásokat (Duna, Ördög-árok patak). A magassági pontok és szintvonalak adataiból a Surfer 8 program segítségével, interpolálással (Krigeléssel, GRID rácsháló előállításával) domborzatmodellt készítettem, és erre ráhúztam a vektoros és raszteres térképeket.

Erdas Imagine 8.5

A területről rendelkezésre álló EOVS (Egységes Országos Vetület) vetületi rendszerű 1:10000 méretarányú térkép és további tematikus térképek, illetve ürfelvétel alapján terveztem a digitális állományokat: térképeket, illetve adatbázisokat elkészíteni. A további feldolgozásokhoz először a jpeg formátumú alaptérképet kellett a saját EOVS vetületi rendszerébe illeszteni. A megadott X-Y koordináta pont adatok az ERDAS IMAGINE 8.5 - illetve 9.1 verziójú - program segítségével a beszkenelt kép elemi egységeihez: a pixelekhez hozzárendeltem az X-Y koordinátákat, így létrehoztam a georeferált, és a további feldolgozásokhoz alapul szolgáló térképet. A többi térképet, illetve ürfelvételt az EOVS térképhez „kép a képhez” illesztéssel georeferáltam. Végül a raszteres állományokat a további elemzésekhez két területhattárral (Rózsadomb, Szemlő-hegyi-barlang felszíne) egységes méretűre vágtam.

ArcView GIS 3.3

Az új projekt (.apr kiterjesztés) létrehozását követően beimportáltam a georeferált, EOVS vetületi rendszerbe illesztett alaptérképeket. Az egyes tematikus térképeket különböző rétegeken (Layer=Theme) hoztam létre: 3 Layer típust kellett figyelembe vennem: pont, vonal vagy polygon formában hoztam létre (modelleztem) a megjelenítendő elemeket. Az egyes rétegekhez 3 adatformátum tartozik, azonos névvel ellátva: shp (térkép), dbf (adattábla), shx (az shp és dbf közötti kapcsolat meghatározása). Ezek a file-ok csak együtt használhatók, amire tekintettel kell lenni az adatok másolásakor vagy áthelyezésekor. A projekt (.apr), - amelyben az ArcView esetében dolgozok -, az egyes adatfile-ok közötti kapcsolatokat, műveletek elérési útvonalait határozza meg, ezért működéséhez adott könyvtár struktúra szükséges, amely általában számítógépenként eltérő, így többnyire csak az adott gépen/adathordozón használható.

Az adott layer (=réteg) létrehozását követően meghatároztam a térképhez XY koordináták segítségével kapcsolódó adattábla oszlopait és attribútum adat formáit. Az alaptérkép (raszteres adatállomány) alapján vektoros adatállományt hoztam létre, vagyis a korábban meghatározott vektoros formában (pont/vonal/polygon) „bedigitalizáltam” a térképet.

Az adott Layer különböző csoportokba sorolható elemeihez a továbbiakban színekkel vagy vastagsággal való elkülönítése céljából az adattábla ID oszlopában csoportonként különböző számokat rendeltem, és a számkód mellett szükség esetén létrehoztam egy „magyarázó” oszlopot is. Ha az adott layer tematikája megkívánta, további attribútum adatokat, adat-típusokat kategorizáló oszlopokat határoztam meg

(például magasság értékek - Z koordináta, utcák nevei és ingatlanok címei stb). Bizonyos polygonokat a vizsgált terület lehatárolása és adott layerek „vágása” céljából definiáltam, hogy később az adott tematikus layereket ezek segítségével határoljam le. A polygon típusú layerekből egy számítási művelettel meghatároztam a modellezett objektumok területét (m²). Domborzatmodell készítéséhez a szintvonalak és a magasság pontok „magasság” értékeiből határoztam meg a pontok X-Y-hoz tartozó Z koordinátáit.

Az egyes layereket tetszőlegesen egymásra helyezve az adott objektumok egymáshoz képest való elhelyezkedése vizuálisan is bemutathatóvá vált. A bemutatni kívánt összetartozó vektoros adatokból tematikus térképeket készítettem a térképi elemek: égtáj, méretarány skála és jelmagyarázat feltüntetésével.

Surfer 8

A szintvonalak és a magasságpontok adattábláját (dBase típusú) első lépésben Microsoft Excelben nyitottam meg: egy táblázatban egyesítettem az adatokat, majd xls formátumban mentettem el. Ezt követően már a Surfer programmal dolgoztam tovább. Az adatok X,Y és Z koordinátáiból interpolálással (Kriging) egy négyzetekből álló grid rácshálót (rács magassági mátrixot) hoztam létre, ahol a egységnyi cellák azonosak, a ráctávolság állításával megadható a felbontás, és ahol az X és Y adatok a vízszintes tengelyeken helyezkednek el, a Z értékek pedig a „tulajdonságok”, azaz a magasság értékek. Az így előállított adatsort Surface típusú térképként megnyitva (2 és fél dimenziós megjelenítésben) látványosan kirajzolódott a terület domborzati képe. A digitális domborzatmodell színskáláját a domborzatábrázolásnál általánosan elfogadott és használt színfokozatokra állítottam át (sötétzöld→sötétbarna). Az interpolálás hátránya, hogy ha az adott területen belül az adatok eloszlása nem egyenletes, a térben hiányzó adatok helyét is kitölti, vagyis a térben legközelebbi Z koordináta-adatok alapján a hiányos helyekre is kiszámít bizonyos értékeket. A hiba lehetőségének lehető legkisebbre csökkentése érdekében minden feltüntetett szintvonalat bedigitalizáltam, és a hiányos részeket (például köfőjtőknél) is - igaz, szubjektív módon - meghatároztam azokat. A grid rácsháló Z koordináta értékei alapján Vector Map típusú térképen „lefolási irányokat” ábrázoltam: a nyíl mindig az adott rács kisebb magasság értéke felé mutat. Ez utóbbi ábrázolással a víz felszíni lefolyás-irányát kívántam modellezni. A domborzatmodellhez tetszőleges variációban nyitottam meg és helyeztem rá a korábban előállított vektoros és raszteres térképeket (Base Map), és ezzel lehetővé vált az adott tematika 3D hatású tanulmányozása.

6.3.3 Barlang vizsgálata

A Szemlő-hegyi-barlang 1961-62-es felmérése során készített 1:100 méretarányú térkép és az állandósított fixpontok képezték a kiindulási alapot. A liftakna felszíni EOY koordinátái alapján történt térkép georeferálást követően leolvastam a fixpontok EOY koordinátáit, valamint a járatkontúrok alapján vektor polygonként bedigitalizáltam az alaprajzot és a csepegésmérő helyeket, valamint a barlangtúra útvonalát. A barlangtérképező program segítségével a fixpontok alapján(!) létrehoztam a járatok lefutását szimbolizáló polygonhálózatot, melyre rácshálóként ráhelyeztem a domborzatot és felszíni pontként a területen felmért barlangbejáratokat. E kétféle módszerrel létrehozott járáthálózatot, illetve kontúrtérképet a felszín domborzatával és objektumaival együtt ábrázolva az egymáshoz való viszonyuk térben vizsgálható.

A barlang felmérése

1961-62-ben Horváth János vezetésével a kutatók részletesen felmérték a barlangot, és 1:100 léptékű, nagy pontosságú térképet szerkesztettek: hazánkban ez volt az első és hosszú ideig egyetlen ilyen jellegű barlangtérkép. A mérnöki precizitással végzett munkával felmért, abban az időben ismert járatok összhosszúsága 1962 méter volt. Részben az említett és későbbi térképezéseknek köszönhetően újabb járatszakaszokat is találtak. A '60-as évek eleji nagy szabású térképezés az ezt követő időszakban felefedezett járatok (például Ferencvárosi-szakasz) hasonló részletességű felméréseivel egészült ki. Ennek végeredménye a jelenleg érvényben lévő, 2201 méter összhosszúságot ábrázoló, különböző vetületi nézetekben készült barlangtérkép. 1989-ben a Nemzetközi Barlangtani Unió Budapesten rendezett X. Kongresszusa alkalmából Horváth János és Szunyogh Gábor elkészítette a járatokat 3D-ban bemutató térmodellt, amit a barlang fogadóépületének kiállító terében tekinthetnek meg az érdeklődők. (TAKÁCSNÉ BOLNER K. 2007; HORVÁTH J.– SZUNYOGH G. 2005)

A barlangtérképezés az alábbi lépésekben és módszerekkel történt. A leírásokat Horváth János a Karszt és Barlang című szakfolyóiratban megjelenő cikke (HORVÁTH J. 1965), és Hegedűs András szakdolgozata nyomán (HEGEDŰS A. 2007) készítettem.

A járáthálózatok pontos térbeli nyomvonalának felméréséhez szükség volt egy mért adatokkal meghatározott sokszögvonal felvételére, amely a térképkészítés alapjául szolgált. Ez a sokszögvonal a térkép „váza”, erre vették fel további mérésekkel a barlang kontúrvonalát és a járatkitöltő elemeket. A sokszögvonalat a járatok középvonalában vezették végig, a töréspontok közötti szakaszok térbeli helyzetét műszerekkel határozták meg. A sokszögvonal hosszal, irányszöggel és lejtésszöggel megadott, egymáshoz láncszerűen kapcsolódó egyenes szakaszok sora. Az egyes szakaszokat sokszögoldalnak (poligonoldal) a szakaszok töréspontjait, végpontjait pedig sokszögpontoknak (poligonpont, mérési pont) nevezik. A járatok falán mérésekkel 74 darab állandósított fix pontot: számmal ellátott alumínium négyzet lapocskát helyeztek el (ezzel megteremtették a későbbi ellenőrző mérések és a továbbmérések alapjait). A méréseket a tágasabb járatszakaszokban: az alsó főjáratokban és a Kinizsi-szakaszban nagy pontosságot lehetővé tevő Zeiss-féle világított üvegtükros, busszolás teodolittal (vízszintes és magassági szögek mérése), lehetőség szerint a járatok középvonalában „ugróállásos” módszerrel végezték, és e sokszögvonalra kifeszített beosztásos zsinórtól méterenként, - illetve ahol a helyzet megkívánta, sűrűbben -, függőleges és vízszintes irányban is megmérték a járatok fő

határvonalait. (A teodolittal nem közvetlen irányszögeket, hanem az egymást követő poligonoldalak által bezárt szögek mérhetők, és ezekből számítható ki az irányszög.) A kevésbé jelentős, szűkebb járatokban (például a Kuszodában és az Egyetemi-szakaszban) függőkompasszal és lejtmérővel, a nagyon omladékos és szűk helyeken pedig a kevésbé pontos tájolóval végezték a felmérést. A műszeres mérések adataiból a sokszögvonalat kiszűrték a megfelelő nézetekben (alaprajz és hosszmeteszet). A mérési pontok helyzetét kiszámolták, és egyéni, „belső használatú” koordináta rendszerbe illesztették, ahol a 0 pont kezdetben a felfedező bejáratnál elhelyezett vascsap volt. Később ezt módosították: a Ferencvárosi-terem mesterséges bejáratú táro felőli falába helyezték át. Egy szakképzett ellenőrző csoport a mérés során használt műszerekkel ellenőrizte, újramérte a főjáratok mérési és fixpontjait.

A műszeres mérésekkel párhuzamosan már a helyszínen vázlatosan rögzítették a barlang alaprajzát és hosszmeteszét: a szakaszok kontúrjait milliméter-papíron megrajzolták 1:100 méretarányban, és megjelölték rajta a bekérgezések magasságát, formáját, a jelentősebb töréseket, omladékokat, aljzat kitöltéseket is. A keresztmetszvényeket átlagosan 10 mért pont alapján készítették el. A helyszíni mérések eredménye: 570 műszeres, 380 mérőszalagos mérés, továbbá a 117 keresztmetszvény megrajzolásához 10000 pont mérőléces bemérése.

Később a felmérési jegyzet és 650 helyszíni részletraajz alapján szerkesztésekkel pontosan megrajzolták a barlangjárat kontúrvonalát, és az előbb említett kitöltő elemeket is ábrázolták. 1:100 méretarányban elkészítették a barlang több szint szelvényrajzát és a fő járatot ábrázoló alaprajzi, valamint ezek hosszmeteszeti térképét, illetve 117 darab folyosó keresztmetszvényt és 21 darab teljes keresztmeteszetet. Mivel akkoriban még nem létezett egységesen elfogadott barlangi jelkulcs, az általuk használt jeleket külön táblázatban magyarázták és jelölték. A térképen néhány új elnevezést is feltűntettek (Egyetemi-szakasz, Kinizsi-szakasz, Rózsasalugas).

A barlangtérkép georeferálása

A rendelkezésemre állt egy 1:100 méretarányú beszkenelt barlangtérkép. A számítógéppel rajzolt (Corel Draw) térképen szerepelt az északi irányt jelölő nyíl. A beszkenelt térképet az *ER Mapper 7.0* program segítségével elforgattam, úgy hogy az északi irány párhuzamos lett a keletkezett kép (raszteres állomány) oszlopaival. A szkennelés felbontása és a térképre rajzolt léptékvonal alapján megállapítottam az állomány pixelméretét: a léptékvonal 100 métere horizontálisan 3020, vízszintesen, 240 pixel. Ez alapján kiszámított pixelméret: 0,03311 méter/pixel.

Az Országos Barlangnyilvántartás adatbázisában a Szemlő-hegyi-barlangra vonatkozóan három - nagy pontosságú GPS készülékkel bemért - bejáratú koordináta ismert: főbejárat, felfedező bejárat és liftakna. Ezek közül csak az utóbbi, a liftakna pontja azonosítható pontosan a barlangtérképen is. Ennek EOVS koordinátái ismertek. A megfelelően tájolt és ismert pixelméretű raszteres adat geokódolásához ennek a pontnak a képi és EOVS koordinátáit kellett csak megadjam.

A barlangi „belső” koordinátarendszer átszámítása EOVS koordinátákká

Rendelkezésemre állt a barlang felmérése során készített, a barlang állandósított fix pontjainak „belső” koordinátáit tartalmazó pontjegyzék (Excel táblázat). Ezeknek a pontokhoz tartozó EOVS koordináták kiszámításához felhasználtam a már georeferált barlangi térképet is.

Olyan azonos pontokat kerestem, amelyek a térképen is azonosíthatók, és így EOVS koordinátáik leolvashatók, illetve amelyek szerepelnek a pontlistán. A „belső”

koordináták és az EOY koordináták közötti transzformációt lineárisnak választva, az összefüggés a belső „x” és „y” valamint az EOY „E” és „N” koordináták között az alábbi alakú:

$$E = a_0 + a_1x + a_2y$$

$$N = b_0 + b_1x + b_2y$$

az a_0 - b_2 együtthatókat a legkisebb négyzetes illesztés segítségével számítottam ki. Az együtthatók és a fenti egyenlet segítségével tetszőleges „x” és „y” „belső” koordinátájú pontra ki tudtam számítani a pont EOY koordinátáit.

Digitális barlangtérkép (járatkontúrok és sokszögvonal hálózat) létrehozása

A georeferált, alaprajzi nézetű barlangtérkép **járatkontúrjait** a korábban ismertetett módszerek alapján *ArcView GIS 3.3* programban polygon vektorként bedigitalizáltam. A járatok elhelyezkedésének, alapterületi lefedésének reprezentatív és minél pontosabb meghatározása - ugyanakkor az egyszerűbb ábrázolhatóság - érdekében a különböző járatszinteket egy térképen (rétegen=layeren) jelöltem. Kíváncsiságból kiszámoltam a területét: 2468 m² jött ki eredményként... A barlang hivatalos összhosszúsága 2201 méter, mélysége 52 méter. Pont típusú layeren jelöltem a 9 csepegés mérőhelyet, valamint az alkalmi vízmintázás helyszínét képező Gomszagató tavat. Vonal formájában pedig megrajzoltam az idegenforgalom által használt, kiépített túraútvonala(ka)t.

A *POLYGON* program **felszíni domborzatábrázolásához először *Surfer 8*** programmal a már korábban ismertetett módszerrel a szintvonalak XY és magasság (Z) koordinátái alapján 15x15 cellából álló GRID rácshálót hoztam létre; a rácspontok közti távolság 30,4 méter. A rácsháló 4 sarkának és a rácspontoknak is adott az XY EOY koordinátája. Azonban a felszíni háló rácspontjainak Z koordinátáit egyenként kellett leolvasnom és a rácspan elfoglalt helyük alapján Excel táblázatba beírva összesítenem. Ezt a Z koordináta táblázatot használom fel majd a *POLYGON* program felszíni adatainak meghatározásánál.

A **Szemlő-hegyi-barlang sokszögvonal hálózatát és felszínhez viszonyított helyzetét** a Prépostffy Zsolt barlangkutató által 1998-2004. között kifejlesztett *POLYGON 2.7* barlangtérképező programmal ábrázoltam, melynek használatában Zihné Dr. Perényi Katalin segítette, a feldolgozás menetének leírását pedig Hegedűs András szakdolgozatában (HEGEDŰS A. 2007) bemutatott útmutató alapján ismertetem. A mérési fixpontok közti kapcsolat (szomszédsági viszonyok, leágazások), vagyis 2 pont közötti hossz, irányszög és lejtőszög, valamint az XYZ koordináták (0 kezdőpont EOY) a program táblázatába történő bevitelét követően a térkép nézetben kirajzolódik a barlang polygon hálózata.

A felszín domborzatát a grid rácsháló egymástól azonos távolságban elhelyezkedő rácspontjai (15x15 pont) és azok Z koordinátái alapján lehetett a programba és a barlangjáratok polygonhálózatára illeszteni. A felszín ábrázolásánál további viszonyítási alapot nyújtanak a felszíni pontok, objektumok: jelen esetben a vizsgált területre eső barlangbejáratok, melyeknek adott az XYZ EOY koordinátájuk. A tanulmányozást segíti, hogy a sokszöghálózat a felszínnel együtt kicsinyíthető, nagyítható, mozgatható, forgatható – 3D-ban is –, továbbá az alaprajz és hosszmetset, és a köztük lévő ábrázolási átmenetek is jól megfigyelhetők. A 82 darab fixpont beazonosítását és a térképezést pedig megkönnyíti a megjeleníthető sorszámok, valamint a mélység szerint eltérő színtintézővel történő ábrázolás.

A felszín domborzata és a bejáratok koordináták elhelyezkedése alapján mélység, azaz Z távolság mérhető a felszín és a barlang sokszöghálózatának adott (fix)pontja között.

6.4 Kérdőívezés

Kérdőíves felmérést végeztünk a barlang felszínén és tágabb környezetében elhelyezkedő ingatlanoknál. A kérdőív összeállításakor arra törekedtünk, hogy képet kapjunk a barlang szempontjából meghatározó ingatlanok területhasználatáról, a burkolt - és ez által beszivárgást módosító - felületek arányáról, a vízhasználati szokásokról, és az esetlegesen előforduló vegyszerhasználatról. A módszer terveink szerint a felszínborítás-területhasználat térkép kiegészítéseként és pontosításaként, illetve a barlangba csepegő vizek vizsgálatánál, az ok-okozati összefüggések tanulmányozásában nyújthat segítséget. A kérdéseket igyekeztünk úgy megfogalmazni, hogy azokra egyértelmű, objektív választ kapjunk, de természetesen számolnunk kell az emberek szubjektív - bevalláson alapuló - válaszaival is. A kérdőív így összesen 9 zárt illetve nyitott kérdésből állt (2. melléklet).

A kérdésekre kapott válaszokat táblázatos formában összesítettem és elemeztem. A telek címekhez (soronként) összesítettem az egyes kérdésekre kapott válaszokat (oszloponként), majd megvizsgáltam az adott kérdésre kapott válaszok arányát, végül területileg is elemeztem, illetve összehasonlítottam a térinformatika segítségével kapott eredményekkel.

6.5 Feldolgozási módszerek

6.5.1 Vízmintaadatok feldolgozása

A vizsgálatok során összesen 558 mintát értékeltem mennyiségileg és minőségileg. (ebből laborban 524 minta vízkémiai mérése történt meg). Csepegőhelyenkénti megoszlásuk a következő: Pettyes-terem: 80, Virágoskert: 9, Virágoskert-Hosszú-lejtő: 54, Örvény-folyosó: 81, Óriás-folyosó: 82, Halál: 52, Hópalota: 47, Április 3.-folyosó: 61, Csengő-terem: 69, illetve Gombszagató tava: 18, csapvíz: 3, olvadék víz (hólé): 2 darab.

Az értékelés céljából a csapadék–csepegés intenzitás, a csepegés intenzitás–elektromos vezetőképesség, vízkémia és vezetőképesség – TDS idősorokat grafikonon, valamint a mérőhelyenként átlagolt kémiai összetételt (meq/l; %) (fő kationok és anionok) oszlop- és kördiagramon jelenítettem meg. Ezekon kívül még több összehasonlító diagramot is készítettem (például MÁFI vízmintákkal és határértékekkel való összehasonlítás). A csepegés intenzitást a leolvasott mennyiségek alapján az összegyűlési napokra vonatkozóan egyenletesen elosztva ábrázoltam. (Ez sajnos nem a legpontosabb mérési és számolási módszer, de ilyen hosszú időn keresztül történő folyamatos észlelésre csak ez a lehetőség állt rendelkezésemre.) Az észlelések vagy mérések kimaradását, sikertelenségét adathiány jelzi az idősorokon. Mérőhelyenként kiszámoltam a vízmennyiség, hőmérséklet, pH, fajlagos elektromos vezetőképesség, továbbá vízkémia adatok minimum, maximum és középértékét (medián). Az átlag helyett inkább a mediánt használtam, mivel az átlag az összes, így a kiugró értékeket is azonos jelentőséggel veszi figyelembe. A mintákra leginkább jellemző értékeket a medián jellegeből adódóan nagyobb súllyal számítanak, ezáltal a kiugró, ritkán előforduló értékek a végső eredménybe is kevésbé számítanak bele, és az átlaggal ellentétben nem tolják el adott irányba. A nyolc elemzett ion mg/l értékét

csepegőhelyenként összeadtam, és ezt az összeget nevezem TDS-nek. (Feltételezve, hogy csak ezek az ionok vannak jelen meghatározó mennyiségben, és ezek határozzák meg a víz minőségét!)

A vízkémiai paraméterek jellemzésére a hidrogeológiában elterjedt koncentráció ábrázolási forma a Piper és Stiff diagram. E diagramokat a csepegőhelyek TDS (mg/l) középértékei alapján RockWorks 2006 programban készítettem el (a program a mg/l értékeket átszámolja meq/l mértékegységbe).

A Piper diagram három mezőből áll: középen a rombusz alakú diagram összegzi a kationok és anionok mennyiségét, a bal alsó sarokban a kationok, a jobb alsóban pedig az anionok háromszög diagramja található. A háromszögek csúcsai meq/l mértékegységben kifejezve az egyes ion (vagy ionok összege) normalizált koncentrációjának 100%-os értékét jelentik. A kationok és az anionok százalékos (vagyis normalizált meq/l) mennyisége alapján minden vízmintát külön pontként ábrázoltam a jobb és baloldali háromszögben. Az anionok és kationok mennyiségét mutató, összetartozó pontokat a háromszögek külső élével párhuzamosan a rombusz alakú digramba vetítve megkaptam a vízminta főion összetételét leginkább reprezentáló pontot. Az összes vízminta koncentrációját egy diagramon ábrázolva látványosan kirajzolódik az egyes minták közti hasonlóság és különbség. A normalizálás következtében azonban az egyes ionok koncentrációját csak a TDS mennyiségével arányos átmérőjű körök segítségével lehet ábrázolni.

A Stiff diagrammal az előzővel ellentétben a valós koncentráció értékeket ábrázoltam meq/l mértékegységben. A koncentráció értékeket meghatározott anion-kation párhoz tartozó vízszintes koordinátengelyen jelenítettem meg: a kationok a tengely bal, az anionokat pedig a jobb oldalán tüntettem fel. A koncentráció-értékeket ábrázoló pontokat összekötve a kémiai összetételre jellemző sokszöget rajzoltam ki: az így módon kapott polygonok lehetővé teszik a különböző mérési helyekről származó vízminták összetételének vizuális összehasonlítását.

A vízmintáim jellegére nézve azonban több szempontból sem alkalmazhatóak csupán ezek a digramok: a Na^+ -ot és K^+ -ot, illetve a HCO_3^- -ot és a CO_3^{2-} -ot együtt kezelik, továbbá nem ábrázolható rajta a Szemlő-hegyi-barlang csepegő vizeinek összetételére jellemző NO_3^- ! Szükség van tehát „hagyományos” diagramokkal történő ábrázolásra is.

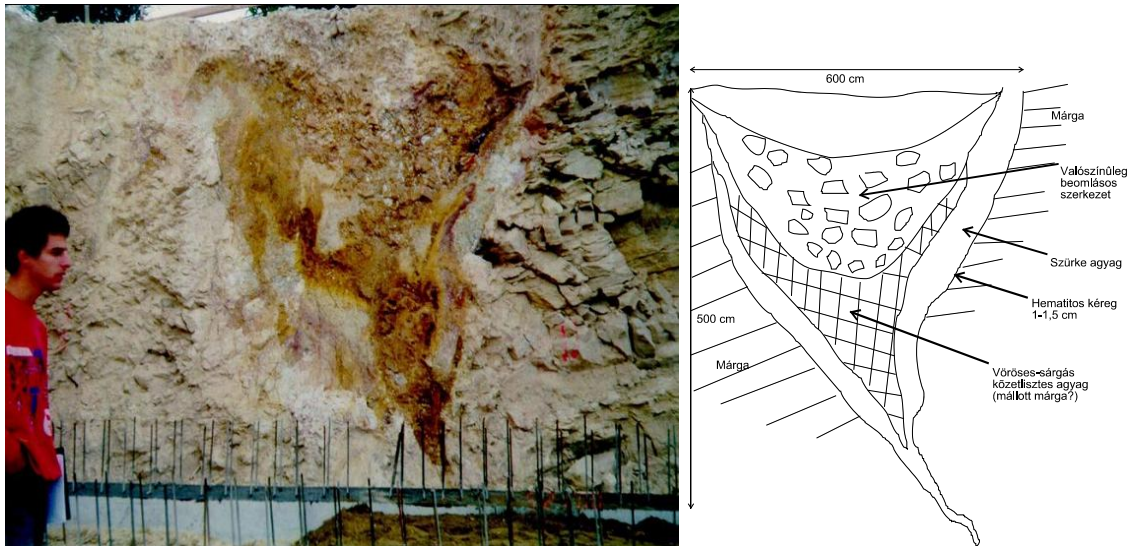
6.5.2 Területhasználat adatok feldolgozása

A térinformatikai módszerekkel előállított vektor polygonok terület adatait (dbf formátumú táblázat) megnyitottam Excelben, és egy munkalapon, külön-külön oszlopokban egyesítettem a lehatárolt mintaterület, A-zóna, B*-zóna és kérdőívezés tematikájú táblázatokat. Az egyes tematikákon belül leválogattam a felszínborítási kategóriákat, és összegeztem a területüket. Oszlopdigram segítségével összegahonlítottam a mintaterület, A-zóna és B*-zóna területhasználati arányait.

A kérdőívezés alapján vizsgált terület felszínborítás kategóriáit szintén leválogattam, majd ingatlanonként kiszámoltam a burkolt és beszivárgási felületek területarányát. A kérdőívezésben együttműködő tulajdonosok ingatlanjainak épülése alapján három kategóriát alakítottam ki: 1955. előtt épült, 1956 és 90. között, illetve 1991 és 2008. között beépült telkek. A három időintervallumban, külön telkekre bontva oszlopdigramon ábrázoltam a burkolt és beszivárgási felületek arányát. Végül ezeket összevettem a kérdőívekre kapott válaszokat összesítő táblázatban szereplő, a válaszadók által tippelt beépítettségi, pontosabban burkolt felületek arányával.

7. Felszínközeli törmeléktakaró minősítése

A Szemlő-hegyi-barlang fedőképződményeit a barlanghoz legközelebb a Pusztaszeri út és Barlang utca sarkán 2000-ben épült lakópark alapkiásása idején lehetett közvetlenül tanulmányozni. A szálban álló, kemény, tömör, pados megjelenésű Budai Márga Formáció (rétegdőlés: $140/20^\circ$) felső része fellazult, agyaggal kevert durva közettörmelékes vagy agyagos löszös alapanyagba ágyazott pár cm-es törmelékekből felépülő zóna. A törmelékzóna megjelenése gyakran töbörkitöltés vagy beszakadás jellegű, amely kedvez a víz elvezetésnek. A munkagödörben vöröses kőzetliszttel, ill. törmelékkel kitöltött 6 m átmérőjű és 5 méter mély képződmény is megfigyelhető volt, amelyet paleo-víznyelőként értékeltek a leírók (7.1 kép) (ERŐSS A. 2001; MÁDLNÉ SZÖNYI et al. 2001; ANGELUS et al. 2002). A Pusztaszeri út 45. garázsépítése közben szintén hasonló jelenségek: fellazult közettörmelék, továbbá valószínűleg preferált vízvezető felületek mentén kivált karbonát volt megfigyelhető (ERŐSS A. 2001; ANGELUS et al. 2002). Földtani analógiák alapján legalábbis részben ez a fedőjelleg feltételezhető a Szemlő-hegyi-barlang fölött is.



7.1 kép: A "paleo-víznyelő" a Pusztaszeri úti lakópark építési feltárásában

(Eröss A. 2001)

A fedő térbeli jegyei ugyan nem, de anyaga a barlangjáratok közelében mélyült sekélyfúrásokból pontszerűen is ismert (*TÉRKÉPMELLEKLET 1-2.*) (VÉGH S.-né 1985). A járatoktól ÉNY-i irányban mélyült 195. és 196. fúrások 3,5-3,7 m mélységig szoliflukciós eredetű, vegyes anyagú lejtőtörmeléket harántoltak. A barlangtól DK-re, 0,4-0,5 m mélységig feltöltés, alatta pedig szálban álló bryozoás márga húzódik a 199. számú és 200. számú fúrások szerint, amit az előbbi 0,6 méter, az utóbbi pedig 1,1 méter mélységig tárt fel. A felszíni jegyek alapján a törmelékfedő a rózsadombi epikarszt minősítés (ld. 4.2 fejezet) (ERŐSS A. 2001; MÁDLNÉ SZÖNYI et al. 2001; MÁDLNÉ SZÖNYI et al. 2007) szempontjából második és a harmadik kategóriába sorolható. Ami azt jelenti, hogy a törmelékfedő epikarsztnak minősíthető.

A telítetlen zónában zajló beszívargást befolyásolják a szerkezeti elemek. Ezek a Szemlő-hegyi-barlangra jellemzően ÉK-DNY-i csapásirányúak, ez a barlangjáratok

tektonikus főiránya is. Emellett ÉNY-DK-i törések és É-D-i, továbbá K-Ny-i szerkezetek is befolyásolják a beszivárgó vizek elvezetését.

A szerkezetek beszivárgási folyamatokban betöltött fontosságát támasztja alá az 1992-ben elvégzett szivárgási kísérlet eredménye (SÁRVÁRY et al. 1992), amely szerint a Budai Márga vízáteresztésében a függőleges hasadékok szerepe meghatározó. Mint már utaltam rá FEHÉR K. (in MARI L.– FEHÉR K. 1999) véleménye szerint ugyanakkor a Szemlő-hegyi-barlang egyes szakaszain a víztovábbítást lényegében a Szépvölgyi Mészke és Budai Márga 20°-os dőlésű határán preferált. Az Óriás-folyosónál tapasztalható folyamatos, intenzív csepegést is e réteghatár vízvezetésének tulajdonítja. A dőlésviszonyokat, valamint a Szemlő-hegyi-barlang felszín alatti térbeli elhelyezkedését számításba véve, a fő járatszintekre (~160 mBf) vonatkozóan a járatok és a felszín között ÉK-ről DNY-i irányban nő a fedővastagság. Véleményem szerint a réteghatár menti vízmozgás mellett a fedő vastagsága is befolyásolja a függőleges átszivárgást.

A Szemlő-hegyi-barlangtól ÉNY-ra nyíló Zsindely utcai-barlang és a vizsgált barlangjáratok között WEIN Gy. (1977) földtani térképei alapján egy ÉK-i irányú vető feltételezett (TÉRKÉPMELLÉKLET 1-3.). Ez a vető a Szemlő-hegyi-barlang jelenleg ismert szakaszaiban nem jelenik meg. A túloldalán azonban a triász Mátyáshegyi Mészke Formáció 6 m-re megközelíti a felszínt úgy, hogy a Budai Márga teljesen hiányzik a rétegsorból (LEÉL-ÖSSY SZ. szóbeli közlése). Az 1985-ben felfedezett, borsókövekkel díszített, 20-30 méter hosszúságban és 16 méter mélyen ismert Zsindely utcai-barlang 6 méter mélységig felső-eocén Szépvölgyi Mészkeben, alatta viszont már a triász Mátyáshegyi Mészke tüzkes rétegeiben húzódik (LEÉL-ÖSSY SZ. 1995). A Barlang utca 5-9. telken a nyolcvanas években mélyített kutatógödör (Zsindely utcai akna) 8-9 méter mélységbe nyúlik le az eocén Szépvölgyi Mészkeben, de a triász mészkövet nem éri el (LEÉL-ÖSSY SZ. szóbeli közlése). A mészkő jellemzően a felsőbb részekben töredezett, az alsó részen néhány cm széles, borsókövekkel díszített huzatos hasadék és egy márgával kitöltött paleokarsztos üreg található (LEÉL-ÖSSY SZ. 1995). 2007. tavaszán a Barlang utca 6. (jelenleg 6-8.) telken építés közben fedték fel a Pünkösdi-barlangot. A járat 12 méter mélységig végig feltűnően nummuliteszes Szépvölgyi Mészkeben húzódik. A barlang tulajdonképpen záró gömbfülke, hévforráscső, és 10 méter mélyen kovás zónát harántol (7.2 kép). Járata a Szemlő-hegyi-barlang mellett húzódik, és már az Agyagos-szakasz alá bontották; valószínű, hogy a nagy barlang egyik eddig még ismeretlen járata lehet (LEÉL-ÖSSY SZ. 2007).



7.2 kép: A Pünkösdi-barlang



7.2 kép: A Pünkösdi-barlang

A korábban már említett Pusztaszeri út – Barlang utca sarkán (ma Barlang utca 6-8.) 2000-ben az OTP lakópark alapozógödrenek kiásása közben találták meg a két nagy gömbfülkéből álló Pusztaszeri-barlangot. Az egyik gömbfülke később beomlott, a másik pedig a középső épület mellett, a garázs alatt nyílik. A 9,5 méter mély barlang befoglaló kőzete Budai Márga, ami a bryozoás márgába mutat átmenetet (LEÉL-ÖSSY SZ. 2000).

A triász és eocén mészkőben kialakult Zsindely utcai-barlang és az eocén márgában keletkezett Pusztaszeri-barlang egymástól mindössze 200 méter távolságra található, azonban a földtani felépítés tekintetében ez 50 méter (!) elvetési magassággal párosul. A triász képződmények jellemzően É-D-i vetők mentén zökkentek le. A Pünkösdi-barlang járatai a felső-eocén mészkőben vannak, és a Szemlő-hegyi-barlang Agyagos-szakasza felett sem található még Budai Márga. Az Örvény-folyosó bejáratánál (a Raktár részen) azonban már kis vastagságban megjelenik a márga (LEÉL-ÖSSY SZ. szóbeli közlése).

A Szépvölgyi Mészkő és Budai Márga D-i irányú, 20° dőlése és az előbb ismertetett barlangok földtani felépítése alapján elmondható, hogy a vizsgált terület Pünkösdi-barlangtól (7.3 kép) Szemlő-hegyi-barlangon keresztül Pusztaszeri-barlangig tartó részén a fedő összlet É-on kizárólag Szépvölgyi Mészkő, majd D felé megjelenik és fokozatos kivastagodással egyre jelentősebbé válik a Budai Márga. A Szemlő-hegyi-barlang törmelékfedője is e két közettípusban alakulhatott ki.

WEIN GY. (1977) fedett és fedetlen földtani térképei alapján a fedőt kizárólag Budai Márga építi fel (TÉRKÉPMELLÉKLET 1-3.), azonban térkép szerkesztése időszakában még nem ismerték a Szemlő-hegyi-barlang környezetében nyíló, előbb bemutatott kisebb barlangokat. Érdeemes lenne ezek tükrében földtani szempontból újra átvizsgálni a területet.

Végül nem hanyagolható el a törmelékfedő jellemzésekor az emberi tevékenység hatása sem. A Szemlő-hegyi-barlang bejáratí részének felszíni védőterülete (a természetvédelmi terület nagy része) a bejáratí létesítmények építésekor mesterséges felszín átalakításon ment át, felszínlenyesés, rézsűzés történt. Továbbá az építési és a korábbi mezőgazdasági munkák is érinthették a felső talajszelvényt (ZÁMBÓ et al. 1992).



7.3 kép: Törmelékfedő a Pünkösdi-barlangnál

8. Területhasználat értékelése

8.1 Adatok

8.1.1 Térinformatika

Az ERDAS IMAGINE 8.5 program segítségével georeferált (egységesen EOV vetületi rendszerbe illesztett) alaptérképek (raszteres adatállományok) a következők:

- EOV térkép
- IKONOS űrfelvétel (Google Earth)
- IKONOS űrfelvétel barlangjáratokkal
- csatorna térkép (FCsM)
- vízvezeték térkép
- fedett földtani térkép (WEIN GY. 1977)
- fedetlen földtani térkép (WEIN GY. 1977)
- oligocén alatti fedetlen földtani térkép (WEIN GY. 1977)
- eocén alatti fedetlen földtani térkép (WEIN GY. 1977)
- FTV sekélyfúrásokat jelölő térkép (VÉGH S.-né 1985)

Az ArcView GIS 3.3 szoftverben az alábbi vektoros adatállományokat hoztam létre és dolgoztam fel (8.1 táblázat):

Layer neve:	Vektor típus:	Oszlopok nevei:				
Rózsadomb szintvonal	vonal	ID	MAGASSAG			
Rózsadomb magasságpont	pont	ID	MAGASSAG			
Rózsadomb szintvonal XYZ	vonal	ID	X_COORD	Y_COORD	Z_COORD	
Rózsadomb magasságpont XYZ	pont	ID	X_COORD	Y_COORD	Z_COORD	
Szemlő szintvonal	vonal	ID	MAGASSAG			
Szemlő magasságpont	pont	ID	MAGASSAG			
Szemlő szintvonal XYZ	vonal	ID	X_COORD	Y_COORD	Z_COORD	
Szemlő magasságpont XYZ	pont	ID	X_COORD	Y_COORD	Z_COORD	
felszínborítás	polygon	ID	TIPUS	CIM	UTCA	TERULET
burkolt felületek	polygon	ID	TIPUS	CIM	UTCA	TERULET
kérdőívezés eredménye	polygon	ID	TIPUS	CIM	UTCA	TERULET
kérdőívezés sikeressége	polygon	ID	TIPUS	CIM	UTCA	TERULET
A-zóna területhasználat	polygon	ID	TIPUS	CIM	UTCA	TERULET
B*-zóna területhasználat	polygon	ID	TIPUS	CIM	UTCA	TERULET
sekélyfűrés	pont	ID	SZAM			
sekélyfűrés tektonika	vonal	ID				
vető	vonal	ID				
fedett földtani térkép	polygon	ID	TIPUS			
fedetlen földtani térkép	polygon	ID	TIPUS			
eocén képződmények alatti földtani tk.	polygon	ID	TIPUS			
Szemlő-hegyi-barlang	polygon	ID	TERULET			
mérőhelyek	pont	ID	NEV			
barlangtúra útvonala	vonal	ID	TIPUSA			
vízvezeték	vonal	ID				
csatorna	vonal	ID	TIPUS	IRANY	UTCANEV	HAZ_SZAM
csatornapontok	pont	ID				

8.1 táblázat: Létrehozott vektoros adatállományok

A Rózsadomb, a Szemlő-hegyi-barlang, az A-zóna és a B*-zóna területének pontos lehatárolásához „vágó polygonokat” hoztam létre. A zónák területének meghatározását a 178/1990. (IX.18.) VB.sz. határozathoz tartozó térkép alapján végeztem, fogalmuk pontos meghatározását és a határozat beépítési korlátozásait a 8.2 fejezetben részletesen ismertetem. A Rózsadomb barlangjainak EOVS koordinátáit és kiegészítő adatbázisát a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Barlangtani és Földtani Osztályának köszönhetően használhattam fel.

A közigazgatás (illetve közmű)-térkép, EOVS térkép, IKONOS űrfelvétel és helyszíni tapasztalatok alapján egy jelenlegi állapotokat tükröző felszínborítás térképet hoztam

létre, melyhez saját, szubjektív felszínborítás kategóriákat alakítottam ki. A polygonokat a közigazgatás jellegű térkép alapján a telekhatárok, a telkeken és közterületen jelölt objektumok, valamint az űrfelvétel reflektancia értékei alapján határoltam le. Ezek közül a legszubjektívabb és legpontatlanabb a betonfelületek elkülönítése, amely főleg az utóbbi űrfelvételen látható eltérő színek és a helyszíni megfigyelések alapján történt.

A Surfer 8 szoftver segítségével - a létrehozott szintvonalas térképen is ábrázolt (*TÉRKÉPMELLÉKLET 4.*) - magasság pontok és szintvonalak Z koordinátái, magasság adatai alapján különböző felbontású, rácsávolságú GRID állományokat hoztam létre (15x15, 98x100, 490x500, 980x1000 cellaszám), és 3D domborzatmodell, illetve vektoros térkép formájában jelenítettem meg. A domborzatra ráillesztettem a raszteres térképek közül az EOVS térképet, az IKONOS űrfelvételt, a fedett és fedetlen, továbbá mezozoos képződményeket ábrázoló földtani térképeket. A vektoros térképek szintvonal, felszíni vízhalózata, felszínborítás, csatorna, vízvezeték, A és B*-zóna, kérdővezés, és a barlangbejáratok tematikáját helyeztem rá.

A barlang koordinátahelyes EOVS alaprajz kontúrtérképe összevethető a felszíni és felszínközeli tematikus térképekkel, valamint látható a csepegőhelyek pontos elhelyezkedése is. A beépített fixpontok alapján készített járáshálózat a felszínnel történő összehasonlíthatóságon túl beilleszthető a már létező, POLYGON programmal elkészített sokszöghálózattal rendelkező budai nagybarlangok sorozatába, továbbá új adatokkal szolgál az Országos Barlangnyilvántartás számára.

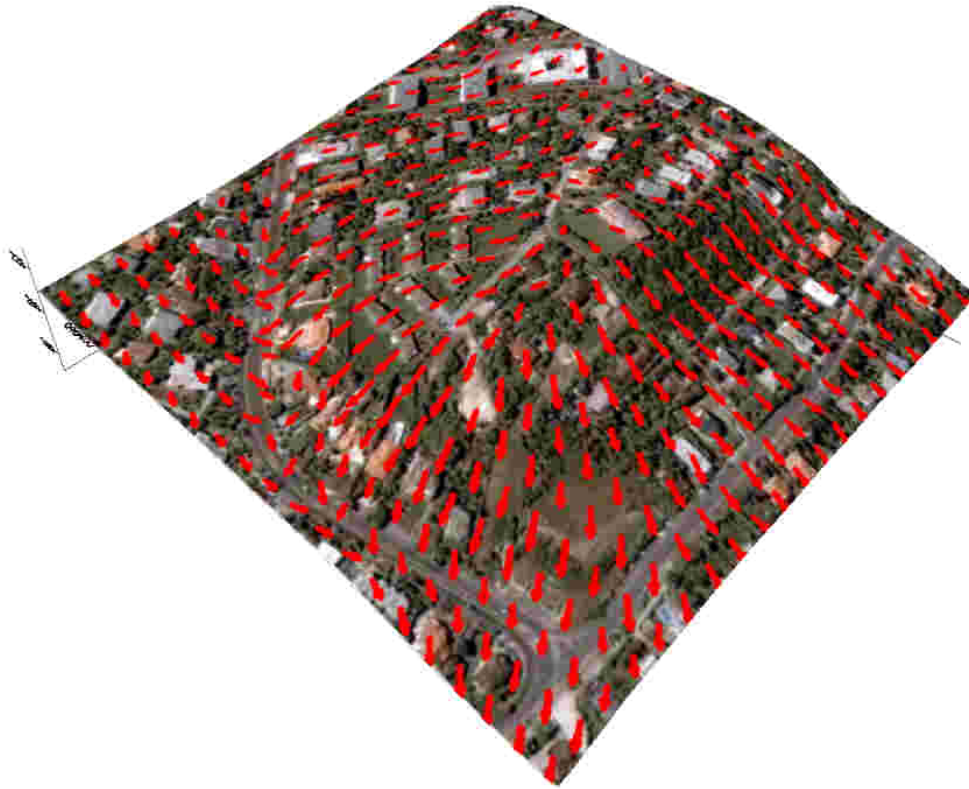
A későbbiekben azonban szükséges egy pontosabb, részletesebb polygon vezetés alapján a sokszöghálózat elkészítése!

8.1.2 Kérdőíves adatok

A vizsgált terület kiválasztásánál figyelembe vettük a domborzat alapján számított felszíni lefolyási irányokat (*8.1 térkép*), a földtani felépítést, valamint a tektonikai viszonyokból adódó sajátságokat. Ezek: a vetők helyzete és a rétegek dőlése, illetve a beépíthetőséget korlátozó „A” zóna elhelyezkedése. Ennek alapján a teljes Barlang utcát és Karszt utcát, valamint a Zsindely utca és a Ferenchegyí út egy részét jelöltük ki mintaterületnek.

A kérdőívezést 2 délután - 2008. november 14. péntek és november 17. hétfő - között bonyolítottuk le, amikor általában a legnagyobb eséllyel sokan tartózkodnak otthon. A lekérdezés módszere személyes megkeresés volt (kapucsengőn tetszőleges lakóhoz csöngettünk be). Csak azokon a helyeken hagytunk ott, illetve dobtunk be kérdőívet a postaládába - az elérhetőség és a válaszadás módjának feltűntetésével -, ahol nem találtunk senkit, vagy nem értek rá válaszolni a kérdésekre. A 9 kérdés közül 8 az egész telekre vonatkozott, így a társasházak esetében egy lakó megkerdezését is elegendőnek és reprezentatívnak tartottuk. Fontos szempont volt, hogy az általunk lehatárolt területen belül a válaszadások nagyjából egyenletesen helyezkedjenek el, és mindenképpen bele kerüljenek a barlangjáratok szempontjából kritikusabb ingatlanok. 26 telken terveztünk kérdőívezést, közülük 15 helyről kaptunk értékelhető válaszokat (*TÉRKÉPMELLÉKLET 5.*). A vizsgálat eredményei reprezentálják a kiválasztott területet, tehát a kérdőívezés sikeresnek mondható.

A felmérés során kapott 16 eredményesen megválaszolt kérdőívből helyileg 13 a Barlang utca, 2 a Zsindely utca, egy pedig a Ferenchegyí út telkeiről nyújt információt.



8.1 térkép: Domborzat alapján számított lefolyási irányok a Szemlő-hegyi-barlang felszínén

8.2 Területhasználati gyakorlat

A Barlang utca 12/B ingatlan esetében ketten is kitöltötték 1-1 kérdőívet: az ingatlan korábbi tulajdonosa - személyes ismerettség lévén - vállalta a válaszadást, és a jelenlegi tulajdonos is válaszolt a kérdésekre. Ezek összevetéséből kiderült, hogy az objektív kérdésekre - például a ház építésének idejére, vagy a burkolt felületek arányára - eltérő válaszok születtek. A korábbi lakó szerint: az építés éve 1938 és 40-60%-os a lefedettség kategória, a jelenlegi lakó pedig: 1941-es építésről tud és 20-40% burkolt felületet becsül. A korábbi tulajdonos családja építette a házat, így itt az ő válaszait vettem alapul.

A terület beépülésével kapcsolatban elmondható, hogy közvetlenül a barlangjáratok felett már a XX. század első felében megindult az építkezés (*TÉRKÉPMELLÉKLET 6.*). A Szemlő-hegyi-barlangot 1930. szeptemberében kőfejtés során fedték fel a Barlang utca 10. telken. E felfedezés idején indultak meg a környéken a családi házas építkezések is: 1929-ben a Barlang utca 14. és 16. telkeken, majd 1935-ben a Barlang utca 12/A, 1936-ban a Barlang utca 4, 1938-ban pedig a Barlang utca 12/B telken építettek lakóházakat. Ebben az időszakban hozták létre a Barlang utca 6. és 8. épületeit is, majd a Barlang utca 26. ingatlanját 1952-ben. Az 1960-70-es évekre már a többlakásos társasházak jellemzőek. 1960-ban a Barlang utca 22. 8 lakásos, 1964-ben a Ferenchegyí út 15. 4 lakásos, 1968-ban a Barlang utca 3-ban

egy 5 lakásos és a Zsindely utca 7-ben egy 9 lakásos, 1977-ben a Barlang utca 21-ben egy 8 lakásos, 1980-ban pedig a Zsindely utca 5-ben egy 25 lakásos „lakótelep” épült fel. Az addig üresen álló, Barlang utca 18-20. alatt található hatalmas alapterületű telken 2000-ben fejezték be a 20 lakásos lakópark kivitelezését. 2002-ben a Barlang utca 2. szám alatti saroktelken épült fel egy 6 lakásos társasház. A Barlang utca 6. telken található, korábban 1 lakásos házat 2006-2008-ban 4 lakásossá építették át, és tervezik a 8. számú ingatlan hasonló módon történő kibővítését is.

A vizsgált területre jellemző, hogy a telkek egy részét mindenhol gyepként, díszkertként hasznosítják. A konyhakert két kivételtől eltekintve (már) nem jellemző. A gépkocsi beálló is általános, az ingatlanok nagy többségénél a gépjárművet garázsban tartják. A burkolt felületek - ház, lépcső és járda, - aránya nagyon változó. A felmért telkek közül általánosan - 7 esetben - 20-40% közötti (Barlang utca 3, 4, 6-8, 16, 21, 22 és Zsindely utca 5.), 1 helyen (Barlang utca 2.) 20%-nál kevesebb, 3 válasz alapján 40-60% közötti (Barlang utca 12/B, 18-20. és 26.), 4 esetben pedig 60-80% (Barlang utca 12/A, 14, Ferenchegyi út 15. és Zsindely utca 7.). Az utóbbi „kockaházak” telektípusokra általában jellemző a magas beépítettségi arány. A beépíthetőséget a vizsgált helyszínen a barlang elhelyezkedése alapján, az „A” zónában 30%-ra korlátozták, ennél nagyobb területet nem foglalhat el az épület. Ebbe nem tartoznak bele az egyéb burkolt felületek, például a lépcsők és járdák, ezért a telkenkénti beszivárgási felület is általában kevesebb, mint 70%. Elmondások alapján újabban már törekszenek arra, hogy a beton helyett olyan anyaggal – például díszteglával - burkoljanak, amelynek repedésein keresztül a víz tovább szivároghat. A telkek felénél fordult elő kisebb feltöltés vagy talajmozgatás. Az utóbbi a felszín egyengetése céljából történt. Általában termőföldet hozattak és helyeztek el a telken, egy-egy helyen használtak kis mennyiségű sódert (Barlang utca 3.), továbbá autóbeálló aljzatához dolomit murvát (Barlang utca 6-8.).

A kérdőív második nagy egysége az öntözéssel és háztartási vízhasználattal foglalkozott. A kertet 3 telken nem öntözik: a Zsindely utca 5. „lakótelepen” és a Zsindely utca 7-ben, illetve a közelmúltban átalakított Barlang utca 6-8. ingatlanok területén. Utóbbi esetben a lakásokba költözésekkel várható az öntözés megkezdése is. A többi megkérdezett általában csak a nyári szárazság idején locsol, de egy-két helyen előfordul a tavaszi vagy őszi vízhasználat is. Az igényektől függően, többnyire hetente többször, de előfordul olyan szélsőség, hogy csak heti 1 alkalommal, vagy naponta öntöznek. A locsolást általában slag segítségével oldják meg, de többen említették, hogy kertjükben automata öntözőrendszert telepítettek. Kertmérettől függően 40-50, illetve 100 liter vizet használnak el alkalmanként. A Barlang utca 6-8. lakópark és a Barlang utca 26. családi ház esetében a kert gondozását és az öntözést is kertészeti cég végzi, akik beépített öntözőrendszert működtetnek, és az előbbi megoldáshoz képest nagyobb mennyiségű vizet használnak el. Az egyes háztartások vízhasználatáról elmondható, hogy körülbelül 10-20 m³ vizet fogyasztanak havonta. 20 m³/hó-nál kicsit magasabb fogyasztás tapasztalható a Barlang utca 16-ban, illetve jóval több vizet használnak el a Barlang utca 18-20. lakóparkban és a Barlang utca 26. családi házban. A csatornázottság a barlang miatt megoldott, a lakók a szennyvizet kötelezően csatornahálózatba juttatják. Ez sajnos nem zárja ki „eltemetett emésztők”, mint a csepegővizekre nézve potenciális veszélyforrások jelenlétét.

A kertekben általában természetes trágyát vagy komposztot használnak (Barlang utca 4, 12/B, 14, 16.), de előfordul műtrágya alkalmazása is (Barlang utca 2, 18-20.). Évente egy-két alkalommal lemosó permetezést végeznek a Barlang utca 4, 21, 26, a Ferenchegyi út 15. és régebben a Barlang utca 12/B telkeken. A Barlang utca 3-nál

pétisót használnak. A megkérdezettek körülbelül fele elmondása alapján egyáltalán nem használ vegyszert.

A havazások időszakában az út és a járda csúszásmentesítésére a telkek egy részén útszóró sót (Barláng utca 3, 4, 12/A, 12/B, Zsindely utca 7.), homokot (Barláng utca 3, 4, 14, 21, 22, Ferenchegyí út 15.) használnak. Két helyszínen bio anyagokat - a Barlang utca 16-ban faforgácsot, a Barlang utca 26-ban pedig szalmát - alkalmaznak. A többi telek esetében az elmondások alapján csak havat lapátolnak, és nem használnak semmi csúszásgátló anyagot.

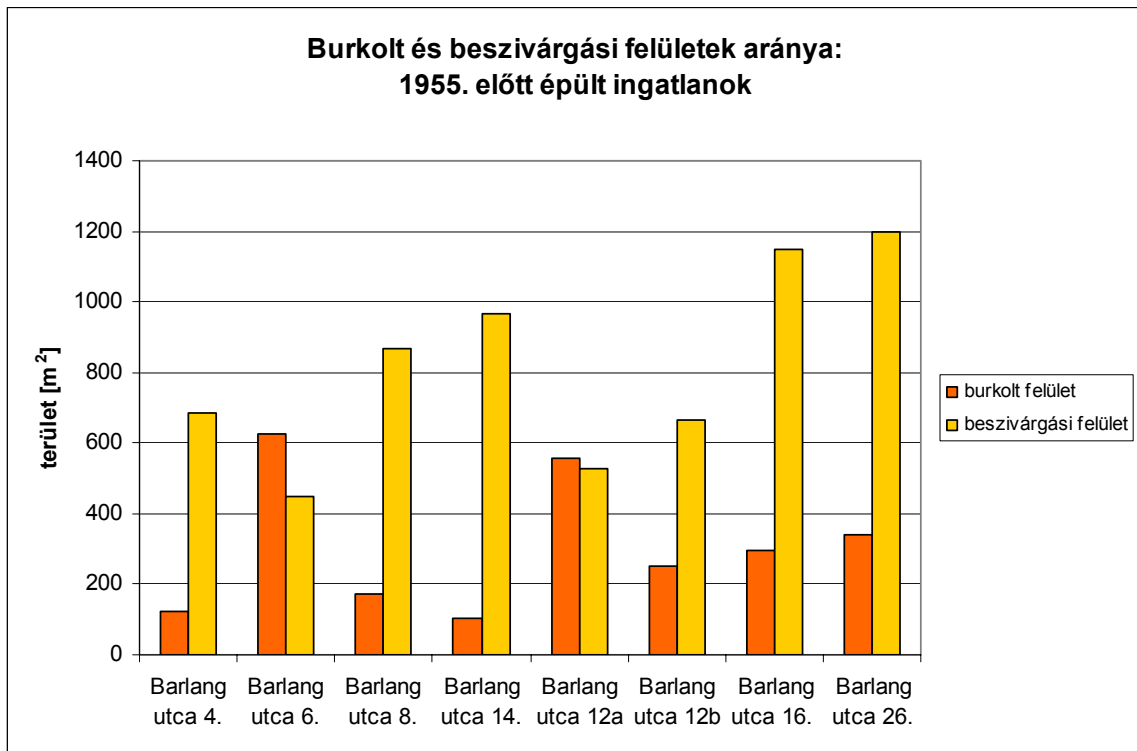
A kérdőíves felmérésből szándékosan maradt ki a Pusztaszeri út 35. és a Barlang utca 10, valamint a Barlang utca 5-9. telek.

A Felső Zöldmáli út és a Pusztaszeri út által közrefogott Pusztaszeri út 35. alatt nyílik a Szemlő-hegyi-barlang főbejárata. A barlangot és felszínének egy részét - mint a barlang felszíni védőterületét - 1957-ben védetté nyilvánították (KRAUS S.– HAZSLINSZKY T. 2003). A felszín egy része tehát természetvédelmi terület, és tulajdonképpen ide tartozik a Barlang utca 10. telek is, amelyről a felfedező bejárat és a liftakna nyílik.

A Barlang utca - Zsindely utca közti területre: a Barlang utca 5-9. telekre beépítési tilalom érvényes. A korlátozást az ingatlan DK-i sarka alá benyúló barlangjárat, az ingatlanon nyíló Zsindely utcai-barlang, továbbá a területen beszivárgó vizeket a Szemlő-hegyi-barlang felé terelő rétegdőlés indokolja (TAKÁCSNÉ BOLNER K. szóbeli közlése).

A kérdőíves felmérés tárgyát képező felszínre a 6.5.2 „Területhasználat adatok feldolgozása” fejezetben ismertetett módon kiszámoltam a burkolt és beszivárgási felületek területarányát. A kérdőívészésben együttműködő tulajdonosok ingatlanjainak épülési éve alapján három kategóriát alakítottam ki, amelyek a következők: 1955. előtt épült, 1956–90. között, illetve 1991 és 2008. között beépült telkek. Az egyes időszakokra és ingatlanokra jellemző burkolt (ház, járda, lépcső, stb), illetve beszivárgást biztosító felületek arányát az alábbi diagramokon mutatom be. Ezeket a tematikus térképpel összefüggésben elemzem (*TÉRKÉPMELLÉKLET 6.*).

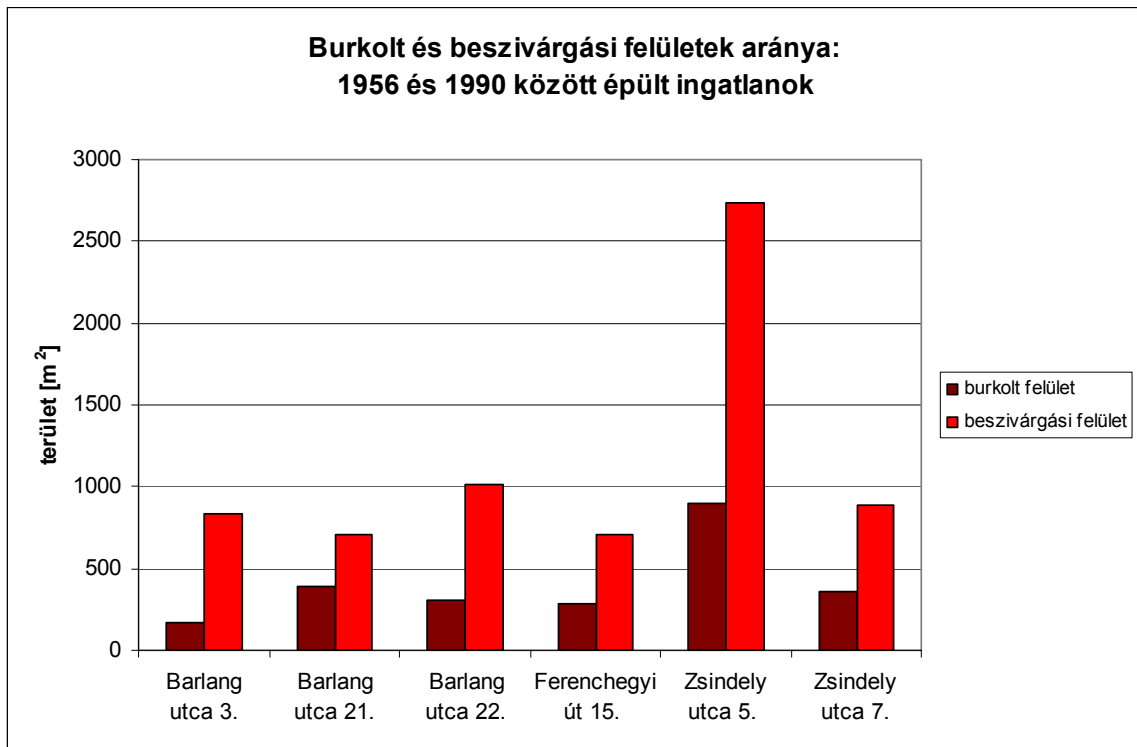
Az 1955. előtt épült házak a Barlang utca 26. kivételével egy kisebb területen belül, egymás szomszédságában helyezkednek el, és közös jellemzőjük, hogy barlangjáratok húzódnak alattuk. Ezek családi házak, melyeket az építést követően többnyire felújítottak vagy átépítettek, kibővítettek. A Barlang utca 6 és 12/a ingatlanoknál a burkolt felületek aránya meghaladja a beszivárgási felületét. A 6-os ingatlant az utóbbi két évben háromszorosára bővítették, ami a jelentősen növelte a beépítettség arányát, de a beton helyett a „burkolatot” - az előírtaknak megfelelően - dolomitmurva alkotja, azaz az autóbeálló felületéről a víz akadálytalanul bejut a felszín alá. A 12/a ingatlan „kertjének” azonban nagy részét valóban lebetonozták. Ezekkel szemben a többi teleknél a beszivárgási felület többnyire négyszeres területet foglal el (*8.1 ábra*).



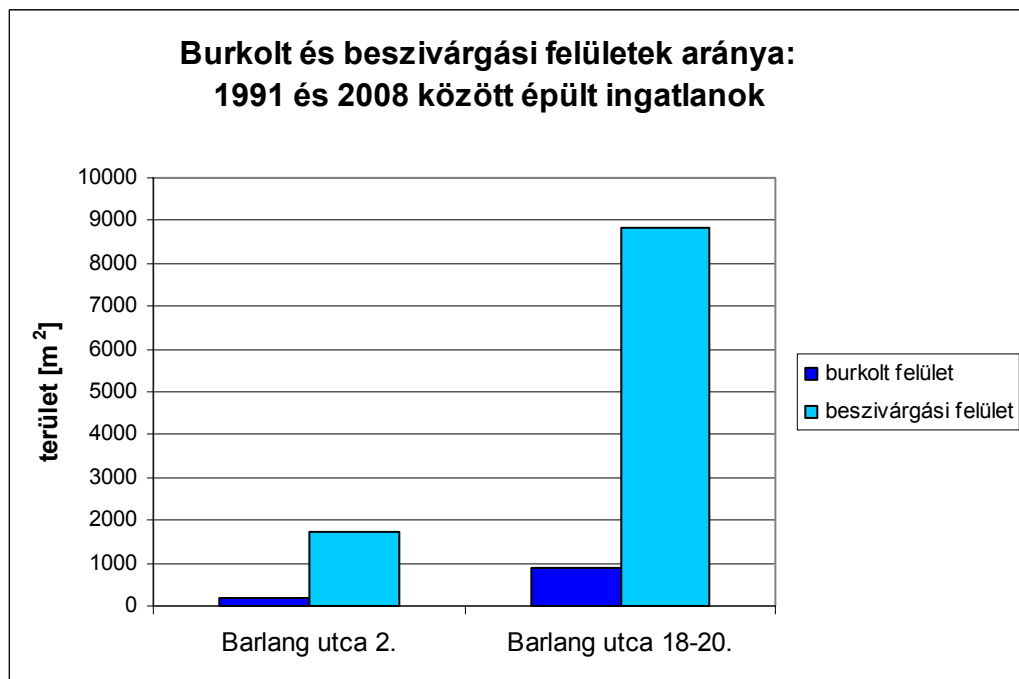
8.1 ábra: Burkolt és beszivárgási felületek aránya a Szemlő-hegyi-barlang felszínén az 1955. előtt épült ingatlanoknál

Az 1956 és 1990. között épült „kockaház” alakú társasházak közül a Szemlő-hegyi-barlang felett csak a Barlang utca 22. és a Ferenchegyi út 15. egy része található. A többi ettől É-ÉNY-ra fekszik, azonban a földtani felépítés: a kőzetek D-DK-i, 20° dőlése alapján a csepegővizek szempontjából ezek az ingatlanok is meghatározó jelentőségűek. A 8.2 ábra alapján a burkolt felületek a beszivárgásra alkalmas felületekhez képest csak feleakkora méretűek. A Barlang utca 3, 22. és a Ferenchegyi út 15. telkeknél az eltérés nagyobb mértékű, vagyis kisebb a burkolt felület aránya. A nagy méretű telken elhelyezkedő, három háztömbös Zsindely utca 5. ingatlannál mindkét paraméter magasabb értékekkel jelentkezik. Általában jellemző a házak előtti és melletti jelentősebb betonfelület.

Az 1990 és 2008. között épült lakópark (B*-zóna) a barlangjáratoktól DK-re, a Barlang utca 2. új építésű társasháza (A-zóna) pedig ÉNY-ra található. A 8.3 ábra látható két teleknél a burkolt felületek aránya elhanyagolható a beszivárgás lehetőségét nyújtó felületekhez képest. Az építésnél már meghatározták, hogy a beton helyett csak olyan anyagot használhatnak, amelyen keresztül a víz akadálytalanul beszivároghat a felszín alá.



8.2 ábra: Burkolt és beszivárgási felületek aránya a Szemlő-hegyi-barlang felszínén az 1956 és 1990. között épült ingatlanoknál



8.3 ábra: Burkolt és beszivárgási felületek aránya a Szemlő-hegyi-barlang Felszínén az 1991 és 2008. között épült ingatlanoknál

A kérdőíves felmérés eredményeként kapott burkolt felületek arányát összehasonlítottam a térinformatikai módszerekkel meghatározott arányokkal. Ennek eredményét az alábbi táblázatban ismertetem (8.2 táblázat).

Épülés éve	Ingatlan címe	Kérdőív (%)	Felszínborítás térkép(%)
1955 előtt	Barlang utca 4.	20-40	15,0
	Barlang utca 6-8.	20-40	37,9
	Barlang utca 14.	60-80	9,7
	Barlang utca 12a	60-80	51,3
	Barlang utca 12b	40-60 / 20-40	27,2
	Barlang utca 16.	20-40	20,4
	Barlang utca 26.	40-60	22,2
1956-1990	Barlang utca 3.	20-40	17,1
	Barlang utca 21.	20-40	35,5
	Barlang utca 22.	<20	23,4
	Ferenchegyí út 15.	60-80	28,7
	Zsindely utca 5.	20-40	24,7
	Zsindely utca 7.	60-80	28,7
1991-2008	Barlang utca 2.	<20	16,9
	Barlang utca 18-20.	40-60	16,5

8.2 táblázat: Burkolt felületek kérdővezés és felszínborítás térkép területszámítás módszerével kapott adatok arányának összehasonlítása

A 16 megkérdezett tulajdonos közül 9 tudta, vagy tippelte meg jól az adott telek burkolt felületének arányát. A Ferenchegyí út 15. ingatlannál alanyunk 30%-ot mondott (ezt a beépítettségre értette), azonban mi a helyszínen „ránézésre” inkább a 60%-ot fogadtuk el. A lakó „bemondása” tehát pontosabbnak bizonyult. Ugyanakkor a felszínborítás vagy területhasználat térkép, és ez által a számított területarányok is szubjektívek: a ház méretének viszonylag pontos meghatározhatóságával szemben a járdák, lépcsők lehatárolása nagyon sok bizonytalanságot hordoz magában. Ezáltal egyik adatsor sem tekinthető abszolút pontosnak, azonban jól észrevehető az egymáshoz képest nagyobb különbségek. A '70-es években, illetve napjainkban épült társasházak egy részénél a kérdőívezésre nézve jelentős túlbecslés tapasztalható (az előbb említett Ferenchegyí út 15, a Zsindely utca 7 és a Barlang utca 18-20). A '30-'50-es években a túlbecslés kisebb mértékű, mindössze 10-15% eltérés jelentkezik (Barlang utca 12/a és 26.). Érdekesség, hogy a Barlang utca 12/b ingatlan jelenlegi lakó - a korábbi tulajdonossal ellentétben - ezen összehasonlítás alapján pontosabb adatot közölt. A Barlang utca 14. ingatlant kettéválasztották, a másik része a Karszt utcához került, ahol tapasztalataink alapján a telek nagy része burkolt felület. A megkérdezett személy azonban válaszában ez utóbbit is beleszámította, és ez lehet az oka a kiemelkedően magas eltérésnek. A többi esetben a válaszadások és a térinformatika segítségével számított értékek megegyeznek, vagy csak jelentéktelen az arányok változása.

1986-ban jelölték ki az **építési korlátozások** alapját képező **A-B*-B-C zónákat**, majd 1990-ben ezt felülvizsgálták. A lehatárolás alapja a következő:

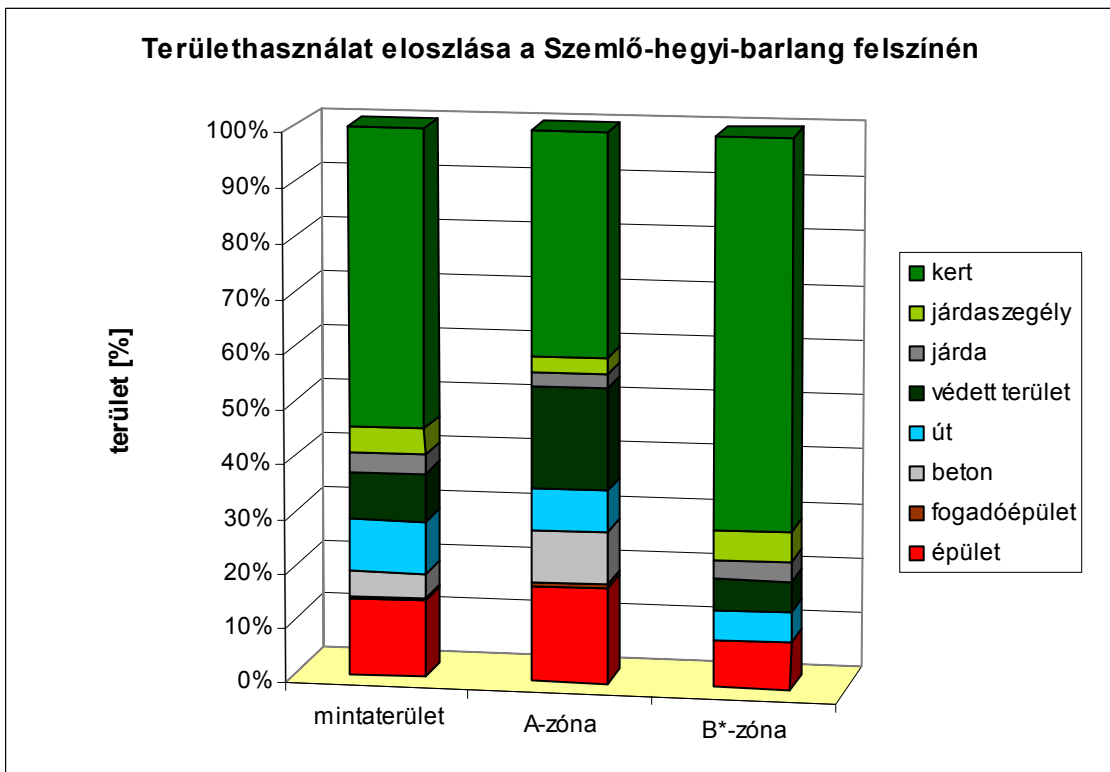
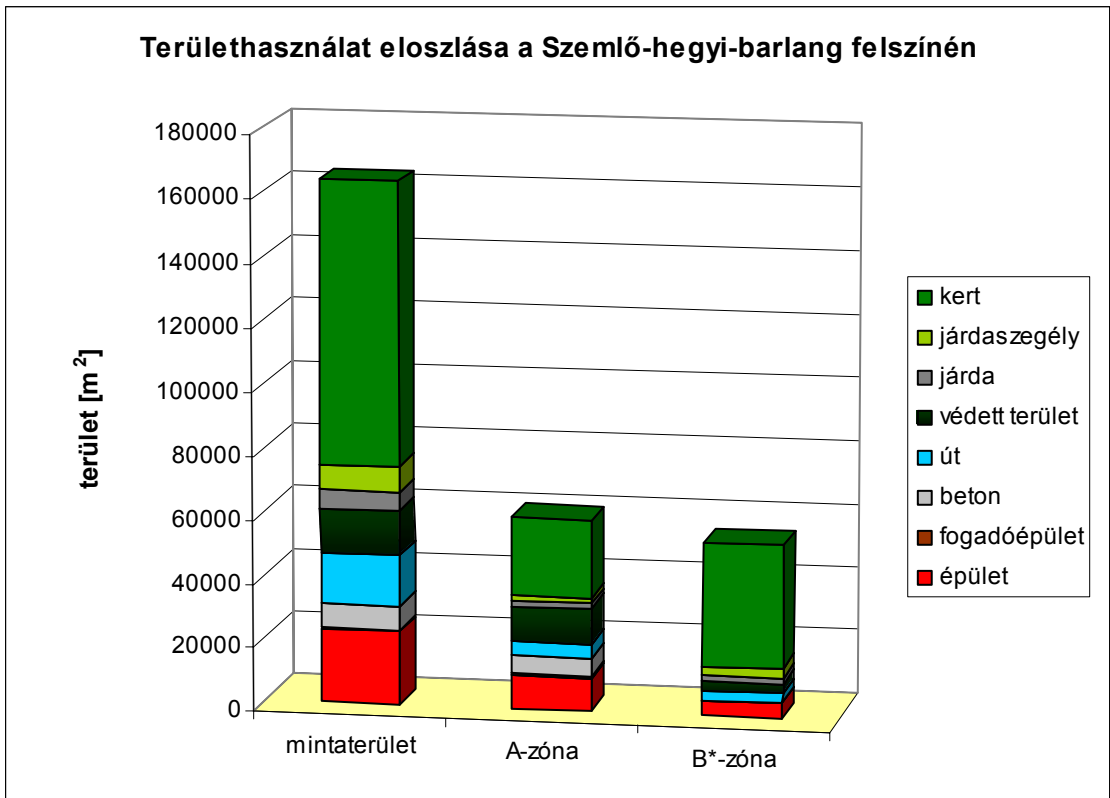
Az „A” zónát 5 jelentős kiterjedésű nagybarlang járat elhelyezkedése és a földtani felépítés: a kőzetrétegek dőlése és a vetők alapján határolták le. A „B*” zóna kijelölése pedig lényegében az „A” zónát körülvevő puffertérület, illetve több helyen kisebb barlangoknál is kijelölték (azonban csak az 1990. előtt megtalált barlangokra vonatkozik, az azóta talált kisebb járatok - még - nem tartoznak bele). Ezeken kívül még megkülönböztetnek „B” (itt további barlangok, járatok előfordulása lehetséges) és „C” zónát (itt már nem fordulhat elő barlangjárat). Érdekesség, hogy a Molnár János-barlang akkor még 460 méter kiterjedésben ismert járataitól NY-ra is „C” zónát különítettek el, vagyis a jelenlegi kiterjedésében a járatok nagy része nem tartozik az „A” vagy a „B*” zónába! A Szemlő-hegyi-barlang felszínén kijelölt zónákat tematikus térképek (*TÉRKÉPMELLÉKLET 7-8.*) segítségével szemléltetem.

A barlangok felszínére vonatkozó terület határokat és szabályokat, korlátozásokat a 178/1990. (IX.18.) VB.sz. határozat ismerteti.

Az „A” és „B*” területeken a beépítetlen építési telekre építési tilalom van érvényben, azaz új fő- és melléképület nem építhető. A meglévő főépület bővítése, átépítése, továbbá új melléképület építése csak bizonyos feltételekkel történhet. Ennek értelmében kötelező az építési engedélyezési eljárást megelőző talajmechanikai vizsgálatok és szakvélemény készítése, ezen belül a már meglévő barlangok előfordulásával kapcsolatos lehetőségek felkutatása, talajállékonysági kérdések vizsgálása, valamint a meglévő épület alapozási módjainak és a keletkező szennyvizek és csapadékvizek elvezetési körülményeinek tisztázása. Új lakásegységgel bővítés csak közcsatornás szennyvíz- és csapadékelvezetés esetén lehetséges. Továbbá az építési engedélyben elő kell írni, hogy amennyiben üreget, barlangot találnak, az építkezést azonnal le kell állítani és jelenteni kell a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Barlangtani és Földtani Osztályának, és az építető a leállás vagy esetleg meghiúsulás esetén kártérítést nem igényelhet. A szennyvízszikkasztási tilalom értelmében a keletkező szennyvizek még tisztított állapotban sem ereszthetők a talajba. Amennyiben üzemel szikkasztó, annak átépítése esetén közcsatornába, vagy ellenőrizhető, zárt tárolóedénybe kell a szennyvizet eresztetni.

A „B” területekre is építési korlátozás szabályoz. Ennek alapján csak akkor építhető új főépület, ha biztosított a közcsatornás szennyvízelvezetés. Új főépület és új melléképület építése, vagy a már meglévő főépület bővítése csak az építési engedélyezési eljárást megelőző talajmechanikai vizsgálatok és szakvélemény alapján kivitelezhető. Az építési engedélyben elő kell írni az „A” és B*” zónában már részletezett barlangbejelentést és a kártérítési igényről történő lemondást. A szennyvízszikkasztási tilalom az előbbi két zónában leírtak alapján itt is érvényes. A végrehajtás határidejét 1990. szeptember 1-től folyamatos kiterjedésűre állapították meg.

A **területhasználat elemzések** kiindulási **alpjául** a lehatárolt zónákat: az **A- és B*-zónát** vettem. Ezeken belül a 6.5.2 „Területhasználat adatok feldolgozása” fejezetben ismertetett módon kiszámoltam az egyes felszínborítás kategóriák összterületét, amelynek zónánkénti (illetve a vizsgált területre vonatkozó) - területben (m²) és %-osan kifejezett - megoszlását és arányait a 8.4 ábra mutatja. A területhasználat térképen (*TÉRKÉPMELLÉKLET 8.*) jól megfigyelhető és nyomon követhető a területhasználat típusok elhelyezkedése.



8.4 ábra: Területhasználat eloszlása és arányai a Szemlő-hegyi-barlang felszínén

A mintaterületen belül az A- és B*-zóna területe is megközelítően azonos arányt tesz ki, és együttesen 2/3 részt foglal el, az ezeken kívül eső további 1/3 rész pedig a B-zónába tartozik.

A vizsgált területen, az A-zónán és a B*-zónán belül is a felszín a legnagyobb arányban kertek borítják. A mintaterületen megközelítőleg 60%, az A-zónában több mint 30%, a B*-zónában pedig a felszín több mint 70%-át jelentik! Az A-zónában a kertekhez képest feleakkora területet tesz ki a Szemlő-hegyi-barlang védőterülete és a Barlang utca 5-9. beépítetlen telke. Az utóbbinak kb. 1/3-a már a B*-zónába tartozik. A kertekhez hasonlóan a járdaszegélyek aránya is a B*-zónában magasabb. Ezek a „zöldfelületek” teremtenek lehetőséget a víz beszivárgására. Ezek aránya az egész vizsgált területen 68%, ezen belül az A-zónában 62%, a B*-zónában pedig 82%.

A burkolt felületek aránya a mintaterületen és az A-zónán belül 32%, illetve 38%, a B*-zónában 18%. Ezeken belül az épületek jelentkezik a legnagyobb arányban, amit az utak felülete követ. Az A-zónán belül a beton is számottevő arányban van jelen. A beton meghatározás azonban inkább járdát takar, hiszen több helyen nem homogén betonfelületről van szó, illetve van, ahol eza megjelölés dolomitmurva anyagot takar. Ez a kategória tehát nem mindenhol jelent beszivárgás-gátlást. A járda felülete a járdaszegélyhez hasonlóan csak kis részt foglal el. A Szemlő-hegyi-barlang fogadóépülete pedig az előzőekhez képest csak nagyon kis területen lehet befolyásoló tényező. Az utak és az épületek által elfoglalt felületeken azonban biztosan nem tud a víz beszivárogni.

A nem burkolt felületeken történő átszivárgás sem egyenletes: a kisebb felületeken (például a járdaszegélyen), illetve a burkolt felületek szegélyén koncentráltabb beszivárgás valószínű. Ugyanakkor figyelembe kell venni, hogy a járdákról és utakról lefolyó víz nem feltétlenül a járdaszegélyre, zöldfelületre, hanem inkább a vízelvezető csatornába jut be.

A jelenleg is aktuális közműtérkép alapján elmondható, hogy a Zsindely utca kivételével a vizsgált terület minden utcájában van közút alatt húzódó vízvezeték. A csatorna elhelyezkedése egy kicsit eltérő: a Zsindely utca szinte végig van csatornázva, azonban az 5-7. házzámokat követően NY-i irányba megy tovább, D felé csonkban végződik. A Barlang utcában a 1-16, illetve 17. számú ingatlanig vezeték csak el, utána a térkép már nem mutat közút alatt húzódó csatornát, a Karszt utcából pedig mind az ivóvíz, mint a csatorna teljesen hiányzik. Ezekhez a telkekhez más utcából ágazhat le közmű vezeték (például a Barlang utca 18-20. csatornája a Pusztaszeri út gyűjtőcsatornájába vezet). A Barlang utca és a Zsindely csatornázatlan szakaszán fekvő ingatlanokról szintén más utcák (Pusztaszeri út, Ferenchegyi út, Zsindely utca) gyűjtőcsatornáiba vezetik a szennyvizet (*TÉRKÉPMELLÉKLET 9.*).

A Szemlő-hegyi-barlag járata ÉK felől a Pusztaszeri út és Felső Zöldmáli út kereszteződésétől indul, és jelentős része DNY felé a Barlang utca és a hozzá tartozó ingatlanok alatt húzódik végig (*TÉRKÉPMELLÉKLET 8.*). A Pettyes-terem feletti felszín még a barlanghoz tartozó védett területen található a Barlang utca 6-8. ingatlan K-i kerítése közelében. A Virágoskert és a Virágoskert-Hosszú-lejtő felszíni vetülete a Barlang utca 10. barlanghoz tartozó, lakóház nélküli telekre esik. Az Örvény-folyosó csepegőhelye a Barlang utca 12a-b telek É-i határára, az Óriás-folyosó mérőhelye pedig a Barlang utca 14. telek és az út határára esik. A Halál a Barlang utca 17. DK-i szélén, a Hópalota a Barlang utca alatt, az Április 3.-folyosó pedig a Barlang utca 22. és az utca határán, a Csengő-terem mérőedénye pedig a Barlang utca 22 és 24. telkek határánál helyezkedik el.

Az utóbbi négy csepegőhely esetében jelentős szerepük lehet a vertikális beszivárgást elősegítő repedéseknek is (*TÉRKÉPMELLÉKLET 1-3.*). Ugyanakkor figyelembe kell venni a kőzetrétegek dőlését is, amely jelentősen meghatározhatja a beszivárgás irányát. Nem lehet csak kizárólag a közvetlenül barlangjárat feletti felszínborítást alapul venni, hanem mindig a tágabb környezetben kell gondolkodni. Az adott ponton gyűjtött vízmintára tehát a felette hasznosított terület hatása mellett figyelembe kell venni az É-ÉK-re eső terület hasznosítását is.

A csepegővizek minőségét és mennyiségét befolyásoló antropogén tényezők, veszélyforrások lehetnek:

- szivárgó közművezeték (vízvezeték, csatorna, esetleg eltemetett szikkasztó),
 - kertekben vegyszeres kezelés: műtrágyázás, permetezés, továbbá öntözés,
 - úttest és járda csúszásmentesítése: útsózás,
- továbbá burkolt felületek oldala mentén koncentrált víz (és oldott anyag) beszivárgás.

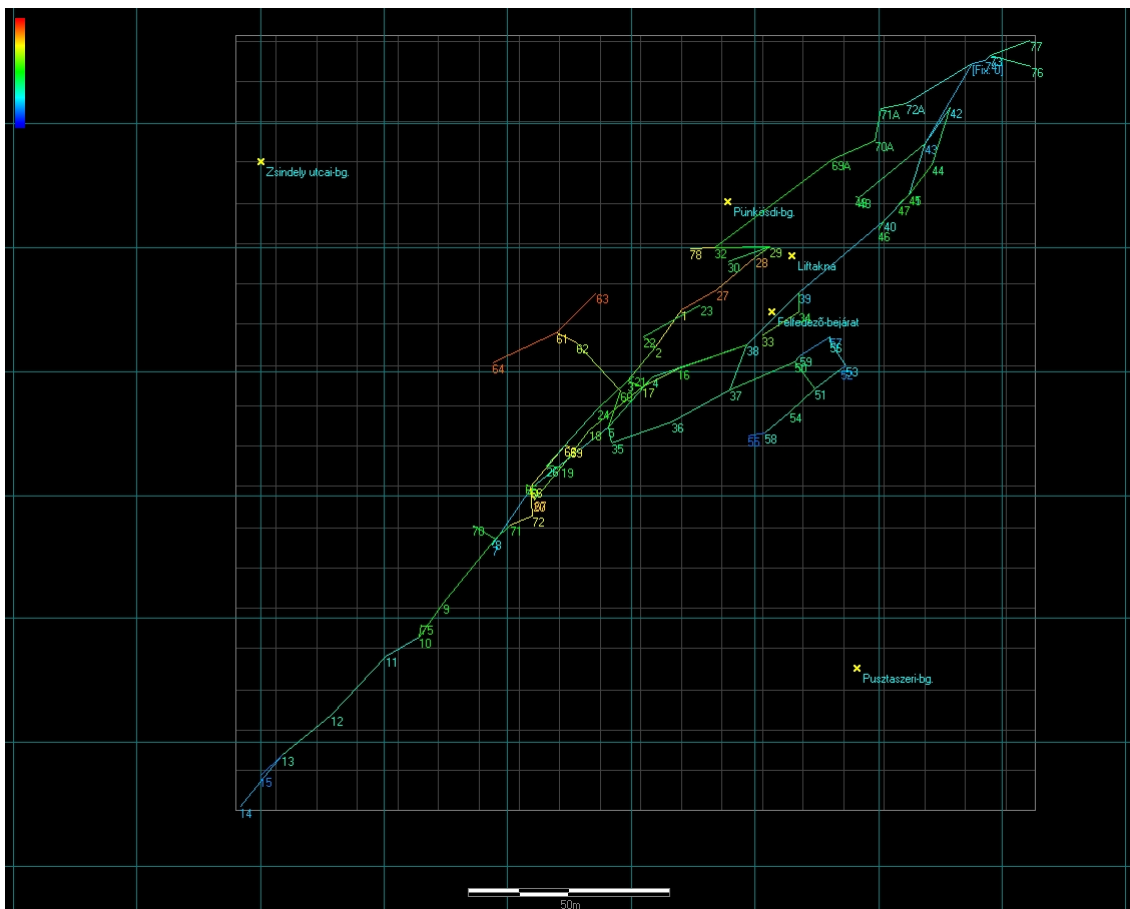
8.3 Barlangjáratok jellemzése

A barlangban megfigyeltem, hogy a csepegésmérő helyek melyik térképezési fixpontok közelében helyezkednek el. Ezt követően a POLYGON 3D térképek alapján (*8.1-2 kép*) a felszíni pontokhoz, illetve a domborzat rácshálójának adott részéhez viszonyítva meghatároztam a fixpont távolságát, azaz a mélységét. Ez azonban csak hozzávetőleges érték, ugyanis az edény nem pontosan a számozott alumíniumlap mellett van, és a szintvonalak és magasságpontok alapján interpolációval meghatározott felszíni domborzatra vetített fixpont adott pont Z értéke sem biztos, hogy épp az abszolút tengerszint feletti magasságot tükrözi. Továbbá a csepegő vizet gyűjtő tölcser sem minden helyszínen illeszkedik közvetlenül a csepegéshez, vagyis a vízcsepp akár 10 méter magasságból is érkezhethet a tölcserbe (például Virágoskert-Hosszú-lejtő, Halál). A csővezetékkel levezetett vizeknél pedig a fixpont általában az edény - és nem a tölcser – közelében található. Ugyanakkor az adott fixponthoz közeli csepegési helyek felszínhez képesti relatív mélységéről és elhelyezkedéséről összehasonlítható információkat nyújthatnak (*8.3 táblázat*).

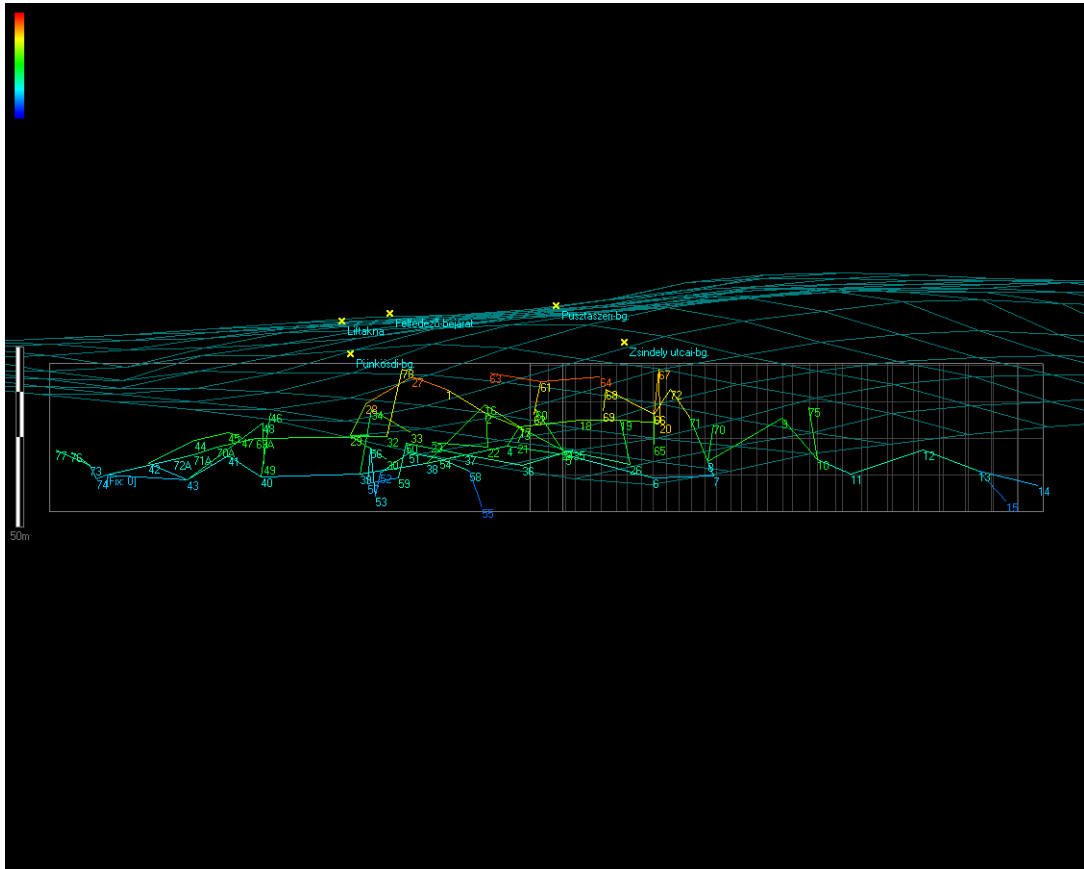
Csepegési hely neve:	Fixpont száma	Mélység (méter)
1. Pettyes-terem	43	38
2A. Virágoskert	39	42
2B. Virágoskert-Hosszú-lejtő	39	42
3. Örvény-folyosó	2	27
4. Óriás-folyosó	5 (35)	46 (44)
5. Halál	9	32
6. Hópalota	11	48
7. Április 3.-folyosó	12	42
8. Csengő-terem	14 (13)	51 (47)

8.3 táblázat: Barlangi csepegőhelyek fixpontok alapján feltételezett mélység adatai

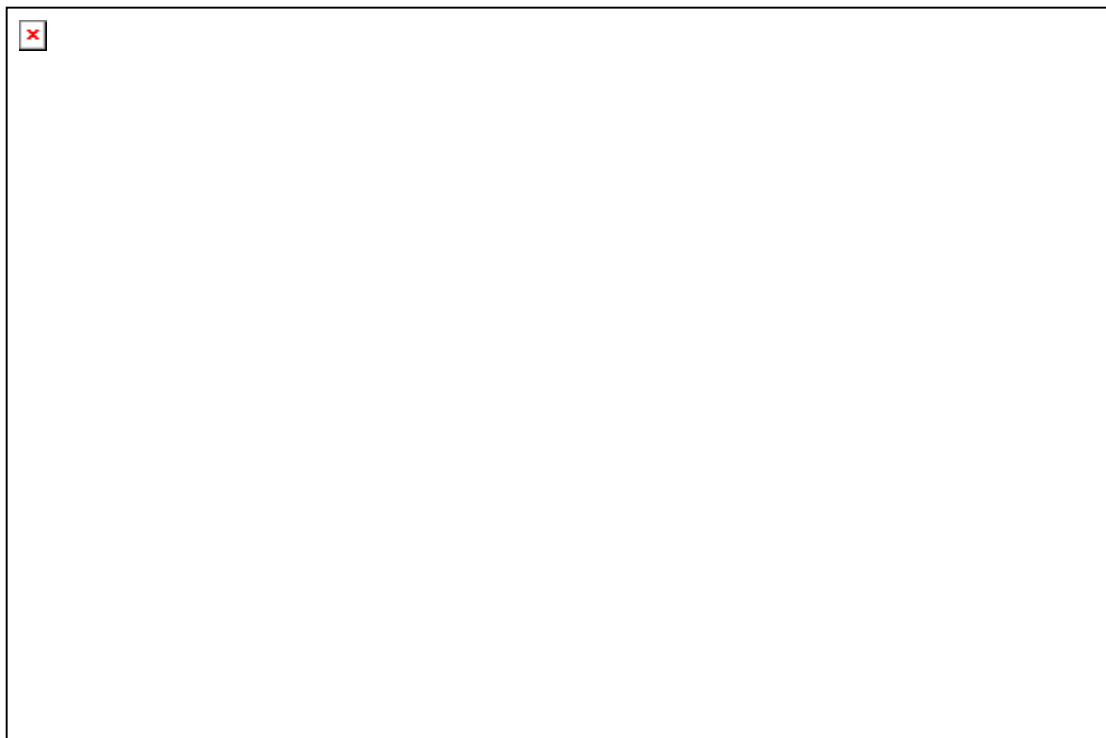
A barlang fogadóépületében található, a barlangjáratok valós kiterjedését és alakját ábrázoló térmodellel (8.3 kép) a polygonhálózatot összehasonlítva (8.2 kép) megállapítható, hogy az Óriás-folyosó felett egy másik, felső járatszint is húzódik. Az Örvény-folyosó kürtőjéből vizet gyűjtő edény van a legmagasabban, a legközelebb a felszínhez. A többi csepegőhely általában közvetlenül a hasadékból mintázza a relatív vastagabb törmelékfedőn át szivárgó vizet (kivéve a Hópalota). A fő járatok talpszintje és egyben a csepegőhelyek is az előbbit kivéve megközelítőleg azonos szintben helyezkednek el. Továbbá az 1-es ponttól a 8-as felé „emelkedik” a domborzat, azaz nagyobb vastagságú fedőösszleten keresztül jut be a járatokba a beszivárgó víz.



8.1 kép: A Szemlő-hegyi-barlang fixpontok alapján rajzolt polygonhálózata (alaprjz)



8.2 kép: A Szemplő-hegyi-barlang fixpontok alapján rajzolt polygonhálózata (hosszmetszet)



8.3 kép: A Szemplő-hegyi-barlang 3D térmodellje

9. Csepegőhelyekre vonatkozó értékelés

9.1 Adatok

A barlangban 2005. november eleje és 2008. április közepe között végzett megfigyelések, csepegővíz mintavételezések és mérések adatait a 6.5 „Feldolgozási módszerek” című fejezetben ismertetett vizsgálatok során összesen 558 mintát elemeztem mennyiségi és minőségi szempontból.

Az elvégzett elemzések:

- csepegés intenzitás
- csapadék és csepegés görbék összehasonlítása
- fajlagos elektromos vezetőképesség, víz hőmérséklet, pH
- vízkémiai elemzések

A barlangi csepegővizek elemzéséhez először a csapadékadatokat dolgoztam fel. Ezt követően a csepegőhelyeken belül az adott csapadékesemények hatását tanulmányoztam az egyes vizsgált paraméterek: csepegés intenzitás, fajlagos elektromos vezetőképesség és ionok koncentrációjának változására. A csepegőhelyeket a mért paraméterekre egymással is összehasonlítottam.

9.2 Csapadék

A barlangi csepegővizek elemzéséhez szükséges a területre hulló csapadékkal összevetés. Ennek érdekében in situ csapadékmérés történt a Szemlő-hegyi-barlang járatai felett elhelyezkedő Barlang utca 12/B telken 2005. november 1.- 2006. július 12. között. A helyszíni csapadékmérés eredményeit összehasonlítottam az Országos Meteorológiai Szolgálat – a Budapest belterületén található KMI (=Központi Meteorológiai Intézet) Torony által 2005. november 1.- 2008. április 8. között észlelt – eredményeivel. (6.2 térkép, 9.1 ábra).

Az eltérések oka lehet, hogy a csapadékmérések általában különböző módszerekkel történtek, de ezek valószínűleg a mérési helyszínek egymástól való nagy távolságából és tengerszint feletti magasság különbségéből is adódhattak.

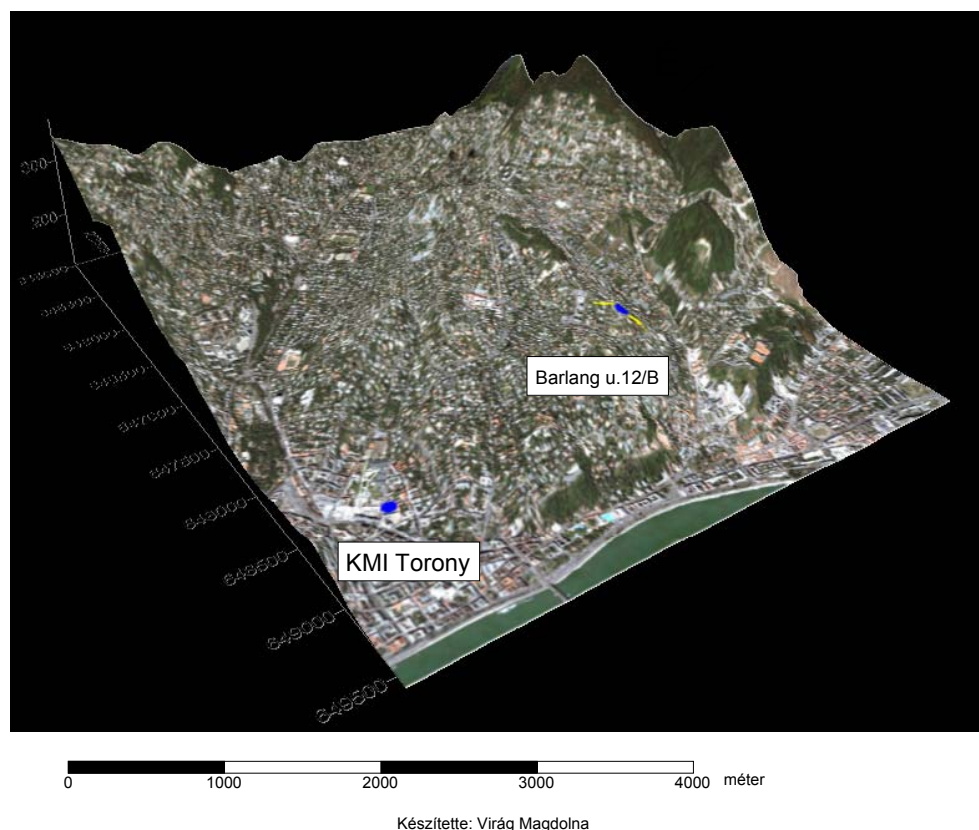
A havi csapadékösszegek elemzése alapján összességében elmondható, hogy a vizsgált időszakban 2005-2006 és 2007-2008 telén sok csapadékjellemző, amely főleg hó formájában hullott, ezzel szemben 2006-2007 telén kevés csapadék tapasztalható, és jellemzően eső formájában. 2005. december csapadékmennyisége - valószínűleg a sok havazásnak köszönhetően - a többi évhez képest kiugróan magas értékeket mutat. 2006. decemberében - az éves mennyiséghez viszonyítva is - nagyon kevés csapadék hullott. 2006. januárban több, 2007-ben kevesebb csapadékot mértek, februárban mindkét évben nagyjából megegyezett az érték. Tavasszal 2006-ban és 2007-ben is április csapadékszegény, március és május csapadékos hónap. Márciusban mindhárom vizsgált évben (2006-2007-2008) jellemző a csapadék hó formájában való megjelenése is. 2006-2007-ben a csapadék mennyisége a 3 hónap során hasonlóan változott, az előbbi évben magasabb értékekkel.

A nyár csapadékeloszlása eltérően alakult 2006. és 2007. során. 2006. júniusától sok eső esett, és az egész nyárra elmondható, hogy a csapadék mennyisége

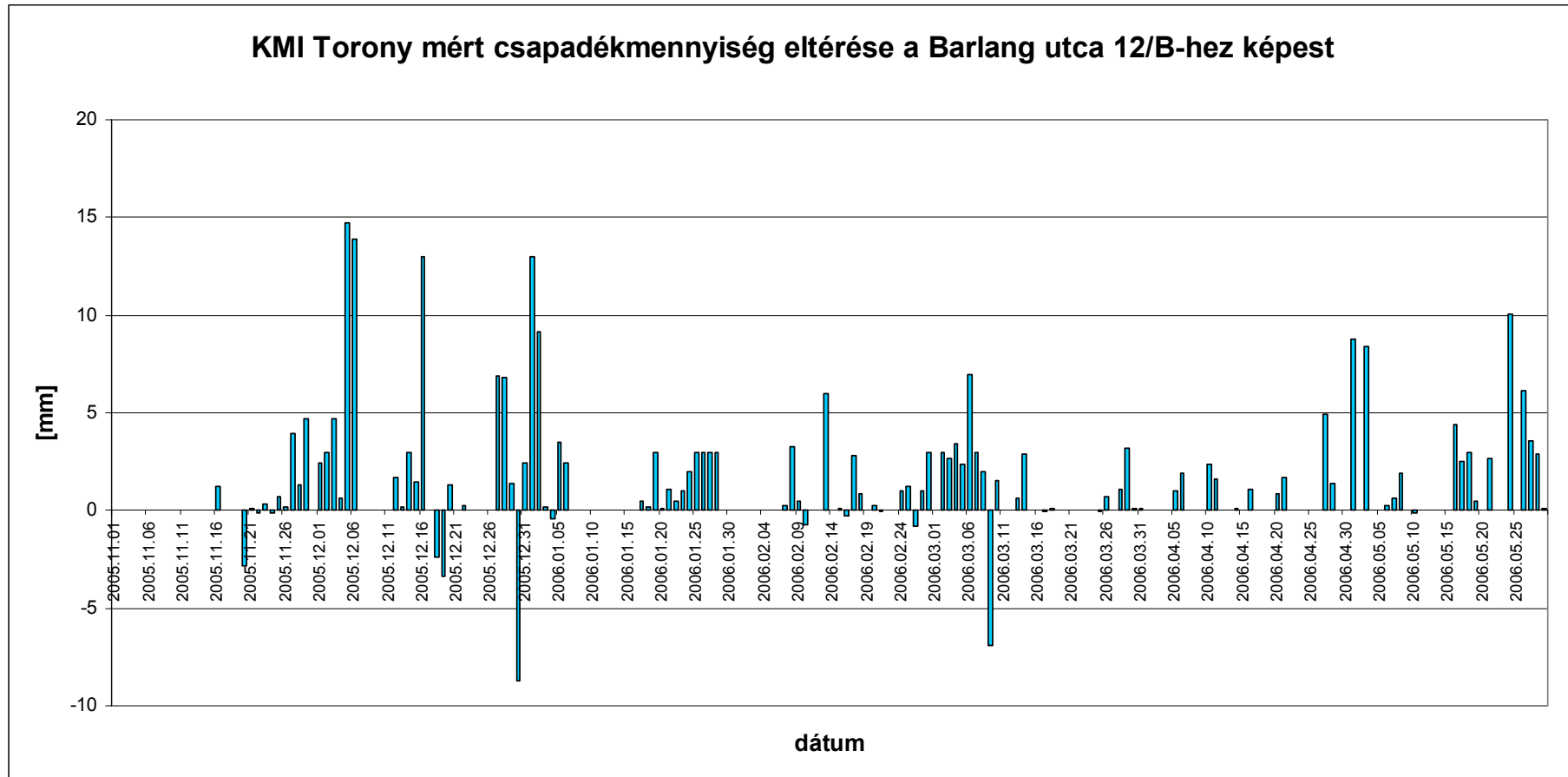
lineárisan nőtt a hónapokkal. 2007-ben azonban júliusban a másik 2 hónaphoz képest sokkal kevesebb csapadékot mértek. Augusztustól megfordul a két év csapadékmennyiségeinek aránya. Amíg szeptemberben 2006-ban észleltek nagyobb, októberben kisebb mennyiséget, addig 2007-ben az őszi hónapok során lineárisan nőtt a csapadék mennyisége. November mindkét évben a legcsapadékgazdagabb hónap, és az eső mellett már havazás is tapasztalható. Decemberben - 2005. évvel ellentétben - a csapadék mennyisége mindkét évben csökkenő tendenciát mutat (9.2 ábra).

A csapadék alakkódok alapján elmondható, hogy egyszerre nagyobb mennyiségű eső, zápor minden évszakban előfordult, de általában tavasszal: részben márciusban és áprilisban, főleg májusban, illetve nyáron: júniusban, júliusban és augusztusban észlelték nagyobb gyakoriságban. Ezekben a hónapokban a nagy, kiugró csapadék mennyiségek általában e heves záporoknak, zivataroknak tulajdoníthatók.

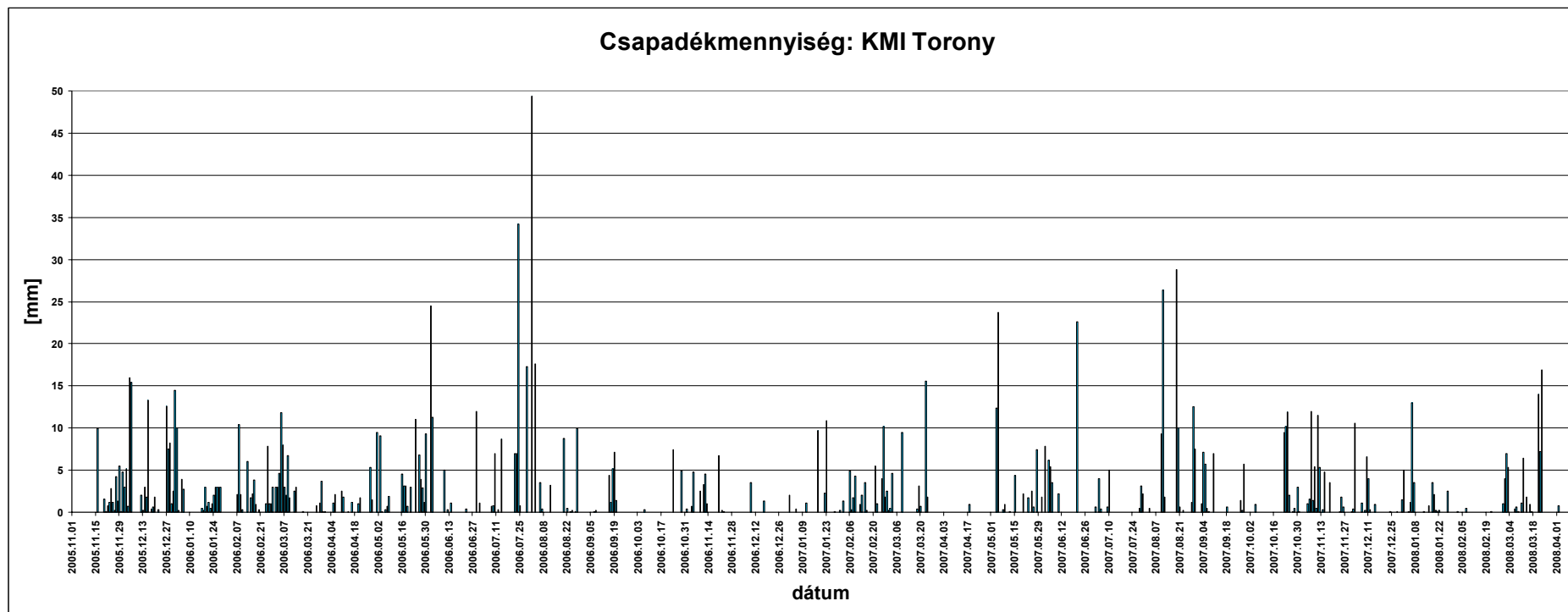
A hidrogeológiai értelmezés céljából a csapadék éves eloszlása a törmelékes fedőzóna feltöltődési és leürülési éves ciklusai miatt fontos. A kiugró csapadékesemények pedig az „epikarszt” gyors reakciójú komponensekről tájékoztatnak.



6.2 térkép: Csapadék mérőhelyek: Barlang utca 12/B és KMI Torony



9.1 ábra: A KMI Torony csapadékmennyiség eltérése a Barlang utca 12/B helyszíni méréshez képest



9.2 ábra: A KMI Torony mérőállomásán észlelt csapadékmennyiség

9.3 Csepegőhelyenkénti értékelés

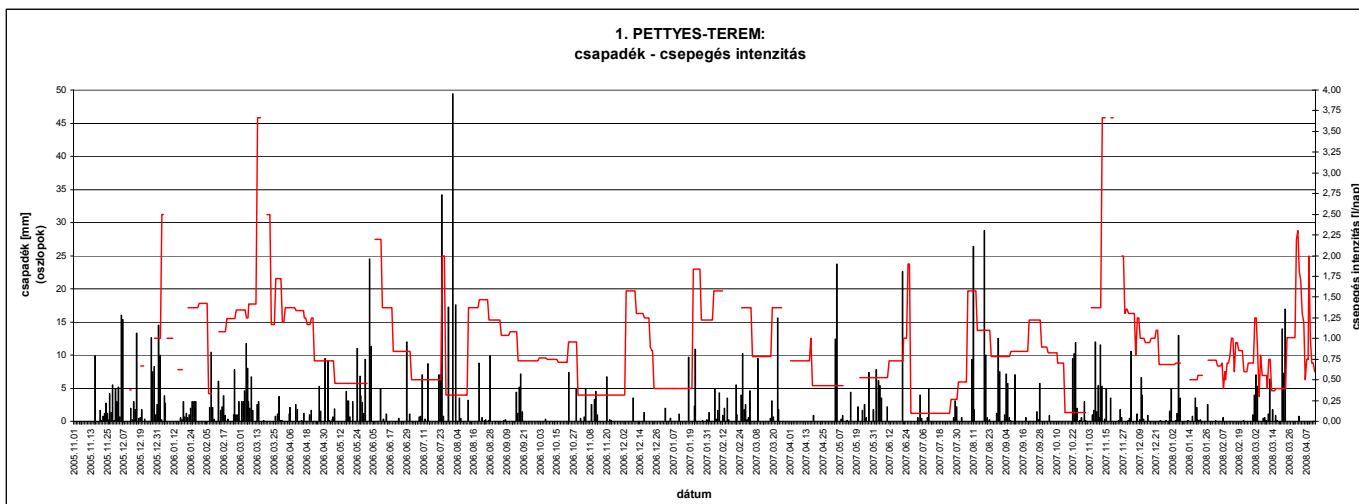
1. Pettves-terem:

A *csepegés intenzitása* általában 0,3 és 3,7 l/nap értékek között ingadozik. A csapadék és a csepegés mennyiség görbék összehasonlítása alapján (9.3 ábra) általában elmondható, hogy hosszabb időtartamú vagy nagyobb intenzitású csapadék eseményre, illetve havazást követő hóolvadásra a csepegő víz mennyiségében emelkedés tapasztalható. Ez a hatás a csapadék beszivárgását követően néhány nap késleltetéssel jelentkezik. Fokozatos mennyiség növekedést követő fokozatos csökkenés, általában nyomon követhető feltöltődés-leürülési görbe jellemző a nagyobb havazások, hóolvadások időszakában 2005. december 12.-2006. január 18., 2006. február 16.-április 20., 2007. november 7.-december 24., valamint 2008. január 17.-március 16. között) reakció figyelhető meg a nagyobb intenzitású csapadék eseményekre is csepegés intenzitásemelkedés, majd fokozatos csökkenés követi, így 2006. június 8., július 25., augusztus 14. A hosszabb ideig tartó, kisebb intenzitású csapadékok hatásának összegződése is megfigyelhető például 2006. augusztus második felétől októberig, 2007. július 25.-október 18-ig. Ezáltal hosszabb időn keresztül nagyobb mennyiségű víz juthat a barlangjáratokba.

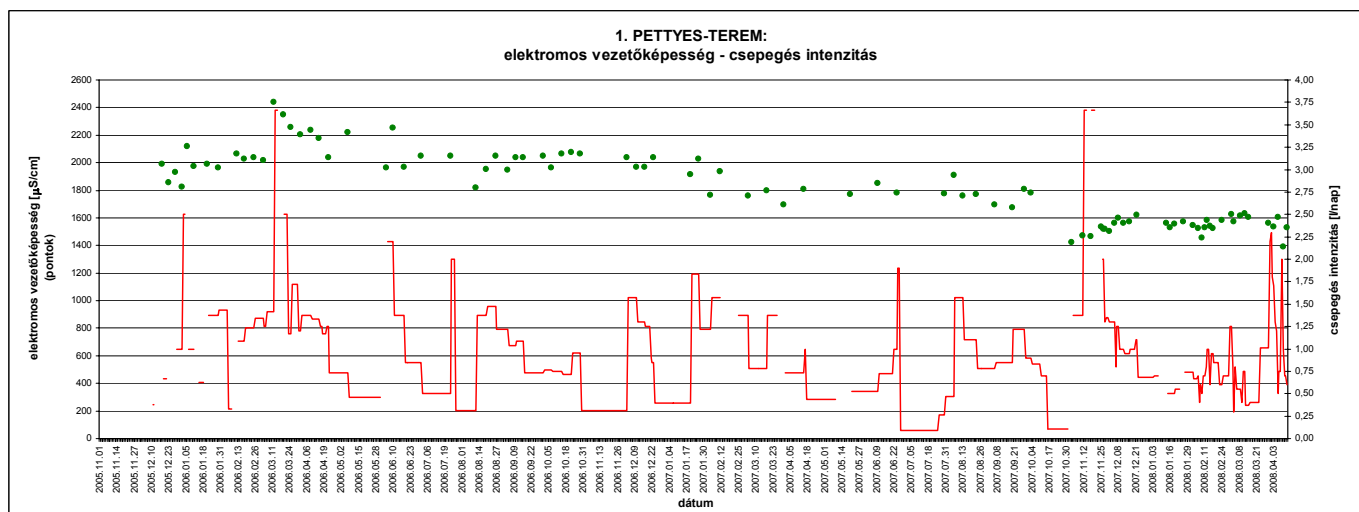
A *fajlagos elektromos vezetőképesség* 1393-2438 $\mu\text{S}/\text{cm}$ között változik (1045 $\mu\text{S}/\text{cm}$ intervallumban), a középérték 1807 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A nagyobb havazást követő hóolvadás hatására - a csepegés intenzitás fokozatos, nagy mértékű növekedése mellett - a vezetőképesség értékek ugrásszerűen hirtelen megnövekedése, majd fokozatos csökkenése figyelhető meg, a leglátványosabban 2006. március 4. és április 15. között. A nagyobb, hosszabb hatású esőzéseket követő mennyiség növekedéssel együtt a vezetőképesség is magas értékeket mutat. 2007. telén nem tapasztalható nagyobb hozam kiugrás és vezetőképesség érték növekedés sem, ugyanakkor megfigyelhető, hogy magasabb hozam magasabb vezetőképesség értékekkel párosul. A 2007-2008. telén megfigyelhető havazásokat követő hozam-növekedés - a korábbi tapasztalatokkal ellentétben - a vezetőképességre nézve nem eredményezett látványos növekedést. Ugyanakkor november 3-tól megfigyelhető egy kis mértékű, fokozatos növekedés, ami 2008. januárjában csökkenő tendenciát mutat, majd februártól ismét növekedés, március közepétől pedig csökkenés tapasztalható. 2006. március 12-től összességében csökkenő tendencia a jellemző (9.4 ábra).

A *víz hőmérséklete* 12,8-14,8 °C között ingadozik, 2,7 °C intervallumban (medián: 13,5°C). A hőmérséklet időben - a kis mértékű, folyamatos ingadozásokat leszámítva - nem változik.

A *pH* legkisebb értéke 6,7, legnagyobb 7,6, (ingadozás: 0,9), középértéke 7. A folyamatos ingadozásokat leszámítva 3 „csúcsot”, vagyis 3 növekedő és 3 csökkenő tendenciájú időszakot lehet felismerni. 2006. január elejéig alapvetően növekedés, szeptember elejéig pedig csökkenés jellemző. Ezt követően - 2007. február 4-én kiugró maximummal - 2007. június 10-ig újabb növekedés tapasztalható. Utána jelentősebb csökkenés következik, nagy intervallumban ingadozó értékekkel. 2008. január 13-tól nagyobb mértékű emelkedés figyelhető meg: e magasabb értékek március 23-ig jellemzőek, ezt követően csökkenő tendencia mutatkozik.



9.3 ábra: Pettyes-terem: csapadék és csepegés intenzitás időbeli változása



9.4 ábra: Pettyes-terem: csepegés intenzitás és fajlagos elektromos vezetőképesség időbeli változása

A *vízkémiai vizsgálatok* során folyamatosan elemzett fő kationok, anionok és jellemző mennyiségük - minimum és maximum értékek és a közöttük történő ingadozás tartománya, valamint a középérték - a következő (1. táblázat):

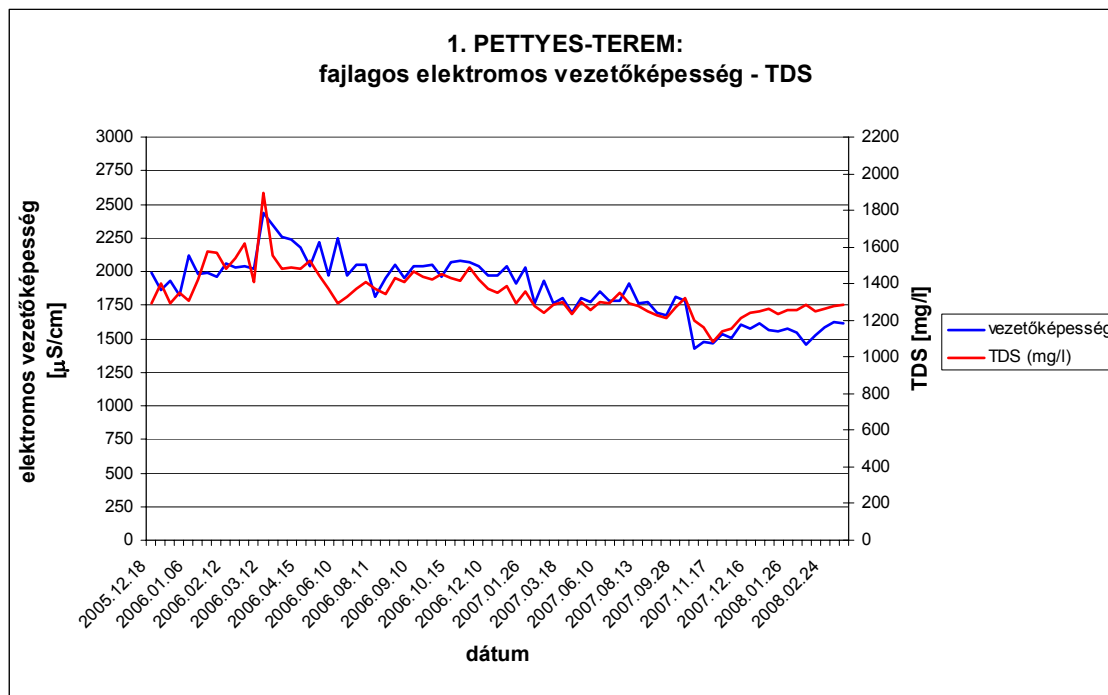
	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	TDS (mg/l)
Minimum	154,1	29,9	110	4,1	114,2	126	172	200	1083,4
Maximum	282,7	58,9	199	5,7	260,1	300	472	540	1896,4
Ingadozás	128,6	29	89	1,6	145,9	174	300	340	813
Középérték	187,5	40,4	132,4	5,1	195,0	220	253	285	1319,7

	Ca ²⁺ (meq/l)	Mg ²⁺ (meq/l)	Na ⁺ (meq/l)	K ⁺ (meq/l)	HCO ₃ ⁻ (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	SO ₄ ²⁻ (meq/l)	NO ₃ ⁻ (meq/l)
Minimum	7,7	2,4	4,8	0,1	1,9	3,6	3,6	3,2
Maximum	14,1	4,8	8,7	0,1	4,3	8,5	9,8	8,7
Ingadozás	6,4	2,4	3,9	0	2,4	4,9	6,3	5,5
Középérték	9,4	3,3	5,8	0,1	3,2	6,2	5,3	4,6

	Kationok (meq/l)	Anionok (meq/l)	Összes ion (meq/l)
Minimum	15,4	15,3	30,7
Maximum	27	26,7	53,7
Ingadozás	11,6	11,4	23
Középérték	18,4	19,4	37,7

9.1 táblázat: Pettyes-terem: Ionok mennyiségének minimum, maximum és középértékei

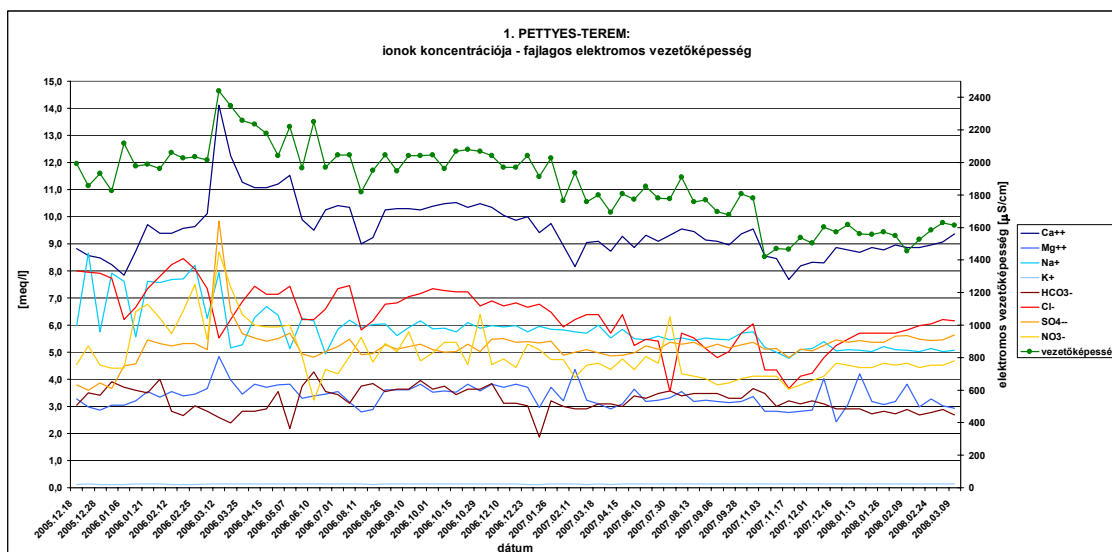
A TDS és az elektromos vezetőképesség görbéje (9.5 ábra) - a kisebb eltéréseket leszámítva - általában együtt változik, csupán 2007. december elejétől figyelhető meg eltérés: ebben a szakaszban is hasonló a lefutásuk, de a TDS kicsit magasabb értékek között változik, mint a vezetőképesség.



**9.5 ábra: Pettyyes-terem: fajlagos elektromos vezetőképesség
és TDS (vizsgált összes oldott anyag) időbeli változása**

Az ionok mennyiségének és arányának változását 2005. december 18. és 2008. március 9. közötti időszakban vizsgáltam. Az összesítő grafikon (9.6 ábra) alapján általában elmondható, hogy a K^+ -ot leszámítva a többi 7 ion nagy koncentrációhatárok közt jelentősen változik. Legnagyobb mennyiségben a Ca^{2+} jelenik meg, és alapvetően meghatározza a fajlagos elektromos vezetőképesség értékeinek alakulását is. Első ránézésre általában elmondható, hogy a Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} és Cl^- értékek időben hasonlóan változnak, a HCO_3^- és a Na^+ pedig a többi iontól és egymástól is eltérően változik. A Na^+ koncentráció görbéjének lefutásában szembetűnő, hogy 2005. december 18-tól 2006. június 18-ig nagyon széles határok között (4,9-8,6 mg/l) ingadozik és csökkenő tendencia mutatkozik, ezt követően azonban 5-6 meq/l értékek között kiegyenlítően változik.

2005-2006. téli időszakára jellemzőek a meghatározó jelentőségű havazások és azt követő hóolvadások. Vízkémia adatok csak december közepétől elemezhetők, de ezt követően a mennyiség-alakulásokban az előzmények ismerete nélkül is érdekes változások figyelhetők meg. 2005. december végén jelentős mennyiségű hó hullott, amely ezt követően olvadásnak indult. 2006. január elején a Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- és NO_3^- fokozatos vagy hirtelen csökkenése, majd ugrásszerű növekedése tapasztalható. A Na^+ -nál csak nagyon kis mértékű növekedés, majd csökkenő tendencia látszik, a HCO_3^- növekedése is kis mértékű. A SO_4^{2-} esetében a csökkenés hiányzik, csak fokozatos, de nagy mértékű koncentráció emelkedés mutatkozik. A hirtelen növekedés a vezetőképesség értékek alakulásában is megjelenik, és az ionokkal együtt ez a hirtelen növekedés körülbelül 2 héten keresztül követhető nyomon. 2006. március 12-én a vezetőképességre és az ionok többségénél (Ca^{2+} , Mg^{2+} , SO_4^{2-} , és NO_3^-) is egy hirtelen nagy kiugró emelkedés, majd azt követő nagymértékű csökkenés figyelhető meg.



9.6 ábra: Pettyes-terem: fajlagos elektromos vezetőképesség és ionkoncentrációk időbeli változása

Ezzel szemben a Cl^- esetében hirtelen meredek, a HCO_3^- -nál pedig kis mértékű csökkenés, majd fokozatos, tartós növekedés látszik. A Na^+ ionok nagy mértékű ingadozása mellett március 12. után szembetűnik egy összességében nagyobb arányú koncentráció csökkenés, és az értékek ez után alacsonyabb szinten „állandósulnak”. E változások oka feltehetően az, hogy a fokozatos/hirtelen hóolvadás hatására nagyobb mennyiségű víz kerülhetett a repedéshálózatba, amely mint egy dugattyú kinyomta a rendszerből az ionokban addig folyamatosan dúsuló „pangó vizet”. Erre a Cl^- ion egy kicsit mintha hamarabb reagált volna. A vízhozam hirtelen növekedése, majd csökkenése is jól megfigyelhető ebben az időszakban. Az ionok mennyiségének további csökkenése a vezetőképességgel és a csepegésintenzitással együtt általában május elejéig követhető nyomon. A május végi, június eleji nagy mennyiségű esőzésekét követően egy-két nappal később a Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- és NO_3^- ionok, továbbá a vezetőképesség értékek hirtelen nagyobb csökkenése figyelhető meg. Néhány nap vagy hét elteltével, feltételezhetően az újabb jelentősebb júniusi (főleg június 10) csapadékesemények hatására - a Mg^{2+} és a NO_3^- kivételével - az említett ionok mennyiségének kisebb-nagyobb mértékű növekedése jellemző, azonban a HCO_3^- -nál a többihez képest időben eltolódás látszik. A Na^- -nál július elejétől megszűnik a nagy mértékű ingadozás, ettől kezdve a koncentráció közel állandó értékeket vesz fel. A július végi (főleg július 25), augusztus eleji (augusztus 1!) nagyobb esőzéseket követően néhány nappal a vezetőképességgel együtt a Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- és SO_4^{2-} értékekben nagyobb csökkenés, ezzel szemben a HCO_3^- -nál kisebb, a NO_3^- -nál azonban nagyobb mértékű növekedés jelentkezik. A hirtelen megnövekedett csepegéshozamokat is figyelembe véve a nagy mennyiségű nyári csapadék feltehetően pár nap késéssel aránylag hamar lejut a barlangjáratokba, nagyobb mértékű hígulást okozva a víz minőségében, ami később újra betöményedik, majd újabb nagyobb mennyiségű beszivárgás újabb hígulást okoz. Augusztus közepétől újabb általános emelkedés figyelhető meg, és augusztus végétől adott szinten állandósulnak az értékek a Ca^{2+} , Mg^{2+} , és Cl^- értékek, a SO_4^{2-} -nál már nagyobb ingadozás, a HCO_3^- -nál pedig e változás időben már korábbi bekövetkezése jellemző. A NO_3^- görbéje jelentősen ingadozik. Az augusztus második felében, illetve szeptember-októberben hullott csapadék szemmel láthatóan nem okozott jelentős változást az ionok mennyiségében. A

következő (2006-2007.) télen a csapadék többnyire eső formájában hullott, a havazás kevésbé volt jelentős. Novembertől több ion koncentrációjában is változás tapasztalható. A Ca^{2+} és a HCO_3^- esetében fokozatos csökkenés, a SO_4^{2-} -nál kezdeti emelkedés, a NO_3^- -nál emelkedés, majd csökkenés, a Cl^- nál pedig alacsonyabb szinten mozgó értékek jellemzőek, a Mg^{2+} pedig változatlan marad. Feltehetően hóolvadás (vagy nagyobb mennyiségű csapadék) következménye a február elején bekövetkező változás: a Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} és NO_3^- ionok és a vezetőképesség hirtelen csökkenése, és ezzel szemben a Mg^{2+} lokális emelkedése figyelhető meg. Ezt megelőzően, január végén, pedig a HCO_3^- és a Mg^{2+} pontszerű csökkenése látszik. A csökkenéseket újabb emelkedések követik, a koncentráció értékek újból magasabb szintre kerülnek. Április közepe és május közepe között a Ca^{2+} , Mg^{2+} és HCO_3^- kismértékű növekedése, ezzel szemben a Cl^- nagyobb csökkenése tapasztalható. A május végétől jelentkező esőzések hatása az előző évhez képest eltérő módon alakítja az ionok változását. A kisebb ingadozásoktól eltekintve a Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} és HCO_3^- kis mértékű folyamatos növekedése látható, amely szinte az egész nyárra jellemző, csak július 30-án tapasztalható a NO_3^- esetében kiugróan magas, a Cl^- -nál pedig kiugróan alacsony érték, ami mérési hiba is lehet. A Ca^{2+} és a Cl^- , és kis mértékben a NO_3^- és a HCO_3^- esetében augusztusban már fokozatos csökkenés jellemző szeptember elejéig: az a hígulás valószínűleg az augusztus második felében hulló nagyobb mennyiségű csapadék hatása. Ezt követően szeptemberben a Ca^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , és kis mértékben a NO_3^- , SO_4^{2-} , valamint a Na^+ értéke is emelkedik, vagyis töményedik a leürülő víz. Ez a folyamat a vezetőképesség értékekben is megmutatkozik. November elejétől közepéig azonban a NO_3^- kivételével az összes ionra a vezetőképességgel együtt kisebb vagy nagyobb mértékű csökkenés jellemző. Ennek oka valószínűleg szintén a nagyobb mennyiségű, hó formájában hulló és elolvadó csapadék lehet. A HCO_3^- és a Mg^{2+} görbájén ez esetben is korábban tapasztalható ez a változás. A hirtelen hígulást ismét töményedés követi: november második felétől a HCO_3^- kivételével a többi ionkoncentrációja eltérő mértékű növekvő tendenciát mutat. December közepétől március elejéig az ionok koncentráció értékei eltérő módon alakulnak: a SO_4^{2-} és a NO_3^- állandósul, a Na^+ kisebb csökkenés után stabilizálódik, a Mg^{2+} ingadozik, majd csökken, a HCO_3^- kis mértékben folyamatosan csökken, a Ca^{2+} és a Cl^- , pedig folyamatosan nő. Érdekes, hogy a vezetőképesség görbájén, február elején megfigyelhető kisebb csökkenés, majd növekedés az ionoknál szemmel láthatóan nem tapasztalható. A K^+ a teljes vizsgált időszakban változatlan, és nagyon alacsony értékeket mutat.

2A. Virágoskert:

A *csepegés* nagyon kis *intenzitású*, általában 0 és 0,05 l/nap értékek között ingadozik, továbbá kivételként két kiugró érték figyelhető meg: 2006. január 4-én 0,2 l/nap, 2007. november 28-án pedig 0,1 l/nap. A csapadék és a csepegés mennyiség görbék összehasonlítása alapján (9.7 ábra) általában adott időszakokban elmondható, hogy hosszabb időtartamú vagy nagyobb intenzitású csapadék eseményre, illetve havazást követő hóolvadásra a csepegő víz mennyiségében kisebb emelkedés tapasztalható. Ez a hatás a csapadék beszivárgását követően pár nap késleltetéssel jelentkezhet. A hóolvadások jellemzően nagyobb intenzitásemelkedést eredményeznek. 2005. december 10-től február 28-ig - akár feltöltődési-leürülési görbeként is értelmezhető - fokozatos csepegésintenzitás emelkedés, majd csökkenés tapasztalható, január 4-én kiugró értékekkel. 2006. március 6-án lokális emelkedés, majd március 12-től 28-ig kisebb csepegésintenzitás növekedés-csökkenés, és március 31-től ismét

emelkedés tapasztalható, ezt követően, pedig szinte folyamatos mennyiségű csepegés jellemző. Június 5- től hirtelen csökkenés következik, és nagyobb mennyiségű csapadékhullás ellenére is alacsony szinten maradnak az értékek. 2006. szeptember 18-án nagyobb mértékű emelkedés történik, és hosszabb ideig szinte változatlan nagyságú értékek jellemzők. 2007. január 22-től 26-ig semmi nincs mérhető mennyiség, majd január 29-től egy kis mértékben növekedő és csökkenő (leürülési görbe) rajzolódik ki. Március 18-tól hirtelen emelkedés, majd kisebb csökkenés tapasztalható, és az értékek - kisebb ingadozással - ezen a szinten maradnak, csak 2007. április 16-án, június 24-én és november 28-án láthatók kiugró értékek. 2008. telén már nagyobb ingadozások jellemzők, és február 21- március 3, illetve március 21-től növekedő, majd csökkenő, leürülési görbe-szerű lefutások is megjelennek.

A **fajlagos elektromos vezetőképesség** 527-728 $\mu\text{S}/\text{cm}$ tartományban jellemző (intervalluma: 202 $\mu\text{S}/\text{cm}$), középértéke 621 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Általában elmondható, hogy nagyobb csepegés intenzitás értékekhez magasabb vezetőképesség értékek társulnak (9.8 ábra), továbbá a téli időszakokban csökkenő, majd növekvő tendencia rajzolódik ki (2008. telén a legszembetűnőbb).

A **víz hőmérséklete** 12,9-15 °C között változik 2,1 °C ingadozással (medián: 14,4 °C). Időben fokozatos, kismértékű növekedés tapasztalható. A **levegő hőmérséklete** 12,4-13,2°C között mérhető (0,8 °C ingadozás), középértéke, pedig 12,8 °C. Általában tehát 1°C-kal hűvösebb a víz hőmérsékleténél, és amíg az előbbi enyhén növekedő, addig ez utóbbi enyhén csökkenő tendenciával jellemezhető.

A **pH** legkisebb mért értéke 6,7, legnagyobb 7,4 (ingadozása 0,7), középértéke 7,2. Időben széles skálán nagymértékű ingadozás a jellemző. Ha eltekintünk a nagyobb kilengésektől, 3 „csúcs” figyelhető meg 2005. október 31. és 2006. december 23, 2007. február 11. és december 1, továbbá 2007. december 1. és március 2. között, majd újabb emelkedés tapasztalható.

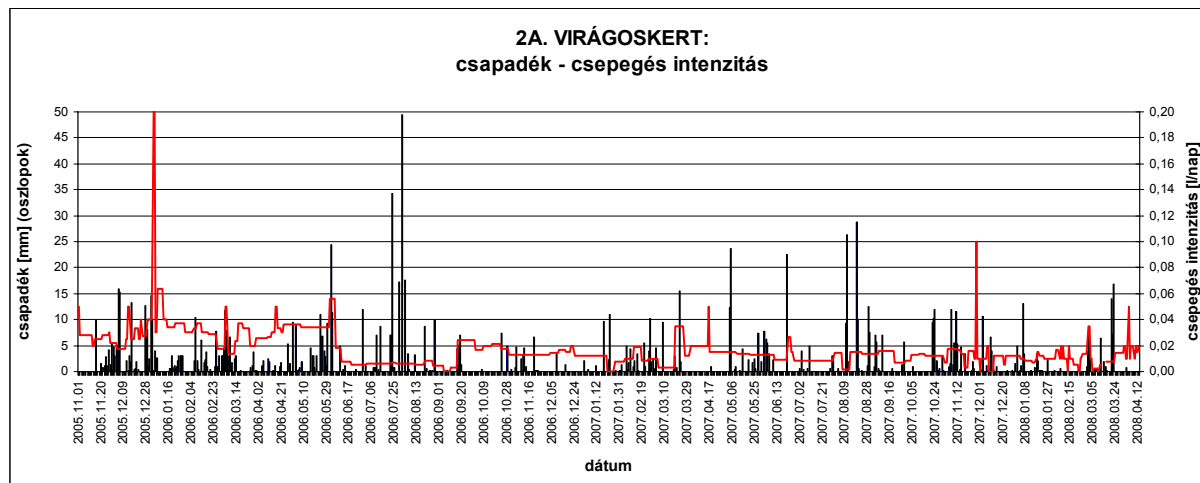
A **vízkeimiai vizsgálatok** során folyamatosan elemzett fő kationok, anionok és jellemző mennyiségük - minimum és maximum értékek és a közöttük történő ingadozás tartománya, valamint a középérték - a következő (9.2 táblázat):

	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	TDS (mg/l)
Minimum	82,4	2,8	29,8	3,8	152,1	17,3	134	19	476,1
Maximum	91,2	10	38,3	4,8	184	22,4	158	36,5	499,8
Ingadozás	8,8	7,2	8,5	1	31,9	5,1	24	17,5	23,7
Középérték	88,4	7,7	34,2	4,1	166,3	19,6	146	27,5	496,4

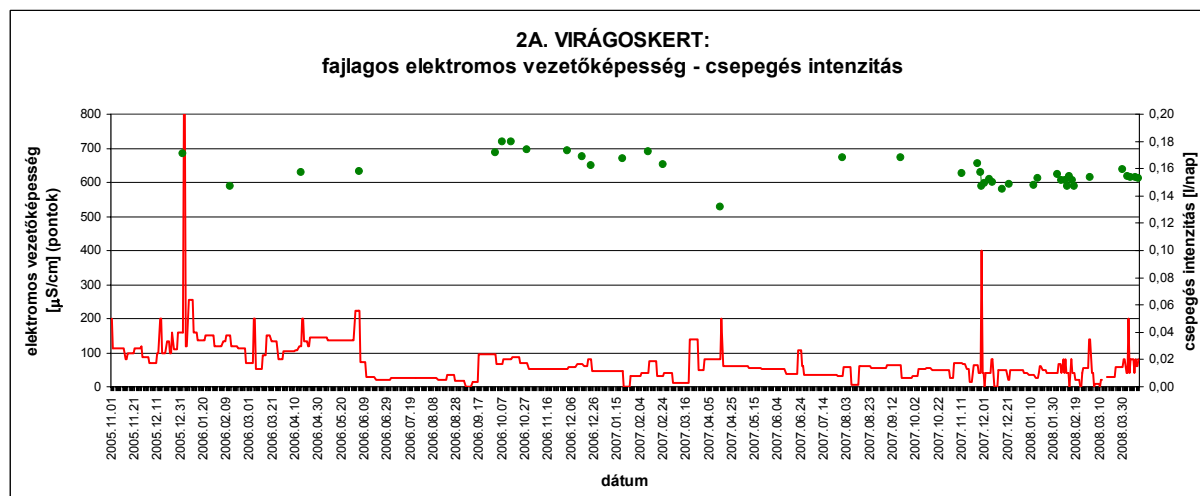
	Ca ²⁺ (meq/l)	Mg ²⁺ (meq/l)	Na ⁺ (meq/l)	K ⁺ (meq/l)	HCO ₃ ⁻ (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	SO ₄ ²⁻ (meq/l)	NO ₃ ⁻ (meq/l)
Minimum	4,1	0,2	1,3	0,1	2,5	0,5	2,8	0,3
Maximum	4,6	0,8	1,7	0,1	3	0,6	3,3	0,6
Ingadozás	0,4	0,6	0,4	0	0,5	0,1	0,5	0,3
Középérték	4,4	0,6	1,5	0,1	2,7	0,6	3	0,4

	Kationok (meq/l)	Anionok (meq/l)	Összes ion (meq/l)
Minimum	6,2	6,6	12,8
Maximum	6,8	7	13,6
Ingadozás	0,6	0,4	0,8
Középérték	6,6	6,8	13,3

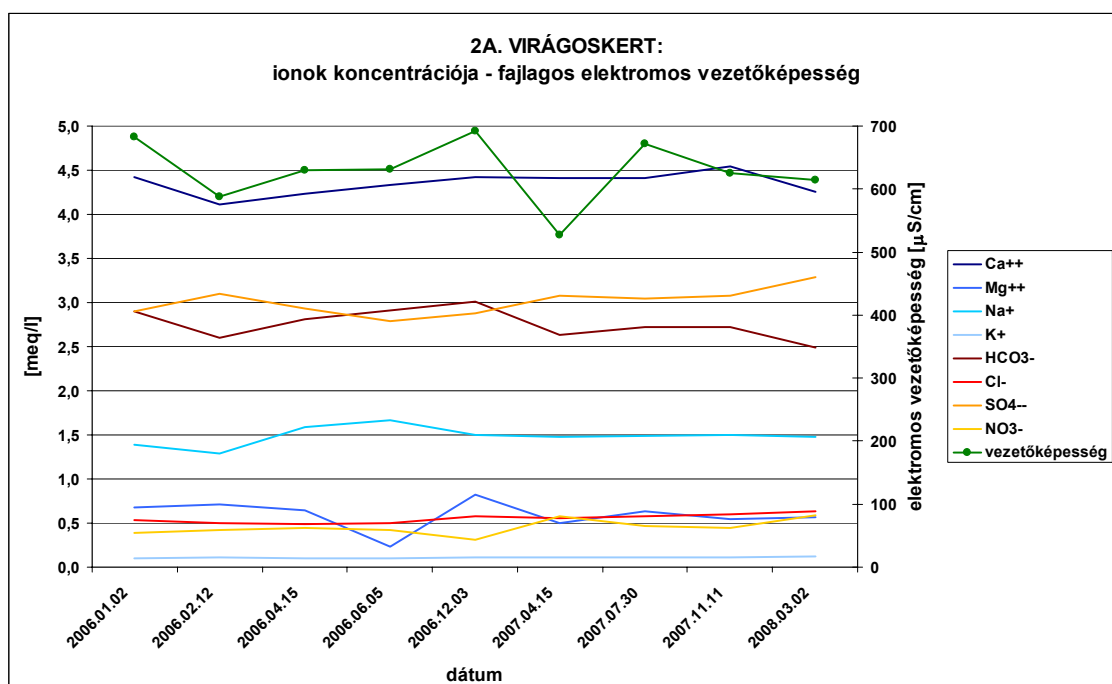
9.2 táblázat: Virágoskert: Ionok mennyiségének minimum, maximum és középértékei



9.7 ábra: Virágskert: csapadék és csepegés intenzitás időbeli változása



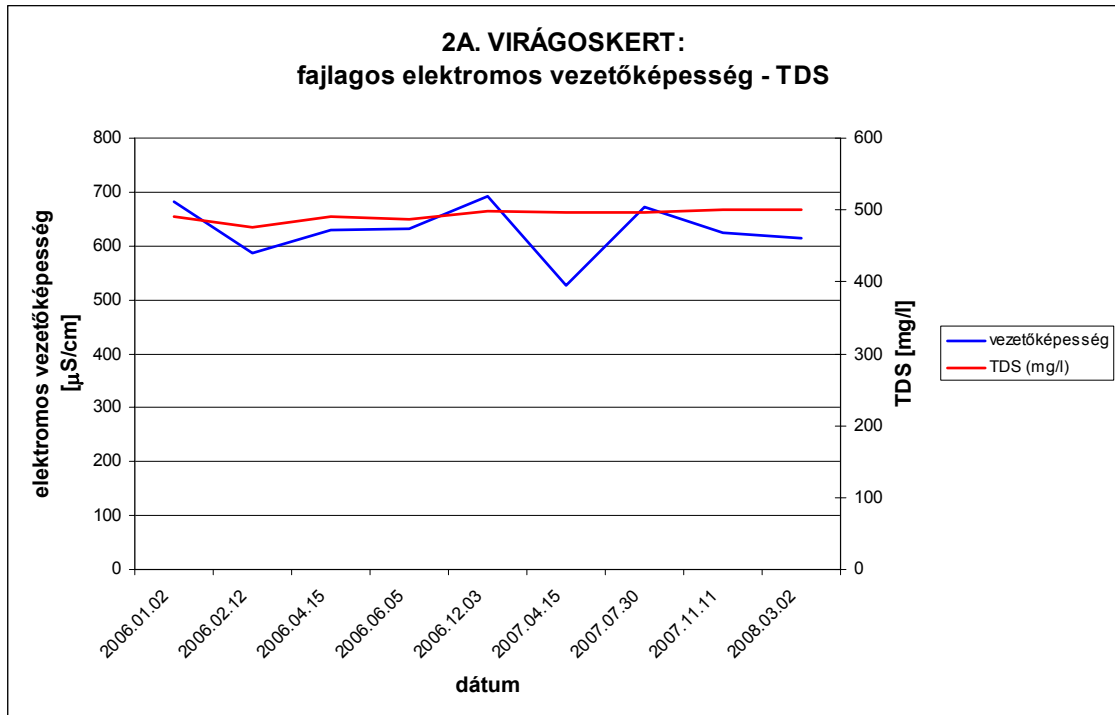
9.8 ábra: Virágskert: csepegés intenzitás és fajlagos elektromos vezetőképesség időbeli változása



9.9 ábra: Virágoskert: fajlagos elektromos vezetőképesség és ionkoncentrációk időbeli változása

A többi csepegőhelyhez képest e helyszínen 2006. január 2. és 2008. március 2. között nagyon kevés adat áll rendelkezésemre. Általában jellemző az ionok mennyiségének nagyon kis mértékű ingadozása (9.9 ábra). A K^+ ion koncentrációja a vizsgált időszakban változatlanul nagyon alacsony, a Cl^- mennyisége nagyon enyhe emelkedést mutat. A Ca^{2+} és a HCO_3^- - görbe lefutása - eltérő mennyiséggel, és 2007. április 15. kivételével - szinte végig együtt változik. A HCO_3^- görbe alakjához képest - hasonló értékekkel - „tükrörszimmetrikus” a SO_4^{2-} - görbe lefutása, avagy ahol a HCO_3^- növekvő, ott a SO_4^{2-} csökkenő tendenciát mutat. A kezdeti időszakot leszámítva a NO_3^- - kisebb mennyiségben - a SO_4^{2-} - értékek változásával mutat kisebb hasonlóságot. A Na^+ koncentrációja a kezdeti vizsgált időszak első felében a Ca^{2+} és HCO_3^- - ionokhoz hasonlóan változik, 2006. december 3-tól pedig állandósul. A Mg^{2+} 2006. április 15. és 2007. április 15. között nagyobb ingadozást mutat, előtte, illetve utána szinte változatlan. A nagyon kevés minta miatt nem lehet a csapadékeseményekkel együtt vizsgálni, és a kismértékű ingadozás a víz hosszú időn (akár 3 hónap) keresztül történt edényben állása miatt megváltozhatott (párolgás, kicsapódás, elbomlás stb...)

Szembevetve az elektromos vezetőképesség az ion koncentrációkhoz képest nagy ingadozása. Értékeinek alakulása általában a többi ion értékéből együttesen adódik, és közülük leginkább a Ca^{2+} , Mg^{2+} és HCO_3^- - mennyisége a meghatározó. Általában nem látszik a vezetőképesség és a TDS görbe együtt mozgása (9.10 ábra).



9.10 ábra: Virágoskert: fajlagos elektromos vezetőképesség és TDS (vizsgált összes oldott anyag) időbeli változása

2B. Virágoskert-Hosszú-lejtő:

A *csepegés intenzitása* 0,02 és 1,2 l/nap értékek között széles skálán ingadozik. A csapadék és a csepegés mennyiség görbék összehasonlítása alapján általában elmondható, hogy hosszabb időtartamú vagy nagyobb intenzitású csapadék eseményre, illetve havazást követő hóolvadásra a csepegő víz mennyiségében emelkedés tapasztalható (9.11 ábra). Ez a hatás a csapadék beszivárgását követően hosszabb-rövidebb idő, általában több nap - vagy akár hét - késleltetéssel jelentkezik. Fokozatos mennyiség növekedést követő fokozatos csökkenés, általában nyomon követhető feltöltődés-leürülési görbe jellemző a nagyobb havazások, hóolvadások időszakában: 2006. február 18-tól -május 12-ig (jelentős késleltetés tapasztalható!), 2007. február 11-től március 29-ig, 2008. január 16-tól 25-ig, és március 4-től a vizsgált időszak végéig. Nagyobb intenzitású csapadék eseményeket egy-két napon belül hirtelen csepegés intenzitásemelkedés, majd fokozatos csökkenés követ, például 2006. június 10-én, július 25-én, 2007. június 24-én, augusztus 13-án és 26-án. Ez utóbbi esetben - valószínűleg az újabb csapadék események hatására további csepegésintenzitás növekedés tapasztalható. Csapadékot követő késleltetett növekedés vehető észre 2006. augusztus 14-én, október 4-én és az előbb említett 2007. augusztus 26-án. A 2007. február 11-től induló csepegés intenzitás esetében a csekély mennyiségű havazás miatt jóval nagyobb szerepe lehet az eső formájában lehulló csapadéknak.

A *fajlagos elektromos vezetőképesség* 482-709 µS/cm között változik (tartománya: 227 µS/cm), középértéke 539 µS/cm. A görbe időbeli változását 2006. március 19-ig jellegzetes, fokozatos csökkenés jellemzi, majd március 25-én hirtelen kiugró emelkedés, majd kisebb csökkenés tapasztalható (9.12 ábra). A vezetőképesség értékek ilyen jellegű változása a hóolvadással és a nagymértékben megnövekedett csepegésintenzitással állhat összefüggésben. Ezt kisebb ingadozások követik, és

augusztustól novemberig enyhén növekedő tendencia mutatkozik. 2006. decemberétől csökkenés, majd 2007. május 20-tól újabb növekedés jellemzi június végéig, és ezt követően csökkenés augusztus közepéig. Szeptember 6-tól a görbe meredeken emelkedni kezd, és november 3-án ehhez képest is kiugró érték látható. Mivel havazás ebben az időszakban még nem tapasztalható, az oka vagy a csapadéknak köszönhető nagyobb csepegésintenzitás (ez lehet az emelkedő tendencia oka), vagy egyszerűen csak mérési hiba (a kiugró értéknél valószínűsíthető). November 11-től kisebb csökkenés, majd szűk tartományban ingadozás figyelhető meg. 2008. március 2-től jól kivehető egy 15-ig tartó emelkedő, majd a vizsgált időszak végéig csökkenő tendencia.

A **víz hőmérséklete** 13,2-15,3 °C között, 2,1 °C tartományban ingadozik, a medián 14,4 °C. A vizsgált időszakra ugyan jellemzőek kisebb ingadozások, de ezt leszámítva, összességében nem tapasztalható változás.

A **pH** legkisebb értéke 6,9-7,4 között mozog (intervalluma 0,5), középértéke 7,2. A görbe lefutására jellemző a kisebb-nagyobb ingadozás. A tendenciát figyelembe véve 2006. február végéig növekedés, majd április közepétől október elejéig csökkenés, majd december közepéig újabb emelkedés tapasztalható. A pH újabb csökkenése követhető nyomon 2007. április közepéig. Kisebb növekedést követően 2008. január közepéig az értékek tág intervallumban ingadoznak. Február közepéig újabb növekedés, majd csökkenés figyelhető meg március közepéig, majd ettől kezdve folyamatos növekedés a jellemző, azonban az előbbieket alapján valószínű, hogy a vizsgált időszakon kívül egy adott időpontban a görbe ismét csökkenő tendenciát vesz fel.

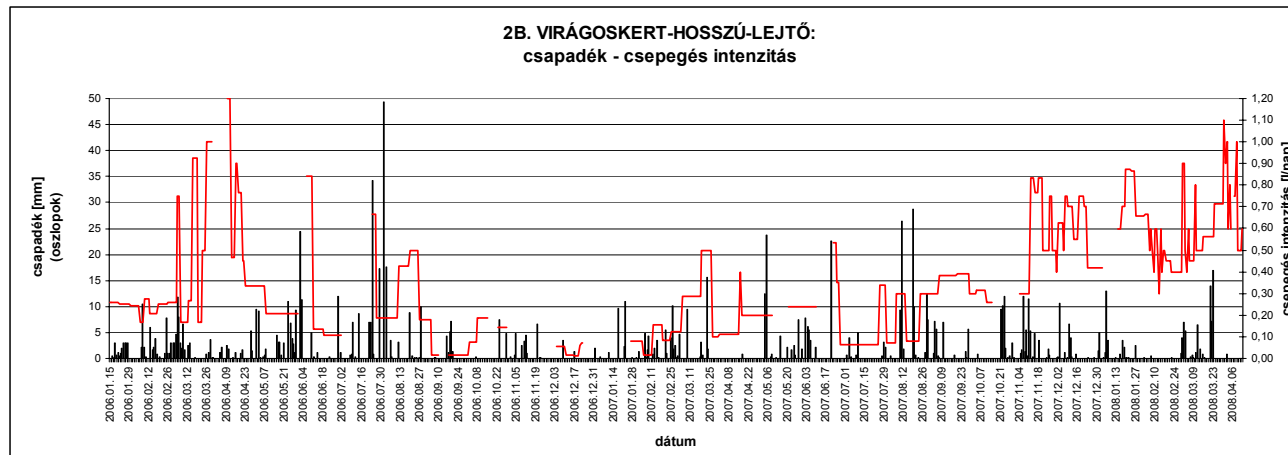
A **vízkémiai vizsgálatok** során folyamatosan elemzett fő kationok, anionok és jellemző mennyiségük - minimum és maximum értékek és a közöttük történő ingadozás tartománya, valamint a középérték - a következő (9.3 táblázat):

	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	TDS (mg/l)
Minimum	65,4	5,9	17,9	7	172	18	75	11,6	407
Maximum	82,1	18,1	24,8	9,3	228,4	24,8	96	19,6	469
Ingadozás	16,7	12,3	6,9	2,3	56,4	6,8	21	8	62
Középérték	74,7	8,2	21,4	9	195	21	84	15,6	424,8

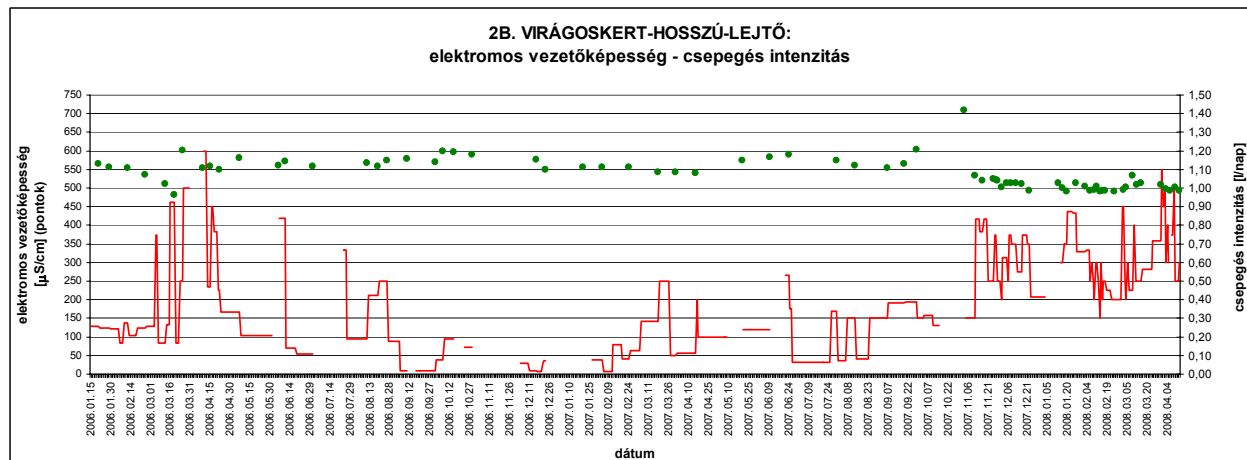
	Ca ²⁺ (meq/l)	Mg ²⁺ (meq/l)	Na ⁺ (meq/l)	K ⁺ (meq/l)	HCO ₃ ⁻ (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	SO ₄ ²⁻ (meq/l)	NO ₃ ⁻ (meq/l)
Minimum	3,3	0,5	0,8	0,2	2,8	0,5	1,6	0,2
Maximum	4,1	1,5	1,1	0,2	3,7	0,7	2	0,3
Ingadozás	0,8	1	0,3	0	0,9	0,2	0,4	0,1
Középérték	3,7	0,7	0,9	0,2	3,2	0,6	1,8	0,3

	Kationok (meq/l)	Anionok (meq/l)	Összes ion (meq/l)
Minimum	5,3	5,4	10,8
Maximum	6,2	6,4	12,4
Ingadozás	1	1	1,6
Középérték	5,6	5,8	11,3

9.3 táblázat: Virágoskert-Hosszú-lejtő: Ionok mennyiségének minimum, maximum és középértékei

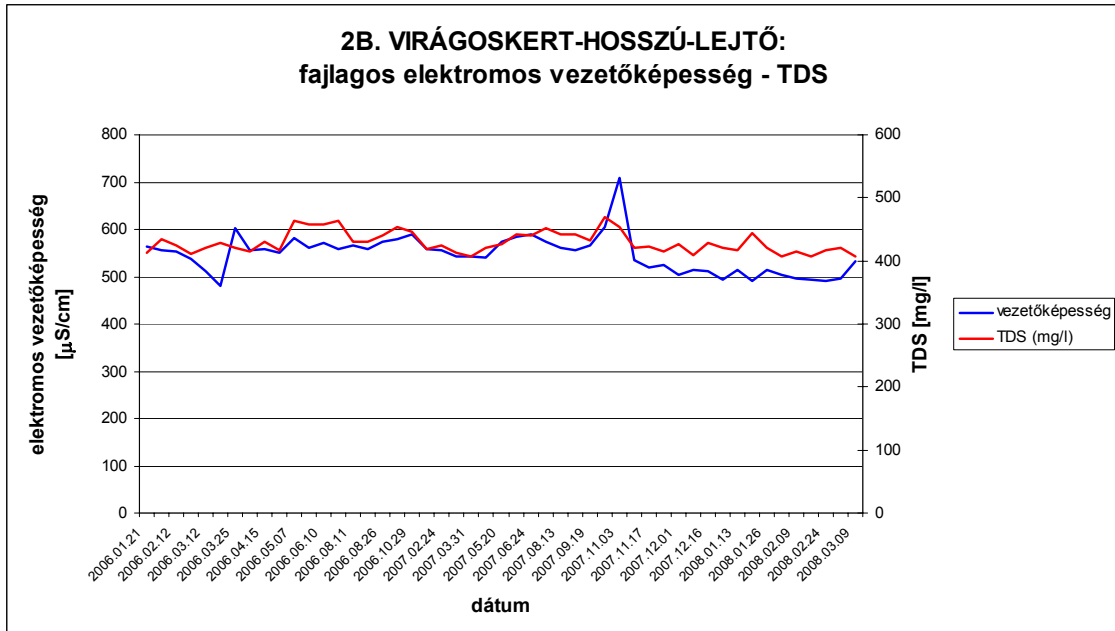


9.11 ábra: Virágskert-Hosszú-lejtő: csapadék és csepegés intenzitás időbeli változása



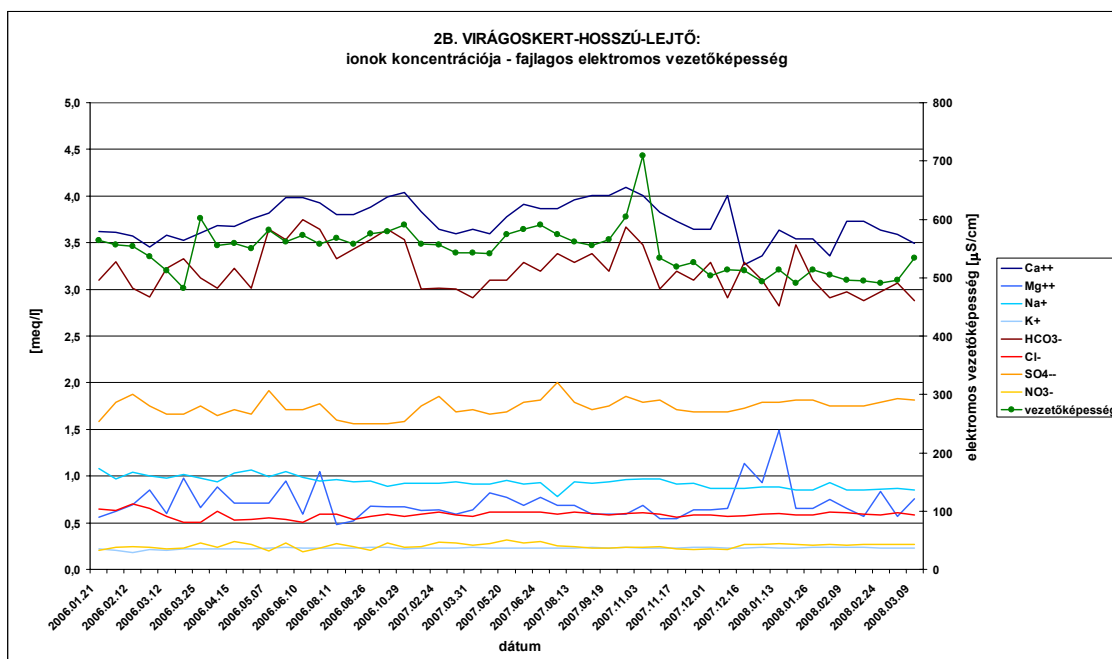
9.12 ábra: Virágskert-Hosszú-lejtő: csepegés intenzitás és fajlagos elektromos vezetőképesség időbeli változása

A TDS és az elektromos vezetőképesség görbéje a kisebb ingadozásokat leszámítva általában együtt változik. Az utóbbi három alkalommal mutat kiugró értékeket. 2007. november 11-től figyelhető meg eltérés: ebben a szakaszban is hasonló a görbék mozgása, de a TDS kicsit magasabb értékek között változik, mint a vezetőképesség (9.13 ábra).



9.13 ábra: Virágoskert-Hosszú-lejtő: fajlagos elektromos vezetőképesség és TDS (vizsgált összes oldott anyag) időbeli változása

Az ionok mennyiségének és arányának változását 2006. január 21. és 2008. március 9. közötti időszakban vizsgáltam. Az összesítő grafikon (9.14 ábra) alapján általában elmondható, hogy a SO_4^{2-} relatív kismértékben, a K^+ , NO_3^- , Cl^- és Na^+ ionok mennyisége az adott időszakon belül szinte egyáltalán nem változik. Ezzel szemben a Ca^{2+} , Mg^{2+} és HCO_3^- ionok változékonysága már jóval nagyobb mértékű. A fajlagos elektromos vezetőképesség értékeinek alakulását is alapvetően ez a három ion határozza meg. Általában elmondható, hogy a Ca^{2+} és HCO_3^- ionok mennyisége időben hasonlóan változik, melyet kisebb ingadozásokkal többnyire a SO_4^{2-} is követ.



9.14 ábra: Virágskert-Hosszú-lejtő: fajlagos elektromos vezetőképesség és ionkoncentrációk időbeli változása

Mivel ezt a mérőhely a többihez képest csak később alakítottuk ki, elemezhető adatsor csak január második felétől áll rendelkezésünkre. A 2006. téli nagy havazások és hóolvadás hatása az egyes ionoknál eltérően jelentkezik. Szembetűnő a HCO₃⁻, a SO₄²⁻ és a Mg²⁺ kezdeti növekedésével szemben a Ca²⁺, Na⁺ és a vezetőképesség csökkenése. Azonban január végétől a Mg²⁺ és a Cl⁻ kivételével az összes ion csökkenő tendenciát követ, a csepegő víz összetételében kisebb mértékű hígulás tapasztalható. Február végétől a vezetőképesség, a Mg²⁺, Cl⁻, Na⁺ és a SO₄²⁻ koncentráció csökkenésével ellentétben a Ca²⁺ és a HCO₃⁻ növekedése figyelhető meg. Március végén, április elején a HCO₃⁻ csökkenésével szemben jellemző a vezetőképesség és a többi ion mennyiségének többnyire rövid idejű emelkedése. Ezt követően a Ca²⁺ emelkedését leszámítva szinte mindegyik ionnál csökkenés tapasztalható. Ez még feltételezhetően a hóolvadás „higító” hatása lehet. A Ca²⁺ és a HCO₃⁻ esetében fokozottan, a Mg²⁺ és a SO₄²⁻ esetében, pedig kis mértékben hirtelen kiugró emelkedés látható. Ez általában a májusra jellemző, amikor kisebb mennyiségű csapadék hullik. A június eleji nagy esőzéseket követően néhány nappal később a SO₄²⁻ és Mg²⁺, valamint a vezetőképesség csökkenése, illetve a HCO₃⁻ és a Ca²⁺ további emelkedése figyelhető meg. Elképzelhető, hogy a nagyobb mennyiségben beszivárgó víz a repedésekben pangó vizet „kilöki” a rendszerből, ezért nő ilyen nagymértékben a meghatározó ionok koncentrációja is a csepegő vizekben. Augusztus 11-én kisebb koncentrációk mérhetők a Ca²⁺, HCO₃⁻, Mg²⁺ és SO₄²⁻ esetében is. Ez az augusztus eleji esőzések hígító hatása is lehet, de elképzelhető, hogy az előbbi három ion augusztus közepétől történő növekedése lehet ismét a vízminőség reakciója. A Ca²⁺ és a HCO₃⁻ koncentrációjának növekedése október végéig követhető nyomon. Ezt hosszabb adathiányos időszak követi, de február elején a Ca²⁺ és HCO₃⁻ nagy mértékű csökkenése, valamint a SO₄²⁻ nagymértékű növekedése látható. Sajnos ehhez így konkrét csapadékesemény nem köthető, de feltételezhető az előbbi ionok esetében a hóolvadás, vagy nagyobb mennyiségű csapadék miatti felhígulás. 2007. március közepére a SO₄²⁻ is visszacsökken. 2007. tavaszán az előző évhez hasonló esemény figyelhető meg: április

közepétől, illetve második felétől nő a meghatározó ionok: Ca^{2+} , HCO_3^- , SO_4^{2-} és Mg^{2+} mennyisége, valamint a vezetőképesség is. Ennek oka a csapadékszegény tavasz (április) lehet, az ionok egyre nagyobb mennyiségben jutnak a csepegő vizekbe. A május végi-június eleji csapadékosabb időszak a Ca^{2+} és a HCO_3^- -nál a növekedési ütem lassulását, a SO_4^{2-} további emelkedését, a Mg^{2+} és a vezetőképesség csökkenését eredményezi. A SO_4^{2-} növekedése július végéig követhető nyomon, ezután csökkenő tendenciába vált át. Érdekes, hogy ebben az időben a Na hirtelen lecsökken, majd visszaáll az addig értékre. Az utóbbi esetben ez mérési hiba is lehet. Az augusztus közepén hulló nagy mennyiségű csapadék a következő napokban szemmel láthatóan nincs jelentősebb hatással az ionok mennyiségére. Szeptember első felében is jellemző a csapadék, és a hónap végén az ionokra nézve már nagyobb változás tapasztalható: a Ca^{2+} további növekedése mellett a vezetőképesség és a HCO_3^- kiugró, a SO_4^{2-} és a Mg^{2+} kisebb mértékű emelkedése látszik. Ezt november elején - a csepegéshozam hirtelen emelkedésével szemben - főleg a HCO_3^- -ra nézve nagy mértékű csökkenés követi, ami a csapadékos október végi-november eleji időszak nagy vízmennyiségének hirtelen „higító” hatása is lehet. Feltételezhetően a hóolvadás hatása lehet december első felében a Ca^{2+} és a Mg^{2+} ionok koncentrációjának hirtelen emelkedése, majd csökkenése; ez a jelenség a HCO_3^- -nál időben eltolódva mutatkozik. A SO_4^{2-} -nál ezekkel ellentétben nem tapasztalható kiugró változás. Szembetűnő egy az előbbihez hasonló növekedés, majd csökkenés december végén, január elején, ami HCO_3^- -nál szintén néhány nap eltolódással jelentkezik. A kiugró koncentráció értékeket fokozatos csökkenés követi. Feltételezhetően ebben is a hóolvadást követő beszivárgó víz játszik szerepet. Február elejétől a Ca^{2+} -nál ismét nagyobb mértékű emelkedés, a Mg^{2+} -nál pedig csökkenés tapasztalható, ez utóbbinál február második felében van kisebb növekedés, majd csökkenés. Ebben az időszakban a Ca^{2+} mennyisége csökken, míg a HCO_3^- emelkedik, azaz az egyes ionokra nézve ellentétes hatások mutatkoznak. A NO_3^- ingadozása az előbbi ionokhoz képest jelentéktelen, és a szintén nagyon alacsony koncentrációértékekkel jelentkező K^+ mennyisége, pedig egyáltalán nem változik az időben.

3. Örvény-folyosó:

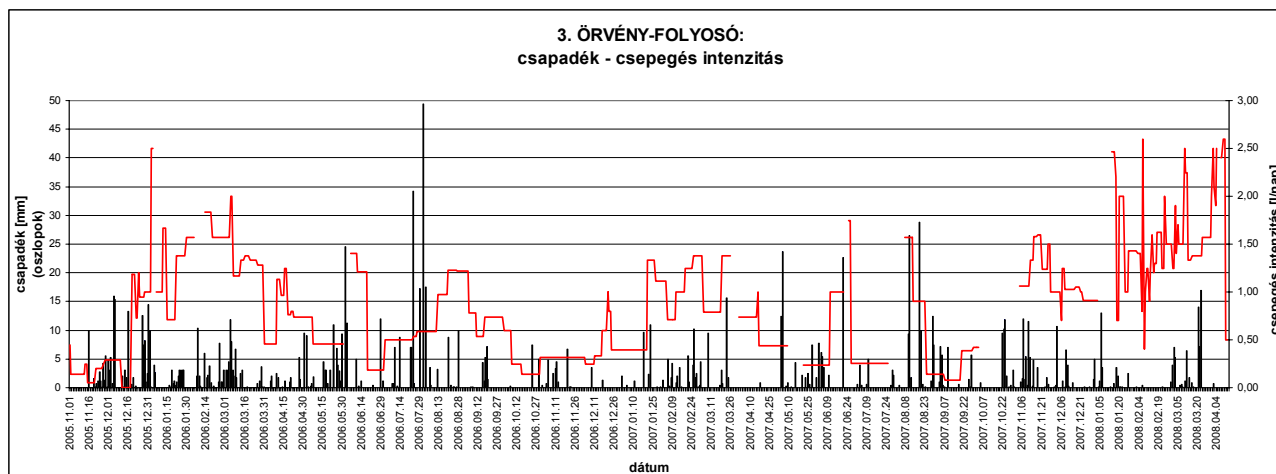
A *csepegés intenzitása* 0,08 és 2,6 l/nap értékek között széles skálán ingadozik. A csapadék és a csepegés mennyiség görbék összehasonlítása alapján általában elmondható, hogy hosszabb időtartamú vagy nagyobb intenzitású csapadék eseményre, illetve havazást követő hóolvadásra a csepegő víz mennyiségében emelkedés tapasztalható (9.15 ábra). Ez a hatás a csapadék beszivárgását követően hosszabb-rövidebb idő, általában több nap, vagy több hét késleltetéssel jelentkezik. A jellegzetes leürülési görbe - fokozatos mennyiség növekedést követő fokozatos csökkenés - nagyobb havazások, hóolvadások időszakában és nagyobb csapadékeseményeket követően is megfigyelhető. Előbbire jó példa és nagyon szembetűnő a 2005. december elejétől 2006. április (vagy május?) elejéig tartó időszak, ahol a csapadék, a hóolvadás hatása jelentősebb késleltetéssel tapasztalható, és hatása a csepegő víz mennyisége alapján az időben hosszan nyomon követhető. A december elején, majd 14-16-án hullott csapadék hatása december 19-én eredményez nagyobb mértékű csepegés hozamnövekedést, a december végi esemény, pedig vélhetően január első felében adódhat hozzá az előbbiekhöz. 2006. január 4-én és március 6-án a hozamok értékében jelentősebb kiugrás figyelhető meg. 2007-2008. telén is hasonló jelenség rajzolódik ki, azonban jóval nagyobb ingadozások jellemzők, amik a sűrűbb terepi észleléseknek is

betudhatók (pontosabb intenzitás értékek voltak mérhetőek). Ebben az esetben - a meglévő adatok alapján - november elejétől tapasztalható kisebb emelkedés, majd november 20-tól csökkenés és az adatok hiánya miatt csak január 16-tól jelennek meg újabb - immár nagyon ingadozó - értékek, amelyekben összességében egy fokozatosan növekedő tendencia rajzolódik ki április 10-ig. Ezt hirtelen csökkenés követi, azonban a vizsgált időszak lezárultával nem lehet tudni, hogy a görbe miként viselkedik a továbbiakban, de az előző tapasztalatok alapján valószínűleg csökkenés mutatkozna. 2006-2007. telén - valószínűleg a nagyobb havazások hiánya miatt, az előbb részletezett görbe lefutás nem jelentkezik, inkább hirtelen növekedések és csökkenések figyelhetők meg. (Ugyanakkor 2006. december 10-től 2007. április 20-ig - az ingadozásokat leszámítva - észrevehető egy kis mértékben növekedő, majd csökkenő tendencia.) Nagyobb intenzitású csapadék eseményeket napokon belül hirtelen csepegésintenzitás emelkedés, majd fokozatos csökkenés követ például 2006. június 10-én, és augusztus 13-án, ami augusztus 20-án tovább összegződik. Érdekes, hogy a nagy mennyiségű csapadékot eredményező nyári záporok hatása 2006. nyarán a csepegő vizek mennyiségének növekedésében nem azonnal, hanem több napos késleltetéssel jelentkezik. Csapadékot követő késleltetett növekedés vehető észre 2006. nyarán az alábbiak szerint: a 2006. június 29-ei csapadék hatása július 4-től jelent hozam- növekedést, majd a július 24-29-augusztus 1-3. záporok hatása augusztus 13-án és 21-én adódik hozzá jelentős mértékben az eddigi, magasabb értékekkel rendelkező alaphozamhoz. E megnövekedett csepegés intenzitás lecsengése - a szeptember 18-ai újabb mennyiség növekedéssel együtt - október 18-án figyelhető meg. Az őszi, kisebb intenzitású esőzések csak kisebb hozamnövekedést eredményeznek.

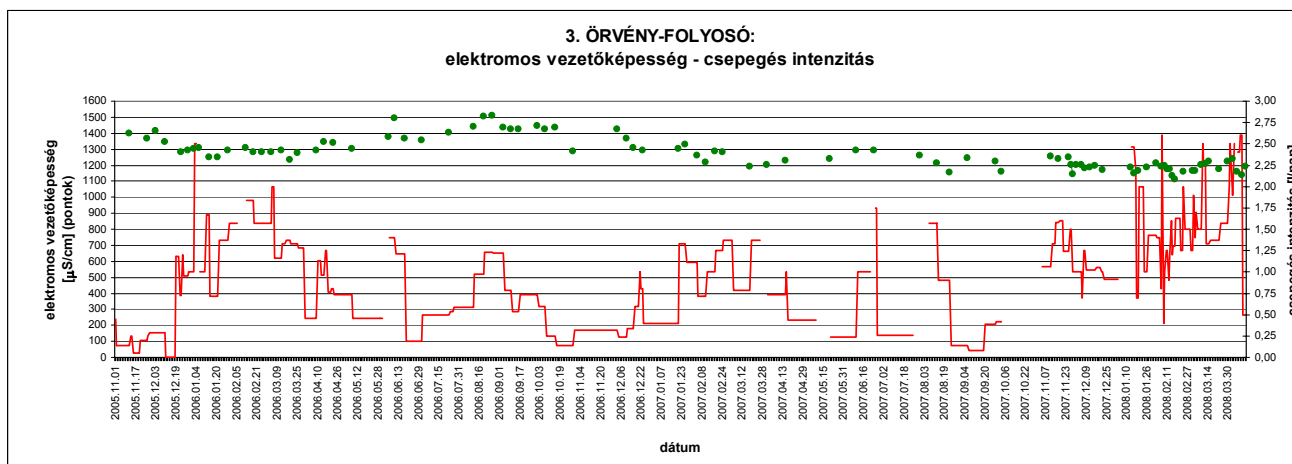
A **fajlagos elektromos vezetőképesség** jellemző tartománya 1115-1510 $\mu\text{S}/\text{cm}$ között változik (ingadozása: 395 $\mu\text{S}/\text{cm}$), a középérték 1258 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A fent részletezett 2005-2006-os nagy mértékű havazás, hóolvadás hatása jellegzetes módon mutatkozik a vezetőképesség értékekben is (9.16 ábra). A csepegés intenzitási görbe szinte monoton növekedésével párhuzamosan a csepegő víz elektromos vezetőképességének csökkenése figyelhető meg. 2006-2007, illetve 2007-2008. téli időszakában is megfigyelhető a késleltetés és a vezetőképesség értékek csapadékeseményeket, illetve hóolvadást követő hirtelen megugrása, majd fokozatos csökkenése.

A tavasz végi, nyári időszakban a hirtelen csapadékmennyiség által megnövekedett csepegés intenzitás a fajlagos elektromos vezetőképesség értékek ugrásszerű megnövekedését is eredményezi (például 2006. június 10.). Ugyanakkor a csapadékesemények egymásra következéséből a csepegő víz mennyisége is fokozatos növekedést - majd csökkenést - mutat, amivel együtt jár a vezetőképesség értékek hasonló tendenciájú változása is. Mindez jól nyomon követhető 2006. július elejétől október végéig. Érdekes, hogy 2007. nyarán a heves záporok ellenére is megfigyelhető a vezetőképesség előbbi módon való változása. A hosszabb ideig tartó, kisebb esőzések hatása - főleg ősszel - a vezetőképesség értékek néhány nappal késleltetett fokozatos növekedését, majd csökkenését eredményezi.

A **víz hőmérséklete** 13,3-15,4 °C között ingadozik (intervalluma: 2,1 °C), a medián 14,7 °C. A vizsgált időszakra jellemző az ingadozás, és összességében kismértékű, emelkedő tendencia figyelhető meg. Ezt 2008. március elejétől április elejéig egy kisebb hőmérséklet csökkenés, majd növekedés szakítja meg (minimum: április 3.).



9.15 ábra: Örvény-folyosó: csapadék és csepegés intenzitás időbeli változása



9.16 ábra: Örvény-folyosó: csepegés intenzitás és fajlagos elektromos vezetőképesség időbeli változása

A *pH* legkisebb értéke 6,7, legnagyobb 7,5, ingadozása 0,8 (medián: 7,1). A jelentős ingadozásokat leszámítva 2006. márciusáig (szinte) monoton csökkenő tendenciájú, majd 2007. február végéig átlagosan változatlan, utána júniusig kicsit magasabb, novemberig kicsit alacsonyabb értékek közt ingadozó, végül ezt követően emelkedő tendenciájú változás figyelhető meg.

A *vízkémiai vizsgálatok* során folyamatosan elemzett fő kationok, anionok és jellemző mennyiségük - minimum és maximum értékek és a közöttük történő ingadozás tartománya, valamint a középérték - a következő (9.4 táblázat):

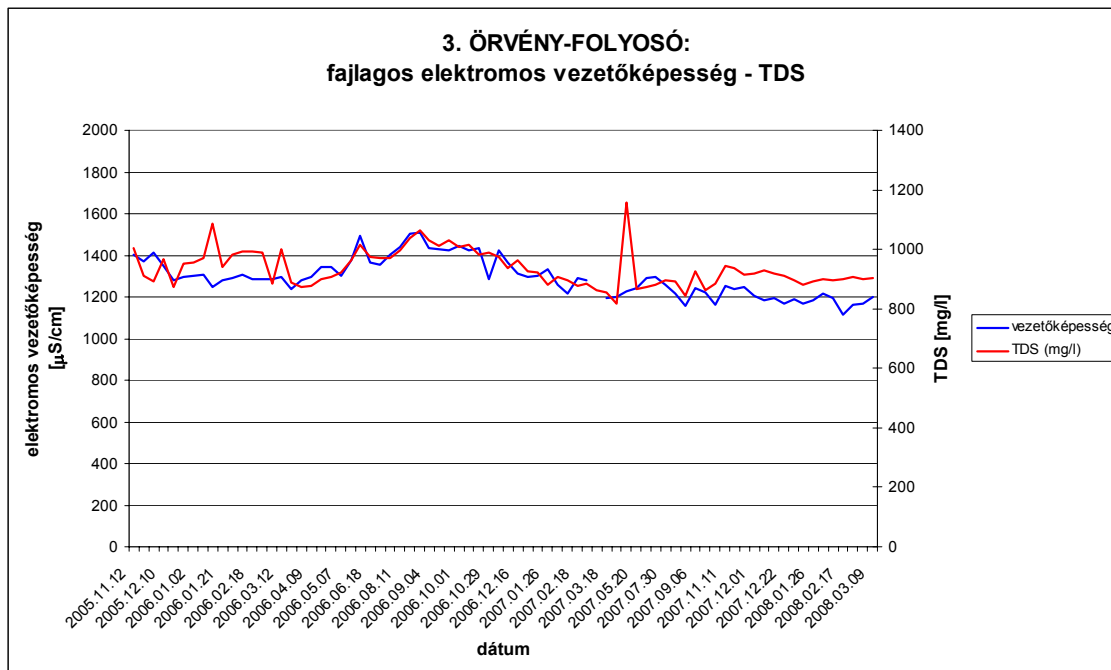
	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	TDS (mg/l)
Minimum	94,8	20,5	88	8	146,2	112	123	95	815,8
Maximum	125,2	32,9	206,4	11,8	260,1	376	235	226	1157,3
Ingadozás	30,4	12,4	118,4	3,8	113,9	264	112	131	341,5
Középérték	111,6	26,1	112,8	9,8	180,7	138	179,5	151,3	919

	Ca ²⁺ (meq/l)	Mg ²⁺ (meq/l)	Na ⁺ (meq/l)	K ⁺ (meq/l)	HCO ₃ ⁻ (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	SO ₄ ²⁻ (meq/l)	NO ₃ ⁻ (meq/l)
Minimum	4,7	1,7	3,8	0,2	2,4	3,2	2,6	1,5
Maximum	6,2	2,7	9	0,3	4,3	10,6	4,9	3,6
Ingadozás	1,5	1	5,1	0,1	1,9	7,4	2,3	2,1
Középérték	5,6	2,2	4,9	0,3	3	3,9	3,7	2,4

	Kationok (meq/l)	Anionok (meq/l)	Összes ion (meq/l)
Minimum	11,1	11,8	22,9
Maximum	17,4	18	35,4
Ingadozás	6,2	6,2	12,4
Középérték	12,8	13,3	25,9

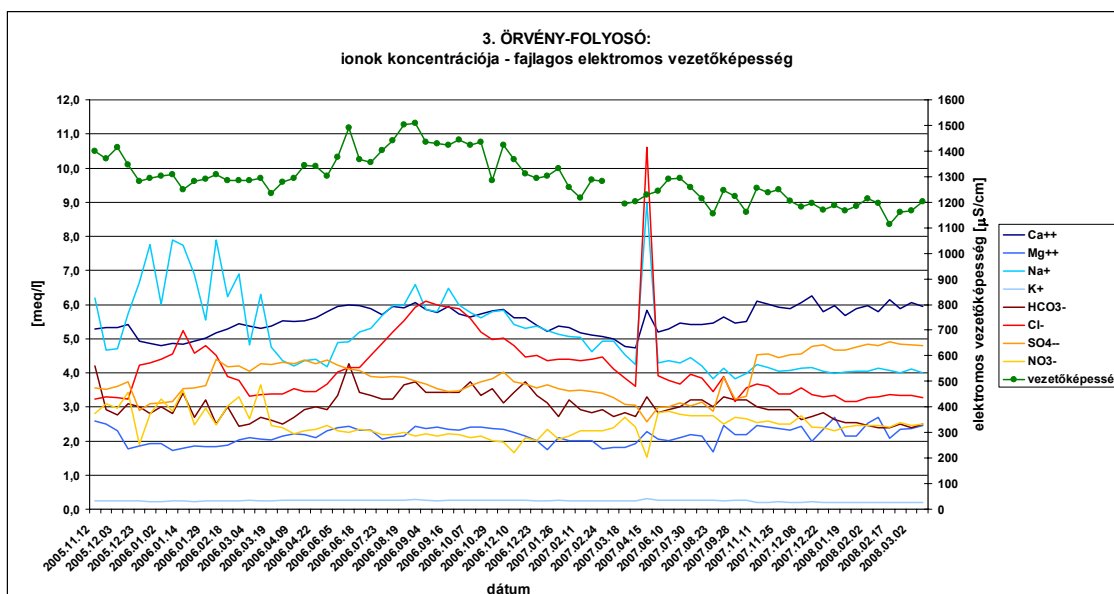
9.4 táblázat: Örvény-folyosó: Ionok mennyiségének minimum, maximum és középértékei

A TDS és az elektromos vezetőképesség görbéje a kisebb ingadozásokat leszámítva általában együtt változik (9.17 ábra). A vízkémiai elemzések összesített eredménye 2005. december 28. és március 9. között, valamint 2007. április 15-én tér el nagyobb mértékben. 2007. július 30-tól kisebb, november 11-től nagyobb mértékű értéknövekedés jellemző a vezetőképességhez képest, azonban így is nyilvánvaló a görbék együtt futása.



9.17 ábra: Örvény-folyosó: fajlagos elektromos vezetőképesség és TDS (vizsgált összes oldott anyag) időbeli változása

Az ionok mennyiségének és arányának változását 2005. november 12. és 2008. március 9. közötti időszakban vizsgáltam. Az összesítő grafikonon (9.18 ábra) alapján általában elmondható, hogy a K^+ -ot leszámítva a többi 7 ion adott koncentrációhatárok közt kisebb-nagyobb tartományban ingadozik. Általában elmondható, hogy a Ca^{2+} , Mg^{2+} és kisebb mértékben a HCO_3^- ion koncentrációja együtt változik, és többnyire ezek az ionok határozzák meg alapvetően az elektromos vezetőképesség görbéjének lefutását is (de bizonyos időszakban például a Na^+ és a Cl^- is jelentősebben befolyásolhatja). A Ca^{2+} és Mg^{2+} görbe lefutása - néhány kivételtől eltekintve és különböző értékekkel - együtt alakul. Jellemző a Na^+ és Cl^- értékek együtt ingadozása. A NO_3^- jellemzően egyik ion koncentráció változását sem követi, ugyanakkor bizonyos időszakokban hasonlít adott ionok görbéjének lefutásához.



9.18 ábra: Örvény-folyosó: fajlagos elektromos vezetőképesség és ionkoncentrációk időbeli változása

2005. november közepén a HCO_3^- , a Mg^{2+} és a Na^+ hirtelen csökkenése tapasztalható. December közepétől szembe fordított a csapadékhozam Na^+ és Cl^- ionokkal január közepéig együtt növekedése, majd ezt március közepéig tartó csökkenése. Ebben a téli időszakban a NO_3^- értékek nem emelkednek, de a Na^+ -hoz hasonlóan széles tartományban ingadoznak. A Ca^{2+} , Mg^{2+} és HCO_3^- értékek a kezdeti, különböző mértékű csökkenést követően általában alacsony szinten maradnak, illetve a HCO_3^- esetében ingadoznak. A SO_4^{2-} -nál december végéig csökkenés, majd ezt követően február közepéig emelkedés jellemző. A Ca^{2+} -nál január végén, a Mg^{2+} -nál pedig február végén tapasztalható emelkedés, miközben a HCO_3^- március elejéig csökken. Amennyiben a havazást követő olvadék vizek nagyobb mennyiségű repedésrendszerbe jutásának van hatása az ionok mennyiségére, azok eltérő módon reagálnak (növekednek/csökkennek) erre. A június eleji nagyobb mennyiségű csapadékot néhány nappal követően a Ca^{2+} és Mg^{2+} növekedése megáll, és csökkenés tapasztalható, a HCO_3^- esetében kiugró értékekkel. A SO_4^{2-} és a NO_3^- esetében csökkenés, a Na^+ és Cl^- esetében pedig nagymértékű emelkedés rajzolódik ki, amely egybeesik a csapadékintenzitás és a vezetőképesség változásával: növekedésével, majd őszi csökkenésével. A Na^+ és Cl^- maximuma szeptember eleje, ettől kezdve március végéig folyamatos koncentráció csökkenés tapasztalható. A SO_4^{2-} őszi csökkenése szeptember közepéig tart. Vélhetően az augusztusi esőzés hatása a hónap második felében megfigyelhető Ca^{2+} , Mg^{2+} és HCO_3^- koncentrációk kis mértékű növekedése, majd csökkenése. Novemberben a SO_4^{2-} értékek növekednek, ezzel szemben a NO_3^- értékek csökkennek, majd december elejétől a NO_3^- és a HCO_3^- kisebb emelkedése jellemző. Decembertől februárig, a télen a NO_3^- kivételével összességében minden ion koncentrációja csökken. 2007. április 15-én szélsőséges, kiugró értékek jelentkeznek több ionnál is: ezek oka lehet mérési hiba, vagy egyéb koncentráció anomália. A Na^+ és Cl^- értékei extrém magasra nőnek, ezzel szemben az NO_3^- és SO_4^{2-} értékek kisebb mértékben csökkennek, továbbá kis mértékű növekedés a Ca^{2+} , Mg^{2+} és HCO_3^- esetében is megfigyelhető. Június végén-júliusban - elképzelhető, hogy az intenzívebb esőzés hatására - a Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- és SO_4^{2-} , valamint a Na^+ és Cl^- kis mértékű

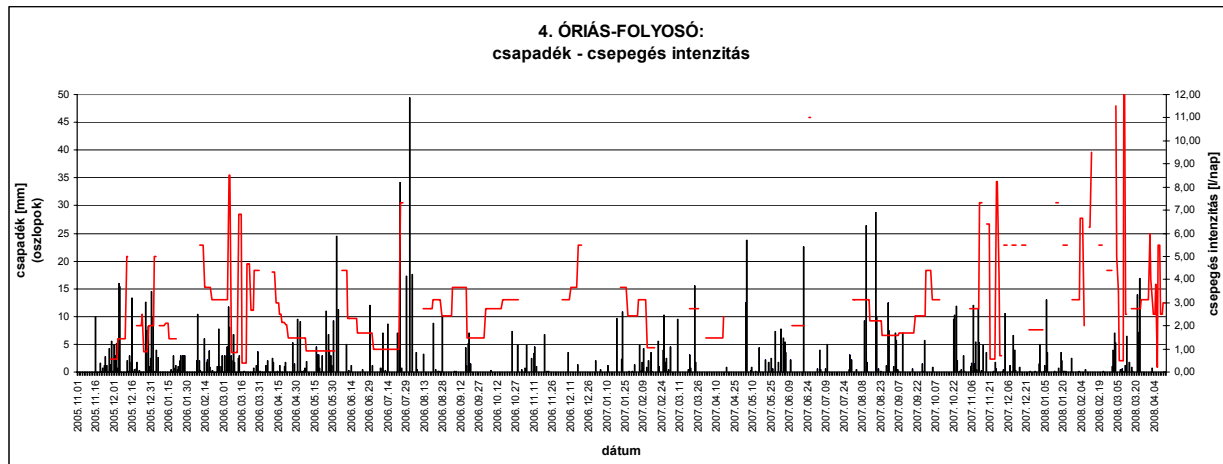
növekedése jellemző, majd a Ca^{2+} -ot leszámítva a többi ion mennyisége augusztus közepéig csökken, szeptember elején pedig nagyon kis növekedés, majd újabb csökkenés tapasztalható. Feltételezhetően a havazást követő hóolvadás, vagy nagyobb mennyiségű csapadék hatására november első felében a Ca^{2+} és SO_4^{2-} nagyobb, a Na^+ és Cl^- kismértékű emelkedése jellemző, majd november közepén állandósulnak az értékek. Ugyanakkor a HCO_3^- esetében folyamatos csökkenés figyelhető meg. A NO_3^- decemberben közepétől kicsit csökken, a Mg^{2+} pedig kismértékű ingadozást mutat. Azonban az eddigiekkel ellentétben, 2007-2008. telére összességében jellemző az ionok koncentrációinak állandósulása.

4. Óriás-folyosó:

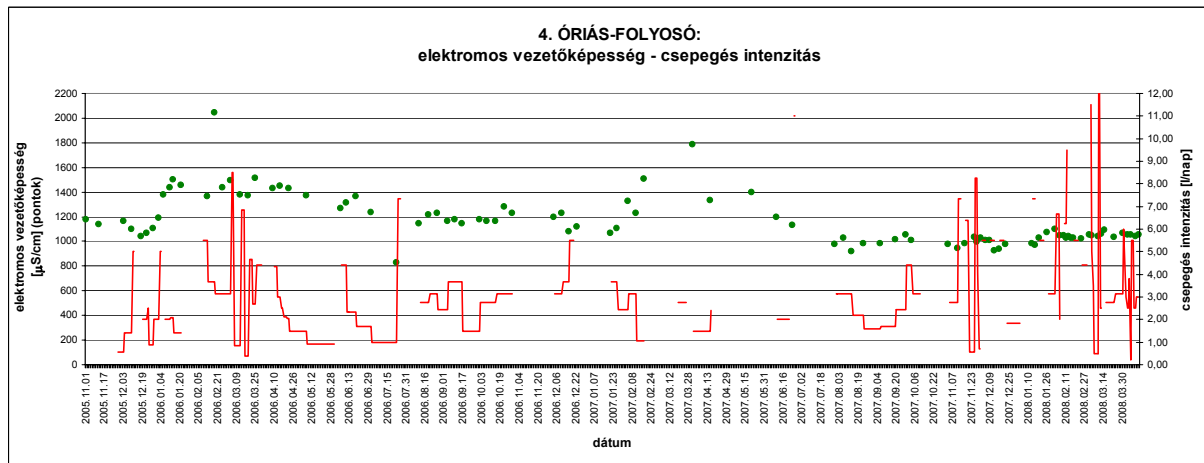
A *csepegés intenzitása* 0,5 és 12 l/nap értékek között nagyon széles skálán ingadozik, és jellemző ezen a helyen a nagyon intenzív csepegés (9.19 ábra). Általános tapasztalatok alapján a hozam, jellemzően konstans, az eltérő csepegésintenzitás értékek főleg a különböző időpontú és rendszerességű leolvasásokat és méréseket tükrözik. Ugyanakkor a csapadékesemények hatása mégis tükröződni látszik bizonyos időszakokban. 2005. decembertől 2006. január elejéig az intenzitás néhány nappal későbbi növekedése, majd csökkenése figyelhető meg. 2006-ban a nagy mennyiségű vizet eredményező heves esőzéseket követő nap(ok)ban a csepegés intenzitás is hirtelen megnő (június 10, július 25.). 2007. augusztustól október végéig, pedig kisebb-nagyobb csapadékmennyiségek, illetve napokkal, hetekkel később a csepegéshozam fokozatos növekedése, majd kisebb csökkenése olvasható le a grafikonról. Ugyanakkor sok esetben az adott hozam növekedése nem magyarázható meg csapadék jelenséggel.

A *fajlagos elektromos vezetőképesség* 828-2044 $\mu\text{S}/\text{cm}$ között (1216 $\mu\text{S}/\text{cm}$ tartományban) mozog, a középérték 1098 $\mu\text{S}/\text{cm}$. 2005. december első felében - a csepegés intenzitás növekedésével ellentétben - az értékek fokozatos, monoton csökkenése figyelhető meg. A december 18-ai minimum elérését követően azonban meredek emelkedés, majd 2006. január 14-től kisebb csökkenés tapasztalható február 12-ig, amikortól március 5-ig ismét monoton növekedés a jellemző. A március első felében tapasztalt kisebb ingadozásokat követően szinte fokozatos csökkenés jellemző 2006. július 24-ig. Ebben az időszakban látható, hogy a június 10-ét követő hozamcsökkenést a vezetőképesség hasonló irányú változása néhány napos késéssel követi. A július végi minimum, pedig egybeesik a - záporok utáni - nagy hozamkiugrással, azonban pár nappal később a vezetőképesség értékek fokozatos emelkedése is megfigyelhető. 2007. január 20-tól a jellegzetesen, kiugró növekedés, majd március 31-től június 24-ig csökkenés rajzolódik ki, és a görbe lefutása nagyon hasonlít az egy évvel korábbi téli időszak görbéjéhez! Ezt követően a csepegés mennyiség és vezetőképesség értékek azonos irányba változnak. 2007-2008. telén 3 (4?) „csúcs”: növekedés, majd csökkenés figyelhető meg: 2007. november 12. és december 12, (december 16 és január 16), január 16 és február 20, valamint február 24. és április 10. között. (A zárójeles időszakban - értékek hiányában - a tendencia alapján feltételezett a „csúcs”). Ezen a télen - a korábbiakkal ellentétben - a vezetőképesség csak szűk tartományban mozog (9.20 ábra).

A *víz hőmérséklete* 13,1-15,6 °C között, 2,5 °C intervallumban változik (medián: 14,7 °C). A vizsgált időszakra kisebb-nagyobb ingadozások jellemzőek, és összességében kis mértékű, emelkedő tendencia figyelhető meg.



9.19 ábra: Óriás-folyosó: csapadék és csepegés intenzitás időbeli változása



9.20 ábra: Óriás-folyosó: csepegés intenzitás és fajlagos elektromos vezetőképesség időbeli változása

A **pH** 6,8- 7,6 értékek között változik (ingadozása 0,8), a medián 7,1. 2006. január első feléig jelentősen ingadozó értékekkel, de alapvetően csökkenő tendenciával jellemezhető, és e tendencia - kiegyenlítettebb ingadozással - továbbra is nyomon követhető, egészen június 10-ig. Augusztus 11-ig a pH növekedése, majd október 7-ig csökkenése, december 10-ig ismételt növekedése, majd csökkenése tapasztalható 2007. januárig. Ezt követően március közepéig emelkedő tendencia a jellemző, amely talán csökkenőbe vált át, de az észlelések további hiánya következtében ez csak feltételezés.

A **vízkémiai vizsgálatok** során folyamatosan elemzett fő kationok, anionok és jellemző mennyiségük - minimum és maximum értékek és a közöttük történő ingadozás tartománya, valamint a középérték - a következő (9.5 táblázat):

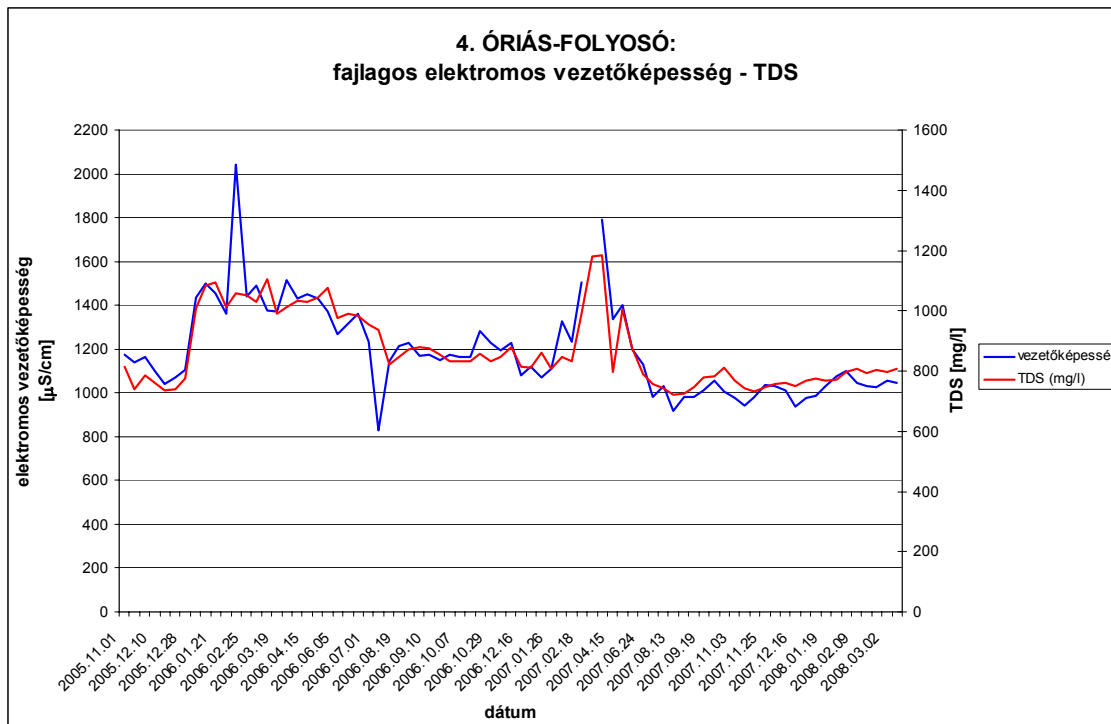
	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	TDS (mg/l)
Minimum	95,7	12,6	50,2	9,8	164,9	65	98	76	722,5
Maximum	156,6	53,1	178,4	13,2	317,2	392	288	240	1183,2
Ingadozás	60,9	40,5	128,2	3,4	152,3	327	190	164	460,7
Középérték	119,4	25,5	71	11,5	222	105	151	118	831,4

	Ca ²⁺ (meq/l)	Mg ²⁺ (meq/l)	Na ⁺ (meq/l)	K ⁺ (meq/l)	HCO ₃ ⁻ (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	SO ₄ ²⁻ (meq/l)	NO ₃ ⁻ (meq/l)
Minimum	4,8	1,1	2,2	0,3	2,7	1,8	2	1,2
Maximum	7,8	4,4	7,8	0,3	5,2	11,1	6	4,5
Ingadozás	3	3,3	5,6	0	2,5	9,2	4	3,2
Középérték	6	2,1	3,1	0,3	3,6	3	3,1	1,9

	Kationok (meq/l)	Anionok (meq/l)	Összes ion (meq/l)
Minimum	9,3	10	19,7
Maximum	17,4	18,9	35,9
Ingadozás	8,1	9	16,2
Középérték	11,4	11,8	23

9.5 táblázat: Óriás-folyosó: Ionok mennyiségének minimum, maximum és középértékei

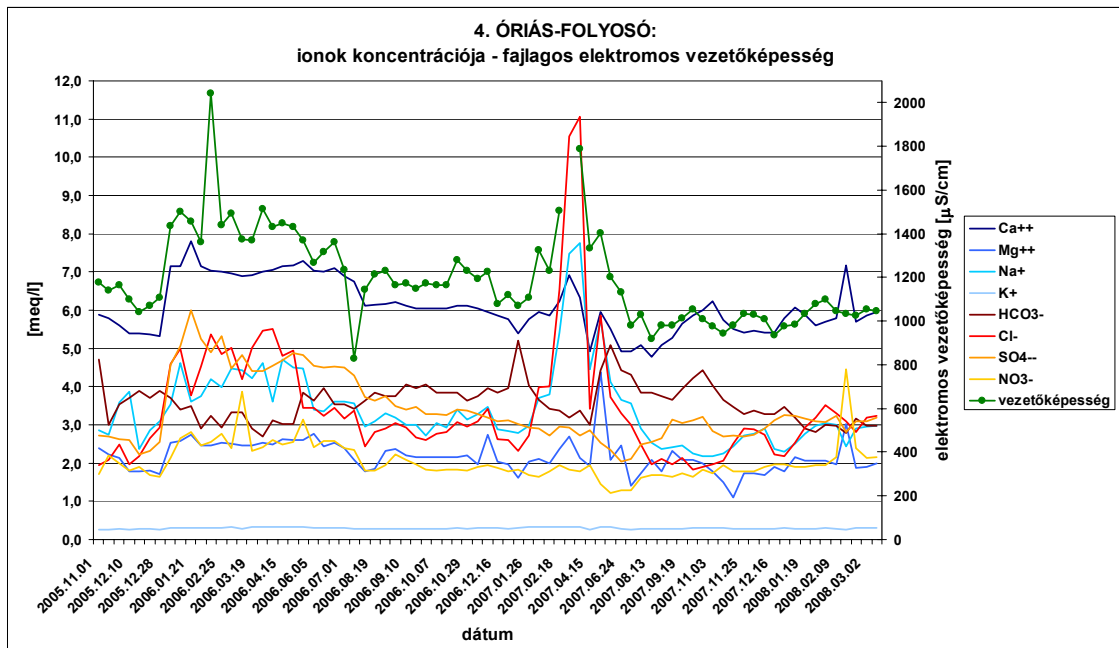
A TDS és az elektromos vezetőképesség görbéje a kisebb ingadozásokat leszámítva általában együtt változik. Az utóbbi paraméter két időpontban (2006. február 18-án és július 23-án) kiugró értékeket mutat (9.21 ábra).



Az ionok mennyiségének és arányának változását 2005. november 1. és 2008. március 9. közötti időszakban vizsgáltam. Az összesítő grafikon (9.22 ábra) alapján általában elmondható, hogy a K^+ -ot leszámítva a többi 7 ion aránylag nagy koncentrációtartományok közt jelentősen változik. Általában jellemző, hogy a Ca^{2+} és a SO_4^{2-} , továbbá kisebb mértékben a Mg^{2+} koncentráció értékei időben hasonlóan alakulnak. Adott időszakban (2007. április 15.-2008. február 9.) a HCO_3^- is közéjük sorolható, de általában elmondható, hogy mennyisége a többi iontól függetlenül változik. Ugyanakkor szembevetendő a NO_3^- és SO_4^{2-} értékek szinte teljesen azonos irányú és mértékű változása, és nem véletlen, hogy a görbe lefutása a Ca^{2+} és Mg^{2+} ionokéhoz is hasonlít. A Na^+ és Cl^- értékek a vizsgált időszakban végig együtt mozognak, és összességében - a HCO_3^- kivételével - kisebb hasonlóságot mutatnak a fent részletezett ionokkal is. A vezetőképesség görbéjének lefutását összességében ezek együtt határozzák meg.

A nagyobb ingadozásokat leszámítva az alábbi megfigyelések tehetők: 2005-2006 téli havazásai feltehetően hatással vannak az ionok mennyiségére. A kezdeti csökkenést leszámítva a HCO_3^- november közepétől február közepéig növekvő, majd csökkenő értékekkel jellemezhető. Ezzel szemben a többi ion koncentrációja december második felétől ugrásszerűen megnő, és általában május elejéig magas értékek közt ingadozik. Ezt követően augusztus közepéig a Na^+ és a Cl^- hirtelen, a többi ion fokozatos, kisebb mértékű csökkenése, ugyanakkor a HCO_3^- emelkedése tapasztalható. A HCO_3^- emelkedése június első feléig tart, utána rövid időre ez is csökkenő tendenciába vált át. Az ionok ilyen irányú változásait befolyásolhatja a csapadék nagy mennyisége, de tisztán nem csak ez a meghatározó tényező. Augusztus közepétől a Ca^{2+} és a SO_4^{2-} csökkenésével ellentétben a többi ion kisebb emelkedése látszik, amit ősszel kisebb csökkenés, hígulás követ. 2006. december közepéig nő, majd csökken a Na^+ , Cl^- , és Mg^{2+} mennyisége. A SO_4^{2-} -nál további, a NO_3^- -nál pedig szeptember eleje

óta folyamatosan enyhén csökkenő tendencia mutatkozik. 2007. január közepén kisebb minimum mutatkozik a Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ és Cl^- értékekben, amelyet nagy mértékű növekedés követ. Ezzel szemben a HCO_3^- -nál maximum, majd csökkenés látszik.



9.22 ábra: Óriás-folyosó: fajlagos elektromos vezetőképesség és ionkoncentrációk időbeli változása

Március végén, majd május közepén kiugróan magas értékek mutatkoznak a Na^+ és Cl^- , illetve kisebb mértékben a Ca^{2+} és Mg^{2+} ionoknál. Ugyanakkor a HCO_3^- január közepe és április közepe között nagyon lecsökken, június közepéig viszont meredeken emelkedik - valószínűleg a csapadék hatására. Augusztus első felére a Na^+ és Cl^- alacsony értékekre csökken, azonban elkezdődik a SO_4^{2-} és a NO_3^- , valamint a Mg^{2+} emelkedése. Valószínűleg a júliusi-augusztusi nagyobb mennyiségű csapadék hatása figyelhető meg a Ca^{2+} és HCO_3^- augusztus végi, őszi koncentráció alakulásában, növekedésében. November elejétől az említett két ion, továbbá a Mg^{2+} és SO_4^{2-} csökkenése, ezekkel szemben, pedig a Na^+ és Cl^- növekedése jellemző, mely összefüggésben lehet esetleg a havazással. December elejétől a SO_4^{2-} és a NO_3^- növekedése, ugyanakkor a Na^+ és Cl^- csökkenése látszik. December végétől azonban csökken a HCO_3^- , és újra nő a Na^+ és Cl^- értéke február elejéig. Február közepén a Ca^{2+} , Mg^{2+} és NO_3^- ionok kiugró értékeket mutatnak.

Ezek az emelkedő és csökkenő tendenciák - a két kiugró érték kivételével a vezetőképesség értékek alakulásában is tükröződnek.

5. Halál:

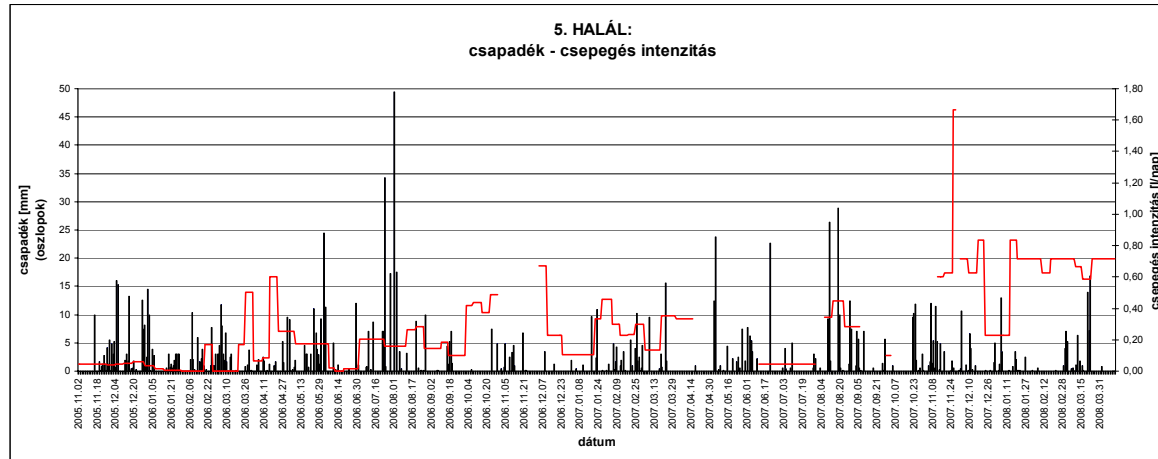
A *csepegés intenzitása* 0,01 és 1,7 l/nap értékek között aránylag széles skálán ingadozik. Adott időszakok mérés-sikertelenségeiből adódóan a rendelkezésre álló adatsor több helyen is hiányos, és inkább csak 2006. március végétől tanulmányozható (9.23 ábra). Mivel a téli időszak csepegésintenzitás értékei hiányoznak, nem lehet tudni, hogy a március végén és az április közepén megfigyelt hozamnövekedés egy hosszabb csapadékesemény-hóolvadás, vagy lokális folyamat hatása-e. Azonban

elmondható, hogy a megnövekedett vízmennyiség vélhetően június 10-re ürül le a repedésrendszerből. Feltételezhetően a május végi-június eleji nagyobb esőzéseket követően tapasztalható július elejétől a hozam emelkedése, amelynek mennyiségéhez július végén, augusztus elején lehulló csapadék mennyisége szintén késleltetve, augusztus közepén adódik csak hozzá. Újabb hozamnövekedés figyelhető meg október 10-én, amely október végéig követhető nyomon, de nem lehet tudni, hogy az őszi csapadék hatása-e, vagy egészen más oka van. A november végén, december elején hirtelen megnövekedett csepegésintenzitás vagy az előbbi folytatása és lecsengő szakasza, vagy a novemberi csapadékesemény, hóolvadás következménye. 2007. január közepén újabb hozamnövekedés, majd fokozatos csökkenés jellemző, ami a téli eső és hóolvadás akár együttes hatása is lehet. Március második felében újabb növekedés rajzolódik ki. Ezt követően hosszabb időszakról nincs rendelkezésre álló adatsor. Feltételezhetően az augusztusban lehullott nagy mennyiségű csapadék eredménye az augusztus közepén tapasztalt megnövekedett vízmennyiség. 2007. november közepén és második felében hirtelen vízhozam növekedés tapasztalható, majd ezt december végéig nagyobb mértékű csökkenés követi, ami feltételezhetően ismét a hóolvadás következménye. 2008. január közepétől, pedig az adott szinten állandósult vízmennyiség figyelhető meg.

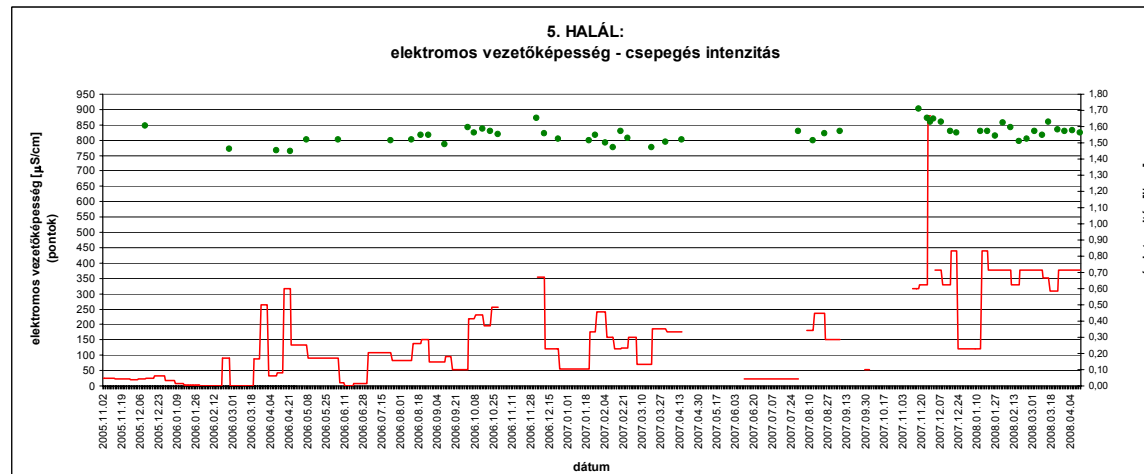
A **fajlagos elektromos vezetőképesség** 765-902 $\mu\text{S}/\text{cm}$ között, 137 $\mu\text{S}/\text{cm}$ intervallum között ingadozik, középértéke 822 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Sajnos e paraméter esetében is több adathiányos időszak a jellemző. A kevés meglévő érték alapján 2006. tél végéig enyhén csökkenő tendencia mutatkozik, majd beáll egy adott szintre. Feltételezhetően a nyári csapadékos időszakok hatására a vezetőképesség értékekben is nagyobb ingadozás tapasztalható. Júliustól október végéig egy összességében emelkedő tendenciával nagyjából párhuzamosítható a csepegésintenzitás értékek változásával. 2006. december elején a hozammal együtt hirtelen kiugró növekedés, majd meredek csökkenés jellemző, ami lehet nagyobb csapadékesemény, vagy hóolvadás hatása is. Ettől kezdve a vezetőképesség ingadozása részben a hozammal párhuzamosítható, és március közepétől április közepéig monoton növekedés tapasztalható. 2007. augusztusban feltételezhetően a nyári esők hatása lehet a vezetőképesség változása. 2007. november közepén a csepegésintenzitással ellentétesen, a kiugró értéket követően monoton csökkenés figyelhető meg, és ezt követően is jellemző az értékek ellentétes irányú változása, ami feltételezhetően hóolvadás következménye is lehet. Március végétől azonban mindkét paraméter stabilizálódik (9.24 ábra).

A **víz hőmérséklete** 13,5-15,1 $^{\circ}\text{C}$ közötti, 1,6 $^{\circ}\text{C}$ -os tartományban mozog, a középérték 14,6 $^{\circ}\text{C}$. A hőmérséklet időben - a kis mértékű, folyamatos ingadozásokat leszámítva - alapvetően nem változik.

A **pH** legkisebb mért értéke 6,8, legnagyobb 7,3 (ingadozás: 0,5, medián: 7,1). A jelentősebb ingadozásokat leszámítva 2007. január végéig alapvetően csökkenő, majd 2007. december végéig növekvő tendencia figyelhető meg. Ezt kisebb ingadozásokkal szinte állandó értékek követik, majd 2008. február végétől március végéig ismét csökkenés tapasztalható. Végül újabb növekedés látható a vizsgált időszak végéig, azonban feltételezhető, hogy bizonyos idő elteltével újból csökkenés lesz jellemző.



9.23 ábra: Halál: csapadék és csepegés intenzitás időbeli változása



9.24 ábra: Halál: csepegés intenzitás és fajlagos elektromos vezetőképesség időbeli változása

A *vízkeimiai vizsgálatok* során folyamatosan elemzett fő kationok, anionok és jellemző mennyiségük - minimum és maximum értékek és a közöttük történő ingadozás tartománya, valamint a középérték - a következő (9.6 táblázat):

	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	TDS (mg/l)
Minimum	86,7	7,9	33,5	2,5	137,6	83	103	17	525,1
Maximum	123,3	20,4	50,6	4,9	196,7	135	127	67,2	626,9
Ingadozás	36,6	12,5	17,1	2,4	59,1	52	24	50,2	101,8
Középérték	100,1	13	38,9	4,4	164,9	89	114	24,4	564

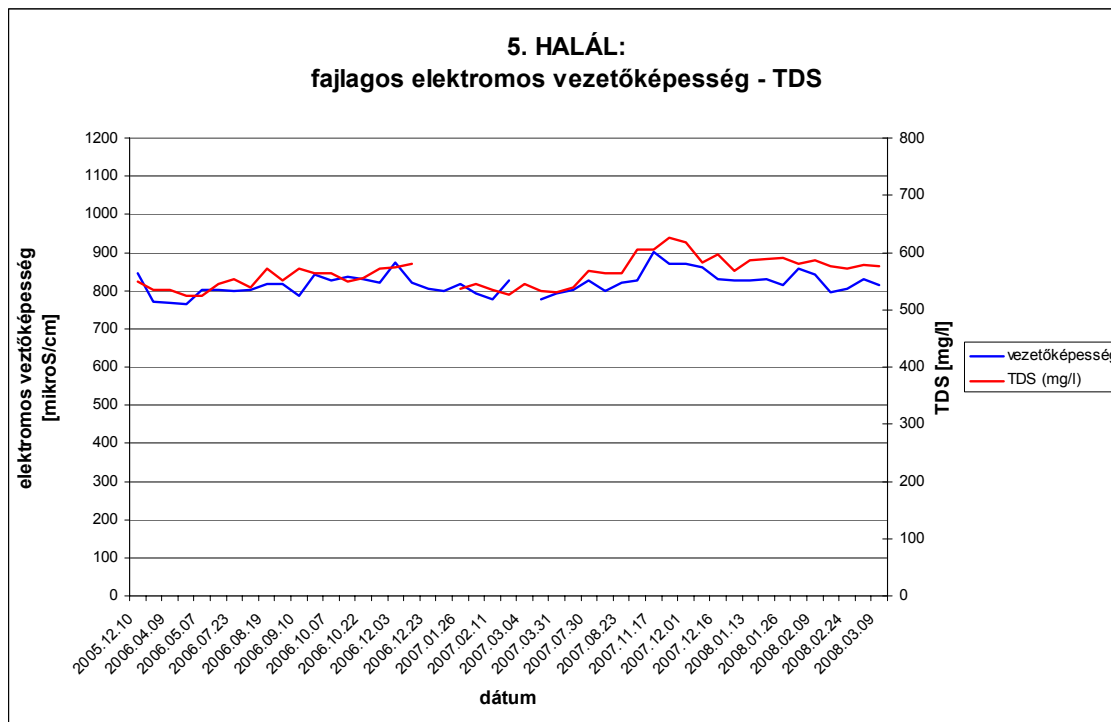
	Ca ²⁺ (meq/l)	Mg ²⁺ (meq/l)	Na ⁺ (meq/l)	K ⁺ (meq/l)	HCO ₃ ⁻ (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	SO ₄ ²⁻ (meq/l)	NO ₃ ⁻ (meq/l)
Minimum	4,3	0,7	1,5	0,1	2,3	2,3	2,1	0,3
Maximum	6,2	1,7	2,2	0,1	3,2	3,8	2,6	1,1
Ingadozás	1,8	1	0,7	0	0,9	1,5	0,5	0,8
Középérték	5	1,1	1,7	0,1	2,7	2,5	2,4	0,4

	Kationok (meq/l)	Anionok (meq/l)	Összes ion (meq/l)
Minimum	7,3	7,5	15,2
Maximum	8,7	9,5	18,1
Ingadozás	1,4	2	2,9
Középérték	7,9	8,2	16,1

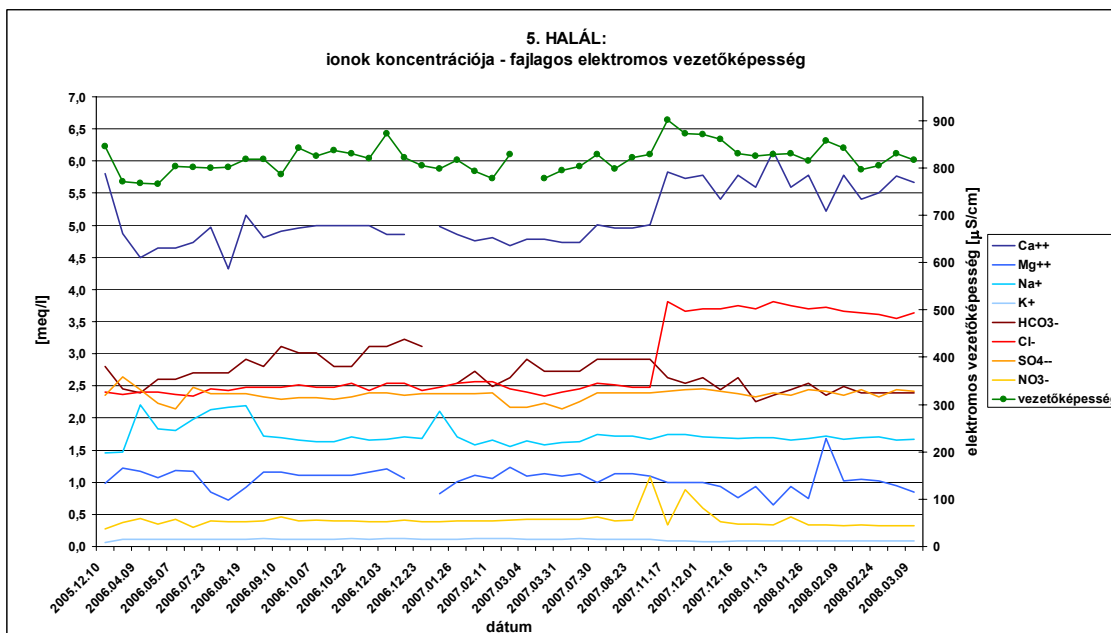
9.6 táblázat: Halál: Ionok mennyiségének minimum, maximum és középértékei

A TDS és az elektromos vezetőképesség görbéje a kisebb ingadozásokat leszámítva általában a vizsgált időszak alatt együtt változik (9.25 ábra).

Az ionok mennyiségének és arányának változását 2005. december 10. és 2008. március 9. közötti időszakban vizsgáltam. Az összesítő grafikon (9.26 ábra) alapján általában elmondható, hogy az ionok koncentrációja viszonylag kiegyenlített, csak kisebb változások figyelhetők meg, a K⁺ mennyisége, pedig egyáltalán nem változik az időben.



9.25 ábra: Halál: fajlagos elektromos vezetőképesség és TDS (vizsgált összes oldott anyag) időbeli változása



9.26 ábra: Halál: fajlagos elektromos vezetőképesség és ionkoncentrációk időbeli változása

A vizsgált időszak eltérő részeiben változik együtt az ionok koncentrációja. A Ca^{2+} és a HCO_3^- esetében figyelhető meg a legnagyobb mértékű ingadozás, és alapvetően ezek az ionok határozzák meg a vezetőképesség értékeinek alakulását is. A vízmintagyűjtések sikertelenségéből adódó adathiány miatt csak néhány, eléggé

elnagyolt következtetést lehet megállapítani. 2005. december 10. és április 9. között a Ca^{2+} és HCO_3^- ionok meredek csökkenése jellemző, majd fokozatos emelkedés indul meg. Ezzel szemben a SO_4^{2-} , Mg^{2+} és kis mértékben a NO_3^- emelkedik. Az ionok ilyen jellegű változása összefüggésben állhat a téli hóolvadással is. Érdekes, hogy február végén a Na^+ koncentráció hirtelen megnő, de ezt nem követi a Cl^- változása. Feltehetően a június eleji, majd július-augusztusi intenzív esőzések következménye a Ca^{2+} és HCO_3^- koncentráció emelkedése, amihez kis mértékben a SO_4^{2-} és a Cl^- növekedése is hozzájárul, ugyanakkor a Mg^{2+} csökkenése tapasztalható (bár kisebb csökkenés, majd emelkedés a Ca^{2+} augusztusi értékeiben is megfigyelhető). Ez a mértékű változás nyár végéig követhető nyomon. Ősszel a Ca^{2+} kismértékű emelkedése, a HCO_3^- csökkenése, a Mg^{2+} és a Cl^- növekedést követő, a SO_4^{2-} és a Na^+ csökkenést követő stagnálása jellemző. Novemberben-december elején, pedig a HCO_3^- emelkedik nagyobb mértékben, miközben a Ca^{2+} és Mg^{2+} kicsit csökken. Január második felében Na^+ ugrásszerű növekedés-csökkenése, a Cl^- kismértékű emelkedése, illetve a Ca^{2+} csökkenése és a Mg^{2+} , HCO_3^- emelkedése látszik. Február elején szembevető a SO_4^{2-} és a Cl^- csökkenése, és a HCO_3^- emelkedése. A nyári esők hatása nem látványos, mindössze július végén vehető észre a Ca^{2+} és a HCO_3^- , valamint a Na^+ , Cl^- és SO_4^{2-} ionoknál kisebb növekedés, ami a vezetőképesség értékekben is megmutatkozik. Azonban közben az ezt követő időszakhoz hasonlóan nagyobb adathiánnyal kell számolni. November elején az edény át lett helyezve, ami néhány ion mennyiségében feltűnő változást jelent. Valószínűleg tehát nem a csapadék, hanem a másik csepegő pont a nagyobb eltérések oka, ami a Ca^{2+} , Cl^- ugrásszerű növekedésében, az addig állandóan alacsony koncentrációjú NO_3^- és a vezetőképesség emelkedésében, és a HCO_3^- csökkenésében nyilvánul meg. A NO_3^- pontszerű kiugró értékei december elejéig követhetők nyomon, a Mg^{2+} esetében, pedig február elején mutatkozik hirtelen emelkedés és azt követő csökkenés.

6. Hópalota:

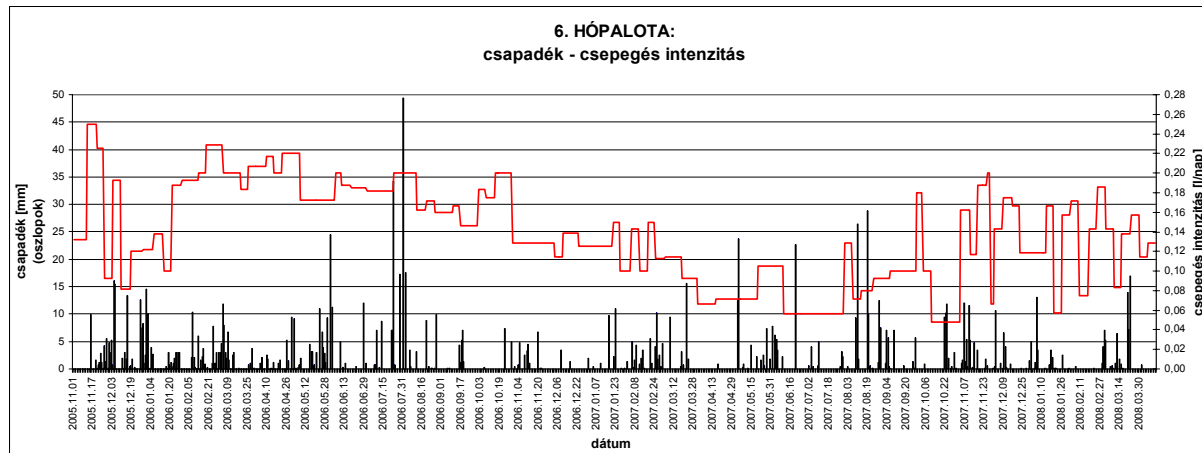
A *csepegés intenzitása* 0,05 és 0,25 l/nap értékek között aránylag széles skálán ingadozik. A nagyobb ingadozásokat leszámítva (amelyek a leolvasás gyakoriságából is adódhatnak) a hónapok során jellegzetes, fokozatosan növekvő, majd csökkenő tendencia rajzolódik ki (9.27 ábra). A vizsgált időszak elején - 2005. november 15-20. között - aránylag intenzív csepegés tapasztalható, amely november végétől december 20-ig csökkenő, ezt követően kis mértékben, majd 2006. január közepétől ugrásszerű emelkedést mutat, február 20-tól pedig az eddigi magas értékekhez képest is újabb növekedés járul. Mindez lehet a téli havazás, hóolvadás következménye is, de ebben az esetben e hozamváltozást nem lehet egyértelműen a csapadékesemény közvetlen hatásának tulajdonítani. A június 2-án hulló csapadék vízhozam emelő hatása június 6-án, a július végi (július 23) csapadéké, pedig július 24-től mutatkozik. Az ingadozásokkal együtt 2006. március elejétől október végéig enyhén csökkenő tendencia figyelhető meg, amelyet november elejétől hirtelen kisebb értékekkel jellemezhető szintre esés követ. 2007. január második felétől kisebb hozamnövekedés és nagyobb ingadozás, majd február végétől április elejéig fokozatos csökkenés tapasztalható. Ezt követően július végéig egy adott szinten állandósul a csepegés intenzitása, amit - valószínűleg a május eleji esőzés hatására - május 20. után június 10-ig megfigyelhető hirtelen hozam kiugrás szakít csak meg. 2007. augusztus első felében több csapadékos nap is jellemző, melynek hatására a csepegés intenzitása is - október elején kiugró értékekkel - fokozatosan növekszik, majd október közepéig hirtelen

alacsonyabb szintre csökken. November közepétől a hozam ismét nagyon megemelkedik, és november 28-tól jelentős ingadozással, de lényegében csökkenő tendenciával jellemezhető. Összességében, nagy vonalakban hirtelen növekvő, majd fokozatosan csökkenő tendenciák jellemzik, amely akár leürülési görbeként is értelmezhető.

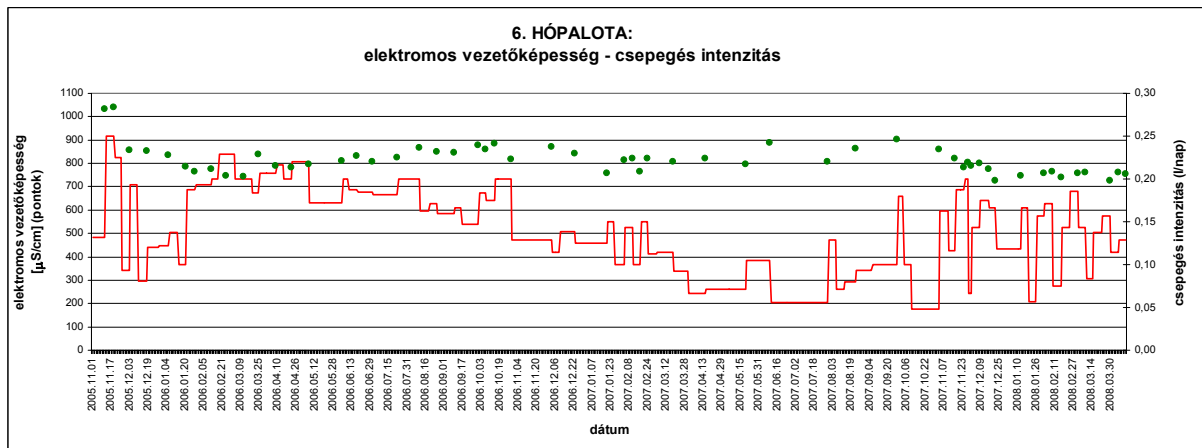
A **fajlagos elektromos vezetőképesség** 726-1041 $\mu\text{S}/\text{cm}$ közötti tartományban változik (315 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ingadozás), a középérték 808 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A 2005. november 15-20. között tapasztalt magas csepegésintenzitás értékek magas vezetőképesség értékekkel párosulnak, majd a hozam csökkenésével együtt a vezetőképesség is csökken. Kis mértékű tovább csökkenés után 2005. március 25-én a vezetőképesség hirtelen kiugróan magas értéket mutat (amikor a hozam átmenetileg csökken!), majd kisebb csökkenést követően május elejétől ismét emelkedni kezd. Érdekes, hogy a csepegés intenzitást alapvetően csökkenő, a vezetőképességet, pedig növekvő tendencia jellemzi október végéig. Itt a magas hozam értékekhez alacsonyabb vezetőképesség érték tartozik, és az ellenkező mértékű változás ezt követően is megfigyelhető. A csepegés intenzitásában is megmutatkozó 2007. május eleji nagyobb mennyiségű csapadék következtében június 10-én a vezetőképesség is magasabb értéket mutat. Valószínűleg az augusztus eleji esőzéseknek köszönhetően 1-2 hét késleltetéssel, a csepegés növekedésével párhuzamosan a vezetőképesség is nő, majd november elejétől csökken. Valószínűleg a 2007. decemberi havazás, hóolvadás is szerepet játszik a december 8-tól 22-ig tartó meredeken monoton csökkenésben. Ezt kisebb mértékű növekedés követi, majd viszonylag állandó szinten kisebb ingadozások figyelhetők meg (9.28 ábra).

A **víz hőmérséklete** 13,3-15,7 $^{\circ}\text{C}$ között, 2,6 $^{\circ}\text{C}$ tartományban változik, a középérték 14,6 $^{\circ}\text{C}$. A vizsgált időszakra csak kisebb ingadozások jellemzőek. 2006. január közepéig - a vezetőképességgel ellentétben - nagy mértékű emelkedés tapasztalható, de ezt követően összességében nem változik a hőmérséklet.

A **pH** értéke 6,7-7,3 közötti tartományban (0,6) mozog, a medián 7,1. A jelentősebb ingadozásokat és kiugró értékeket leszámítva, 2007. január végéig alapvetően csökkenő, majd 2006. április végéig növekvő tendencia figyelhető meg. 2007. január végéig újabb csökkenés, majd december végéig emelkedés követi; az értékek 2008. február közepéig állandósulnak. Március első felében csökkenés, április közepéig, pedig növekedés tapasztalható.



9.27 ábra: Hópalota: csapadék és csepegés intenzitás időbeli változása



9.28 ábra: Hópalota: csepegés intenzitás és fajlagos elektromos vezetőképesség időbeli változása

A *vízkeimiai vizsgálatok* során folyamatosan elemzett fő kationok, anionok és jellemző mennyiségük - minimum és maximum értékek és a közöttük történő ingadozás tartománya, valamint a középérték - a következő (9.7 táblázat):

	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	TDS (mg/l)
Minimum	87,5	26,1	10,2	6,7	133,2	23	219	15,6	546
Maximum	123,1	45,7	15	7,6	210,5	29,3	315	30,8	732,6
Ingadozás	35,6	19,6	4,8	0,9	77,2	6,3	96	15,2	186,6
Középérték	100	34,5	13,9	7,2	160,6	26	241	24	608,4

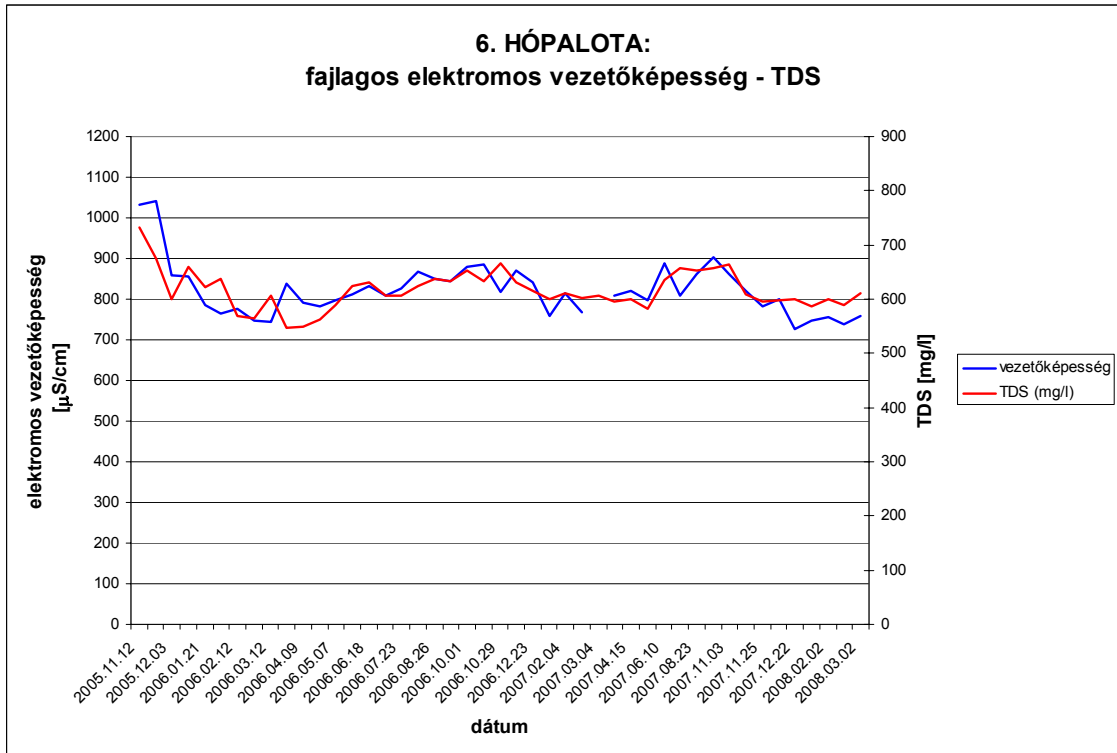
	Ca ²⁺ (meq/l)	Mg ²⁺ (meq/l)	Na ⁺ (meq/l)	K ⁺ (meq/l)	HCO ₃ ⁻ (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	SO ₄ ²⁻ (meq/l)	NO ₃ ⁻ (meq/l)
Minimum	4,4	2,1	0,4	0,2	2,2	0,6	4,6	0,3
Maximum	6,1	3,8	0,7	0,2	3,5	0,8	6,6	0,5
Ingadozás	1,8	1,6	0,3	0	1,3	0,2	2	0,2
Középérték	5	2,8	0,6	0,2	2,6	0,7	5	0,4

	Kationok (meq/l)	Anionok (meq/l)	Összes ion (meq/l)
Minimum	7,5	7,9	15,8
Maximum	10,7	10,4	21,2
Ingadozás	3,3	2,6	5,4
Középérték	8,6	8,9	17,4

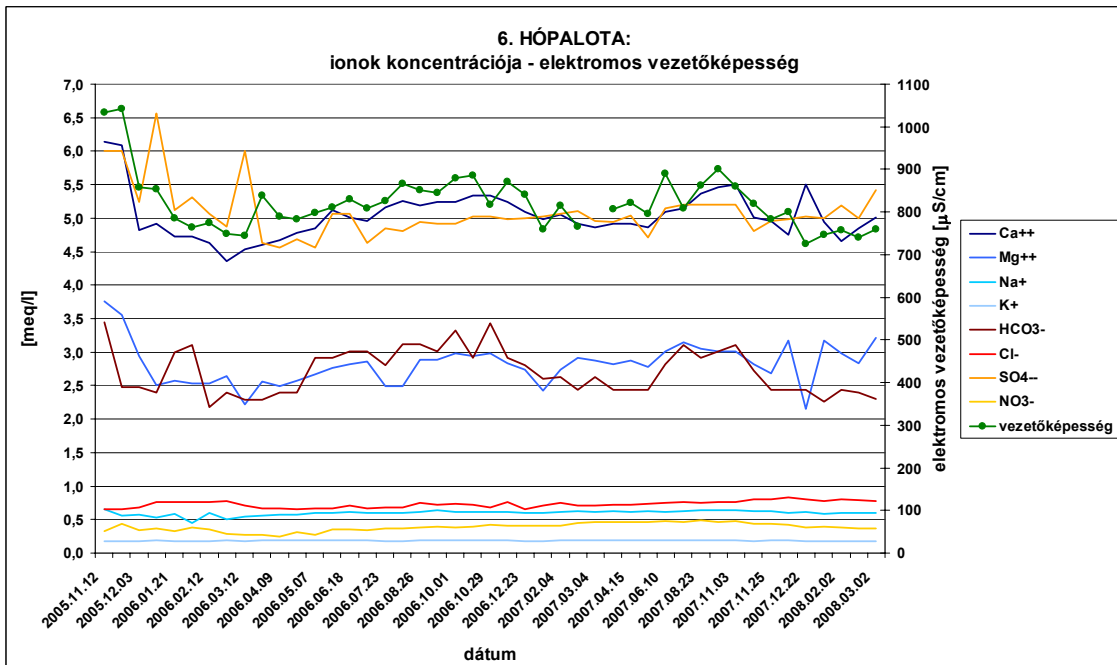
9.7 táblázat: Hópalota: Ionok mennyiségének minimum, maximum és középértékei

A TDS és az elektromos vezetőképesség görbéje a kisebb ingadozásokat leszámítva általában hasonló értékek közt változik. 2007. december elejétől figyelhető meg, hogy bár a görbék lefutása megegyezik, de a TDS kicsit magasabb értékek között változik, mint a vezetőképesség (9.29 ábra).

Az ionok mennyiségének és arányának változását 2005. november 12. és 2008. március 2. közötti időszakban vizsgáltam. Az összesítő grafikonon (9.30 ábra) alapján jól látszik, hogy a Na⁺, K⁺, Cl⁻ és NO₃⁻ kis mennyiségben van jelen és összességében nem jellemző az időbeli változás. Ezzel szemben időben is együtt változik a magasabb értékekkel jellemezhető Ca²⁺ és SO₄²⁻ ionok, illetve alacsonyabb értékekkel a Mg²⁺ és HCO₃⁻ ionok koncentrációja, és ezt követi a fajlagos elektromos vezetőképesség görbe lefutása is.



9.29 ábra: Hópalota: fajlagos elektromos vezetőképesség és TDS (vizsgált összes oldott anyag) időbeli változása



9.30 ábra: Hópalota: fajlagos elektromos vezetőképesség és ionkoncentrációk időbeli változása

A vizsgált időszak kezdetén mind a négy ionra általában jellemző a nagy mértékű koncentráció csökkenés. A 2005. november 15-20. között tapasztalt magas csepegésintenzitás értékek magas vezetőképesség és ion (Ca^{2+} , SO_4^{2-} , HCO_3^- , Mg^{2+}) értékekkel párosulnak, majd a hozam csökkenésével együtt ezek a paraméterek is meredeken csökkennek. A HCO_3^- értékei a többihez képest hamarabb csökkennek. A hirtelen csökkenés hóolvadás következtében történő nagy mértékű beszivárgás is lehetne, de ezt a csepegéshozam értékek nem támsztják alá, éppen ellenkezőleg! Ugyanakkor lehet hirtelen koncentrációnövekedést követő hígulás, vagyis az „öreg”, pangó víz leürülésének eredménye is, azonban sajnos az előzmények ismerete hiányában ezek csak feltételezések. Az viszont látható, hogy a hozam csökkenésével párhuzamosan az ionok koncentrációja és a vezetőképesség is folyamatosan csökken. A Ca^{2+} és a Mg^{2+} esetében ez egyértelműen megfigyelhető, azonban a SO_4^{2-} december 18-án és március 12-én ugrásszerű emelkedése-csökkenése mérési hiba, vagy egyéb folyamat hatása. A HCO_3^- esetében január végén, február elején tapasztalható egy nagy mértékű növekedés, majd később csökkenés, ami kis mértékben a SO_4^{2-} -nál is megfigyelhető, azonban a Ca^{2+} és a Mg^{2+} -nál nem jellemző. Ez az anionoknál jelentkező növekedés a csepegő víz mennyiségében is jelentkezik: hirtelen ugrásszerűen megemelkedik a hozam, és hatása nagyon hosszú időszakban érzékelhető. A hozam növekedésével a HCO_3^- és a SO_4^{2-} is nő, vagyis feltételezhető a több hóolvadás nagyobb mennyiségével az „öreg víz”, pangó víz kimosódása, leürülése a rendszerből. Ez lehet oka, például az előbb említett hirtelen SO_4^{2-} növekedésnek is. A Cl^- kicsivel magasabb értékei tapasztalhatók 2005. december eleje és 2006. március közepe között. 2006. március végétől, április elejétől jellemző a vezetőképesség és az ionok koncentrációinak emelkedése is: e mennyiség növekedések vagy a csepegés intenzitás növekedése következtében való késleltetett leürülés eredményei (ezt feltételeznék a március 25-én tapasztalt vezetőképesség kiugró emelkedése), vagy a csepegő víz folyamatos betöményedését jelzik. Ez utóbbit támasztaná alá a csepegésintenzitás csökkenéssel szembeni ionkoncentráció és vezetőképesség emelkedés hosszú távú nyomon követhetősége is. Ugyanakkor a csapadékesemények hatása is megfigyelhető: a június eleji nagyobb intenzitású esőzésekkel követő napokon a SO_4^{2-} nagyobb, a Ca^{2+} és a HCO_3^- kisebb, a Mg^{2+} fokozott növekedése jellemző, majd a Ca^{2+} kivételével a másik három ion június folyamán csökkenő tendenciát mutat, vagyis kis mértékű töményedés, majd hígulás látható. Mindez a vezetőképesség értékekben is megmutatkozik. Feltételezhetően a július végi, augusztusi nagyobb intenzitású csapadék hatása a Ca^{2+} , SO_4^{2-} és HCO_3^- koncentráció növekedése, amit a Mg^{2+} 1-2 hetes késéssel követ. Ősszel jellemzőek a magas értékek, csak a HCO_3^- -nál figyelhető meg október közepén egy kis mértékű, rövid ideig tartó csökkenés, majd emelkedés, ami a vezetőképesség esetében is megmutatkozik. 2006. december elején feltehetően hóolvadás hatására beszivárgó nagyobb mennyiségű víz „higító” hatása tapasztalható a Ca^{2+} , Mg^{2+} és HCO_3^- értékek és a vezetőképesség együttes csökkenésében, illetve a csepegésintenzitás kis mértékű emelkedésében, miközben a SO_4^{2-} mennyisége a várakozásokkal ellentétben változatlan marad. 2007. február elején viszont a SO_4^{2-} és a Mg^{2+} értékek emelkednek a vezetőképességgel együtt, amíg a Ca^{2+} és HCO_3^- további csökkenést mutat. Március elején a többi ion változatlansága mellett a SO_4^{2-} kismértékű csökkenése tapasztalható. A 2007. nyár eleji nagyobb mennyiségű csapadékot követően a csepegésintenzitás mellett a vezetőképesség és a négy ion mennyisége is egyöntetű növekedést mutat. Az augusztusi és szeptember eleji esőzések augusztustól kisebb késleltetéssel a csepegéshozam növekedése mellett általában a vezetőképesség és az ionok további növekedését eredményezik (kivéve a csökkenő Mg^{2+}). November

közepétől már - a vezetőképességgel - a Ca^{2+} , SO_4^{2-} és HCO_3^- is csökkenni kezd, amiben a december első felében részben hó formájában hullott nagyobb mennyiségű csapadék nagy szerepet játszhat. A csepegés intenzitása a többi paraméter csökkenésével szemben nő, ami a csepegő víz felhígulását közvetlenül okozhatja. December elejétől a Ca^{2+} és a Mg^{2+} ionok növekedése, majd utóbbi csökkenése figyelhető meg, ami a vezetőképesség csökkenésével mutat hasonlóságot. Február közepétől, pedig a HCO_3^- kivételével a másik három ion és a vezetőképesség is kismértékben emelkedni kezd, ami a vezetőképesség értékek további alakulása alapján várhatóan állandósul a vizsgált időszak után, de ez csupán feltételezés.

7. Április 3.-folyosó:

A *csepegés intenzitása* jellemzően 0,01 és 0,7 l/nap értékek között széles skálán ingadozik. A csapadék és a csepegés mennyiség görbék összehasonlítása alapján általában elmondható, hogy hosszabb időtartamú vagy nagyobb intenzitású csapadék eseményre, illetve havazást követő hóolvadásra a csepegő víz mennyiségében emelkedés tapasztalható (9.31 ábra). Ez a hatás a csapadék beszivárgását követően hosszabb-rövidebb idő, általában több nap, illetve akár több hét késleltetéssel jelentkezik. Jellegzetes feltöltődés-leürülési görbe, fokozatos mennyiség növekedést követő fokozatos csökkenés - részben a nagy ingadozásoknak köszönhetően -, látványosan nem jellemző. Ugyanakkor például 2005-2006. és 2006-2007. telén megfigyelhető erre utaló tendencia. 2005. november közepétől december elejéig, majd intenzív hozamkiugrással december második felétől január elejéig, és azt követően április közepéig nyomon követhető a folyamat, de bizonyos mértékben 2006. december elejétől április elejéig is látható. Az utolsó télen azonban - valószínűleg a nagy hozamingadozás miatt - a csepegés ilyen jellegű változása nem tapasztalható. A tavasz végi, nyári nagy intenzitású csapadékhullást követő néhány napon, 1 héten belül megfigyelhető a csepegővíz hozamnövekedés, például 2006. május 10-én, június 5-én, július 25-én és augusztus 20-án, vagy 2007. július 31-én és augusztus 15-én. Több esetben azonban az adott hozamnövekedés nem magyarázható csapadék jelenséggel, vagy kis mennyiségű és jelentőségű, esetleg korábbi csapadékok hatása húzódik el, illetve adódik össze.

A *fajlagos elektromos vezetőképesség* 600-756 $\mu\text{S}/\text{cm}$ között, 156 $\mu\text{S}/\text{cm}$ tartományban ingadozik, középértéke 664 $\mu\text{S}/\text{cm}$. 2005-2006. telén jellemző a csepegéshozam és a vezetőképesség értékek nagyjából párhuzamos változása, ami a csapadék mennyiségével és részben formájával is összefüggésben van. 2006. áprilistól augusztusig azonban eltérő mértékben változnak a paraméterek. A nagyobb mértékű csapadékhullást általában magasabb, majd alacsonyabb vezetőképesség értékek követik. 2006. szeptembertől az ősz folyamán ingadozó, de összességében növekvő tendencia rajzolódik ki október közepéig. December elején hirtelen csökkenés, majd fokozatos, kis mértékű növekedés látható a csepegéshozammal ellentétben. A 2007. nyár eleji nagyobb csapadékmennyiséget a vezetőképesség értékének emelkedése követi, amely együtt változik az augusztusi csepegésmennyiséggel. Szeptember elején nagyobb mértékű növekedés jellemzi, ami feltételezhetően az őszi nagyobb mennyiségű, hosszan tartó esők hatása is lehet. November elején kisebb csökkenés, majd a hozammal arányos növekedés a jellemző egészen 25-ig. Itt a magas csepegésintenzitással ellentétben csökkenés tapasztalható. Feltételezhetően a havazás, hóolvadás hatása van a háttérben. A csepegésintenzitástól eltérően decemberben állandósult vezetőképesség értékek láthatók. 2008. január közepén a csepegésintenzitás

növekedéssel ellentétes irányú monoton csökkenés jelentkezik, és a vezetőképesség értékek hasonló alakulása látszik március elején is. A vizsgált időszak végén, április elején ismét azonos irányban változik e két paraméter, aminek oka a megnövekedett csapadék mennyiség is lehet (9.32 ábra).

A **víz hőmérséklete** 13,6-15,7 °C között (2,3 °C intervallumban) változik, a medián 14,6 °C. Időben ingadozó, de alapjában véve kis mértékű emelkedés tapasztalható. A **levegő hőmérséklete** 11,8-13,5 °C között alakul (1,7 °C ingadozás), a középértéke, pedig 13 °C, tehát általában 1,5 °C-kal hűvösebb a víz hőmérsékleténél. Mindkét esetben hasonló mértékű, emelkedő tendencia figyelhető meg.

A **pH** legkisebb mért értéke 6,7, legnagyobb 7,5 (ingadozás: 0,8, medián: 7,2). Általában véve 2006. január végéig csökkenő tendencia látható, amit február végéig növekedő, majd nagyjából állandó értékek követnek. Augusztus közepétől a hónap végéig jelentősebb csökkenés, majd október 1-ig tartó növekedés rajzolódik ki. 2006. december elejétől 2007. február közepéig csökkenő, majd 2007. december közepéig emelkedő tendencia jellemző. 2008. február közepétől március elejéig csökkenés, végül, pedig emelkedés figyelhető meg.

A **vízkeimiai vizsgálatok** során folyamatosan elemzett fő kationok, anionok és jellemző mennyiségük - minimum és maximum értékek és a közöttük történő ingadozás tartománya, valamint a középérték - a következő (9.8 táblázat):

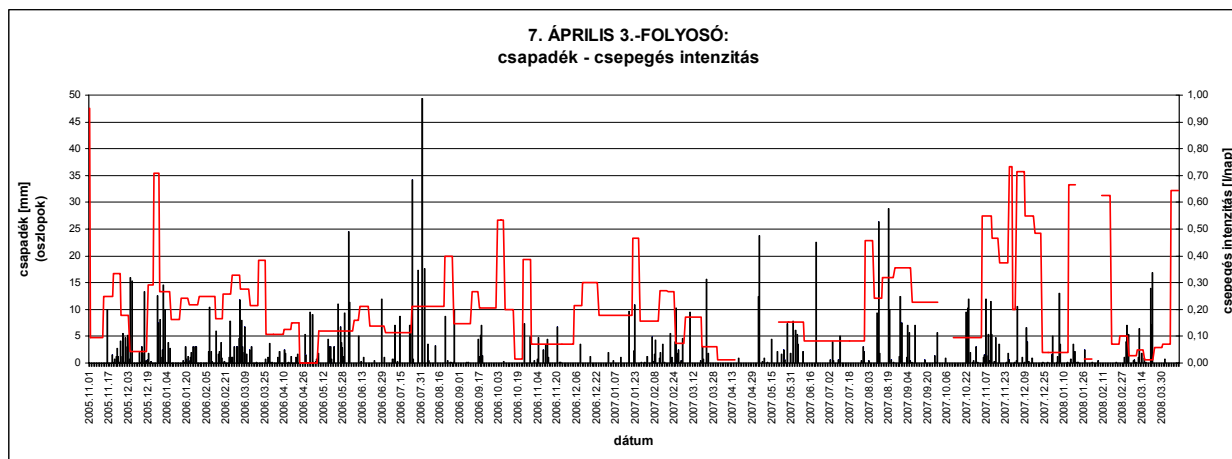
	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	TDS (mg/l)
Minimum	79,3	14	2,3	2,5	152,1	21,6	71	58	447,8
Maximum	105,8	29,5	9	3,1	234,7	35	108	98	561,1
Ingadozás	26,4	15,5	6,8	0,6	82,6	13,4	37	40	113,3
Középérték	93,6	18,3	7,5	2,7	188,9	26,3	91	79	508,9

	Ca ²⁺ (meq/l)	Mg ²⁺ (meq/l)	Na ⁺ (meq/l)	K ⁺ (meq/l)	HCO ₃ ⁻ (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	SO ₄ ²⁻ (meq/l)	NO ₃ ⁻ (meq/l)
Minimum	4	1,2	0,1	0,1	2,5	0,6	1,5	0,9
Maximum	5,3	2,4	0,4	0,1	3,8	1	2,3	1,6
Ingadozás	1,3	1,2	0,3	0	1,3	0,4	0,8	0,6
Középérték	4,7	1,5	0,3	0,1	3,1	0,7	1,9	1,3

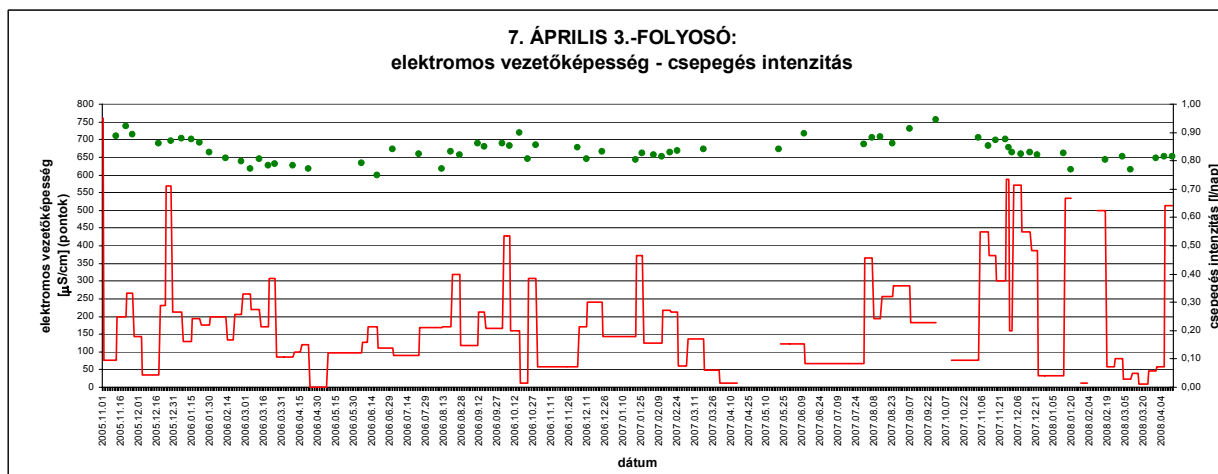
	Kationok (meq/l)	Anionok (meq/l)	Összes ion (meq/l)
Minimum	6	6,1	12,3
Maximum	7,5	7,8	14,8
Ingadozás	1,5	1,6	2,6
Középérték	6,6	7	13,6

9.8 táblázat: Április 3.-folyosó: Ionok mennyiségének minimum, maximum és középértékei

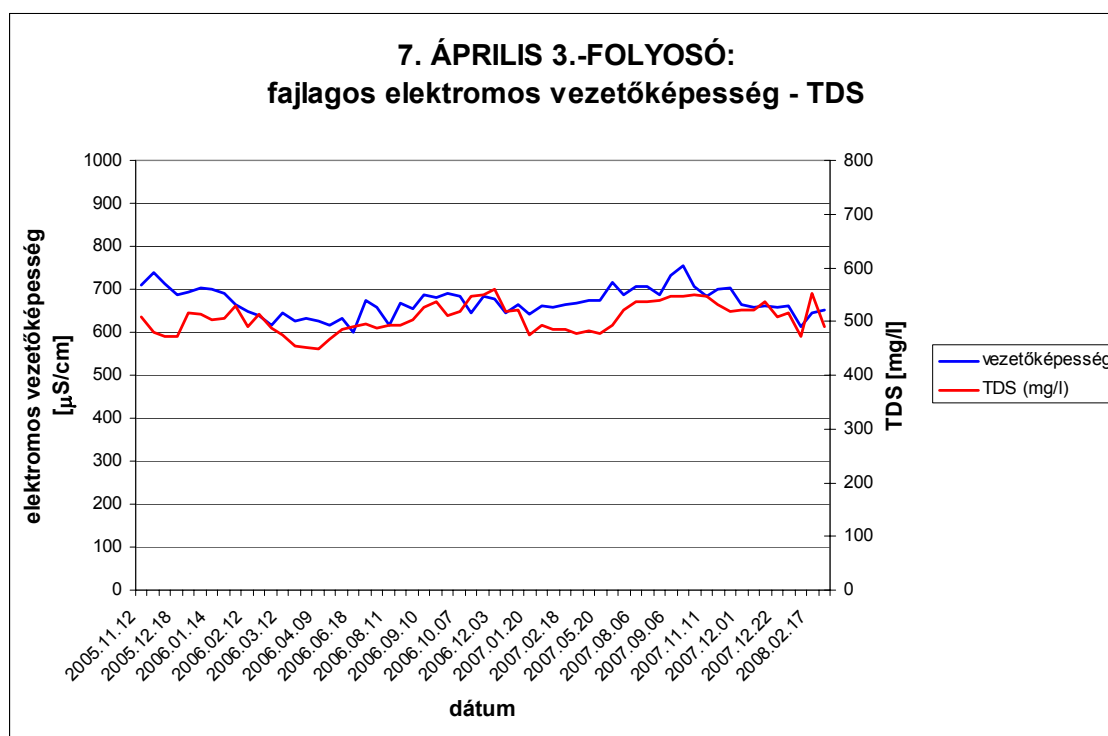
A TDS és az elektromos vezetőképesség görbéje a kisebb ingadozásokat és esetenként eltérő értékeket leszámítva összességében hasonló módon változik (9.33 ábra).



9.31 ábra: Április 3.-folyosó: csapadék és csepegés intenzitás időbeli változása



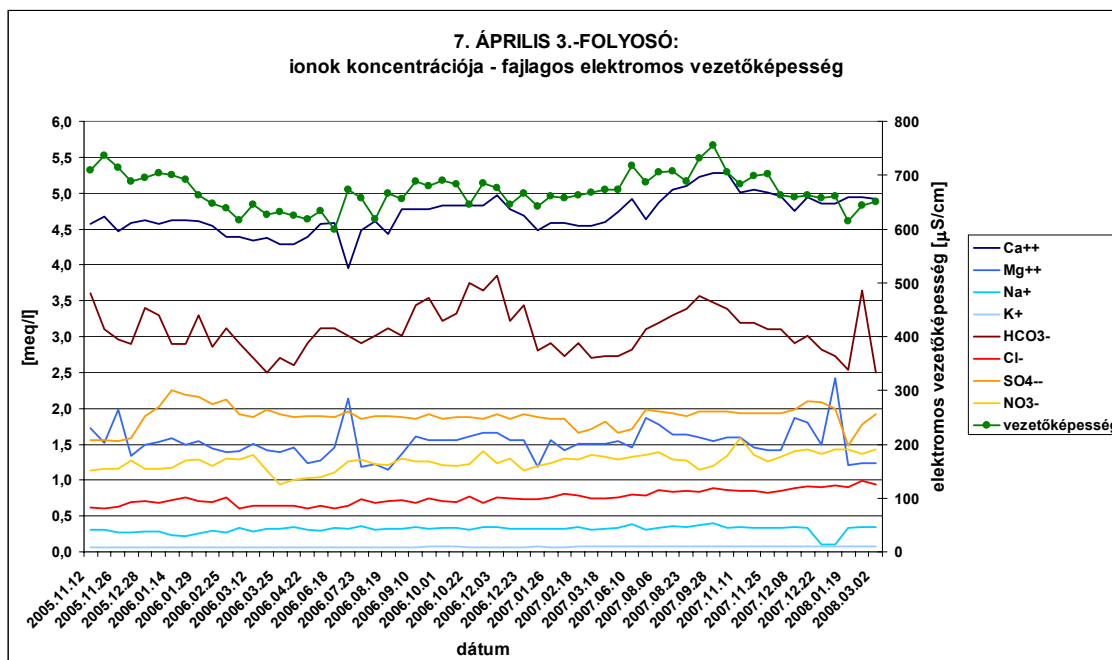
9.32 ábra: Április 3.-folyosó: csepegés intenzitás és fajlagos elektromos vezetőképesség időbeli változása



9.33 ábra: Április 3.-folyosó: fajlagos elektromos vezetőképesség és TDS (vizsgált összes oldott anyag) időbeli változása

Az ionok mennyiségének és arányának változását 2005. november 12. és 2008. március 2. közötti időszakban vizsgáltam. Az összesítő grafikonon (9.34 ábra) alapján általában elmondható, hogy a Na^+ és Cl^- mennyisége enyhén emelkedő tendenciával alig, a K^+ egyáltalán nem változik, évszakos hatás nem mutatkozik. A SO_4^{2-} a NO_3^- kis mértékben, a Ca^{2+} , Mg^{2+} és HCO_3^- azonban tág koncentrációhatárok közt jelentősen ingadozik. A Ca^{2+} és a HCO_3^- görbéje időben többnyire együtt mozog. A vezetőképesség görbe lefutása jellemzően ez utóbbi három ion koncentráció változását követi.

2005. november elején a HCO_3^- és a Mg^{2+} csökkenése tapasztalható, és néhány nap elteltével az utóbbi és a Ca^{2+} növekedése, majd csökkenése mutatkozik. A téli havazásokat, hóolvadásokat követően feltételezhetően a megnövekedett mennyiségű beszivárgó víz hatására december közepétől a Ca^{2+} és Mg^{2+} kismértékű, a HCO_3^- és a SO_4^{2-} nagyobb mértékű növekedése figyelhető meg, amit a vezetőképesség változása is követ. Január végétől, február elejétől az említett ionok mennyiségében és a vezetőképesség változásában csökkenő tendencia, hígulás tapasztalható, melyhez a NO_3^- március közepén észlelhető ugrásszerű csökkenése is hozzájárul. A csökkenéssel egy időben nő a csepegő víz mennyisége.



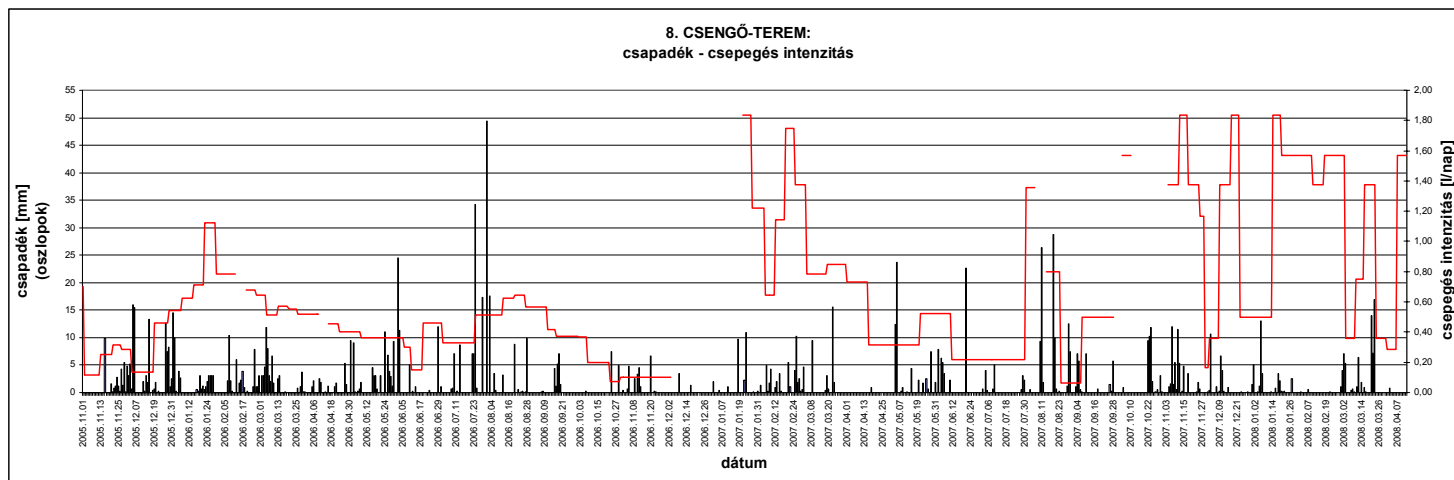
9.34 ábra: Április 3.-folyosó: fajlagos elektromos vezetőképesség és ionkoncentrációk időbeli változása

Március közepétől-áprilistól általában megfordul a változás iránya: növekedés jellemzi a Ca^{2+} , HCO_3^- és NO_3^- görbéjét, azonban a Mg^{2+} és a SO_4^{2-} szinte változatlan marad; valószínűleg a tavaszi csapadékhiány lehet a „betöményedés” oka. A június eleji nagyobb esőzéseket néhány nappal később a Ca^{2+} és a HCO_3^- csökkenése (hígulás), valamint a Mg^{2+} koncentráció ugrásszerű növekedése, majd csökkenése követi. A NO_3^- közben beáll egy adott értéken. Az augusztusi eleji csapadék a csepegő víz mennyiségében is növekedést okoz, és ugyanakkor a Ca^{2+} és HCO_3^- kisebb csökkenése figyelhető meg. Augusztus végétől szeptember elejéig azonban a Ca^{2+} , Mg^{2+} és HCO_3^- esetében is nagyobb mértékű növekedés tapasztalható. Október végéig a HCO_3^- fokozatos növekedése jellemző, és kisebb emelkedés a NO_3^- értékekben is megmutatkozik. Valószínűleg havazás és hóolvadás, vagy nagyobb mennyiségű esőt követő megnövekedett csepegővíz mennyiség okozhatta a Ca^{2+} és HCO_3^- értékek először kismértékben növekedő, majd meredeken csökkenő mennyiségét, amely kisebb mértékben a Mg^{2+} és NO_3^- ionoknál is tapasztalható. A NO_3^- nál december végétől folyamatos, lassú emelkedés figyelhető meg. A SO_4^{2-} február első felében mutat kisebb csökkenést. Ezt a „felhígult” állapotot jellemzően május végétől, június elejétől követi egy nagyobb mértékű emelkedés a Ca^{2+} és HCO_3^- , és kisebb mértékben a SO_4^{2-} és Mg^{2+} szempontjából. Ez a változás a vezetőképesség értékek növekedésében is jelentkezik. Az augusztusi esőket követő néhány napban a Ca^{2+} és a HCO_3^- további növekedése, a SO_4^{2-} rövid, a Mg^{2+} és a NO_3^- hosszabb időn át nyomon követhető csökkenése figyelhető meg. A HCO_3^- és a Ca^{2+} értékek maximuma is szeptember közepén észlelhető, ezt mindkét ion és esetében meredek csökkenés követi; és szinte ugyanez jellemzi a vezetőképességet is. Ez a hígulás lehet az őszi csapadék következménye is, de nem feltétlenül. Ugyanakkor november elejétől jelentősebb csepegésintenzitás emelkedés követhető nyomon, és ez lehet az oka a koncentráció csökkenéseknek is. A NO_3^- mennyisége szeptember végétől növekszik, majd november végére lecsökken, ami részben egybeesik e hígulással is. December elején a SO_4^{2-} mennyisége megnő,

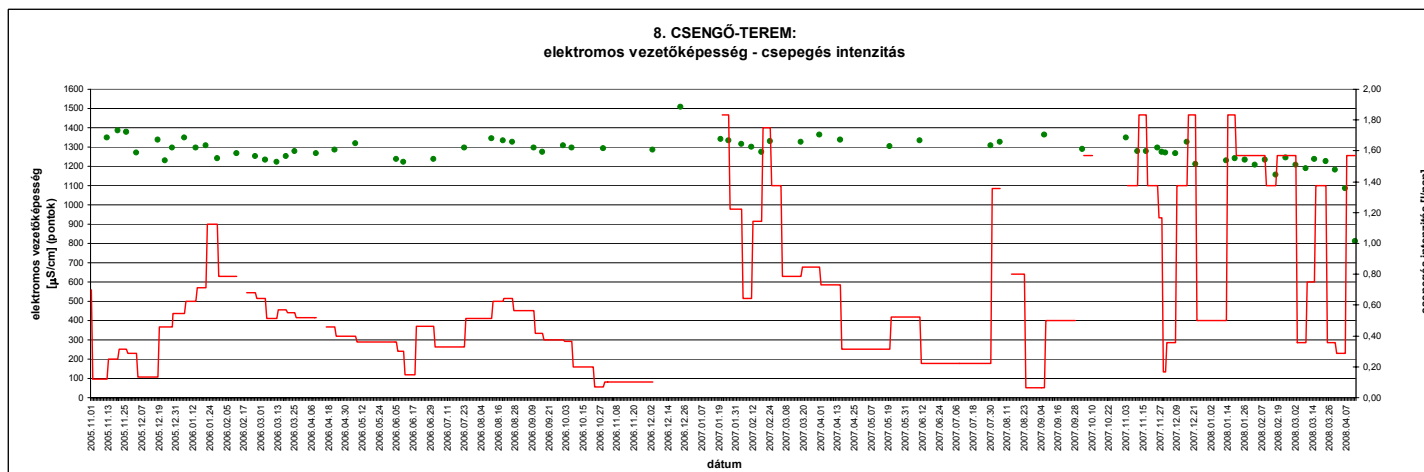
majd január közepéig meredeken csökken, a Mg^{2+} -nál pedig a meredeken növekvő, majd csökkenő tendencia december elejétől január közepéig tapasztalható. Hasonló kiugrás mutatkozik január közepétől a HCO_3^- értékekben. December végén, január elején a Na hirtelen lecsökken, majd visszaáll az eredeti szintre. Mindezek az ionkoncentráció-változások lehetnek nagyobb mennyiségű csapadék vagy hóolvadás következményei is, de ez csak egy lehetséges tényező.

8. Csengő-terem:

A *csepegés intenzitása* 0,06 és 1,8 l/nap értékek között széles skálán ingadozik. A vizsgált időszakban több hónap alatt jellegzetes, fokozatosan növekvő, majd csökkenő tendencia rajzolódik ki (9.35 ábra). 2005. november 12-től növekvő, majd 26-tól december 4-ig csökkenő vízmennyiséget eredményező csepegés figyelhető meg. 2005. december 18-tól indul az a nagy mértékű, majd fokozatos hozamemelkedés, amely január végén éri el a maximumát, majd ettől kezdve 2006. június 12-ig közel folyamatos, viszonylag kis mértékű csökkenés tapasztalható. A június eleji, nagyobb intenzitású csapadékot 10 nappal követően hozamnövekedés, majd a június végi, június eleji esőzések után kis mértékű, az augusztus eleji heves záporokat, pedig újabb csepegésintenzitás emelkedés követheti. Mindezek hatása szemmel láthatóan október második felére cseng le. Részben adathiány miatt nem tudni, hogy az őszi és a decemberi csapadék milyen hatással volt a hozamra, de január végétől február elejéig nagyon magas értékekkel indul egy csökkenő, majd ezt követően növekvő csepegésintenzitás, ami február második felétől már tartósan csökkenő tendenciába vált át, és április közepéig követhető nyomon. A május eleji csapadékot követően május 21-én hozamnövekedés, a június végi csapadék után, pedig július végén tapasztalható kiugró emelkedés. Az augusztus első felében tapasztalt nagy mennyiségű csapadékot követően augusztus 24-én, az augusztus végi-szeptember eleji csapadék után, pedig szeptember 7-én vehető észre hozamnövekedés. Újabb adathiány következik, majd november elején nagy mértékű ingadozások tapasztalhatók, melyekre nem illeszthető tendencia. Sok esetben az adott hozam növekedése nem magyarázható meg csapadék jelenséggel, vagy nem biztos, hogy adott csapadék eseményre reagál a megnövekedett csepegésintenzitás.



9.35 ábra: Csengő-terem: csapadék és csepegés intenzitás időbeli változása



9.36 ábra: Csengő-terem: csepegés intenzitás és fajlagos elektromos vezetőképesség időbeli változása

A *fajlagos elektromos vezetőképesség* 812-1506 $\mu\text{S}/\text{cm}$ között, 694 $\mu\text{S}/\text{cm}$ intervallumban változik, középértéke 1285 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A kezdeti időszakban, 2005. november 12-től december 15-ig a vezetőképesség általában véve a csepegésintenzitással párhuzamosan változik. Azonban 2005. december 18-tól 23-ig az csepegéshozam nagy mértékű emelkedésével szemben itt csökkenés tapasztalható, ugyanakkor január végéig, illetve március közepéig, végéig ismét hasonlóképpen változnak. Ezt követően azonban fordított irányú lefutás rajzolódik ki egészen június 10-ig: itt a megnövekedett vízmennyiséghez alacsonyabb vezetőképesség érték párosul. 2006. szeptember 16-ig ismét hasonló tendenciájú változás a jellemző, majd ezt követően a csepegésintenzitás csökkenésével szemben a vezetőképesség aránylag magas értéken állandósul. A csepegéshozamot adathiány miatt nem ismerhetjük, de a vezetőképesség 2006. december 23-án kiugró emelkedése, majd fokozatos csökkenése jelzi, hogy hóolvadás következtében nagyobb mennyiségű víz juthatott a rendszerbe, amit az adott napon már észlelt csepegésmennyiség is alátámaszt. 2007. február 19-ig monoton csökkenő, majd február 25-én ismét kiugró érték olvasható le. Ezt követően a csepegés intenzitása csökken, azonban a vezetőképesség - kisebb ingadozásokkal - magas értéktartományban állandósul. Általában elmondható, hogy a nyári nagyobb csapadékeseményekkel együtt, a vezetőképesség is nő. 2007. október végén, november elején - szintén a csepegéshozam adathiánya miatt részben nem ismert mechanizmus által - valószínűleg az októberi nagy mennyiségű, tartós esőzés hatására az elektromos vezetőképesség is nő, majd a hozammal ellentétes irányban változik. December elején mindkét paraméter növekedése jellemző, majd a vezetőképesség lecsökken, és adott szintben állandósul 2008. január végéig. Ezt követően kis mértékű növekedés, majd hirtelen csökkenés következik, ami a hozam alakulásában is figyelemmel kísérhető. A csepegés mennyiséggel együtt újabb növekedés, majd a vezetőképességre nézve monoton csökkenés látszik március 9-ig. A hozammal együtt újabb növekedés, és március végéig csökkenés figyelhető meg, azonban ettől a naptól kezdve a csepegésintenzitás emelkedésével szemben az elektromos vezetőképesség korábban nem tapasztalt meredek csökkenése követhető nyomon a vizsgált időszak végéig (9.36 ábra).

A *víz hőmérséklete* 13,4-15,8 $^{\circ}\text{C}$ között, 2,4 $^{\circ}\text{C}$ tartományban ingadozik, a medián 14,9 $^{\circ}\text{C}$. 2005. december végéig általános emelkedés, majd február végén csökkenés tapasztalható. Ezt követően a vizsgált időszak további részére csak kisebb ingadozások jellemzőek, és alapvetően nem változik a hőmérséklet.

A *pH* 6,5-7,4 közötti tartományban (0,9 ingadozással) mozog, középértéke 7,1. A jelentősebb ingadozásokat leszámítva 2007. január végéig alapvetően csökkenő, majd 2008. március elejéig növekvő tendencia figyelhető meg, amely ezt követően a vizsgált időszak végéig ismét csökkenő értékeket vesz fel.

A *vízkémiai vizsgálatok* során folyamatosan elemzett fő kationok, anionok és jellemző mennyiségük - minimum és maximum értékek és a közöttük történő ingadozás tartománya, valamint a középérték - a következő (9.9 táblázat):

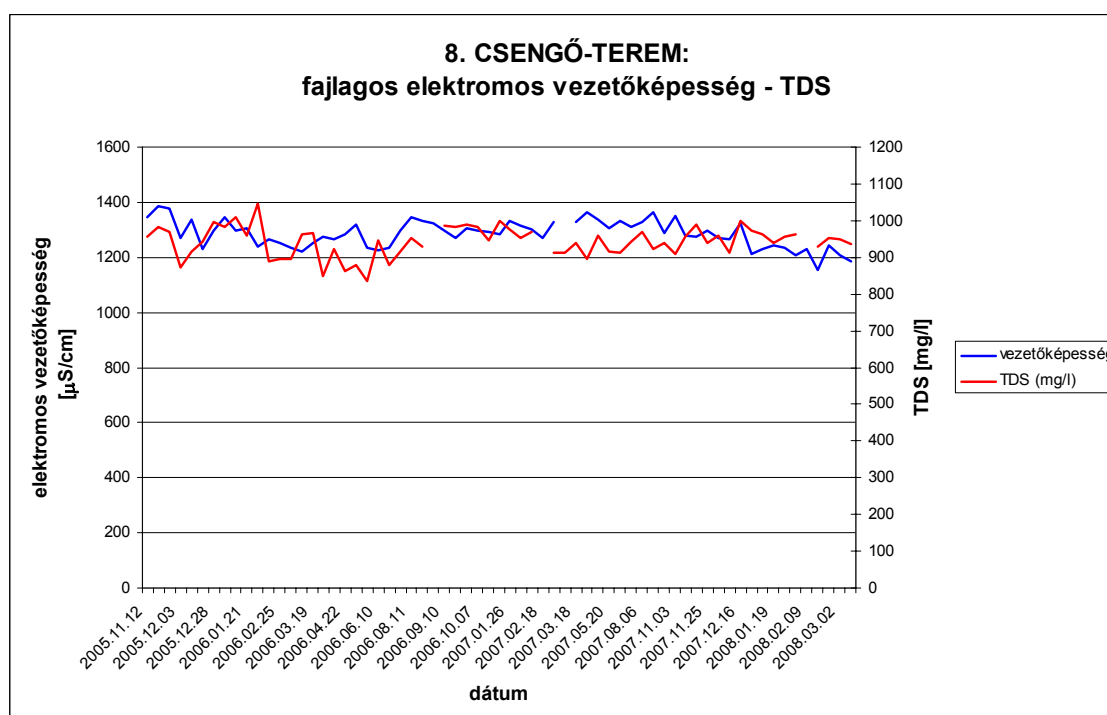
	Ca^{2+} (mg/l)	Mg^{2+} (mg/l)	Na^{+} (mg/l)	K^{+} (mg/l)	HCO_3^{-} (mg/l)	Cl^{-} (mg/l)	SO_4^{2-} (mg/l)	NO_3^{-} (mg/l)	TDS (mg/l)
Minimum	126,7	26,5	50,8	3,2	131,9	91	104	184	836,6
Maximum	158,8	40,8	76,0	3,8	250,1	124	136	354	1044,9
Ingadozás	32,1	14,3	25,3	0,6	118,2	33	32	170	208,2
Középérték	147,7	33,8	56,1	3,5	189,2	113	127	276	947,2

	Ca ²⁺ (meq/l)	Mg ²⁺ (meq/l)	Na ⁺ (meq/l)	K ⁺ (meq/l)	HCO ₃ ⁻ (meq/l)	Cl ⁻ (meq/l)	SO ₄ ²⁻ (meq/l)	NO ₃ ⁻ (meq/l)
Minimum	6,3	1	2,2	0,1	2,2	2,6	2,2	2,3
Maximum	7,9	3,4	3,3	0,3	4,1	3,5	3,1	5,7
Ingadozás	1,6	2,4	1,1	0,2	1,9	0,9	0,9	3,4
Középérték	7,4	2,8	2,4	0,1	3,1	3,2	2,6	4,5

	Kationok (meq/l)	Anionok (meq/l)	Összes ion (meq/l)
Minimum	10,9	11,2	22,1
Maximum	13,4	15,1	27,9
Ingadozás	2,4	3,9	5,8
Középérték	12,7	13,4	26,1

9.9 táblázat: Csengő-terem: Ionok mennyiségének minimum, maximum és középértékei

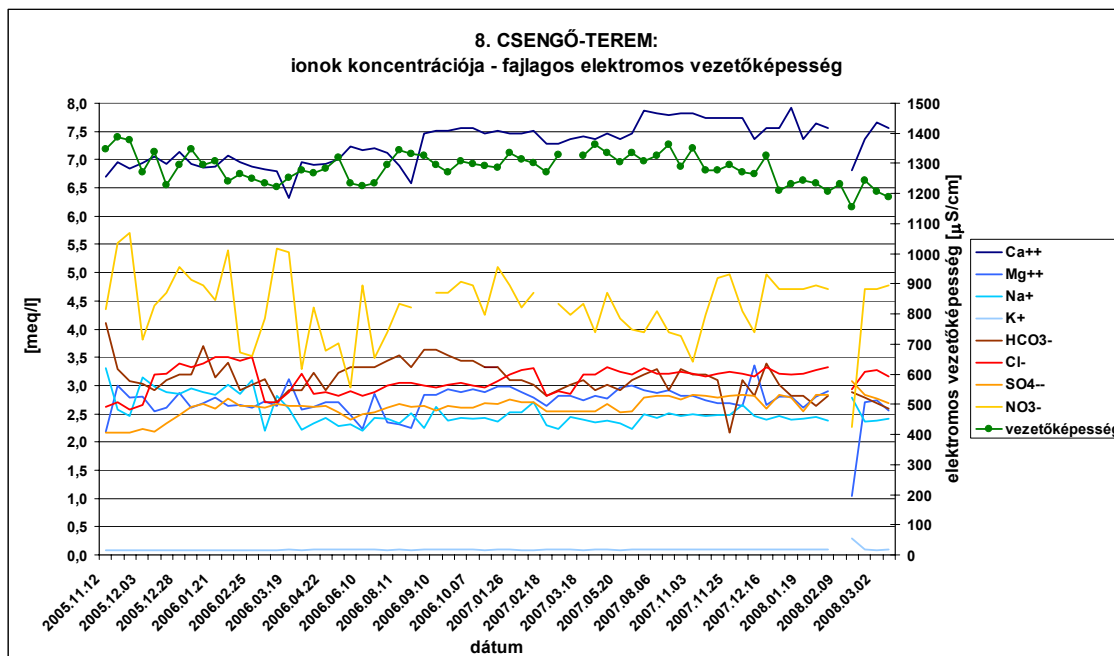
A TDS és az elektromos vezetőképesség görbéje is jelentősebb mértékben ingadozik, de ezt leszámítva összességében hasonló irányú változás figyelhető meg (9.37 ábra).



9.37 ábra: Csengő-terem: fajlagos elektromos vezetőképesség és TDS (vizsgált összes oldott anyag) időbeli változása

Az ionok mennyiségének és arányának változását 2005. november 12. és 2008. március 9. közötti időszakban vizsgáltam. Az összesítő grafikon (9.38 ábra) alapján általában elmondható, hogy a K⁺-ot leszámítva a többi 7 ion adott koncentrációhatárok közt változik az időben. Szembetűnő a NO₃⁻ tág koncentráció határok közti erős ingadozása, amely, évszakoktól függetlenül folyamatosan magas értékek közt mozog. Ehhez képest a többi ion görbéjének lefutása sokkal egyenletesebb. Az elektromos vezetőképesség görbéjének alakulását is legnagyobb mértékben a NO₃⁻ - határozza

meg. A Ca^{2+} és HCO_3^- koncentráció értékei hasonlóan változnak, és összességében ide sorolható még kisebb mértékben a SO_4^{2-} és a Mg^{2+} is. Ám a SO_4^{2-} görbéje bizonyos időszakokban a Cl^- -vel is hasonlóságot mutat. A Cl^- általában a Na^+ -val változik együtt az időben.



9.38 ábra: Csengő-terem: fajlagos elektromos vezetőképesség és ionkoncentrációk időbeli változása

2005. november második felében a HCO_3^- és a Na^+ meredek csökkenése, illetve a Mg^{2+} növekedése figyelhető meg. A mérésorozat innen kezdődik, így az előzmények nem ismertek. Ez a meredek csökkenés a csepegésintenzitásnál is megmutatkozik. Eközben a Ca^{2+} folyamatosan növekszik, a SO_4^{2-} -nál pedig nem tapasztalható változás. Feltételezhetően ezeket az ionkoncentráció változásokat nagyobb mennyiségű csapadék, vagy inkább hóolvadást követő nagyobb mennyiségű víz beszivárgása okozhatja, ami november közepétől a csepegésintenzitás növekedésében is nyomon követhető. December elejétől több ionnál is nagyobb mértékű változás jelentkezik: a HCO_3^- és a Mg^{2+} csökkenőből növekvő tendenciába vált át, a Na^+ és a Cl^- hirtelen nagy mennyiséget emelkedik, a SO_4^{2-} esetében pedig kisebb növekedés figyelhető meg. Többnyire 2006. január közepéig követhetők e változások, ekkor mérhető a maximális csepegéshozam is, ez után a HCO_3^- mennyisége csökkenni kezd, a SO_4^{2-} pedig állandó értéket vesz fel. Március közepéig - feltehetően ismét hóolvadás hatására - a Ca^{2+} , HCO_3^- , Na^+ és Cl^- ionok csökkenése vagyis „hígulás” történik, ami az utolsó két ionnál hirtelen következik be. Ugyanakkor a Mg^{2+} -nál rövid idejű növekedés, majd csökkenés látható. A következő napokban-hetekben a Ca^{2+} , HCO_3^- , és Cl^- mennyisége, valamint a vezetőképesség újból megnő, amit azonban nem követ a többi ion. A nyár eleji heves esőzéseket követő napokon általában eltérő változások tapasztalhatók: június elején tovább nő a Ca^{2+} és a HCO_3^- koncentrációja, kis mértékben nő a Cl^- és a SO_4^{2-} , a Mg^{2+} hirtelen emelkedik, majd csökken, a Na^+ pedig inkább csak ingadozik, de kis mértékű növekvő tendencia ennél az ionnál is megfigyelhető. A július végi-augusztusi csapadék a vízhozam növekedés mellett a Ca^{2+} -nál és a Mg^{2+} -nál nagyobb és a HCO_3^- -nál kisebb csökkenést, majd emelkedést eredményez. Ezt követően a Ca^{2+}

értékek magas, a Mg^{2+} értékek alacsony szinten állandósulnak, a HCO_3^- pedig csökkenő tendenciát mutat. 2006-2007. telén a havazás kevésbé jellemző, és az ionoknál sem okoz kiugró változásokat. A HCO_3^- csökken az őszi folyamán, ez télen is folytatódik, és alacsony érték körül ingadozik. Kis mértékű csökkenés jellemzi a Ca^{2+} -ot és a Mg^{2+} -ot is. Ugyanakkor november eleje és február közepe között a Na^+ és Cl^- koncentráció emelkedése tapasztalható, de ezt követően hirtelen csökkenés látszik. Azonban érdekes, hogy néhány hét múlva visszaáll a mennyiségük a magasabb értékekre, illetve szintén növekedés tapasztalható a HCO_3^- -nál és a Mg^{2+} -nál is. Valószínűleg a június eleji csapadék hatására tapasztalható kismértékű, ám ugrásszerű növekedés a Ca^{2+} ionnál, illetve a Cl^- -t leszámítva a többi esetben is, melyeknél - a Mg^{2+} -ot kivéve - az augusztusi esőzések további kis mértékű növekedést eredményeznek. Feltehetően a november-decemberi, továbbá januári havazás és azt követő hóolvadás következtében a Ca^{2+} -nál és a HCO_3^- -nál is először csökkenés, majd nagyobb koncentráció-növekedés és újabb csökkenés tapasztalható, ami a Mg^{2+} -nál, és kis mértékben a Na^+ , Cl^- és SO_4^{2-} ionoknál is felfedezhető. Február második felében szembeűnőek a Ca^{2+} , Mg^{2+} és NO_3^- esetében hirtelen alacsony, majd magas értékek, illetve az addig állandó K^+ -nál is látszik kisebb eltérés: feltehetően megzavart minta, vagy esetleg mérési hiba lehet a háttérben.

9.4 Összehasonlító értékelés

A csepegés intenzitása az időbeli változékonyság mellett mérőhelyenként is nagyon változó. Legintenzívebb és állandóan, egyenletesen nagy mennyiségű az Óriás-folyosóban, ahol már 3-4 nap alatt összegyűlhet a 22 liter (!) mennyiségű víz, a legkevésbé intenzív, K^+ pedig a Virágoskertben, ahol 3-4 hónap (!) alatt gyűlik össze 1-1,5 liter - éppen elemezhető - mennyiség (ezért kellett a mérések megkezdése után két hónappal bővíteni, pontosabban helyettesíteni az intenzívebb csepegésűnek bizonyuló Virágoskert-Hosszú-lejtő edényének behelyezésével). Az előbbinél már az intenzitás alapján is feltételezhető az antropogén módon, csővezetékéből (véltetően vízvezetékéből) történő hozzáfolyás. A Pettyes-terem és az Örvény-folyosó edénye általában egyenletesen telik, és jellemző a magas csepegéshozam (általában 11 liter/hét). Hasonló a helyzet a Csengő-teremnél is, azonban itt már előfordulnak kisebb csepegésintenzitású időszakok is. A Virágoskert-Hosszú-lejtő csepegése már kevésbé intenzív, de még aránylag rendszeresen összegyűlik 4-5 liter mennyiség hetente. A Halál edénye - amennyiben nem szólnak közbe emberi vagy egyéb tényezők - is hetente 5 liter vízzel telik meg, de sok esetben vagy az előbbieket, vagy a csepegés intenzitásának csökkenése, esetleg szünetelése miatt egyáltalán nem, vagy csak nagyon kevés víz csepeg bele. A 2007. november eleji áthelyezést követően, szerencsére, szinte folyamatos, a heti 5 liter összegyűlt vízmennyiség. A Hópalotánál szinte teljesen egyenletes intenzitással az előbbiekhöz képest kevés: 0,5-1 liter víz csepeg hetente, ezért általában csak kéthetente lehetett elemezhető mennyiségű vizet gyűjteni. Az Április 3.-folyosócsepegés mennyisége nagyon változó: a heti 0,5 litertől 5 literig a begyűjthető víz mennyisége széles határok közt ingadozik (néha a rosszul visszahelyezett edény vagy tölcser miatt nem csepegett bele elég víz).

A Szemlő-hegyi-barlang csepegővizeinek kémhatása összességében 6,5 és 7,6 szélső értékek között változik, tehát semlegesnek mondható.

A víz hőmérséklete a barlangban befelé haladva általában kis mértékben emelkedik (kiépített szakasz: minimum: 12,8-13,4 °C, maximum: 15,5 °C; kiépítetlen

szakasz: minimum: 13,5 °C, maximum: 15,7°C). Érdekes, hogy 2005-ben a többi évhez képest, alacsonyabb hőmérséklet volt mérhető. A levegő hőmérsékletét a kiépített részen, a Virágoskertenél, a kiépítetlenennél, pedig az Április 3.-folyosóban állandóra kihelyezett higanyos hőmérővel mértem. Az előbbinél általában jellemző, hogy 1 °C-kal hűvösebb a víz hőmérsékleténél. A kiépítetlen részen, vagyis beljebb a barlangban már általában 1,5 °C-kal hűvösebb a levegő a víz hőmérsékleténél. Ez az eltérés azonban kalibrációs különbségekből is adódhat!

A vezetőképesség értékek és a TDS (összes oldott anyag [mg/l], ez esetben a 8 elemzett ion) értékek mennyisége és változása szorosan összefügg egymással (nagyobb vezetőképesség → több TDS). A 9.39 ábrán az összkoncentráció arányosan hasonlítható össze az egyes mérőhelyek vízmintáinak középértéke [meq/l].

A legmagasabb elektromos vezetőképesség és TDS a Pettyes-teremnél mérhető, ezt követi, szinte azonos értékekkel az Örvény-folyosó és a Csengő-terem, majd az Óriás-folyosó. Eltérés mutatkozik a vezetőképesség és a TDS értékekben a Halál és a Hópalota csepegőhelyeknél. A Halálnál a magasabb elektromos vezetőképességhez alacsonyabb TDS, a Hópalotánál pedig az alacsonyabb vezetőképességhez magasabb TDS értékek tartoznak. Ez a fordított helyzet a többi helyszín vízmintáinál nem jelentkezik. A Gombszaggató tavának összes ion koncentrációja a Halálléval mutat hasonlóságot. Az Április 3.-folyosó és a Virágoskert vezetőképesség, illetve TDS értékei közel azonos nagyságúak, a Virágoskert-Hosszú-lejtő értékei, pedig az összes helyszín közül a legalacsonyabbak.

Az elemzett ionok csepegőhelyenkénti megoszlásában szembevetendő a karsztvizekre általában jellemző Ca^{2+} , Mg^{2+} és HCO_3^- mellett általában magas arányban megjelenő, Na^+ Cl^- , SO_4^{2-} és NO_3^- (TÉRKÉPMELLÉKLET 12., 9.39 ábra). A K^+ minden esetben csak nagyon kis mennyiségben található. Amíg az előző ionok általában természetes eeredetűek, az utóbbiak inkább antropogén forrásból származnak. Ez alól kivétel a SO_4^{2-} , melynek forrása lehet természetes és mesterséges is.

A kationok mennyiségének alakulásában a Ca^{2+} -nak minden mérési helyszínen meghatározó szerepe van, ezzel szemben a Mg^{2+} jóval kisebb arányban van jelen. A Na^+ jelentősége az egyes helyszínek között nagyon eltérő. Jelentősebb koncentrációban van jelen a Pettyes-terem, az Örvény-folyosó, az Óriás-folyosó, illetve kisebb arányban a Csengő-terem és a Halál vízmintáiban. A többi mintánál (Virágoskert, Virágoskert-Hosszú-lejtő, Hópalota és Április 3.-folyosó, illetve a Gombszaggató tava) a Ca^{2+} és Mg^{2+} ionokhoz képest csak jelentéktelen koncentrációban észlelhető.

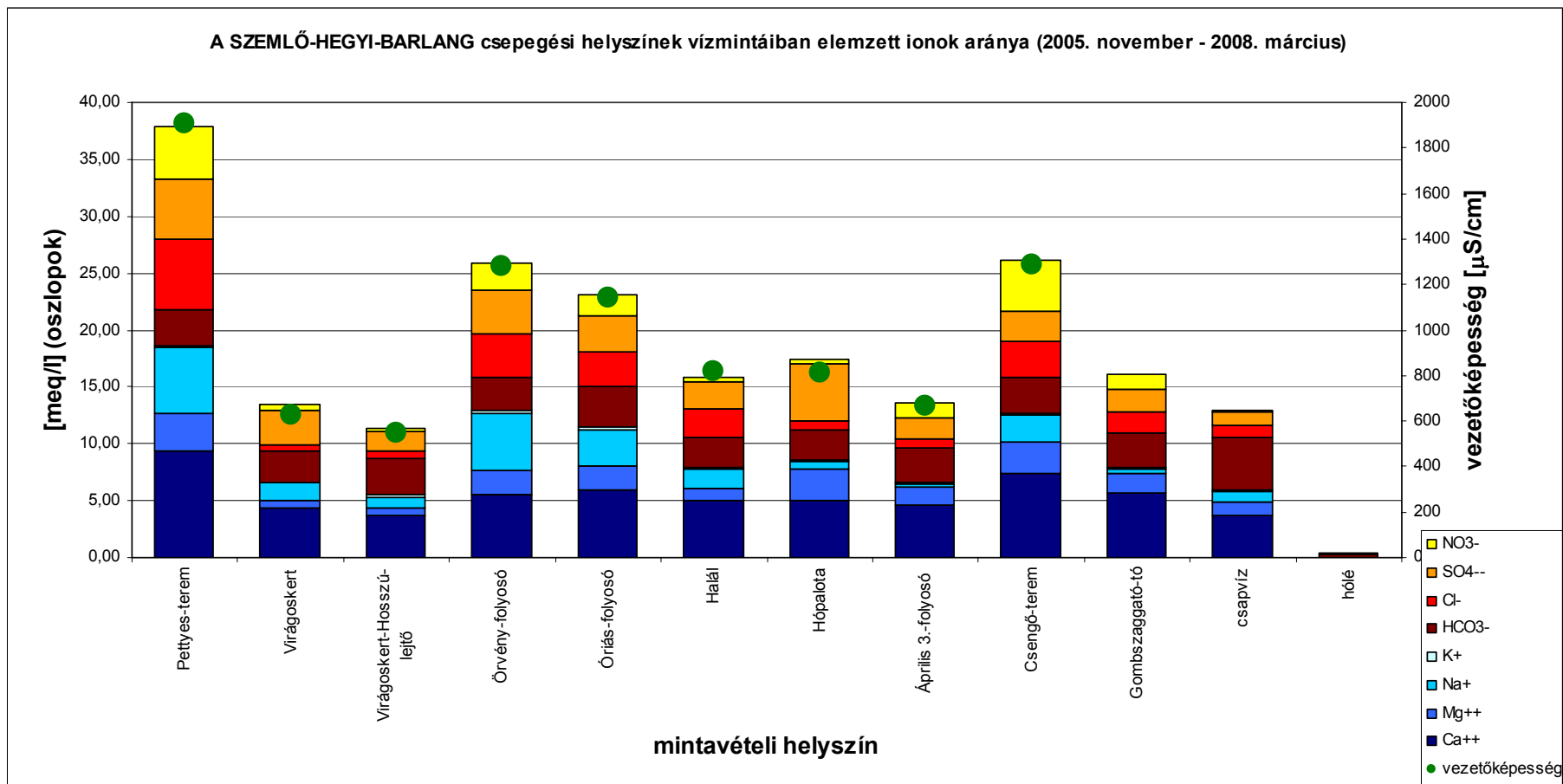
Az anionok mennyiségében a HCO_3^- általában az előbbi Ca^{2+} -hoz képest kisebb arányban van jelen, ugyanakkor vízmintánként eltérő mértékben, de nagyobb szerepet játszhat a Cl^- , SO_4^{2-} és a NO_3^- . A Virágoskert és Virágoskert-Hosszú-lejtő helyszíneknél a HCO_3^- fordul elő a legnagyobb arányban, azonban mellette a SO_4^{2-} is szinte azonos jelentőséggel bír. A Hópalotánál ellenkező arány figyelelhető meg: SO_4^{2-} mennyisége a HCO_3^- -nál kicsit magasabb. Ezeknél a helyszíneknél a Cl^- és a NO_3^- nagyon kis mennyiségben van jelen, az utóbbi a Virágoskert-Hosszú-lejtőnél és a Hópalotánál szinte teljesen hiányzik. Az Április 3.-folyosónál a HCO_3^- aránya hasonlóan magas, azonban a SO_4^{2-} kisebb mennyisége mellett a NO_3^- koncentrációja az előzőekhez képest már jelentősebb. A Halálnál szinte fordított a helyzet: a HCO_3^- , SO_4^{2-} és Cl^- egyenlő arányai mellett a NO_3^- szinte teljesen hiányzik. A Gombszaggató-tónál, pedig a HCO_3^- -hoz képest a SO_4^{2-} , Cl^- és NO_3^- kisebb mennyiségben és nagyjából egyenlő arányban van jelen. Az ionok aránya alapján az Április 3.-folyosóval mutat hasonlóságot, az összetevők azonban magasabb koncentrációértékekkel rendelkeznek. A Pettyes-terem, Örvény-folyosó, Óriás-folyosó és Csengő-terem esetében a HCO_3^- ion aránya már jóval

kisebb a másik három anionhoz képest. Ezek közül a HCO_3^- az Óriás-folyosóban játszik még legnagyobb szerepet, ahol a SO_4^{2-} és Cl^- részaránya szinte azonos, a NO_3^- kevesebb. Az Örvény-folyosónál is megfigyelhető a HCO_3^- -hoz és NO_3^- -hoz képest a Cl^- és SO_4^{2-} hasonló, nagyobb mennyisége. A Pettyes-terem vízmintáiban a Cl^- részaránya a legnagyobb, és ezt követi a SO_4^{2-} és NO_3^- egyenlően magas mennyisége. A Csengő-teremnél a NO_3^- a többi csepegőhelyhez képest is kiugróan magas részarányt mutat, a HCO_3^- és a Cl^- hasonló mennyiségben van jelen, a SO_4^{2-} kevesebb. A kationok és anionok fenti részarányai alapján az utóbbi négy csepegőhely feltehetően erősen magas antropogén befolyás alatt áll.

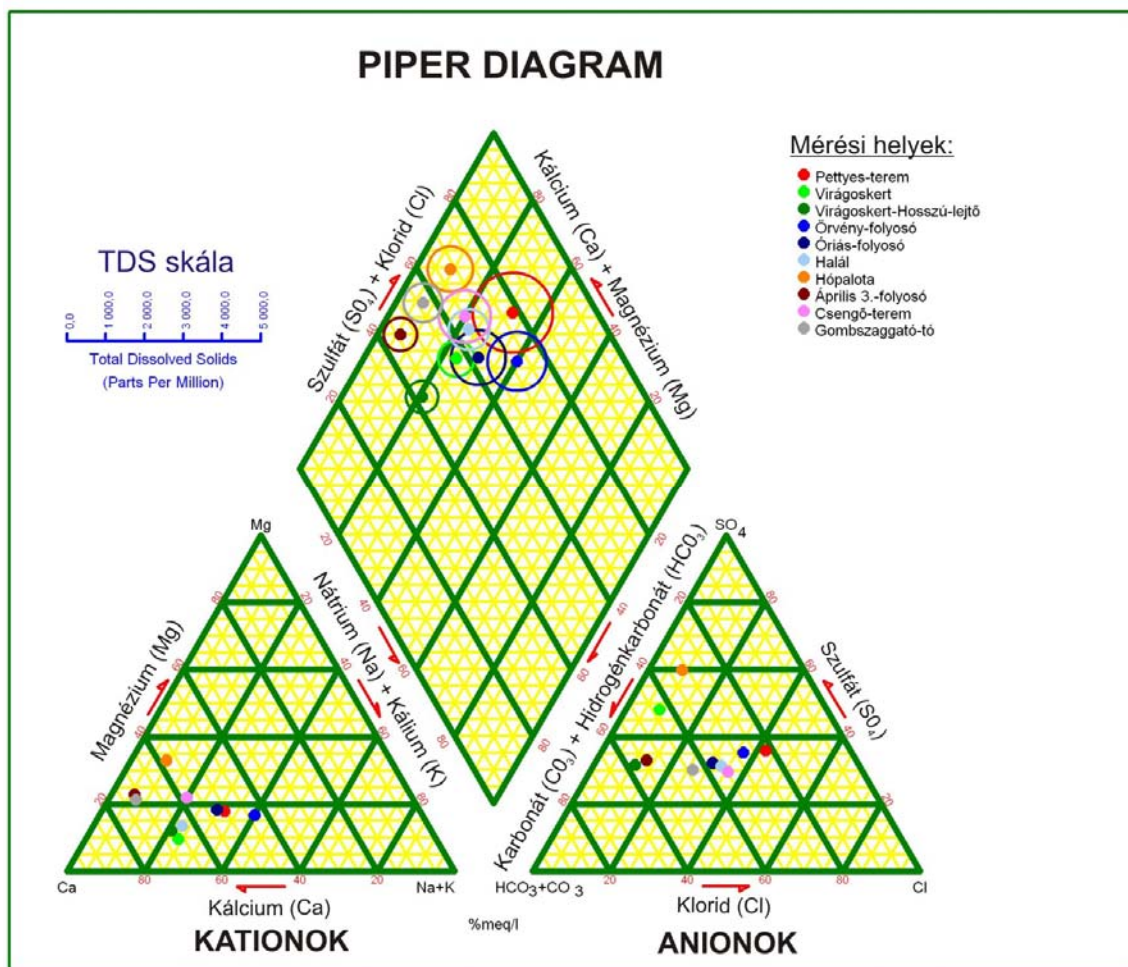
Összehasonlításként a csapvízben mért ionok aránya leginkább a Virágoskert-Hosszú-lejtő ionarányához hasonlít. A csepegőhellyel ellentétben több Mg^{2+} és HCO_3^- iont, illetve kevesebb SO_4^{2-} -t tartalmaz, NO_3^- pedig nem mutatható ki belőle. Ez utóbbi iont leszámítva az Április 3.-folyosó vízmintájának összetétele is nagyon hasonló.

2006. februárban és márciusban havazást követően egy-egy alkalommal összegyűjtött, majd felolvasztott hó olvadékát is megvizsgáltam. Kis mennyiségben Ca^{2+} és Mg^{2+} , valamint aránylag jelentősebb HCO_3^- volt mérhető, a többi ion koncentrációja kimutatási határ alatt maradt.

A *Stiff diagramról* (9.40 ábra) lényegében a fenti megállapítások olvashatók le, azzal a különbséggel, hogy a diagram jellegéből adódóan a Na^+ és a K^+ együtt ábrázolása, valamint a NO_3^- értékek hiánya nem a vízminták valódi összetételét és ionarányait mutatja. A sokszögek alakja és mennyiségi hasonlósága azonban látványosan mutatja az adott, ábrázolható ionok fent részletezett arányait. A Gombszagató-tó és az Április 3.-folyosó polygonok alakja egymáshoz nagyon hasonlít.



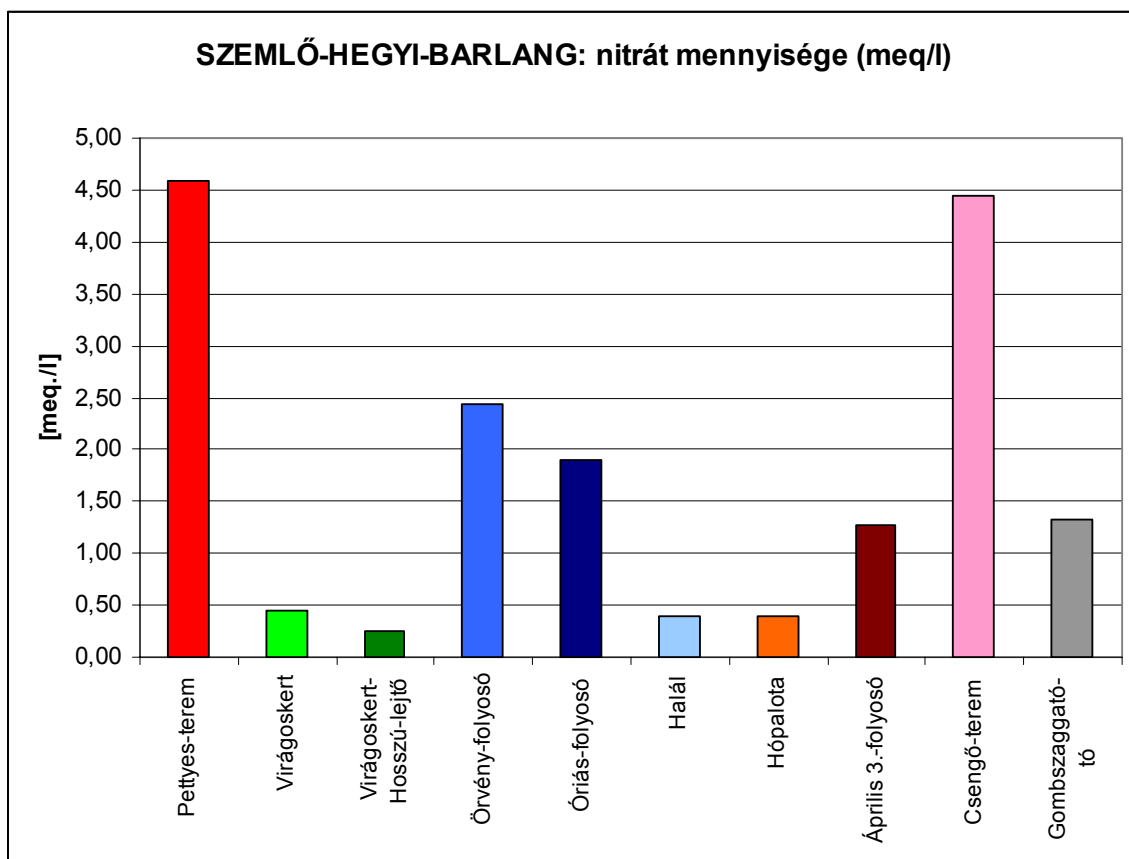
9.39 ábra: Vízminták meq/l és fajlagos elektromos vezetőképesség középértékeinek összehasonlítása



9.41 ábra: Vízminék összetételének ábrázolása Piper diagramon

A Piper diagram (9.41 ábra) sajátosságaiból adódóan az egyes vízminék összetételük alapján a háromszög vagy trapéz különböző részein helyezkednek el, továbbá a körök sugarának nagysága megmutatja az adott vízminék ionkoncentrációját is (TDS). Látható, hogy a Pettyes-terem, valamint az Örvény-folyosó, Óriás-folyosó és Csengő-terem magasabb, a Virágoskert, Virágoskert-Hosszú-lejtő és az Április 3.-folyosó alacsonyabb koncentráció értékekkel rendelkezik (azonban ebben nincsenek benne a NO₃⁻ értékek!). A Hópalota vízminékja összetétel alapján távol a Na⁺ és Cl⁻ csúcsaitól, a magas Ca²⁺ és HCO₃⁻, valamint SO₄²⁻ arányok részeiben foglal helyet. Hasonló megállapítások mondhatók a Virágoskert és a Virágoskert-Hosszú-lejtőre is, azonban ezek kicsit alacsonyabb SO₄²⁻ és Mg²⁺, és magasabb HCO₃⁻ és Ca²⁺ értékekkel rendelkeznek. A Gombszaggató-tó mintája a bal alsó háromszögben szinte megegyezik az Április 3.folyosó összetételével, a középsőn kisebb SO₄²⁻ értékekkel a Hópalotához hasonlít, a jobb alsó háromszögben pedig a magasabb Cl⁻ értékek miatt közepén helyezkedik el. Az Április 3.-folyosó mintája a középső diagramon a tóhoz képest alacsonyabb SO₄²⁻, az anionok háromszög diagramján pedig alacsonyabb klorid értékkel rendelkezik, a kationok háromszögdiagramján azonban a két minta azonos összetételt mutat. A Csengő-terem és a Halál összetétele alapján - a NO₃⁻-ot nem számítva (!) - mindhárom diagramon egy helyen található, az ionok arányában tehát nagy hasonlóság van (magas Ca²⁺ és Na⁺, alacsony Mg²⁺, és közepes mennyiségű

HCO₃⁻, Cl⁻ és SO₄²⁻ értékek jellemzik). A Csengő-teremhez hasonlóan nagy ionkoncentráció figyelhető meg az Örvény- és Óriás-folyosó mintájánál is, a Pettyes-terem pedig még magasabb értékkel rendelkezik. Közös jellemzőjük az általánosan alacsonyabb HCO₃⁻ és Ca²⁺–Mg²⁺, illetve ezzel szemben a magasabb Cl⁻ és Na⁺ mennyiség. Ez a megállapítás az anionok háromszögdiagramján a Pettyes-terem, a kationok diagramján pedig az Örvény-folyosó vízmintája esetében fokozottan érvényes.

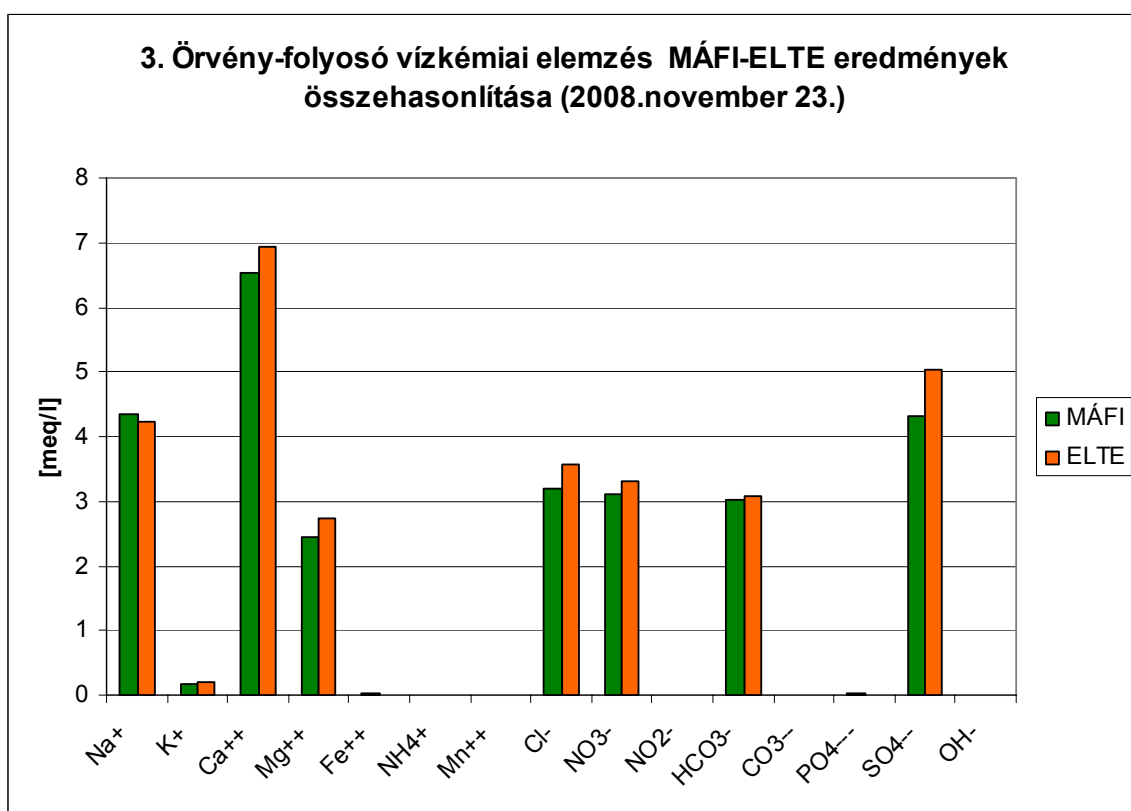


9.42 ábra: Vízminták NO₃⁻ mennyiségének ábrázolása

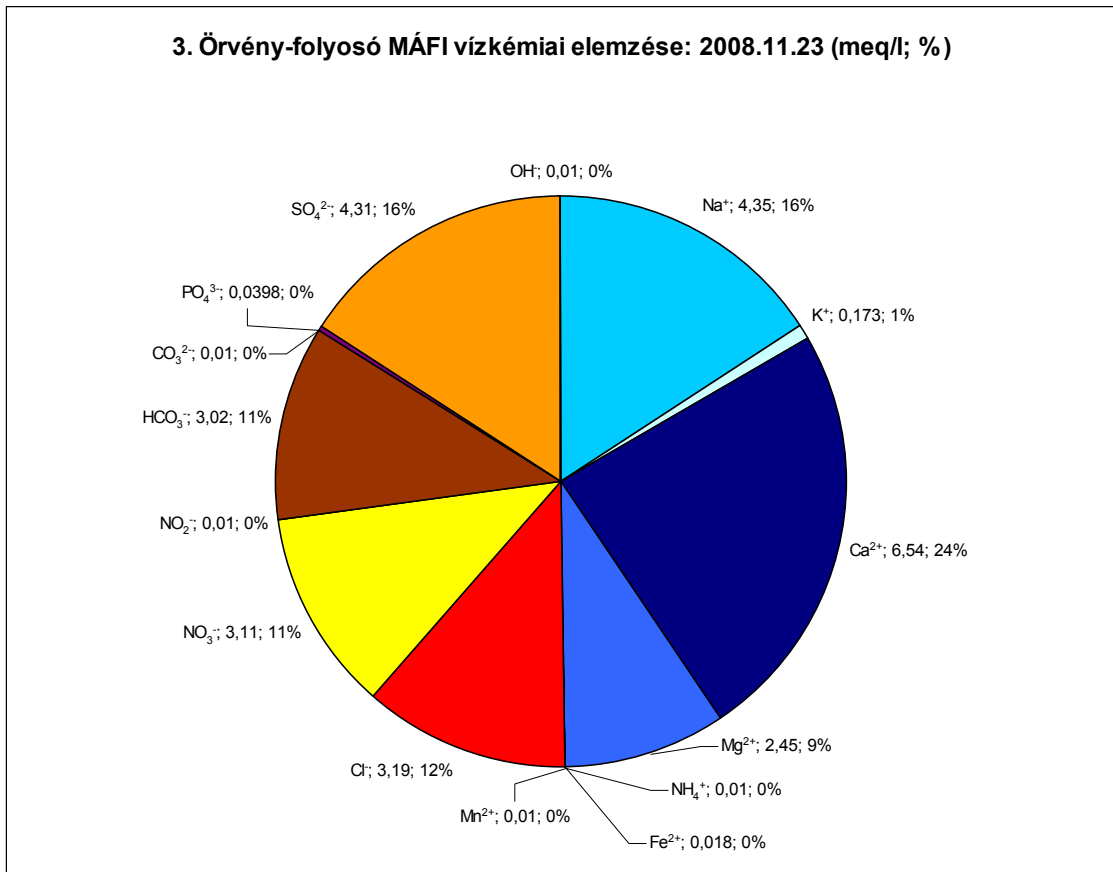
A Piper és Stiff diagramokból – jellegükből adódóan, mivel csak főionokat ábrázolhatók – *kimaradtak a NO₃⁻ értékei*, amelyek azonban a Szemlő-hegyi-barlang csepegővizei közül adott minták esetében meghatározó jelentőséggel bírnak (9.42 ábra). A Pettyes-terem és a Csengő-terem mintája kiugróan magas koncentrációval, az Örvény-folyosó és az Óriás-folyosó mintája már alacsonyabb, de még jelentős NO₃⁻ értékekkel jellemezhető. Az Április 3.-folyosó és a Gombszaggató-tó már jelentősebb kevesebb, a Virágoskert, Virágoskert-Hosszú-lejtő, Halál és Hópalota vízmintája pedig elhanyagolható mennyiségű NO₃⁻-ot tartalmaz.

A MÁFI és ELTE-TTK Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék laboratóriumában az Örvény-folyosó mérőhelyéről 2008. november 23-án vett vízmintából készült elemzések eredményeinek összehasonlítása a 9.43 ábrán tanulmányozható.

A mintavétel eltérő körülmények között (edények, tartósítás), a mérés különböző módszerekkel történt (MÁFI: ICP: Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , PO_4^{2-} , SO_4^{2-} ; SP: NH_4^+ ; IC: Cl^- , NO_3^- , NO_2^- ; HCO_3^- : CaO -keménységből számított; ICP-AES: nyomelemek). Az ELTE módszereivel (például titrimetria) nagyobb pontosság érhető el, adott ionokra általában nagyobb mennyiségeket mértek, kivétel a Na^+ , ami a MÁFI-nál több. A fajlagos elektromos vezetőképesség ($1420 \mu\text{S}/\text{cm}$) és a pH (7,3) mért értékeinél lényegi különbség nem tapasztalható. Az adatsorom használható az egyes mérőhelyek közti különbségek és az adott mérőhelyen belüli időbeli folyamatok összehasonlítására.

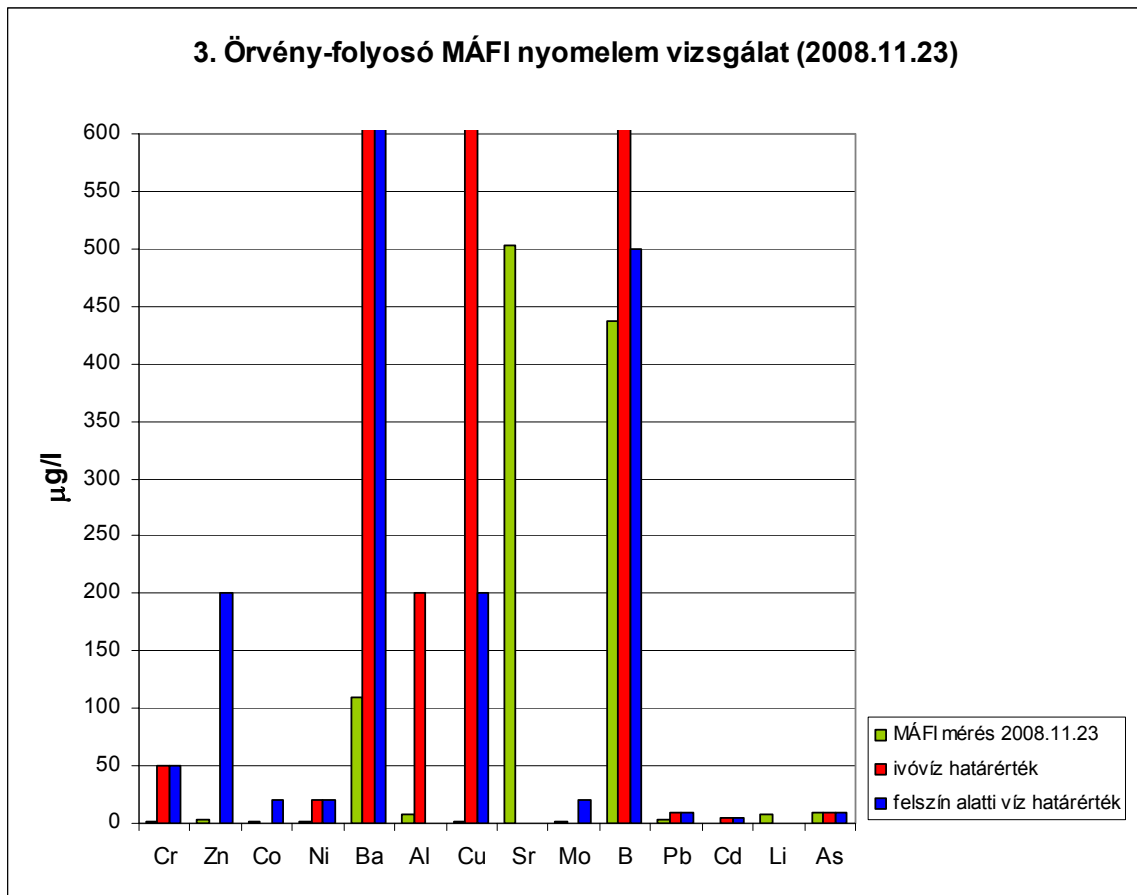


9.43 ábra: Örvény-folyosó vízmintájának összehasonlító elemzése (MÁFI-ELTE)



9.44 ábra: Örvény-folyosó vízmintájának fő ion-összetétele a MÁFI elemzése alapján

A diagramból (9.44 ábra) látszik, hogy az általam is folyamatosan elemzett fő kationok és anionok (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻) határozzák meg a csepegővíz minőségét. A kationok közül legnagyobb mennyiségben a Ca²⁺ van jelen, azt követi a Na⁺, Mg²⁺ és végül a K⁺. Az anionok közt a SO₄²⁻ kicsit magasabb mennyiségéhez képest a HCO₃⁻, Cl⁻ és NO₃⁻ szinte azonos koncentrációval jellemezhető. A többi elemzett ion a K⁺ nagyon kis mennyiségéhez képest is egy nagyságrenddel kisebb vagy kimutatási határ alatt van: Fe²⁺: 0,02 meq/l, NH₄⁺ és Mn²⁺: 0,01 meq/l, PO₄³⁻: 0,04 meq/l, NO₂⁻, CO₃²⁻ és OH⁻: 0,01 meq/l.

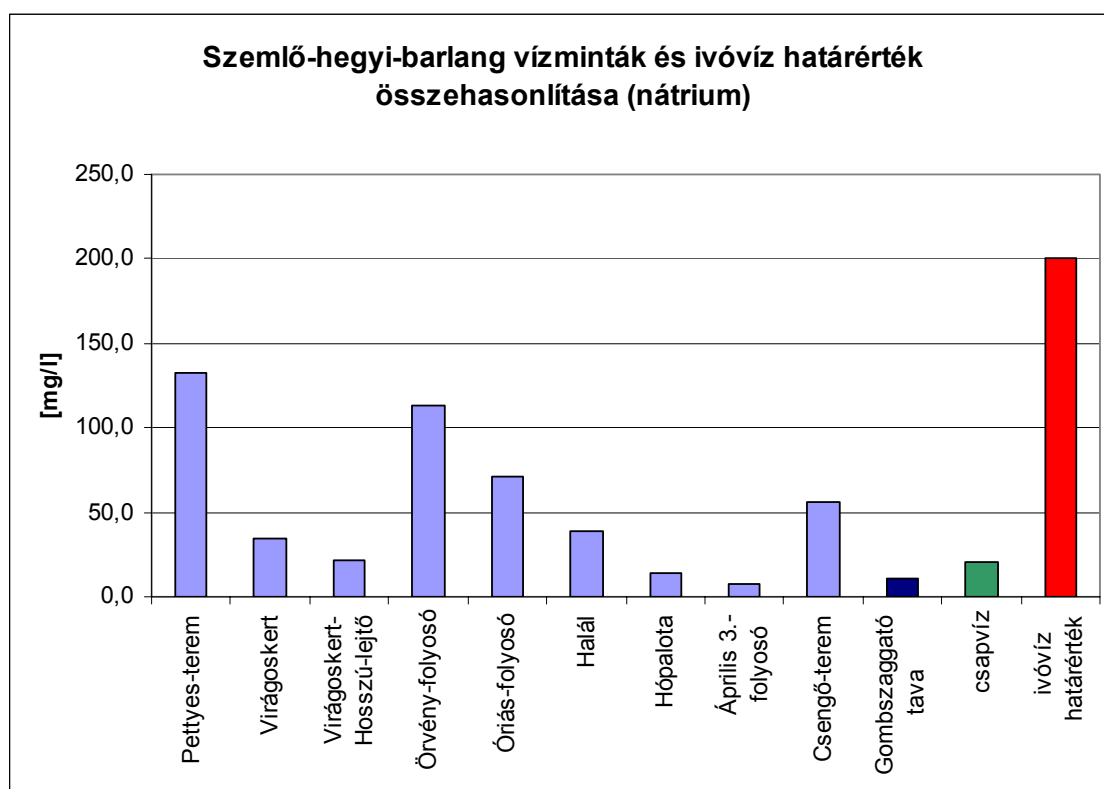


9.45 ábra: Örvény-folyosó vízmintájának nyomelem összetétele a MÁFI elemzése alapján, összehasonlítva az ivóvíz és felszín alatti vizekre érvényes határértékekkel

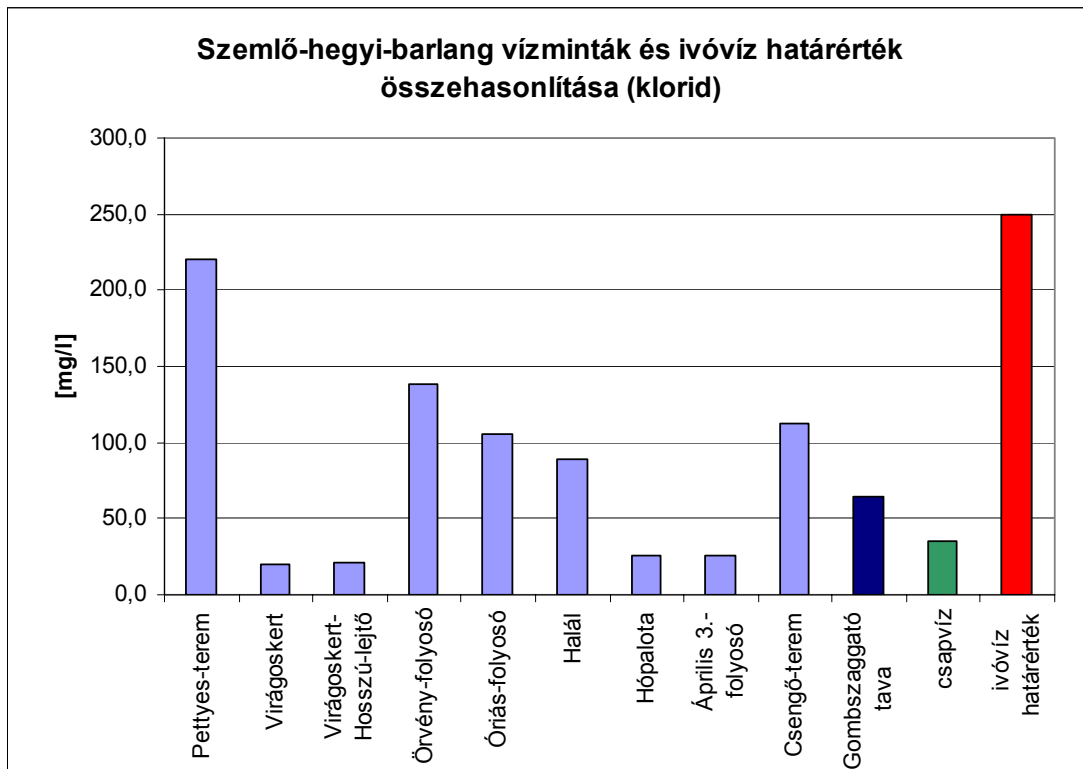
Az ICP-AS nyomelemvizsgálat eredményeit összehasonlítva az ivóvíz és a felszín alatti vizekre vonatkozó határértékekkel (201/2001. X. 25. Korm. rendelet 1. sz. Melléklet; ZIHNÉ PERÉNYI K. 2008) az alábbi megállapítások tehetők (9.45 ábra): az arzén nagymértékben megközelíti mindkét határértéket, a bór pedig a felszín alatti vizek határértékét. A Szemlő-hegyi-barlang vízmintájában nagyobb mennyiségben kimutatható a stroncium, a bárium és a bór. A stroncium és a bárium a kalcium mellett előfordulhat nagyobb mennyiségben, illetve helyettesítheti azt. Mivel az Örvény-folyosónál (is) a Ca^{2+} a domináns kation, e nyomelemek nagy mennyisége természetes hatás eredménye. A Sr - a Ca^{2+} ionhoz hasonlóan - feltételezhetően a karbonátos fedőkőzetből (Budai Márgából /Szépvölgyi Mészköből) oldódhat ki nagyobb mennyiségben.

A vízméréseim eredményeiből a Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- ionok mediánjait (mg/l) összehasonlítottam a jelenleg érvényben lévő ivóvíz határértékekkel (201/2001. X. 25. Korm. rendelet 1. sz. Melléklet). A nátrium 200 mg/l mennyiségét megközelíti a Pettyes-terem és Örvény-folyosó, és kisebb mértékben az Óriás-folyosó és Csengő-terem koncentrációja (9.46 ábra). A klorid ion 250 mg/l értékével szinte megegyezik a Pettyes-teremben mért koncentráció, de kisebb mértékben megközelíti az Örvény-folyosó, Óriás-folyosó és Csengő-terem, valamint a Halál is (9.47 ábra). A Gombszaggató tava és a csapvíz esetében az előzőhöz képest már jelentősebb mennyiségben jelentkeznek. A szulfát ion szintén 250 mg/l értékét az eddigiekhez képest a többi csepegőhely vize is jóval nagyobb arányban megközelíti. A Pettyes-terem

értéke meghaladja, a Hópalotáé pedig majdnem eléri ezt az értéket (9.48 ábra). Ennek oka - főleg az utóbbi esetben - a szulfát természetes feldúsulásában kereshető. Ugyanakkor antropogén hatás: csatornaszivárgás, permetezés következtében is kerülhet be a vízbe szulfát. A nitrát határértéke az ivóvízre nézve 50 mg/l. A Pettyes-terem és a Csengő-terem vízmintáinál 5,5–6x nagyobb koncentrációt mértem! Az Örvény-folyosó 3x, az Óriás-folyosó 2,5x, az Április 3.-folyosó és a Gombszaggató tavának vize pedig az ivóvízben megengedetthez képest 1,5x több nitrátot tartalmaz (9.49 ábra).



9.46 ábra: Vízminták nátrium ion koncentrációjának összehasonlítása az ivóvíz határértékkel



9.47 ábra: Vízminták klorid ion koncentrációjának összehasonlítása az ivóvíz határértékkal



9.48 ábra: Vízminták szulfát ion koncentrációjának összehasonlítása az ivóvíz határértékkal



9.49 ábra: Vízminták nitrát ion koncentrációjának összehasonlítása az ivóvíz határértékkel

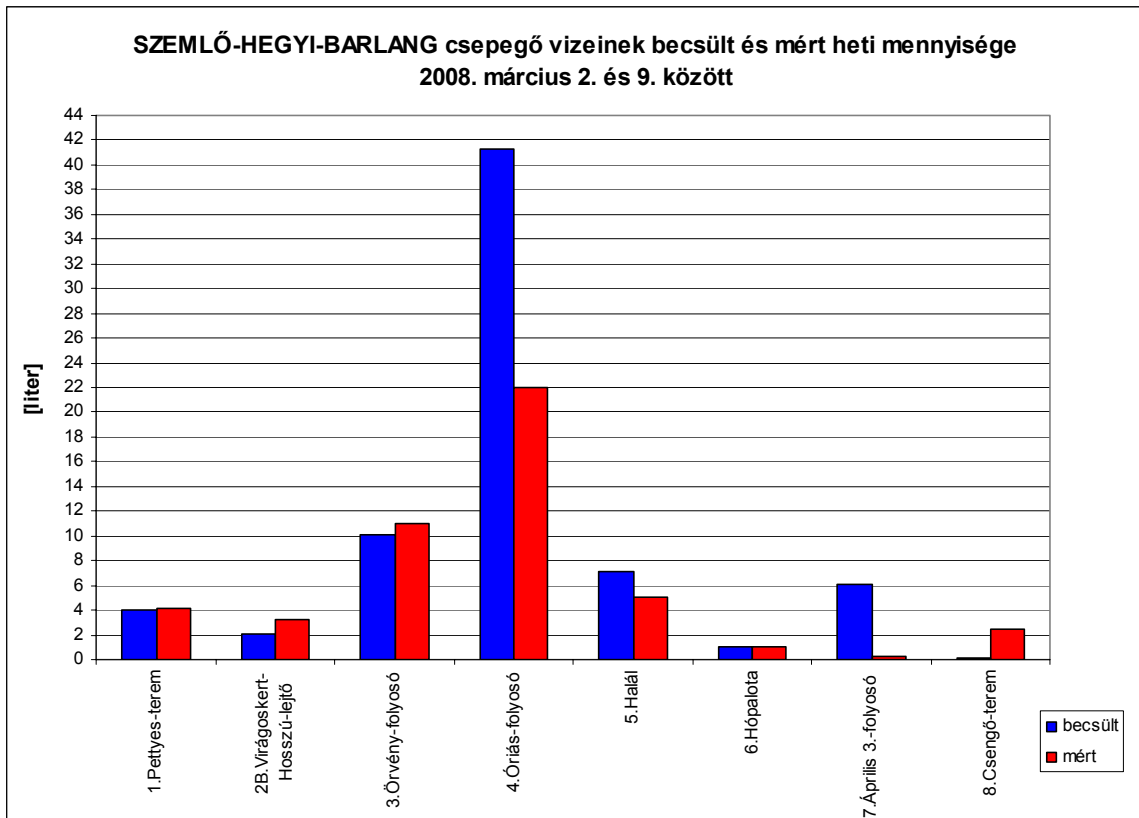
2008. március 2-án minden csepegésmérő helyszínen rövid idő alatt megfigyelhető paramétereket vizsgáltunk: megszámláltuk, 10 perc alatt hány csepp gyűlik össze, és egy kis mérőhengerben (10 cm^3) megmértük az ez idő alatt összegyűlt vízmennyiséget (ml). A mérések eredményeit helyszínenként az alábbi táblázatban összesítettem, továbbá különböző számításokat, átváltásokat végeztem a mennyiségre vonatkozóan (10. táblázat).

Megfigyeltem, hogy egy hét alatt mennyi víz gyűlik össze a valóságban. A kiépített részen naponta jártam leolvasni, így aránylag pontos napi mennyiség értékekkel számolhatok. Az össz mennyiségből kiszámoltam a napi hozamokat, és az egy hét alatt összegyűlt vízmennyiségekkel együtt összehasonlítottam a cseppszámlálás módszerrel kapott értékekkel (9.10 táblázat). A heti várható és valóságban mért mennyiségek összehasonlítása a 9.50 ábrán látható. (A Virágoskertnél 10 perc alatt semmi nem csepegett, ezért ott nem tudtam alkalmazni e vizsgálatot.) A Pettyes-terem, az Örvény-folyosó és a Hópalota esetében szinte teljesen pontosan, a Virágoskert-Hosszú-lejtőnél és a Halálnál kisebb eltéréssel szinte megegyezik a csepegésszámlálás alapján becsült és a valóságban mért vízmennyiség. Az Óriás-folyosó és az Április 3.-folyosó esetében túlbecslés, a Csengő-teremnél meg ennek ellentéte tapasztalható (az utóbbinál a méréskor a szokásosnál jóval kevesebb víz csepegett!). A csepegések általában nem egyenletesek, nem lehet 10 perces mérés alapján az egész hetes mennyiségre következtetni, és fordítva is igaz: az egy hét alatt mért mennyiség nem feltétlenül naponta egyenletesen gyűlt össze. Lehetnek intenzívebb és kevésbé intenzíven csepegő időszakok. Érdekes, hogy az Óriás-folyosó egyenletes csepegésűnek gondolt pontján a várthoz képest majdnem csak feleannyi mennyiség volt

mérhető. Ugyanakkor az Április 3.-folyosóban, pedig az átlagosnál és a vártnál is jóval kevesebb mérhető mennyiség volt, ami nem biztos, hogy a csepegés intenzitását tükrözi.

2008.03.02	Csepegésintenzitás (cseppszám/10 perc) és mennyiségének (ml)								
	1	2A	2B	3	4	5	6	7	8
cseppek száma / 10 perc	45	0	22	47	220	38	6	30	8
cseppek összmennyisége (ml) / 10p	4	0	2	10	41	7	1	6	0,1
cseppek száma / perc	4,5	0	2,2	4,7	22,0	3,8	0,6	3,0	0,8
cseppek száma / óra	270		132	282	1320	228	36	180	48
cseppek száma / nap	6480		3168	6768	31680	5472	864	4320	1152
cseppek száma / hét	45360		22176	47376	221760	38304	6048	30240	8064
cseppek összmennyisége / perc (ml)	0,4	0	0,2	1,0	4,1	0,7	0,1	0,6	0
cseppek összmennyisége / óra (ml)	24,0		12,0	60,0	246,0	42,0	6,0	36,0	0,6
cseppek összmennyisége / nap (ml)	576,0		288,0	1440,0	5904,0	1008,0	144,0	864,0	14,4
cseppek összmennyisége / hét (ml)	4032,0		2016,0	10080,0	41328,0	7056,0	1008,0	6048,0	100,8
cseppek összmennyisége / nap (dl)	5,76		2,88	14,40	59,04	10,08	1,44	8,64	0,14
cseppek összmennyisége / hét (dl)	40,32		20,16	100,80	413,28	70,56	10,08	60,48	1,01
cseppek összmennyisége / nap (l)	0,58		0,29	1,44	5,90	1,01	0,14	0,86	0,01
cseppek összmennyisége / hét (l)	4,03		2,02	10,08	41,33	7,06	1,01	6,05	0,10
TAPASZTALT:									
2008.03.03	0,8	0,01	0,5	1,9	11,5				
2008.03.04	1,1	0,02	0,9	3,3	16,5				
2008.03.05	1,9	0,02	1,5	5,0	20,0				
2008.03.09	4,1	0,03	3,3	11,0	22,0	5,0	1,0	0,2	2,5
SZÁMOLT NAPI HOZAM:									
2008.03.03	0,80	0,010	0,50	1,90	11,50				
2008.03.04	0,30	0,010	0,40	1,40	5,00				
2008.03.05	0,80	0	0,60	1,70	3,50				
2008.03.09	0,55	0,003	0,45	1,50	0,50	0,71	0,143	0,029	0,357

9.10 táblázat: Csepegőhelyek csepegésintenzitás értékeinek és a csepegésszámlálás eredményeinek számolása és összehasonlítása



9.50 ábra: Csepegőhelyek csepegésintenzitás értékeinek és a csepegésszámlálás eredményeinek összehasonlítása

10. Következtetések

10.1 Értelmezés

A Szemlő-hegyi-barlang közvetlen környezetére vonatkozóan értékelt felszínközeli földtani adatok alapján, a Szépvölgyi Mész-köböl és Budai Márgából felépülő törmelékfedő részben epikarsznak minősíthető. Ahol az alapkőzet törmeléke agyagos, löszös mátrixban úszik, ott sem zárható ki a víz átszivárgása. A beszivárgást segíti, ha a törmelékzóna töbörkitöltés vagy beszakadás jellegű. A szálban álló Budai Márga és Szépvölgyi Mész-kő réteglapjai, illetve kőzethatára mentén is lehetséges a vízbejutás, de az ÉK-DNy, ÉNy-DK-i és az É-D, K-Ny-i szerkezeteknek is szerepe lehet a vízközvetítésben. A törmelékzóna beszivárgás továbbító funkcióját alapvetően a lassú feltöltődés-leürülés, de bizonyos helyeken a közvetlen átjárhatóság jellemzi. Az is egyértelműen látszik, hogy ez a zóna nem homogén, az egyes csepegési helyek eltérően viselkednek. Ezek a hatások a csepegés intenzitásában, a fajlagos elektromos vezetőképesség értékekben és az ionok mennyiségében, összetételében is jelentkeznek. A csepegővizek mennyiségét és kémiai összetételét sok helyen erős antropogén terheltség jellemzi, mely csővezeték szivárgásra, csatornázottság hiányára, vegyszerek használatára, útsózásra illetve a különböző anyagú feltöltésekre vezethető vissza, és módosíthatják, vagy felülírhatják a törmelékfedőben lejátszódó természetes folyamatokat.

A földtani felépítésből adódó anomáliák (például a Budai Márga törmelékfedőre jellemző pirit közbetelepülés) és az antropogén hatások, szennyezések (útsózás, csatornaszivárgás) befolyásolják a csepegő vizekben mért ionok mennyiségét, valamint a koncentráció időbeli változását is. A természetes csepegőhelyeken előforduló kisebb mennyiségű, de állandó koncentrációban jelenlévő antropogén ionok rámutatnak arra, hogy a szennyeződés a törmelékfedőben továbbterjedhet. A Budai Márgán a víz keresztülszivároghatva a Ca^{2+} és HCO_3^- mellett nagyobb mennyiségű szulfátot oldhat ki. Ez a természetes „szennyezés” befolyásolja a vízminták szulfátmennyiségét, amely tehát elsősorban nem antropogén, hanem természetes eredetű ionként jelentkezik. Tipikus példája ennek a Hópalota, ahol a Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- és SO_4^{2-} ionok időben azonos mértékben változnak és reagálnak a csapadék eseményekre. Az antropogén jellegű ionok: Cl^- , Na^+ és NO_3^- elhanyagolható mennyiségben vannak jelen. Kisebbségi SO_4^{2-} értékekkel, a HCO_3^- és a Ca^{2+} uralkodó mennyiségével hasonló antropogén ionarányok és mennyiségek mutatkoznak a beépítetlen terület (Barlang utca 10.) alatt húzódó Virágoskert és a Virágoskert-Hosszú-lejtő csepegőhelyeknél is. A fajlagos elektromos vezetőképesség értéke ezeken a helyszíneken a legalacsonyabb.

A Pettyes-teremnél magas kiemelkedően a TDS aránya, ugyanakkor az ionok időben és csapadékeseményekkel, valamint csepegésintenzitással együtt változása természetes beszivárgást feltételez. A nagy mennyiségű természetes és antropogén eredetű ion, illetve ezekkel együtt a fajlagos elektromos vezetőképesség változása alapján az ionok nyomjelzőként viselkednek, és a terület (nem helyi anyaggal történt) feltöltésére utaló információk alapján a törmelékfedő mintegy „mesterséges” epikarszként funkcionál.

Az Örvény-folyosó, Óriás-folyosó és Csengő-terem nagy koncentrációban tartalmaz antropogén eredetű: Cl^- , Na^+ és NO_3^- ionokat. Az előbbi két csepegőhelynél vélhetően az útsózás hatása a Cl^- és Na^+ évszakos mennyiség növekedésében mutatkozik. A Csengő-terem vizének NO_3^- tartalma egész évben magas és ingadozó koncentráció értékekkel jellemezhető. Az ivóvíz határértéket a csepegőhelyeken a szennyező ionok koncentrációja többszörösen is meghaladja (ezeken a helyeken közmű szivárgásból származó szennyező ion lehet a szulfát is). Az Április 3.-folyosó és az ezzel összefüggésben álló Gombszaggató-tó, valamint a Halál vízmintái átmenetet mutatnak a magasabb és az alacsony antropogén ion-koncentrációk között. A fajlagos elektromos vezetőképesség az összion mennyiséggel egyenes arányban változik.

Hasadékból csepegés jellemző az Óriás-folyosó, a Virágoskert-Hosszú-lejtő, a Halál, az Április 3-folyosó és a Csengő-terem mérőhelyénél (az utóbbi kettőnél kovás zónán keresztül). Vélhetően hasadékon keresztül szivárog a víz a Pettyes-terembe. Az Örvény-folyosó edénye egy kúrtóból gyűjti a vizet. A Hópalota edényébe törmelékzónán át szivárog a víz, a Virágoskertenél pedig a nagyon lassú csepegés valószínűleg a nagyon kis mértékű szivárgásnak, lecsapódó páranak tulajdonítható. A csepegés jellemzően egyik helyszínen sem teljesen egyenletes.

A fedőrétegek képesek a csapadék tározására. Ezt bizonyítják a fedőréteg feltöltődésével párhuzamosan tapasztalható növekvő, majd a leürüléssel együtt járó monoton csökkenő csepegés-intenzitás értékek. A tározási funkció mellett, a fedőréteg közvetlen átjárhatóságát jelzik az intenzív csapadékhullást követő – az előbbi trendre rátevődő – hozamkiugrások. Az erősen bolygatott felszínű helyeken, – mint a Pettyes-terem felett – a feltöltési és leürülési görbéken egy közvetlen víztovábbító hatás nyoma is jelentkezik, melyet az intenzív csapadékot követő időszakokban a kiugróan magas elektromos vezetőképesség értékek mutatnak.

Hóolvadás, illetve nagyobb esőzések hatása (késleltetés, pangó víz leürülése) jól megfigyelhető a Pettyes-terem, Virágoskert-Hosszú-lejtő, és Hópalota vízmintáinál, ahol a természetes beszivárgás uralkodik. Az Örvény-folyosó és az Április 3.-folyosó csepegővizeinél már árnyaltabb a kép, a Halál és a Virágoskert esetében pedig ennek eldöntéséhez kevés a rendelkezésre álló adat. Az öntözés és nagyobb mértékben a közműszivárgás hatással lehet a csepegés intenzitására, a csepegővíz mennyiségére, amely módosíthatja, vagy akár felül is írhatja a beszivárgó csapadékvíz hatását. Ez jellemző az Óriás-folyosó és a Csengő-terem mintáira. Az utóbbinál leginkább az állandóan magas értékeken ingadozó nitrát alapján csatorna szivárgása valószínű, és mivel a Barlang utcában nincs közcsatorna, vélhetően a Barlang utca 19. csatornájából juthat ki a szennyvíz. Ugyanakkor a többi ionra nézve évszakos hatás is jelentkezik. Az összes csepegőhely közül az Óriás-folyosóban a legnagyobb a csepegés intenzitása, átlagosan a 22 liter/hét mennyiségű víz gyűlik össze. Ez külső vízhozáfolyásra utal, leginkább a folyamatos vízvezeték szivárgás feltételezett. Az elektromos vezetőképeség és az ionok koncentrációja időben széles határok között változik. Ez adódhat a természetes és a hozzáfolyó víz különböző arányú keveredéséből, továbbá az emberi hatásokból származó nitrát, nátrium és klorid évszakonként eltérő érvényesüléséből. Vélhetően hasonló módon a csapadékvíz és a közműből szivárgó víz keveréke juthat be a barlangjáratokba a Csengő-teremnél is.

Összességében a legkisebb antropogén befolyásoltság a Virágoskert, Virágoskert-Hosszú-lejtő, valamint a Hópalota vízmintavételi helyein tapasztalható. A többi helyszínen nagyobb mértékű emberi hatás mutatkozik. A beépítettség és talajbolygatás mértéke, a területhasználat jellege és a közművek meghibásodásából adódó ivóvíz (Óriás-folyosó) vagy szennyvíz szivárgás (Csengő-terem) a csepegő vizek mennyiségére és minőségére is hatással van, és kisebb-nagyobb mértékben felülírja a természetes beszivárgás hatásait. A járatok viszonylag mélyen (35-45 méter) húzódnak a felszín alatt, azonban a földtani sajátosságokból (vetők és rétegdőlés) adódóan a felszíni szennyező anyagok a vízzel együtt közvetlenül is lejuthatnak a barlangjáratokba. Ugyanakkor a törmelékfedő tározó funkciójából adódóan felhigíthatja és csökkentheti ezek koncentrációját, azonban a felszín alá jutó víz és a csepegővizek mennyiségétől függően folyamatosan is tovább közvetítheti a barlangjáratokba.

10.2 Diszkusszió

10.2.1 Stabilizotóp-adatokkal történő összehasonlítás

A diplomamunkám során vizsgált barlangi csepegő vizek stabilizotóp-geokémiai vizsgálatát végeztük el együttműködve Siklósy Zoltánnal, a Magyar Tudományos Akadémia Geokémiai Kutatóintézetének munkatársával.

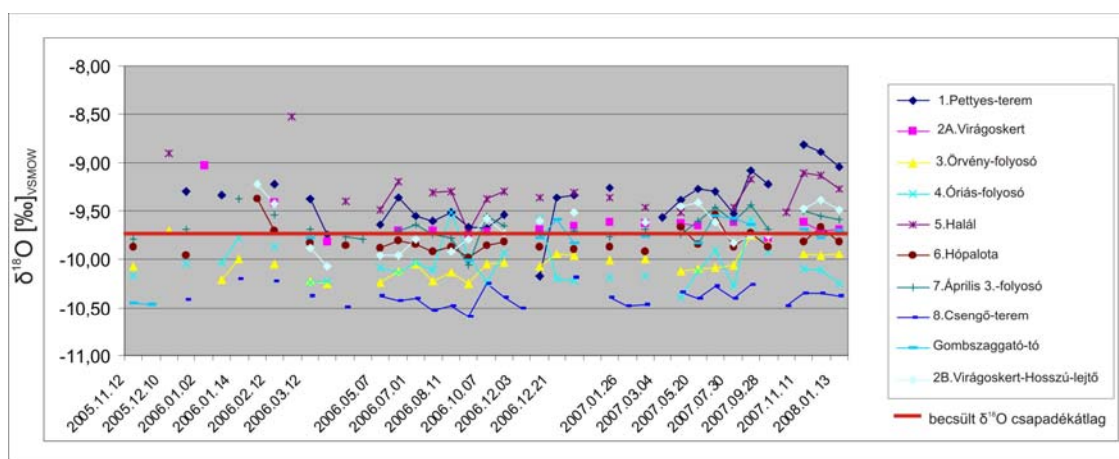
A stabilizotóp-geokémiában bevett technikákat és módszereket használva (HOEFS, J. 2004) a vízkémiai adatokat összevetettük ugyanazon mintákon mért oxigén- és hidrogénizotóp delta-értékekkel (SIKLÓSY et al. 2008; illetve részben még publikálatlan adatok). Jelen dolgozatban az oxigénizotópos adatok bemutatására és értelmezésére szorítkozom.

Célunk a beszivárgó vizek eredetének kutatása, illetve a beszivárgás során történő másodlagos folyamatok (például párolgás, hozzákeveredés) nyomkövetése volt. A városi környezet tovább bonyolítja a helyzetet, így esetleg mesterséges vízforrások is figyelembe kell venni, mint például az ivóvíz hálózat és szennyvíz csatornarendszer. A beszivárgó vizek *oxigénizotóp (illetve hidrogénizotóp) deltaértékének* vizsgálata a víz eredetére, összetételére és a beszivárgás során bekövetkező másodlagos folyamatokra nyújt információt. A csepegő vizek eredete természetes környezet esetén zömében az atmoszferikus csapadék (hó, eső, stb).

A vizek oxigénizotóp-összetételének megváltozását okozó *másodlagos* folyamatok (például a környező üledékes karbonát beoldása) nem tudnak számottevő $\delta^{18}\text{O}$ érték eltolódást okozni a kiindulási értékekhez képest, mivel a rövid beszivárgási idő és az alacsony hőmérséklet nem teszi lehetővé, hogy víz tömegarányához képest jelentős karbonát-hidrogénkarbonát oldódjon be. Az izotóparányokban jelentősebb eltolódást a párolgás, ill. az egyéb vizek hozzákeveredése okozhat.

Kilenc csepegőhelyről és egy állóvízből havonta egy alkalommal történt vízmintavétel, törekedve a lehetőség szerint egyenletes időközök betartására.

A vizsgált minták stabil-oxigénizotópos összetételét az alábbi diagram (10.1 ábra) mutatja be.



10.1 ábra: A barlang különböző vizsgálati pontjain csepegő vizek mért $\delta^{18}\text{O} [\text{‰}]_{\text{VSMOW}}$ értéke és a lokális csapadék becslt sokéves átlag $\delta^{18}\text{O}$ értéke

FÓRIZS I. és DEÁK J. (1998) a Szentendrei- és a Csepel-szigeten tanulmányozták a talajvizek (felszín alatti vizek) stabilizotópos összetételét, ami alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a helyben hullott (lokális) csapadék vízből beszivárgott talajvíz átlagos $\delta^{18}\text{O}$ értéke $-9,3 - -9,4$ ‰. Ehhez képest a Szemlő-hegyi-barlang beszivárgási területe körülbelül 100 méterrel magasabban fekszik. A csapadékok esetében jelentkező magassági hatást figyelembe véve (CLARK,I.–FRITZ,P.1997; BARBIERI, M. 2005) $0,2 - 0,3$ ‰-kel negatívabb csapadék $\delta^{18}\text{O}$ érték becsülhető (átlagban $-9,7$ ‰). A közműhálózatba betáplált ivóvíz túlnyomórészt a Dunából származik, amelynek $-10,9$ ‰ a többéves átlagos $\delta^{18}\text{O}$ értéke (FÓRIZS et al. 2005). Az ivóvízhálózatba betáplált, és ezen keresztül a szennyvíz $\delta^{18}\text{O}$ értéke szignifikánsan negatívabb, mint a lokálisan beszivárgó csapadék vize.

A becsült $\delta^{18}\text{O}$ csapadékátlag alatti, folyamatosan negatívabb $\delta^{18}\text{O}$ értéket mutató helyszínek a Csengő-terem, az Óriás-folyosó és az Örvény-folyosó, vagyis ezeken a helyeken valószínűsíthető, hogy az ivóvízhálózatból vagy a szennyvízhálózatból keveredett hozzá víz. A Csengő-terem vízkémiaja alapján tudjuk, hogy nagyon magas és ingadozó a nitrát koncentrációja, ami a szennyvíz beszivárgását feltételezi. Az Óriás-folyosó vízkémiajában nem jelentkeznek a többi csepegőhelyen tapasztalt természetes hatások (feltöltődés-leürülés), és az állandóan nagy mennyiségű csepegő víz alapján ivóvízhálózatból történő vízhozzáfolyást valószínűsítünk. Az izotóptértékek szintén folyamatos becsült $\delta^{18}\text{O}$ csapadékátlag alatti elhelyezkedése e feltételezésünket alátámasztja. Az izotópoknál 2005. december és 2007. szeptember kivételével hasonló jelenség figyelhető meg az Örvény-folyosóban is, azonban itt a természetes beszivárgás is aránylag nagyobb szerepet játszik. Bizonyos időszakokban és ionokra nézve ez dominál, azonban más esetekben valószínűsíthető az esetleges ivóvíz hálózatból való beszivárgás vagy hozzájárulás is. Ezeken a helyszíneken tehát a nagyon negatív $\delta^{18}\text{O}$ értékeket másodlagos folyamat, nevezetesen egyéb vizek hozzákeveredése okozza.

A vízkémia alapján legtermészetesebb eredetűnek tartott Virágoskert-Hosszú-lejtő és Hópalota vizeinek $\delta^{18}\text{O}$ értékei eltérően alakulnak. Mindkettő a becsült $\delta^{18}\text{O}$ csapadékátlag körül ingadozik: az előbbire jellemzőek a télen kicsit pozitívabb, nyáron kicsit negatívabb értékek, az utóbbi értéke pedig már inkább szorosan a csapadékátlag vonala mentén alakul. Ez utóbbi oka feltételezhetően a beszivárgási út és idő egyenletességében keresendő. A Virágoskert esetében, hasonlóan a Virágoskert-Hosszú-lejtő és Hópalota adatsorával, a $\delta^{18}\text{O}$ értékek állandóan bizonyulnak és megközelítően megegyeznek a területre hulló csapadék becsült $\delta^{18}\text{O}$ értékével.

A Halál és a Pettyes-terem csepegő vizei jellemzően kevésbé negatív és változékony $\delta^{18}\text{O}$ értékekkel jellemezhetőek. Ennek oka feltehetően a beszivárgás során bekövetkező párolgás és az általa okozott izotópfractionáció, amelynek során a maradék víz izotóposan nehezedik, vagyis a $\delta^{18}\text{O}$ értéke pozitív irányba tolódik el (CLARK,I.–FRITZ,P.1997). A Pettyes-terem feletti antropogén feltöltés megmagyarázhatja a felszínre hulló, majd onnan beszivárgó csapadék hosszabb tartózkodási idejét, ezáltal az átmozgatott és porózus közegben a párolgását.

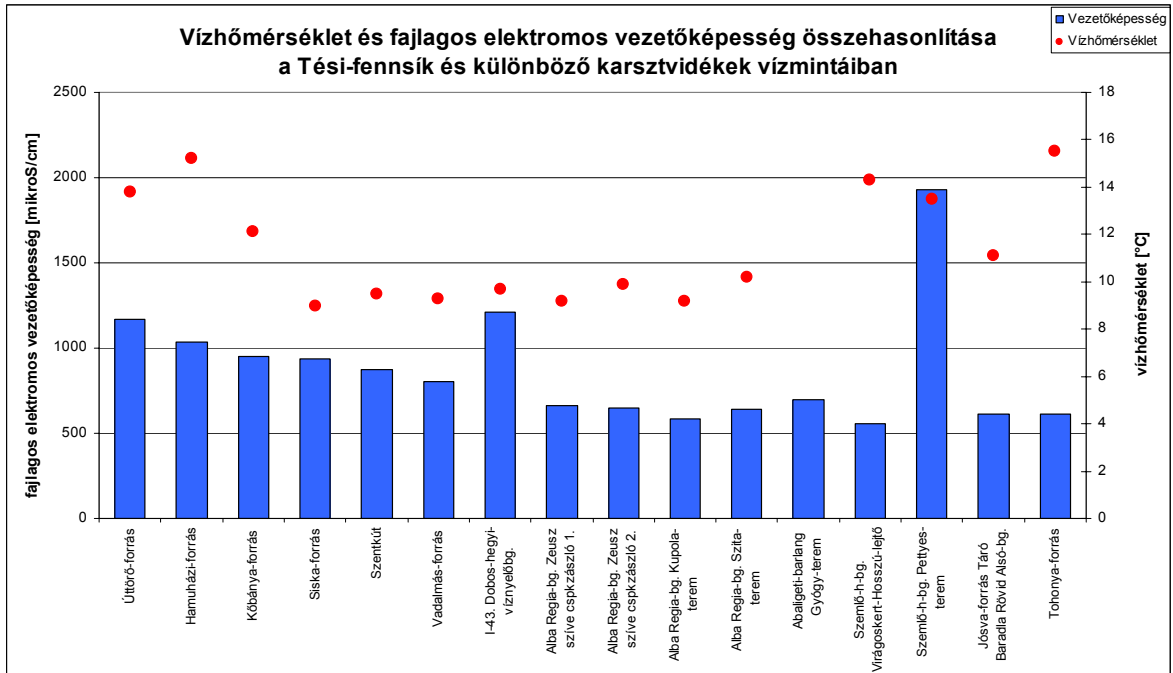
10.2.2 Összehasonlítás más karszterületek vízmintáival

A Szemlő-hegyi-barlangban mért csepegővizeket más karszterületeken mért karsztvizekkel is összehasonlítottam. A Tési-fennsíkon végzett kutatásainkkal és más helyszíneken (Aggteleki-karszt, Mecsek) végzett elemzésekkel összehasonlítva (VIRÁG M.– KISS K. 2008.) az alábbi megállapítások tehetők.

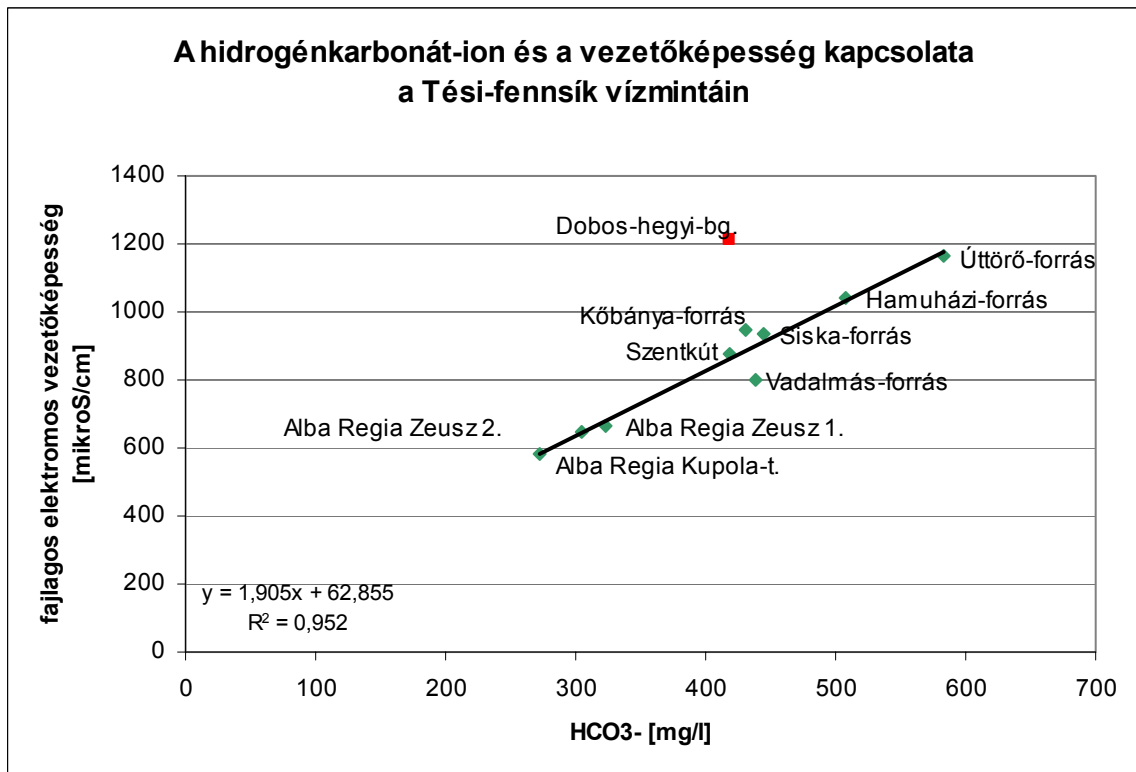
A Szemlő-hegyi-barlang 13-14 °C, hévizekhez kötődő melegebb klímájával szemben a hidegvizes barlangokban 9 °C-os vízhőmérséklet jellemző (például az Abaligeti-barlang vagy az aggteleki csepegő vizek és források hőmérséklete 9-11 °C), A Tési-fennsík esetében a téli forrásvíz-hőmérséklet értékek jó egyezést mutatnak a barlangi csepegő vizekével, ami a barlangi levegő hőmérsékleténél kb. 0,5 °C-kal nagyobb.

A pH a semleges karsztvizeknek megfelelő, évszakos különbség egyik vizsgált területen sem látszik. Az abaligeti és aggteleki vízmintákhoz képest (7,4) jellemzően kicsit alacsonyabbak (6,9-7,1) a Tési-fennsík pH értékei. A Szemlő-hegyi-barlangra is hasonló átlagértékek jellemzőek, azonban a 6,5-7,5 szélsőértékek között csepegőhelyenként ingadozás figyelhető meg.

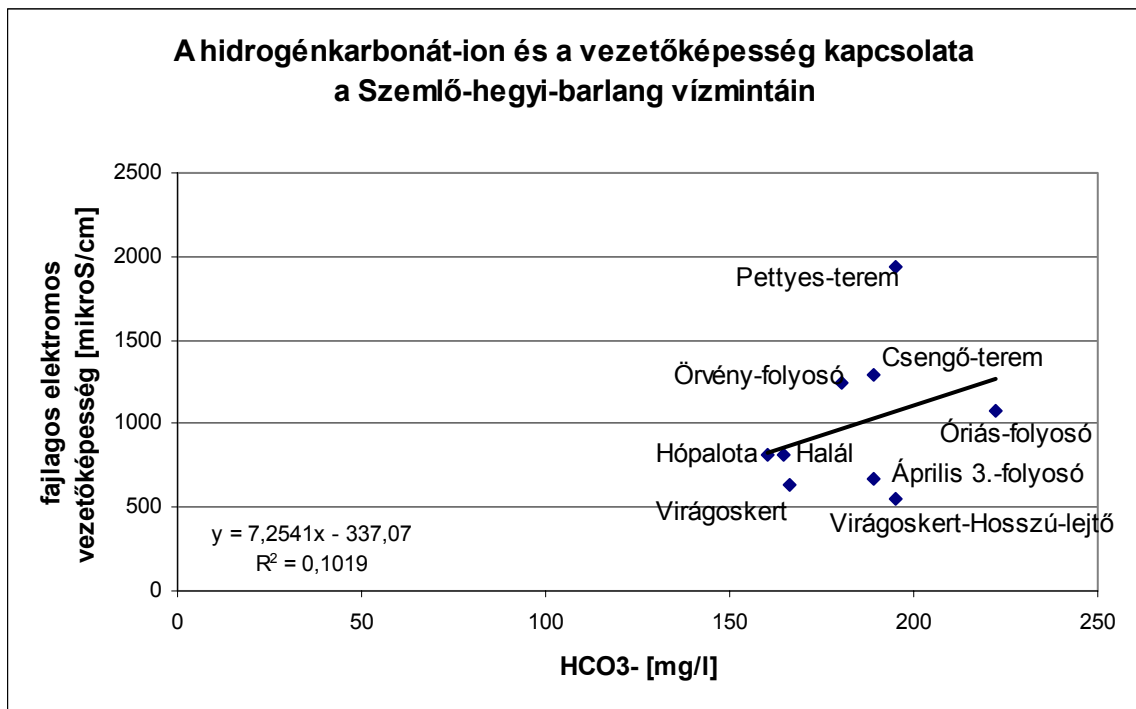
A Tési-fennsík forrásvizei a barlangi csepegővizekhez képest viszonylag magas fajlagos elektromos vezetőképesség értékeket mutatnak (1100-1200 $\mu\text{S}/\text{cm}$) a természetes karsztvizekhez képest. A barlangi csepegő vízminták értékei már jelentősen alacsonyabbak: 500-600 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Az aggteleki forrásvizek általában 500-700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, az abaligeti kb. 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$, A Szemlő-hegyi-barlang legtermészetesebb csepegő helye: a Virágoskert-Hosszú lejtő 550 $\mu\text{S}/\text{cm}$ körüli értékeket mutat. Ezekkel szemben a Szemlő-hegyi-barlang extrém antropogén csepegési pontján, a Pettyes-teremben mintegy 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mérhető (10.2 ábra).



10.2 ábra: Források és barlangi csepegő vizek hőmérsékletének és fajlagos elektromos vezetőképességének összehasonlítása



10.3 ábra: A Tési-fennsík vízmintáinak regressziós vizsgálata (közel természetes hatás)



10.4 ábra: A Szemlő-hegyi-barlang vízmintáinak regressziós vizsgálata (antropogén hatás)

A Tési-fennsík mintáinak grafikonjáról (10.3 ábra) leolvasható, hogy a HCO_3^- -tal erős a lineáris regresszió ($R^2=0,952$), ami azt jelenti, hogy a vezetőképességet legnagyobb arányban a HCO_3^- ion határozza meg, e karsztvizek esetén tehát az antropogén befolyásoltság kevésbé érvényesül, mint a Szemlő-hegyi-barlang mintáinál (10.4 ábra), ahol a mérési adatsorok HCO_3^- – vezetőképesség korrelációja 0,1-0,2 körüli, vagyis nincs köztük érdemi kapcsolat. Mivel az utóbbi esetben erős az antropogén befolyásoltság, nem a HCO_3^- ion határozza meg a vízminta fő jellegét.

Magyarország egyes karsztvidékein magas változó/állandó keménység arány tapasztalható például az aggteleki (Jósva-forrás, Tohonya-forrás) abaligeti vízminták esetében, amelyek a természetes állapotot tükrözik. Azonban a vízben a kalcium- és magnéziumionokkal a karbonát- és hidrokarbonátionok mellett más, a víz állandó keménységét okozó anionok (szulfát, nitrát, nitrit, klorid, foszfát stb.) is jelen lehetnek. A Tési-fennsík egyes vízmintáinál a NO_3^- meghatározó szerepet játszik. Minél szennyezettebb egy karsztos terület, annál nagyobb ezek aránya a HCO_3^- -hoz képest a karsztvízben. Az erősen antropogén felszín alatt húzódó Szemlő-hegyi-barlang csepegő vizei egy mérési pont kivételével (Virágoskert-Hosszú-lejtő) tipikusan ebbe a csoportba sorolhatók.

11. Összegzés

A kutatás célja a rózsadombi törmelékfedő, bizonyos helyzetekben epikarszt hidraulikai viselkedésének vizsgálata a Szemlő-hegyi-barlangban, - mint a telítetlen zónában zajló folyamatokat reprezentáló - „természetes kutató laboratóriumban” végzett heti rendszerességű csepegés méréseken keresztül. Megállapítottam, hogy a Szemlő-hegyi-barlangi törmelékfedő sajátosságai hidraulikai viselkedését is befolyásolják. Egyrészt fagyhatás által befolyásolt és tektonikailag is érintett üledéksorról van szó, amely egy – a hideg karsztos barlangoktól eltérő lefolyási rendszerű – „szárazra került” termálkarsztos barlang fölött alakult ki. Továbbá egy világváros területhasználatának, környezetátalakító tevékenységének (pl. feltöltés, bolygatás) következményei is jelentkeznek a rétegsorban és hatásaik tükröződnek a csepegővizekben. A felszínközeli geológiai viszonyok hatása érvényesül a törmelékzónából való vízkijutásban is, amely az egyes csepegőhelyek között mérhető intenzitás és összetételbeli különbségekben követhető. A csepegés méréseket 2005. október 31. és 2008. április 13. között végeztem. Nyolc csepegővíz-mintázó helyet alakítottam ki, amelyek egyenletes elhelyezésükből adódóan reprezentálták a barlangjáratokat. Heti egy alkalommal leolvastam a víz mennyiségét, a helyszíni vízhőmérsékletet, pH-t és fajlagos elektromos vezetőképességet, továbbá a begyűjtött mintákon laborban vízkémiai vizsgálatokat végeztem (Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Na^+ ; K^+ ; HCO_3^- ; Cl^- ; SO_4^{2-} ; NO_3^-). Összességében 558 mintát elemeztem a vizsgálati időszak alatt. Térinformatikai módszerekkel megvizsgáltam a barlangjáratok pontos elhelyezkedését a felszínhez képest, a felszíni területhasználat kérdőíves helyszíni vizsgálatával meghatároztam a burkolt felületek arányát, és a felszíni és felszínközeli veszélyforrásokat. Ezek közül kiemelhető a vegyszer-, műtrágya használat, közmű (vízvezeték, csatorna) szivárgása. Ezek a hatások rátevéődnek a természetes folyamatokból adódó hatásokra és az egyes csepegőhelyek között mérhető mennyiségi és minőségi különbségeket okoznak. A felszínközeli zóna hidraulikai hatását a csapadékeseményekkel összefüggésben, - az egyes mérőhelyeken belüli - csepegés intenzitás és kémiai paraméterek időbeli változékonysága elemzésével vizsgáltam. A mérőhelyek közötti intenzitásbeli és kémiai különbségeket is megfigyeltem.

A vizsgálatok alapján a Virágoskert, Virágoskert-Hosszú-lejtő és a Hópalota természetes beszivárgású hely, a Halál és az Április 3.-folyosó antropogén módon befolyásolt, a Pettyes-terem feletti feltöltött rész „antropogén epikarsztként” funkcionál. Az Óriás-folyosó, Örvény-folyosó és Csengő-terem vizeinél az antropogén hatások fokozottan mutatkoznak (Na^+ , Cl^- , NO_3^- számottevő mennyisége és a csapadék eseményekkel összefüggő időbeli változása, illetve folyamatosan magas koncentrációja, valamint állandóan nagy csepegésintenzitás). Az Óriás-folyosóban vízvezeték, a Csengő-teremnél pedig csatorna szivárgása mutatható ki; ezeket a megfigyeléseket a $\delta^{18}\text{O}$ elemzések is alátámasztják. Összességében a csepegő vizek elemzéseiről rámutattak a barlang természetes beszivárgási folyamataira és az antropogén befolyásoltságra is.

A rózsadombi utánpótlódás, az áramlási rendszerek e lokális ága a főváros befolyása alatt áll. Fontos tehát az epikarszt antropogén körülmények között működő, beszivárgás szabályozó funkciójának megértése. Ez kihatással van a rózsadombi fosszilis barlangok és a jelenleg is aktív Molnár János barlang védelmére, és közvetve a szennyező anyagok karsztvízszinthez való továbbjutásával a hévforrások védelme szempontjából is nagy jelentőséggel bír.

További kutatási feladat lehet a fedőkőzet részletesebb – kutatási céllal létesített feltárás, illetve fúrás, barlangjárat vagy építkezés segítségével megvalósítható – vizsgálata, valamint a kőzet porozitásának vizsgálata. Barlangi monitoring keretein belül a csepegővizek elemzését ki lehetne terjeszteni más komponensek, paraméterek elemzésére is (például nyomelemek), valamint amennyiben lehetőség adódna, a víz mennyiség, a csepegés intenzitás mérését is pontosabb eszközökkel, mérőműszerekkel kellene megfigyelni. A paramétereket a víz talajon és törmeléken, kőzetvázon keresztül történő átszivárgása és a közben bekövetkező változások szempontjából, komplex módon is lehetne vizsgálni, továbbá lehetőség szerint célszerű lenne azonos módszerekkel történő összehasonlító méréseket végezni a többi budai nagy barlangban is.

Diplomamunkámat az ELTE Hidrogeológiai munkacsoportja Budai Termálkarszttal foglalkozó kutatásai keretében, az Erdélyi Mihály Alapítvány anyagi támogatásával és barlangi segítők közreműködésével végeztem.

Abstract

The aim of this study is to examine the hydraulic behaviour of the detrital blanket and/or epikarst in the Szemlő-hegy Cave, as a natural laboratory. The examination of in-situ processes in the unsaturated zone based on weekly monitoring of dripping waters. It could be concluded that the debris cover above the Szemlő-hegy Cave basically determines its hydraulic behaviour. The sediments above already dry - previously an active hydrothermal karst – cave are influenced by the effect of periglacial processes and tectonics. The local geological features, therefore, influence the intensity and chemical composition of the seepage water. The land use within the major urban settlement and the reworked and refilled soil zone above the cave are also reflected in the stratigraphic sequence and in the dripping water.

Monitoring of dripping waters were carried out between 31.10.2005 to 13.04.2008. Eight collecting sites were established representing the different cave passages. Weekly temperature, pH and specific electric conductivity measurements were carried out at the site beside the quantity readings, along the collection of water samples for chemical analyses (Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Na^+ ; K^+ ; HCO_3^- ; Cl^- ; SO_4^{2-} ; NO_3^-). A sum of 558 samples were analysed during the monitoring period.

To determine the accurate location of the cave passages and collection sites GIS softwares were used. Land use and coverage as well as potential surficial pollution sources, especially chemical and fertiliser using within gardens and the position of the drainage pipes (water and sewage) were also mapped. The listed sources can cause superimposed effects on the natural variability of dripping water quantity and chemistry between dripping sites. The effect of the surficial zone on the hydraulic parameters were studied based on amount of precipitation, the dripping intensity and chemical composition during the monitored period.

According to the results the „Virágoskert” and the „Hópalota” characterised as a representative site for natural infiltration. The „Halál” and the „Április 3.-folyosó” suffer from anthropogenic influence, the zone above the „Pettyes-terem” acts as an „anthropogenic epikarst”. The sites at the „Óriás-folyosó”, „Örvény-folyosó” and „Csengő-terem” represents increased anthropogenic effect in the chemical composition of its waters (elevated Na^+ , Cl^- , NO_3^- and co-variation with precipitation amount). The leakage of water-pipeline (Óriás-folyosó) and wastewater (Csengő-terem) could be demonstrated, as this was also confirmed by the study of $\delta^{18}\text{O}_{\text{water}}$.

The monitoring of chemical composition of the dripping waters therefore provided direct information about the natural and anthropogenicly influenced recharge in the Szemlő-hegy Cave. This Thesis is a result of a joint research for the Buda Thermalkarst project at the Eötvös University with a support of „Erdélyi Mihály” Foundation and it could be made by the help of speleologist at the cave site.

12. Köszönetnyilvánítás

Munkámat az ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszékén működő Erdélyi Mihály Alapítvány támogatta. A Szemlő-hegyi-barlang csepegő vizeinek gyűjtését és a helyszíni méréseket külön erre a célra kért három éves kutatási projekt engedélyén belül végeztem (engedély szám: KTVF: 4168-3/2005). Az engedélyben foglaltak alapján a kutatás az Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék keretein belül Dr. Mindszenty Andrea (tanszékvezető egyetemi tanár, intézetigazgató-helyettes) és Mádlné Dr. Szőnyi Judit (egyetemi docens, témavezető) irányításával zajlott. A kutatás vezetője Hegedűs András, helyettese Farkas Román. Köszönöm nekik a kutatás irányítását és lehetőségét!

Köszönöm témavezetőm, Mádlné dr. Szőnyi Judit kutatásban és feldolgozásban végzett sokirányú segítségnyújtását és irányítását.

Köszönöm Dr. Mindszenty Andreának a MÁFI-ELTE összehasonlító vízmintaelemzések és a kérdőíves felmérés támogatását, a diplomamunka készítés körülményeinek biztosítását, valamint a hasznos észrevételeket, tanácsokat és bátorító szavakat.

Köszönöm Dr. Leél-Őssy Szabolcsnak a barlang földtanával kapcsolatban nyújtott információit és észrevételeit.

Köszönöm Dr. Mari László, Dr. Telbisz Tamás, Dr. Móga János, Zihné Dr. Perényi Katalin, Eröss Anita, Dr. Fórizs István, Siklósy Zoltán és Kiss Klaudia értékes észrevételeit, kritikáit és tanácsait.

Köszönöm Zsemle Ferenc és Váci Gergely János szerkesztésben nyújtott segítségét.

Köszönöm az alábbi munkák elvégzésében nyújtott segítséget:

-Az analitikai laboratóriumi elemzéseket Varga András (ELTE-TTK Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék laboratórium) és Zihné Dr. Perényi Katalin (ELTE-TTK Analitikai Kémiai Tanszéken Speciációs, gyógyszer- és nyomanalitikai laboratórium) segítségével és közreműködésével végeztem.

-A vízmintákat a barlangból Zsemle Ferenc és Madas Rudolf segítségével szállítottam be az egyetemre.

-A barlangtérkép georeferálásában Dr. Molnár Gábor, a térképezési fixpontok POLYGON programba illesztésében pedig Zihné Dr. Perényi Katalin segített.

-A Szemlő-hegyi-barlang 1:100 méretarányú barlangtérképét és a hozzá kapcsolódó adatokat Dr. Szunyogh Gábor bocsátotta rendelkezésemre. A barlangok koordinátáit és aktuális adatait az Országos Barlangnyilvántartás adatbázisa alapján, a KvVM Barlangtani és Földtani Osztály jóváhagyásával, Egri Csaba segítségével használhattam fel.

-A kérdőíves vizsgálat megtervezésében és kivitelezésében Eröss Ágnes, az MTA Földrajztudományi Kutatóintézet munkatársa segített.

-Az izotópméréseket és elemzéseket Siklósy Zoltán végezte az MTA Geokémiai Kutatóintézet Stabilizotóp Laboratóriumában.

-A barlang felszínén a Barlang utca 12/B telken a csapadékméréseket Medvegyéné Máthé Krisztina és Medvegyé Iván végezte.

-A barlangüzemben a vízmintázás ideje alatt a felszíni ügyeletet Hegedűs András, Vörös Péter, Balázs Andrea és Márkus (Csontos) Katalin biztosította.

-A vízmintázáshoz szükséges műszerek és felszerelés tárolásának Fleck Nóra és Hazslinszky Tamás biztosított helyet.

-A MÁFI elemzések (gyors) kivitelezésében Horváth István és Muráti Judit segítettek.

-A vízmintázás 2 és fél éves időszaka alatt a barlangi észlelésekben és mérésekben az alábbi emberek segítettek:

Rendszeres csapat:

Burghardt Edward, Farkas Román, Váci Gergely János

Rendszeres segítők:

Bojtor Beatrix, Borzák Réka, Kalotai Zsófia, Kálmánfiné Ast Hajnalka, Kiss Klaudia, Kovács Sztrikó Zsuzsanna, Szlavov Krisztián

Gyakori segítők:

Bagi Gergő, Bagi Sándor, Barna Gabriella, Csorsza László, Eröss Anita, Fischer Balázs, Horváth Annamária, Kovács Gábor, Mihalik Renáta, Molnár Péter, Ruzsa János, Siklósy Zoltán, Szefcsik Rita, Tóth Zsuzsanna, Treszl Gábor

Alkalmi segítők:

Bulhardtné Hagelmayer Ágnes, Csalótzky Brigitta, Eröss Ágnes, Gáspárfalvi Anett, Györök Ferenc, Hlatky László, Koltai Gabriella, Kosztya Mihály, Lellei Nóra, Mari László, Müllner László, Nagy Gergely, Nagy Zsófia, Nagy Zsolt, Pálinkás István, Schmidt Júlia, Somogyi Anikó, Subai Géza, Széll Csilla, Tóthné Mucsi Ibolya, Vogel Mariann

Egyszeri segítők:

Ács Sándor, Béládi Olívia, Besnyői Rita, Besnyői Veronika, Bódis Dávid, Borbély Gábor, Brunner András, Budaházi Balázs, Bulhardt András, Bulhardt Mihály, Bulhardt Orsolya, Cserpák József, Dselits Dávid, Endrődi Judit, Erdélyi Tamás, Falvay Péter, Friedel Orsolya, Futó András, Futó Ildikó, Gábor Zsófia, Hajdú Balázs, Halák Bálint, Halák Miklós, Halma Zsuzsanna, Hamar Éva, Hegyes Andrea, Hegyes Tímea, Hegyessy Árpád, Hegyessy Tamás, Hegyi Gábor, Hertelendy Zoltán, Hill Katalin, Hill Sándor, Hollósy Tibor, Jekkel Dániel, Jekkel Dóra, Jereb Katalin, Jóni Attila, Jóni Attiláné, Kádár Béla, Kádár Marianna, Kajdi Viktor, Kankai Z. Zoltán, Kardos Annamária, Katzer István, Kelemen Judit, Keresztes Ildikó, Keresztes Lajos, Kiss Gábor, Kiss Zsombor, Kohán Balázs, Komori Zsolt, Koncz Péter, Kovács Éva, Kovács Sztrikó Sarolta, Lajber Kristóf, Lencsés Edina, Lukács László, Luntz Bernadett, Madas Rudolf, Magyar Zoltán, Mari Dániel, Mari Kitti, Matetits Melinda, Mádlné dr. Szőnyi Judit, Merza Gábor, Mészáros Aranka, Meszlényi András, Muráti Judit, Nagy Izabella Bernadett, Palánszky Zoltán, Palatén Melinda, Polyncsák Henrik, Radin Romeo, Róth Antal, Róth Gergely, Schuck Vivien, Schweighoffer Ádám, Somogyi Balázs, Somogyi Tamás, Szabó János, Szekeres Tamás, Szemesi Gábor, Soják Zsanett, Szundy Anna, Takács Judit, Toronyi Anna, Ujvári István, Vajdai Péter, Vasváry Kinga, Vígh Anikó, Viktorik Orsolya, Wilhelem Tünde, Zihné Perényi Katalin, Zmák Júlia

Végül köszönöm családom támogatását, segítségét és rengeteg türelmét, amit tanulmányaim végzése és diplomamunkám készítése során nyújtottak nekem!

13. Irodalomjegyzék

- ALFÖLDI L. (1978): Budapest Hévízei. – Kandidátusi dolgozat, 156 p.
- ANGELUS B.– PETHŐ S.L.–MINDSZENTY A. (2002): Földtani megfigyelések – amit újra már senki nem láthat (A Pusztaszeri út és a Barlang utca között épülő lakópark alapozási munkái során keletkezett feltárások rögzítése. – Földtani Közlöny 132/1, Budapest, pp. 129-130.
- BÁLDI T. (1983): Magyarországi oligocén és alsómiocén formációk – Akadémiai Kiadó, Budapest, 293 p.
- BÁLDI T.–BÁLDINÉ BEKE M. (1985): The evolution of the Hungarian Paleogene Basin. – Acta Geol.Hung.28. pp. 5-28.
- BÁLDI T.–BEKE M.–HORVÁTH M.–KECSKEMÉTI T.–MONOSTORI M.–NAGYMAROSI A. (1976): A Hárshegyi Homokkő kora és képződési körülményei – Földtani Közlöny 106/4, Budapest, pp. 353-386.
- BARBIERI, M.– BOSCHETTI, T. – PETITTA, M.– TALLINI, M. (2005): Stable isotope (^2H , ^{18}O and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) and hydrochemistry monitoring for groundwater hydrodynamics analysis in a karst aquifer (Gran Sasso, Central Italy). Applied Geochemistry 20(11):2063-2081.
- BENKOVICS L.–TÖRÖK Á.–NÁDOR A. (1995): A Ferenc-hegyi vonulat barlangjainak geológiája. – Karszt- és barlangkutató X., MKBT, Budapest, pp. 193-207.
- BOGNÁR L. (1992): Kutatási jelentés a barlangi ásványok és ezek szennyeződésének vizsgálatáról.– Kézirat
- ČENČUR CURK, B. (1997): Experimental fields sites as a basis for the study of solute transport in the vadose zone of karstified rock. *Acta hydrotechnica*, 15/20: 1-111.
- CLARK, I.-FRITZ, P. (1997): Environmental Isotopes in Hydrogeology. Lewis Publishers, Boca Raton – New York, pp. 26-31, 70.
- CSÁSZÁR G. (szerk.) (1997): Magyarország litosztratigráfiai alapegységei. – Táblázatok és rövid leírások, Magyar Rétegtani Bizottság, MÁFI, Budapest, 114 p.
- DEÁK J. (1978): Environmental isotopes and water chemical studies for groundwater research in Hungary – in: Isotope Hidrology, 1978, Vol.I., IAEA-SM-228/13, IAEA, Vienna, 1979, pp. 221-249.
- ELEK I. (szerk.) (2007): Térinformatikai gyakorlatok. – ELTE Eötvös Kiadó, 552 p.
- ERŐSS A. (2001): Az epikarszt megjelenésének és jelentőségének vizsgálata a Rózsadomb (s.l.) terület példáján. – diplomamunka, ELTE-TTK Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék 69 p.+ mellékletkötet
- FEHÉR K. (1997): Szakvélemény a Szemlő-hegyi-barlang csepegő vizeinek szennyeződéséről. - Kézirat
- FODOR L.–MAGYARI Á.–FOGARASI A.–PALOTÁS K. (1994): Tercier szerkezetfejlődés és késő paleogén üledékképződés a Budai-hegységben. A Budai-vonal új értelmezése.– Földtani Közlöny 124/2, Budapest, pp. 130-305.
- FORD, D. C.–WILLIAMS, P. W. (1989): Karst Geomorphology and Hydrology. – Unwin Hyman, London 601 p.
- FORD, D. C.–TAKÁCSNÉ BOLNER K. (1991): Abszolút kormeghatározás és stabil izotóp vizsgálatok budai barlangi kalcitmintákon. – Karszt és Barlang, I-II. pp. 11-18.
- FÓRIZS I.-BERECZ T.-MOLNÁR Z.-SÜVEGES M. (2005): Origin of shallow groundwater of Csepel Island (south of Budapest, Hungary, Danube River): isotopic and chemical approach. *Hydrological Processes* 19(17): 3299-3312.
- FÓRIZS I.-DEÁK J. (1998): Origin of bank filtered groundwater resources covering the

- drinking water demand of Budapest, Hungary. In: Application of isotope techniques to investigate groundwater pollution, IAEA-TECDOC-1046, Vienna, pp.133-165
- GADÓ P. (1965): A Szemlőhegyi-barlangban talált kristálysárlól készült röntgenvizsgálat eredménye – Karszt és Barlang I. pp. 19-20.
- GÁNTI T. (1962): A borsókőszerű képződményekről. – Karszt és Barlang I. pp. 15-17.
- GUNN, J. (1986): Solute Processes and Karst Landforms. – In Trudgill, S. T. (Ed.): Solute Processes. John Wiley & Sons Ltd., Chichester pp. 363-437.
- GYALOG L.– CSÁSZÁR G. (szerk.) (1995): A földtani térképek jelkulcsa és a rétegtani egységek rövid leírása. – MÁFI Alkalmi Kiadvány 187, Budapest, 171 p.
- HAAS J. (1988): Upper Triassic carbonate platform evolution in the Transdanubian Mid-Mountains – Acta Geol. Hung. 31/3-4, pp. 299-312
- HAAS J. (szerk.) (1993): Magyarország litosztratigráfiai alapegységei – Triász, pp. 49-51, 68-70, 77-80
- HAJNAL G. (2007): Városi hidrogeológia. – Akadémiai Kiadó, Budapest, 38 p.
- HAZSLINSZKY T.–NÁDOR A.–SZABLYÁR P. (1993): AJÁNLÁS a budai Rózsadomb és környéke termálkarsztja UNESCO Világörökség-listára történő felterjesztéséhez. – MKBT, Budapest, 64 p.
- HEGEDŰS A. 2007: A barlangok felmérése. – szakdolgozat, BDF-TTK Természetföldrajz Tanszék, pp. 7-8, 37, 46-50.
- HOEFS, J. (2004): Stable Isotope Geochemistry, Springer Verlag, 244 p.
- HORVÁTH J. (1965): A Szemlőhegyi-barlang 1961-62. évi felmérése – Karszt és Barlang I. pp. 21-30.
- HORVÁTH J.–SZUNYOGH G. (2005): A Szemlő-hegyi-barlang felfedezése és kutatástörténete – Karszt és Barlang 2004-2005. pp. 73-76.
- KADIĆ O. (1933): A Szemlőhegyi barlang kutatásának eredményei. – Barlangvilág III./3-4. pp. 1-6.
- KALINOVITS S. (2003): Molnár János-barlang. – In: SZÉKELY KINGA (szerk.): Magyarország fokozottan védett barlangjai, Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 260-263.
- KESSLER H. (1936): Barlangok mélyén. – Franklin Társulat
- KLIMCHOUK, A. (1995): Karst Morphogenesis in the Epikarstic Zone. – Cave and Karst Science, 21. 2. pp. 45-50.
- KORPÁS L. (1998): Paleokarst. Studies in Hungary – MÁFI Kiadvány, Budapest, pp. 1-139.
- KOVÁCS J.–MÜLLER P. (1980): A budai-hegyek hévizes tevékenységének kialakulása és nyomai. – Karszt és Barlang, II., pp. 93-98.
- KRAUS S. (1978): A budapesti Szemlő-hegy és Ferenc-hegy hévizes eredetű üregrendszereinek tektonikai vizsgálata – Kézirat, Szakdolgozat, ELTE-TTK Földtani Tanszék
- KRAUS S. (1979): A négy óbudai nagybarlang vizsgálati eredményei – Kézirat, FTSK 1979. évi jelentése, MKBT
- KRAUS S. (1982): A Budai-hegység hévizes barlangjainak fejlődéstörténete – Karszt és Barlang I. pp. 29-33.
- KRAUS S. (1990): Budai barlangok hévizes karbonátkiválásai. – Karszt és Barlang II. pp. 91-96.
- KRAUS S. (1995): A Szabadság-barlang karbonátos kiválásai. – Karszt- és Barlangkutatás X. 1981-1995 pp.161-165.
- KRAUS S. (1996): Újabban megismert barlangi kiválások. – Karszt és Barlang (1995-1996) pp. 9-12.

- KRAUS S.– HAZSLINSZKY T. (2003): Szemlő-hegyi-barlang. – In: SZÉKELY KINGA (szerk.): Magyarország fokozottan védett barlangjai, Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp. 286-290.
- LEÉL-ÖSSY SZ. (1995): A budai Rózsadomb és környékének különleges barlangjai. – Földtani Közlöny 125./ 3-4. Budapest, pp. 363-432.
- LEÉL-ÖSSY SZ. (1997): A József-hegyi-barlang (Budapest) geológiai viszonyai, fejlődéstörténete és a Rózsadomb környéki termálkarsztos barlangok genetikája. – Kandidátusi értekezés, ELTE-TTK Általános- és Történeti Földtani Tanszék, pp. 47-51.
- LEÉL-ÖSSY SZ. (1997b): A József-hegyi-barlang ásványai. – Karszt és Barlang I-II. pp. 45-54.
- LEÉL-ÖSSY SZ. (2000): Jelentés a Pusztaszeri-barlang feltárásáról. - Kézirat
- LEÉL-ÖSSY SZ. (2007): Jelentés a Pünkösdi-barlang feltárásáról. - Kézirat
- LIEBE P.– LORBERER Á. (1978): A karsztos hévíztárolók ármalási és hőmérsékleti viszonyainak vizsgálata. – International Symposium on Karst Hidrology, pp. 79-110.
- MÁDLNÉ SZÖNYI J.–ERŐSS A.–PETHŐ S. L. (2001): A Budai Termálkarszt területén feltételezhető epikarszt vizsgálata. – Zárójelentés a KAC Pályázat keretében 2000-2001. évben végzett munkáról a Környezetvédelmi Minisztérium megbízásából, kézirat 50 p. + mellékletek.
- MÁDLNÉ SZÖNYI J.–VIRÁG M.–ERŐSS A. (2007): A Szemlő-hegyi-barlang csepegővizeinek vizsgálata a Budai Márga törmeléktakarón át történő beszívargás értékelése céljából. – Földrajzi Közlemények CXXXI. (LV.) kötet, 2007. 4. szám, pp. 371-388.
- MANGIN, A. (1975): Contribution a l'étude hydrodynamique des aquifere karstiques. These de Doctorat d'Etat Dijon – Annales Speleo. 29/3 pp. 283-332., 29/4 pp. 495-601., 30/1 pp. 21-124.
- MANGIN, A.–BAKALOWICZ, M. (1989): Orientation s de la recherche scientifique sur le milieu karstique. Influences et perceptibles en matiere de protection. – Spelunca 35, Protection des cavernes et du milieu karstique, Paris, pp. 71-79.
- MARI L.–FEHÉR K. (1999): The impacts of land use change on the Budapest hydrothermal-karst: a study of Szemlő-hegy cave. – Essays in the Ecology and Conservation of Karst, IGU Commission Sustainable Development and Management of Karst Terrains, Acta Geographica Tom. XXXVI. Szeged, pp. 104–111.
- MINDSZENTY A.- MÁDLNÉ SZÖNYI J.- PETHŐ S.L.- KOVÁCS J.- MÜLLER I.- FODOR L.- KÁDÁR M.- ANGELUS B.- ERŐSS A.- NYÚL K.- POYANMEHR Z.- VARGA R. (2000): A Rózsadombi Termálkarszt Monitoring optimalizálása. Zárójelentés a 2000. évben végzett munkáról – Kézirat, ELTE-TTK Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék
- NÁDOR A. (1991): A Budai-hegység paleokarszt jelenségei és fejlődéstörténetük. – Egyetemi doktori értekezés, ELTE-TTK Általános és Történeti Földtani Tanszék, Budapest, 171 p.
- NÁDOR A. (1994): Paleokarstic features in Triassic-Eocene carbonates: Multiple unconformities of a 200 million year karst evolution, Buda Mountain, Hungary. – Zbl. Geol. Palaeont. Stuttgart, Teil I., 1992 (11/12) pp. 1317-1329.
- NAGYMAROSY A. (1987): A Pusztaszeri úti alapszelvény – MÁFI Kiadvány, Budapest, 5 p.
- NAGYMAROSY A. (1998a): Magyarországi eocén – In: Karátson D. (szerk.): Pannon Enciklopédia Magyarország földje, Kertek 2000, Budapest, pp. 110-112.
- NAGYMAROSY A. (1998b): Magyarországi oligocén – In: Karátson D. (szerk.): Pannon Enciklopédia Magyarország földje, Kertek 2000, Budapest, pp. 113-115.

- PANOŠ V. (1960): A Budai-hegység hévforrásos karsztja és különleges lerakódásai. – Hidrológiai Közlöny, 5. pp.391-395.
- PÉCSI M.–SCHEUER GY.–SCHWEITZER F.–HAHN GY.–PEVZNER M.A. (1985): Neogene-Quaternary geomorphological surfaces in the Hungarian Mts. – In: KRETZOI M.–PÉCSI M. (szerk): Problems of the Neogene and Quaternary, Akadémia Kiadó, Budapest, pp. 51-63.
- SÁRVÁRY I.–MAUCHA L.–IZÁPY G. (1992): Szivárgási vizsgálatok, szivárgási sebesség meghatározása. Kézirat. – Phare/III. III. feladat. 13 oldal, 9 táblázat, 8 ábra.
- SCHAFARZIK F.–VENDL A.–PAPP F. (1964): Geológiai kirándulások Budapest környékén. – Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 293 p.
- SCHEUER GY.–SCHWEITZER F. (1971): A negyedkori fagyaprózódási folyamatok hatása a karsztforrásokra. – Földr. Ért. 20/4. pp. 465-468.
- SCHEUER GY.–SCHWEITZER F. (1988): A Gerecse- és a Budai-hegység édesvízi mészkőösszletei. – Földrajzi tanulmányok 20. Akadémiai Kiadó, Budapest, 129 p.
- SIKLÓSY Z.–DEMÉNY A.–PILET, S.–LEÉL-ŐSSY SZ.–VIRÁG M. (2008): Monitoring environmental changes by investigation of stalagmites and drip waters in caves, 33 International Geological Congress, Oslo, abstract volume, <http://www.cprm.gov.br/33IGC/1338477.html>
- SZANYI GY. (2007): Budai barlangok kalcitkiválásainak uránsoros kormeghatározása. – Diplomamunka, ELTE-TTK Geofizika Tanszék, pp.19, 36.
- TAKÁCSNÉ BOLNER K. (1993): Karszt- és barlangvédelem. – In: Ajánlás a budai Rózsadomb és környéke termálkarsztja UNESCO Világörökség-listára történő felterjesztéséhez, MKBT, pp.45-46.
- TAKÁCSNÉ BOLNER K. (2007): Szemlő-hegyi-barlang. – Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, 24 p.
- TAKÁCSNÉ BOLNER K.–KRAUS S. (1989): A melegvizes eredetű barlangok kutatásának eredményei.– Karszt és Barlang 1989/I-II., Budapest, pp. 61-66.
- TAKÁCSNÉ BOLNER K.–TARDY J. (2003): A budai termálkarszt barlangvilága. – A Földgömb XXI. 2003/5. pp. 18-29.
- TAKÁCSNÉ BOLNER K.–TARDY J.–NÉMEDI L. (1989): Evaluation of the environmental impacts in Budapest's caves on the basis of the study of the quality of dripping waters. – Proceedings of the X.th Int. Congress on Speleology, Budapest, pp. 634-639.
- TYC, A. (1996): The nature of epikarst and its role in dispersed pollution of carbonate aquifers. – International Conference on Karst-fractured Aquifer - Vulnerability and Sustainability. Katowice-Ustron, Poland, June 10-13, 1996. pp. 270-281.
- VÉGH S.–NÉ (1985): A József-hegyi barlangrendszer kutatásához kapcsolódó földtani térképezés eredményei – Kézirat, ELTE Alkalmazott és Műszaki Földtani Tanszék, Budapest
- VENDEL M.–KISHÁZI P. (1964): Összefüggések melegforrások és karsztvizek között a Dunántúli-középhegységben megfigyelt viszonyok alapján. – MTA Műszaki Tud. Oszt. Közl. pp. 97–119.
- VESELIČ, M.–ČENČUR CURK, B.(2001): Test studies of flow and solute transport in the unsaturated fractured and karstified rock on the experimental field site Sinji Vrh, Slovenia. In: New approaches characterizing groundwater flow, Seiler & Wohnlich (eds) Balkema, Lisse, pp. 211-214.
- VESELIČ, M.–ČENČUR CURK, B.–TRČEK, B. (2001): Experimental field site Sinji Vrh. In: Tracers in the unsaturated zone = Markierungsstoffe in der ungesättigten Zone, Berg et al. (eds). *Beitraege zur Hydrogeologie*, 52: 45-60.

- VIRÁG M.–KISS K. (2008): A Tési-fennsík forrásainak és barlangi csepegő vizeinek terepi és vízkémiai vizsgálata a karszt sérülékenységeire vonatkozóan.– Alba Regia Évkönyv, (17 p)
- WEIN GY. (1977): A Budai-hegység tektonikája. – MÁFI Alkalmi Kiadvány, Budapest, 66 p.
- ZÁMBÓ L.–ZSIGÓ F.–DARABOS C.–ZÁMBÓ A. (1992): Infiltrációs folyamatok és kísérőjelenségeinek folyamatos mérése. Kézirat. – Phare/III. IV. feladat. 25 oldal, 34 táblázat, 80 ábra.
- ZIHNÉ PERÉNYI K. (2008): Vízkémiai vizsgálatok. – In: Barlangi kutatásvezetői tanfolyam jegyzet, MKBT, pp. 161-168.

ORSZÁGOS BARLANGNYILVÁNTARTÁS:

<http://www.termeszetvedelem.hu/index.php?pg=caves>

Tájékoztató Kutatásjelentés 2006, 2007, 2008.

178/1990. (IX.18.) VB.sz. határozat - Javaslat a II. Kerületi barlangrendszerekkel kapcsolatos építési korlátozások módosítására

201/2001. (X. 25.) Kormányrendelet 1. sz. Melléklet - Az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről

14. Ábrák, képek és térképek jegyzéke:

<u>Sorszám és leírás:</u>	<u>oldal:</u>
2.1 kép: A Rózsadomb látképe D-i irányból	4
2.2 kép: A Rózsadomb látképe K-i irányból	5
2.1 térkép: A tágabb értelemben vett Rózsadomb területi lehatárolása és domborzata	5
2.1 ábra: A területhasználat változása (jelmagyarázat: 1. összefüggő városi szerkezet; 2. nem összefüggő városi szerkezet; 3. sportpályák; 4. kőfejtő; 5. megművelt terület; 6. gyümölcsfák, szőlőskertek; 7. füves területek; 9. erdő) (Mari L. 1999)	6-7
2.2 térkép: A tágabb értelemben vett Rózsadomb jelenlegi felszínborítása (forrás: GoogleEarth)	8
2.3 térkép: Negyedidőszaki képződményekkel fedett földtani térkép (Wein Gy. 1977) a domborzatmodellen	11
2.4 térkép: Fedetlen földtani térkép (Wein Gy. 1977) a domborzatmodellen	12
3.1 ábra: A Budai Termálkarszt helyzete (Erőss A. hozzájárulásával) 1: mezozoos karbonátos kőzetek felszín alatti elterjedése; 2: mezozoos karbonátok a felszínen; 3: Budai Termálkarszt	13
3.2 ábra: A Budai-hegység karsztvíz áramlási rendszere (Kovács és Müller, 1980 után módosítva)	14
3.3 ábra: A József-hegy környékének elvi rétegsora (Leél-Őssy Sz. 1997)	15
3.1 kép: Mátyás-hegyi-barlang (fotó: Hegedűs A.)	17
3.2 kép: Pál-völgyi-barlang	17
3.3 kép: Ferenc-hegyi-barlang	17
3.4 kép: József-hegyi-barlang (fotó: Hegedűs A.)	19
3.5 kép: Molnár János-barlang (bal oldali fotó: Kiss G, jobb oldali fotó: Egri Cs.)	18
3.1 térkép: A Budai barlangok elhelyezkedése és a Szemlő-hegyi-barlang vizsgált terület	19
3.6 kép: Hasadékjellegű barlangjárát	23
3.7 kép: Borsókövek	22
3.8 kép: Kalcitlemezek	22
3.9 kép: „Barlangi karácsonyfák”	23
4.1 ábra: Az epikarszt sematikus ábrázolása (Mangin, 1975 nyomán)	24
4.2 ábra: Osztályozott kavics és törmelék az epikarszt zóna legfelső részén és a fedő üledékben (Tyc, 1996 nyomán)	24
4.1 kép: 1. típus (Véghné, 1985)	26
4.2 kép: 2. típus (Erőss A. 2001)	26
4.3 kép: 3. típus (Véghné, 1985)	27
4.4 kép: 4. típus (Véghné, 1985)	27
6.1 térkép: Csepegésmérési helyek a Szemlő-hegyi-barlangban	31
6.1 kép: Csepegésmérési helyek és vízmintagyűjtő edények beépítési módja	33
6.2 kép: Helyszíni mérések és vízmintavétel a Szemlő-hegyi-barlangban	34
6.3 kép: Vízhőmérésklet mérése a Szemlő-hegyi-barlangban	35
6.4 kép: pH mérése a Szemlő-hegyi-barlangban	36
6.5 kép: Fajlagos elektromos vezetőképesség mérése a Szemlő-hegyi-barlangban	37

6.6 kép: Csapadék mérése a Barlang utca 12/B telken	38
6.2 térkép: Csapadék mérőhelyek: Barlang utca 12/B és KMI Torony	38, 70
6.7 kép: Nátrium és kálium ionok mérése Flamon lángfotométerrel	40
6.8 kép: Klorid (és kalcium, magnézium, hidrogénkarbonát) titrimetriás mérése	41
6.9 kép: Szulfát (és nitrát) mérése Spektromon 195D fotométerrel	42
7.1 kép: A "paleo-víznyelő" a Pusztaszeri úti lakópark építési feltárásában (Eröss A. 2001)	51
7.2 kép: A Pünkösdi-barlang	52- 53
7.3 kép: Törmelékfedő a Pünkösdi-barlangnál	54
8.1 térkép: Domborzat alapján számított lefolyási irányok a Szemlő-hegyi- barlang felszínén	57
8.1 ábra: Burkolt és beszivárgási felületek aránya a Szemlő-hegyi-barlang felszínén az 1955. előtt épült ingatlanoknál	60
8.2 ábra: Burkolt és beszivárgási felületek aránya a Szemlő-hegyi-barlang felszínén az 1956 és 1990. között épült ingatlanoknál	61
8.3 ábra: Burkolt és beszivárgási felületek aránya a Szemlő-hegyi-barlang Felszínén az 1991 és 2008. között épült ingatlanoknál	61
8.4 ábra: Területhasználat eloszlása és arányai a Szemlő-hegyi-barlang felszínén	64
8.1 kép: A Szemlő-hegyi-barlang fixpontok alapján rajzolt polygonhálózata (alaprajz)	67
8.2 kép: A Szemlő-hegyi-barlang fixpontok alapján rajzolt polygonhálózata (hosszmetszet)	68
8.3 kép: A Szemlő-hegyi-barlang 3D térmodellje	68
9.1 ábra: A KMI Torony csapadékmennyiség eltérése a Barlang utca 12/B helyszíni méréshez képest	71
9.2 ábra: A KMI Torony mérőállomásán észlelt csapadékmennyiség	72
9.3 ábra: Pettyes-terem: csapadék és csepegés intenzitás időbeli változása	74
9.4 ábra: Pettyes-terem: csepegés intenzitás és fajlagos elektromos vezetőképesség időbeli változása	74
9.5 ábra: Pettyes-terem: fajlagos elektromos vezetőképesség és TDS (vizsgált összes oldott anyag) időbeli változása	76
9.6 ábra: Pettyes-terem: fajlagos elektromos vezetőképesség és ionkoncentrációk időbeli változása	77
9.7 ábra: Virágoskert: csapadék és csepegés intenzitás időbeli változása	80
9.8 ábra: Virágoskert: csepegés intenzitás és fajlagos elektromos vezetőképesség időbeli változása	80
9.9 ábra: Virágoskert: fajlagos elektromos vezetőképesség és ionkoncentrációk időbeli változása	81
9.10 ábra: Virágoskert: fajlagos elektromos vezetőképesség és TDS (vizsgált összes oldott anyag) időbeli változása	82
9.11 ábra: Virágoskert-Hosszú-lejtő: csapadék és csepegés intenzitás időbeli változása	84
9.12 ábra: Virágoskert-Hosszú-lejtő: csepegés intenzitás és fajlagos elektromos vezetőképesség időbeli változása	84
9.13 ábra: Virágoskert-Hosszú-lejtő: fajlagos elektromos vezetőképesség és TDS (vizsgált összes oldott anyag) időbeli változása	85

9.14 ábra: Virágoskert-Hosszú-lejtő: fajlagos elektromos vezetőképesség és ionkoncentrációk időbeli változása	86
9.15 ábra: Örvény-folyosó: csapadék és csepegés intenzitás időbeli változása	89
9.16 ábra: Örvény-folyosó: csepegés intenzitás és fajlagos elektromos vezetőképesség időbeli változása	89
9.17 ábra: Örvény-folyosó: fajlagos elektromos vezetőképesség és TDS (vizsgált összes oldott anyag) időbeli változása	91
9.18 ábra: Örvény-folyosó: fajlagos elektromos vezetőképesség és ionkoncentrációk időbeli változása	92
9.19 ábra: Óriás-folyosó: csapadék és csepegés intenzitás időbeli változása	94
9.20 ábra: Óriás-folyosó: csepegés intenzitás és fajlagos elektromos vezetőképesség időbeli változása	94
9.21 ábra: Óriás-folyosó: fajlagos elektromos vezetőképesség és TDS (vizsgált összes oldott anyag) időbeli változása	96
9.22 ábra: Óriás-folyosó: fajlagos elektromos vezetőképesség és ionkoncentrációk időbeli változása	97
9.23 ábra: Halál: csapadék és csepegés intenzitás időbeli változása	99
9.24 ábra: Halál: csepegés intenzitás és fajlagos elektromos vezetőképesség időbeli változása	99
9.25 ábra: Halál: fajlagos elektromos vezetőképesség és TDS (vizsgált összes oldott anyag) időbeli változása	101
9.26 ábra: Halál: fajlagos elektromos vezetőképesség és ionkoncentrációk időbeli változása	101
9.27 ábra: Hópalota: csapadék és csepegés intenzitás időbeli változása	104
9.28 ábra: Hópalota: csepegés intenzitás és fajlagos elektromos vezetőképesség időbeli változása	104
9.29 ábra: Hópalota: fajlagos elektromos vezetőképesség és TDS (vizsgált összes oldott anyag) időbeli változása	106
9.30 ábra: Hópalota: fajlagos elektromos vezetőképesség és ionkoncentrációk időbeli változása	106
9.31 ábra: Április 3.-folyosó: csapadék és csepegés intenzitás időbeli változása	110
9.32 ábra: Április 3.-folyosó: csepegés intenzitás és fajlagos elektromos vezetőképesség időbeli változása	110
9.33 ábra: Április 3.-folyosó: fajlagos elektromos vezetőképesség és TDS (vizsgált összes oldott anyag) időbeli változása	111
9.34 ábra: Április 3.-folyosó: fajlagos elektromos vezetőképesség és ionkoncentrációk időbeli változása	112
9.35 ábra: Csengő-terem: csapadék és csepegés intenzitás időbeli változása	114
9.36 ábra: Csengő-terem: csepegés intenzitás és fajlagos elektromos vezetőképesség időbeli változása	114
9.37 ábra: Csengő-terem: fajlagos elektromos vezetőképesség és TDS (vizsgált összes oldott anyag) időbeli változása	116
9.38 ábra: Csengő-terem: fajlagos elektromos vezetőképesség és ionkoncentrációk időbeli változása	117
9.39 ábra: Vízminták meq/l és fajlagos elektromos vezetőképesség középértékeinek összehasonlítása	121
9.40 ábra: Vízminták összetételének ábrázolása Stiff diagramon	122
9.41 ábra: Vízminták összetételének ábrázolása Piper diagramon	123
9.42 ábra: Vízminták NO ₃ - mennyiségének ábrázolása	124

9.43 ábra: Örvény-folyosó vízmintájának összehasonlító elemzése (MÁFI-ELTE)	125
9.44 ábra: Örvény-folyosó vízmintájának fő ion-összetétele a MÁFI elemzése alapján	126
9.45 ábra: Örvény-folyosó vízmintájának nyomelem összetétele a MÁFI elemzése alapján, összehasonlítva az ivóvíz és felszínalatti vizekre érvényes határértékekkel	127
9.46 ábra: Vízminták nátrium ion koncentrációjának összehasonlítása az ivóvíz határértékkel	128
9.47 ábra: Vízminták klorid ion koncentrációjának összehasonlítása az ivóvíz határértékkel	129
9.48 ábra: Vízminták szulfát ion koncentrációjának összehasonlítása az ivóvíz határértékkel	129
9.49 ábra: Vízminták nitrát ion koncentrációjának összehasonlítása az ivóvíz határértékkel	130
9.50 ábra: Csepegőhelyek csepegésintenzitás értékeinek és a csepegésszámlálás eredményeinek összehasonlítása	132
10.1 ábra: A barlang különböző vizsgálati pontjain, csepegő vizek mért $\delta^{18}\text{O}$ [‰]VSMOW értéke és a lokális csapadék becsült sokéves átlag $\delta^{18}\text{O}$ értéke	135
10.2 ábra: Források és barlangi csepegő vizek hőmérsékletének és fajlagos elektromos vezetőképességének összehasonlítása	138
10.3 ábra: A Tési-fennsík vízmintáinak regressziós vizsgálata (közel természetes hatás)	138
10.4 ábra: A Szemlő-hegyi-barlang vízmintáinak regressziós vizsgálata (antropogén hatás)	139

15. Melléklet

TÁBLÁZAT MELLÉKLET

A FAJLAGOS ELEKTROMOS VEZETŐKÉPESSÉG KORREKCIÓJA 25 °C-RA

1. MELLÉKLET:

TÉRINFORMATIKAI FELDOLGOZÁSOK RÉSZLETES LÉPÉSEI

Képjegyzék:

- 14.1 kép: Georeferálás „kép a képhez” illesztéssel
- 14.2 kép: Georeferálás „kép a képhez” illesztéssel (kimeneti térkép beállítás)
- 14.3a kép: ArcView: Vektoros adatok előállítása (digitalizálás)
- 14.3b kép: ArcView: Vektoros adatok előállítása (digitalizálás)
- 14.4 kép: ArcView: Területszámítás
- 14.5 kép: Surfer: Raszteres adatok 3D domborzatra helyezése
- 14.6 kép: POLYGON: Barlangjárat sokszögvonala és a felszín

2. MELLÉKLET:

KÉRDŐÍV

- TÉRKÉPMELLÉKLET 1:** Fedett földtani térkép - Wein György (1977)
térképének digitalizált kivágata
- TÉRKÉPMELLÉKLET 2:** Fedetlen földtani térkép - Wein György (1977)
térképének digitalizált kivágata
- TÉRKÉPMELLÉKLET 3:** Eocén alatti képződmények - Wein György (1977)
térképének digitalizált kivágata
- TÉRKÉPMELLÉKLET 4:** A Rózsadomb topográfiája
- TÉRKÉPMELLÉKLET 5:** Kérdőívezés sikeressége a Szemlő-hegyi-barlang
felszínén
- TÉRKÉPMELLÉKLET 6:** Kérdőívezés eredménye a Szemlő-hegyi-barlang felszínén
- TÉRKÉPMELLÉKLET 7:** A-zóna, B*-zóna és B-zóna lehatárolása a Szemlő-hegyi-
barlang felszínén
- TÉRKÉPMELLÉKLET 8:** Területhasználat a Szemlő-hegyi-barlang felszínén
- TÉRKÉPMELLÉKLET 9:** Közműhálózat a Szemlő-hegyi-barlang járatok felett
- TÉRKÉPMELLÉKLET 10:** A Rózsadomb negyedidőszaki képződményekkel fedett
földtani térképe
(Wein Gy. 1977 után módosította Mádlné Dr. Szőnyi Judit)
- TÉRKÉPMELLÉKLET 11:** A Rózsadomb fedetlen földtani térképe
(Wein Gy. 1977 után módosította Mádlné Dr. Szőnyi Judit)
- TÉRKÉPMELLÉKLET 12:** Szemlő-hegyi-barlang: csepegővíz mérőhelyek
elhelyezkedése és vízminták koncentráció középértékei

TÁBLÁZAT MELLÉKLET:

30-MAR-98 07:22

DR MULLER INRE

003603336007

PAGE: 1

f = 1,08 ZCl
elektroda: f = 1,12

ELTE → Alkalmazott Földtan → Zsemle Ferec
Az elektromos vezetőképesség korrekciója 25 °C-ra
60 2. Einführung in Meßmethoden

Tabelle 2.5: Temperaturkorrekturfaktor f_{25} für die Umrechnung von Meßwerten der elektrischen Leitfähigkeit von natürlichen Wässern bei der Meßtemperatur T auf 25 °C (aus DEV, C8)

T in °C	f_{25}										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	
0	1,918	1,912	1,906	1,899	1,893	1,887	1,881	1,875	1,869	1,863	
1	1,857	1,851	1,845	1,840	1,834	1,828	1,822	1,817	1,811	1,805	
2	1,800	1,794	1,788	1,783	1,777	1,772	1,766	1,761	1,756	1,750	
3	1,745	1,740	1,734	1,729	1,724	1,719	1,713	1,708	1,703	1,698	
4	1,693	1,688	1,683	1,678	1,673	1,668	1,663	1,658	1,653	1,648	
5	1,643	1,638	1,634	1,629	1,624	1,619	1,615	1,610	1,605	1,601	
6	1,596	1,591	1,587	1,582	1,576	1,573	1,569	1,564	1,560	1,555	
7	1,551	1,547	1,542	1,538	1,534	1,529	1,525	1,521	1,516	1,512	
8	1,508	1,504	1,500	1,496	1,491	1,487	1,483	1,479	1,475	1,471	
9	1,467	1,463	1,459	1,455	1,451	1,447	1,443	1,439	1,436	1,432	
10	1,428	1,424	1,420	1,416	1,413	1,409	1,405	1,401	1,398	1,394	
11	1,390	1,387	1,383	1,379	1,376	1,372	1,369	1,365	1,362	1,358	
12	1,354	1,351	1,347	1,344	1,341	1,337	1,334	1,330	1,327	1,323	
13	1,320	1,317	1,313	1,310	1,307	1,303	1,300	1,297	1,294	1,290	
14	1,287	1,284	1,281	1,278	1,274	1,271	1,268	1,265	1,262	1,259	
15	1,256	1,253	1,249	1,246	1,243	1,240	1,237	1,234	1,231	1,228	
16	1,225	1,222	1,219	1,216	1,214	1,211	1,208	1,205	1,202	1,199	
17	1,198	1,193	1,191	1,188	1,185	1,182	1,179	1,177	1,174	1,171	
18	1,168	1,166	1,163	1,160	1,157	1,155	1,152	1,149	1,147	1,144	
19	1,141	1,139	1,136	1,134	1,131	1,128	1,126	1,123	1,121	1,118	
20	1,116	1,113	1,111	1,108	1,105	1,103	1,101	1,098	1,096	1,093	
21	1,091	1,088	1,086	1,083	1,081	1,079	1,076	1,074	1,071	1,069	
22	1,067	1,064	1,062	1,060	1,057	1,055	1,053	1,051	1,048	1,046	
23	1,044	1,041	1,039	1,037	1,035	1,032	1,030	1,028	1,026	1,024	
24	1,021	1,019	1,017	1,015	1,013	1,011	1,008	1,006	1,004	1,002	
25	1,000	0,998	0,996	0,994	0,992	0,990	0,987	0,985	0,983	0,981	
26	0,979	0,977	0,975	0,973	0,971	0,969	0,967	0,965	0,963	0,961	
27	0,959	0,957	0,955	0,953	0,952	0,950	0,948	0,946	0,944	0,942	
28	0,940	0,938	0,936	0,934	0,933	0,931	0,929	0,927	0,925	0,923	
29	0,921	0,920	0,918	0,916	0,914	0,912	0,911	0,909	0,907	0,905	
30	0,903	0,902	0,900	0,898	0,896	0,895	0,893	0,891	0,889	0,888	
31	0,886	0,884	0,883	0,881	0,879	0,877	0,876	0,874	0,872	0,871	
32	0,869	0,867	0,865	0,864	0,863	0,861	0,859	0,858	0,856	0,854	
33	0,853	0,851	0,850	0,848	0,846	0,845	0,843	0,842	0,840	0,839	
34	0,837	0,835	0,834	0,832	0,831	0,829	0,828	0,826	0,825	0,823	
35	0,822	0,820	0,819	0,817	0,816	0,814	0,814	0,811	0,810	0,808	

Stefan Peiffer & Klaus Pecher (1997):
Experimentelle quantitative Chemie

1. MELLÉKLET:

TÉRINFORMATIKAI FELDOLGOZÁSOK RÉSZLETES LÉPÉSEI

Erdas Imagine 8.5

A feldolgozás lépései:

1. *Program megnyitása* → (*Classic*) *Viewer megnyitása* (további lépések a Viewer 1 ablakban): *kép megnyitása*: Open → jpeg formátumú térkép megnyitása: Select Layer To Add (File kiválasztása) → Raster Options: sávok kiválasztása (ebben az esetben 1-2-3 „szín” kiosztás), Fit to Frame (Viewer ablak kitöltése), No Stretch (légfelvételek esetében lehet inkább lényeges)
2. *EOV vetületi rendszerbe illesztés*:
Raster → Geometric Correction → Polynomial:
Projection: -Map Units: Meters → Add/Change Projection: Hungary: EOJ
→ Set Projection from GCP Tool: Keyboard Only (illesztéshez ablak behívása) → sarokpontok leszúrása (GCP Tool), térkép képéhez koordináták rendelése, táblázatba beírása (minimum 4 pont kijelölése) → Resample: output file és helyének megadása (img formátumban!), Ignore Zero in Stats (EOJ vetületi rendszerbe forgatja a képet a megadott koordináta értékek alapján)
3. „*Kép a képhez*” *illesztés*: 2 Viewer ablak nyitása → Session: Tile Viewers:
Viewer 1: EOJ vetületi rendszerű térkép (img) megnyitása,
Viewer 2: georeferálendő kép (jpg, tif) megnyitása, további lépések ebben az ablakban:
Raster → Geometric Correction → Polynomial:
Projection: -Map Units: Meters → Add/Change Projection: Hungary: EOJ
→ Set Projection from GCP Tool: Existing Viewer → belekattintani a viszonyítási alapul szolgáló EOJ vetületi rendszerű térképbe → GCP Tool: aránylag pontosan beazonosítható térkép elemek (például útelágazások) figyelembe vételével az EOJ térkép alapján XY koordináták hozzárendelése a képi koordinátákhoz, azaz illesztőpontok „leszúrása” (1. fokú polynom esetén 3+1, másod fokú polynom használatánál 6+1 illesztőpont alapján, továbbá amennyi pont még szükséges a lehető legkisebb RMS hiba eléréséhez); a koordináták és a többi adat táblázatban látszik és szerkeszthető (*14.1 kép*) → Resample: output file név (img formátum) és elérési könyvtár megadása, Ignore Zero in Stats kijelölése (*14.2 kép*)
4. *Kép vágása AOI-vel*:
DataPrep → Subset Image: input és output file, valamint könyvtár kiválasztása, Ignore Zero in Output Stats kijelölése; AOI Surce: AOI File (AOI file - jelen esetben a „vágó”keret - kiválasztása)
A „vágó” keretet (aoi) előzőleg már meglévő *shape file-ből hoztam létre*:
Shape megnyitása → rákkattintani → AOI: Copy Selection To AOI; a továbbiakban:
File: Save → AOI Layer As → file neve (img formátum) és elérési könyvtár megadása

ArcView GIS 3.3

A feldolgozás lépései:

1. *Program megnyitása* → *View ablak megnyitása* → beállítások:
Properties: meters; View ablak elnevezése, szerző megnevezése stb
2. *alaptérkép megnyitása*: File: Extensions: IMAGE beállítása; Add Theme: kiválasztani térképet (Image Data Source)
3. *új Layer létrehozása*: (mindegyik Layer létrehozása esetében azonos):
View: New Theme → point/line/polygon beállítása → új file neve és könyvtárban helye - OK
4. *Adattáblába új oszlopok beszúrása*: Edit: Add Field: oszlop neve, típus: szöveg/dátum/szám..., hosszúsága, számnál tizedes jegy; (*új sor beszúrása*: Add Record); minden adattáblánál azonos módon történik
5. *Layer szerkeszthetővé tétele*: Theme: Start Editing → pont/vonal/polygon

- Bedigitalizálása (14.3 kép), adott oszlop(ok) kitöltése → kijelölés megszüntetése → Theme: Stop Editing: *ementjük*: Save Edits to...(shp) → YES
6. *jelmagyarázat, feliratok készítése, csoportok szín/jel kódjai*: Legend Editor: Theme (adott shp kiválasztása); Legend Type → Unique Value: Values Field: ID (ha például az ID értékek alapján történik a csoportba rendezés, az egyes ID értékekhez szín/jel kód rendelhető, illetve „címké” azonosító, szöveg írható)
7. *Layerek vágása* (vagy egyesítése) a területhatár polygon felhasználásával:
File: Extensions: Geoprocessing Wizard beállítása;
View: GeoProcessing Wizard → Clip one Theme based on another (adott polygon határaival való vágás, ahol a keletkezett pont/vonal/polygon állomány az eredeti pont/vonal/polygon tulajdonságokkal rendelkezik, de a területe/határa a vágó polygon területével/határával azonos) → Next → input: vágandó polygon/vonal/pont layer kiválasztása; overlay: vágó polygon layer kiválasztása; output file: kimeneti file (új, „vágott” layer) nevének és helyének megadása
8. *Magasság adatok Z koordinátává alakítása*:
File: Extensions: Vector Conversions Extension beállítása;
Vector Conversions: Converts line / point to XYZ coordinate → Z value fields: „Magasság” oszlop megadása
9. *Területszámítás*: adattáblában új oszlop létrehozása: például „Terület” (Number típus) → Calculate: [terület] = [shape].returnarea (14.4 kép)
10. *Layout - kiexportálható térkép készítése*: View: Layout → Template Manager: Portrait → Layout 1-ben megadható és igény szerint módosítható a kép mérete, feliratok, méretarány, égtáj, jelmagyarázat... → File: Export (jpg, bmp formátumban)
11. *teljes projektmunka elmentése*: File: Save Project → projekt neve (.apr) és könyvtári helyének megadása (shp, dbf, shx állományokkal egy helyre mentése)

Surfer 8

A feldolgozás lépései:

- I. **Excel**: File: Open: 2 dBase adattábla megnyitása, és új Excel táblázatba másolása (egyesítése) → File: Save
- II. **Surfer 8**: Program megnyitása →
1. *interpolálás*: Grid: Data → interpolálandó xls kiválasztása (domborzathoz) → X: X, Y: Y, Z: magasság; Kriging; output: kimeneti grid file nevének és helyének megadása; cella méreteinek meghatározása (98x100, 490x500, 980x1000 cellaszám)
2. *térképek megnyitása, beállítások*:
a, Map: Surface → interpolált adatsor: grid megnyitása → domborzat Properties: színek beállítása
b, Map: Base Map → polygonok, pontok, vonalak megnyitása, raszteres állományok megnyitása, típusonként Properties: színek és jelölések, vastagságok beállítása (14.5 kép)
3. *tematikánként, típusonként a domborzatra helyezésük*:
egyesítendő térképek kijelölése → Map: Overlay Maps → egymásra helyezve (szétszedések: térképek kijelölése → Map: Break Apart Overlay)
4. *csak a domborzatra helyezett térképek láthatóságának beállítása*:
domborzat kijelölése: Properties: Overlays → Use overlay beállítása → csak a térképek látszódnak (DE: nem látványos, hogy domborzaton van; látványosabb, ha a domborzat is látszódik!)
5. *projekt elmentése*: File: Save → projekt neve (.srf), és könyvtárban helye.

POLYGON 2.7

A következőkben a feldolgozás menetét Hegedűs András szakdolgozatában bemutatott útmutató alapján ismertetem. (HEGEDŰS A. 2007)

A feldolgozás menete:

1. Program megnyitása → *Fájl: Új barlang (.cave)*, mentés helyének megadása

2. *Jegyzőkönyv adatlap* kitöltése (automatikusan megjelenik): barlang neve, jegyzőkönyv készítője, készítés dátuma, regionális terület és kataszteri szám a legördülő menüből kiválasztható (adott terület kiválasztását követően a tájegységre vonatkozó kataszteri számok már automatikusan a lista elején jelennek meg) (*X. kép*) asszuk ki a felugró ablakban a mentés helyét. A következő ablakban kell kitöltenünk a barlang nevét, a jegyzőkönyv készítő nevét, a területet, ahol a barlang elhelyezkedik (itt választhatunk a legördülő listából, vagy újat írhatunk be). → OK pipa

3. → új ablak: *Felmérés adatlap* (később újabb felmérések is csatolhatók az előző jegyzőkönyvhöz, ekkor már csak ez az ablak jelenik meg): megadható a felmérés neve, dátuma, a mágneses deklináció értéke, és fix pontként a bejárat koordinátái (ha ezt nem lehet tudni, az alapértelmezett nullákat kell meghagyni). Ha ismert és itt meg van adva a bejárat „0” pont XYZ EOY koordinátája, a program a barlangi mérési pontok koordinátáit egy transzformációs művelettel - a barlangi koordinátarendszer origójának eltolásával - automatikusan átszámolja EOY XYZ koordinátákká.

A bejárat koordinátái szükségesek ahhoz, hogy később több barlangot egy ablakban lehessen megjeleníteni. Továbbá meg kell adni a felmérő csoport és felmérő személyek nevét, valamint a felmérés során használt műszereket és azok korrekciós értékeit. Ez az adatlap később is módosítható vagy kiegészíthető, ez esetben a „felmérés adatlap”-ra kell kattintani. → OK pipa

4. → megjelenik *táblázatos formában a felmérési jegyzőkönyv*: a sorokba beírhatók a mért (és több mérésből kiátlagolt) értékek. A „balra”, „jobbra”, „fel” és „le” mezőket üresen kell hagyni, mert ez a funkció jelenleg nem működik (későbbi programfejlesztéssel a járatok keresztmetszetének megjelenítéséhez lesz szükséges). A mezők között egyszerűen a tab billentyű lenyomásával lehet haladni, új sort a lefelé nyíllal lehet beszúrni. Az bal oldali oszlopokban 2 pont közti hosszt, irány szöveget és lejtés szöveget lehet megadni, valamint megjegyzésként például a helyszínt be lehet írni. A jobb oldali oszlopokban válik láthatóvá az egyes pontok X-Y-Z koordinátája, de csak azt követően, miután a felmérés el lett mentve, és utána újra meg lett nyitva. Ha az adott barlangról több időpotban is készült felmérés, a bal oldali menüben lehet azok közül választani.

5. *Térkép* panelre kattintás → megjelenik a sokszögvonala alaprajzi képe: tetszőlegesen nagyítható, kicsinyíthető, és több irányba is forgatható. A többi vetületi nézethez a menüsorban a térkép fület lenyitva lehet hozzájutni: hosszmetset, térmodell, térmodell vetülettel. Alaprajzi nézetben értelemszerűen függőlegestől, hosszmetseti nézetben vízszintestől eltérő nézeti irányt nem lehet választani. Térmodell esetében azonban bármilyen, eltérő szögéből lehetőség van vetíteni: a térkép mozgatható az egér jobb gombját folyamatosan nyomva tartva a tér minden irányába, a megfelelő nézet megtalálásához. A sokszögvonala forgatható is, a „térkép” gomb alatti „forgatás” ikonra kattintva. A piros félkörrel pedig 90-0-90° között lehet az alaprajz és hosszmetset nézet átmeneteivel mozgatni a térmodellt. A menüsor térkép fülénél egyéb beállítások: pontok felirata (neve, címke, megjegyzés, Z koordináta, végpontok Z koordinátái), színskála (fekete-fehér, felmérések, címkék, szakaszok, mélység szerint), vonalvastagság, hurkok, illetve felszíni pontok és felszíni háló megjelenítése. „Térmodell vetülettel” nézet kiválasztása: a sokszögvonala képe egy 3D koordinátarendszerre kivetítve is kirajzolódik (fekete-fehér színekkel, vékonyabb vonalvastagsággal). A koordinátarendszerben alaprajzi és két hosszmetseti kivetítés kapcsolható be. A vetítési síkok távolsága a sokszögvonaltól állítható a csúszkák mozgatásával. Ebben a nézetben kinyomtatott sokszögvonala és vetületi nézetek képezhetik az alapját egy plasztikus térrajz elkészítésének. A program a méretarányt és az északi irányt automatikusan a térképre helyezi.

6. *Felszín* kiválasztása a bal oldali menüben →

Felszíni pontok: beazonosítható pontok nevének és XYZ EOY koordinátáinak megadása (ez esetben az Országos Barlangnyilvántartás területre vonatkozó barlangbejárat koordinátái);

Felszíni háló: rácsháló kezdő X és Y EOY koordinátájának, valamint a rácspontok egymáshoz képesti távolságának megadása méterben, továbbá a pontok számának oszloponként (X) és soronként (Y) való meghatározása. Kritérium, hogy csak szabályos négyzetháló lehet, mert a

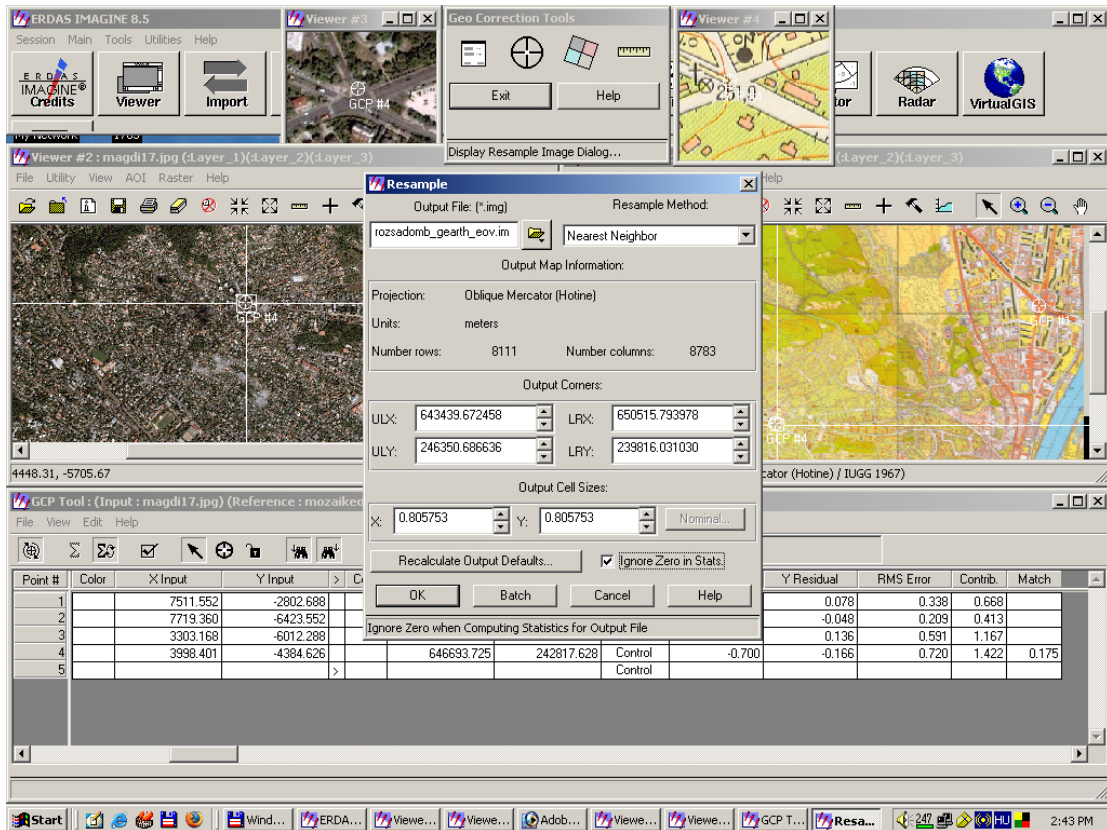
program csak azt tudja kezelni. Az alsó táblázatba a Z koordináták tengerszint feletti magasság értékeit kell beírni méterben.

→ felszín táblázat elmentése (.sfc), OK pipa → felszíni rácsháló és felszíni pontok megjelennek a barlang polygon hálózatán. → barlanggal együtt forgatható, mozgatható, kicsinyíthető és nagyítható, elemezhető! (14.6 kép)

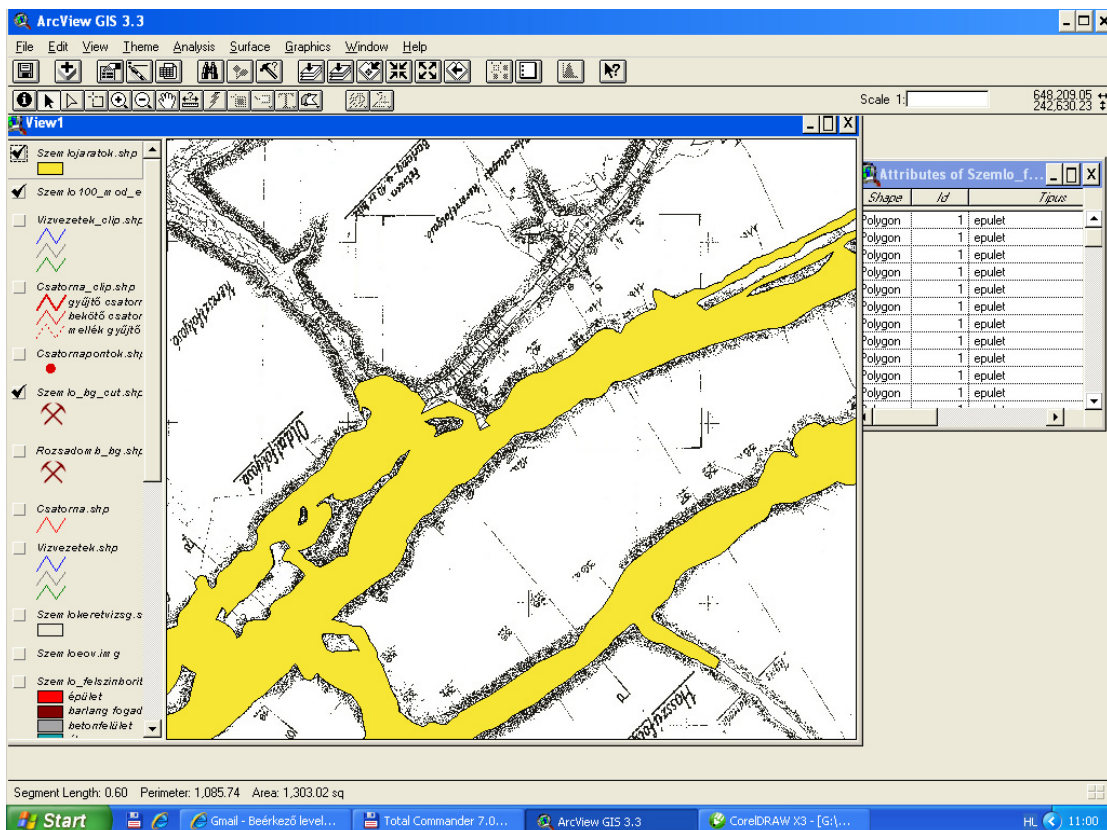
The screenshot shows the ERDAS IMAGINE 8.5 interface. At the top, there are several toolbars including 'Geo Correction Tools' and 'VirtualGIS'. The main workspace is divided into two panes. The left pane shows an aerial photograph with a grid overlay and a ground control point (GCP #3) marked. The right pane shows the same area after georeferencing, with a color-coded map overlay. Below the panes, the 'GCP Tool' window is active, displaying a table of ground control points. The table has columns for Point #, Point ID, Color, X Input, Y Input, X Ref., Y Ref., Type, X Residual, Y Residual, and RMS Error. The data shows four control points with zero residuals.

Point #	Point ID	Color	X Input	Y Input	X Ref.	Y Ref.	Type	X Residual	Y Residual	RMS Error
1	GCP #1		7511.552	-2802.688	649526.534	244094.842	Control	0.000	0.000	0
2	GCP #2		7719.360	-6423.552	649712.363	241182.548	Control	0.000	0.000	0
3	GCP #3		3303.168	-6012.288	646140.956	241507.749	Control	-0.000	-0.000	0
4	GCP #4						Control			

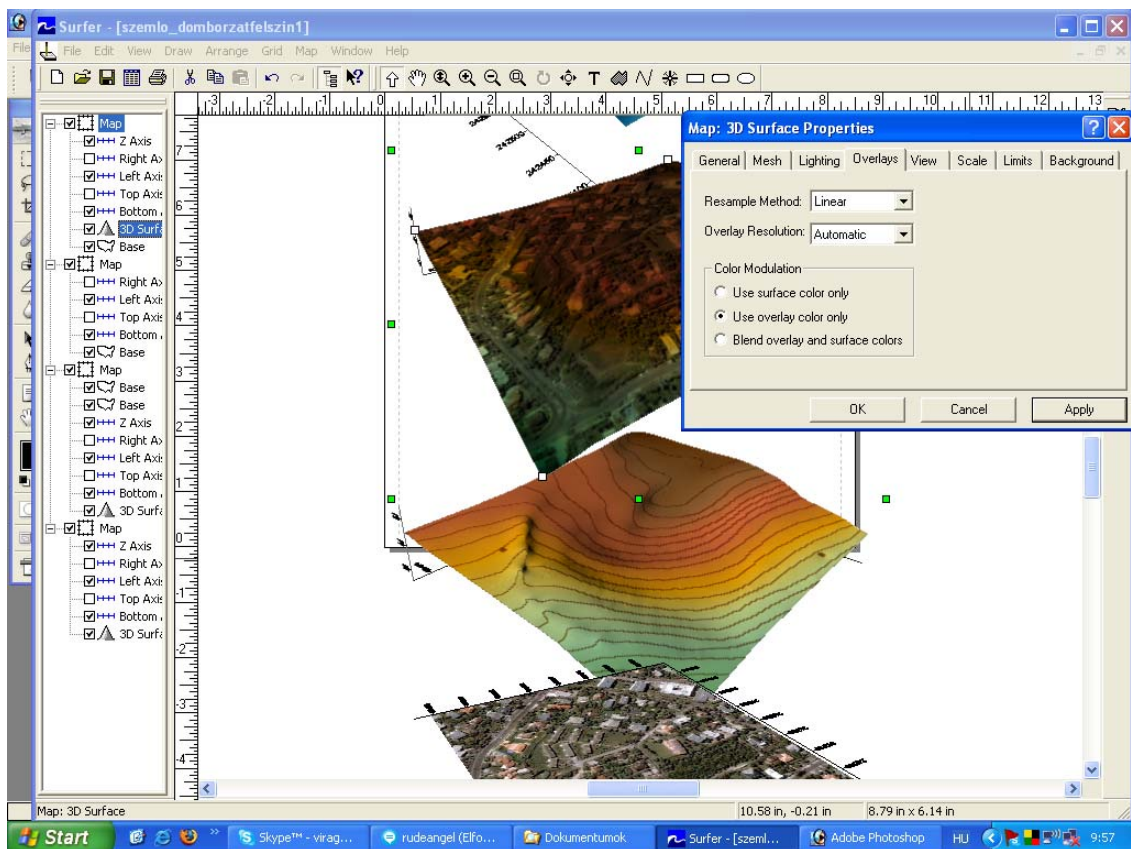
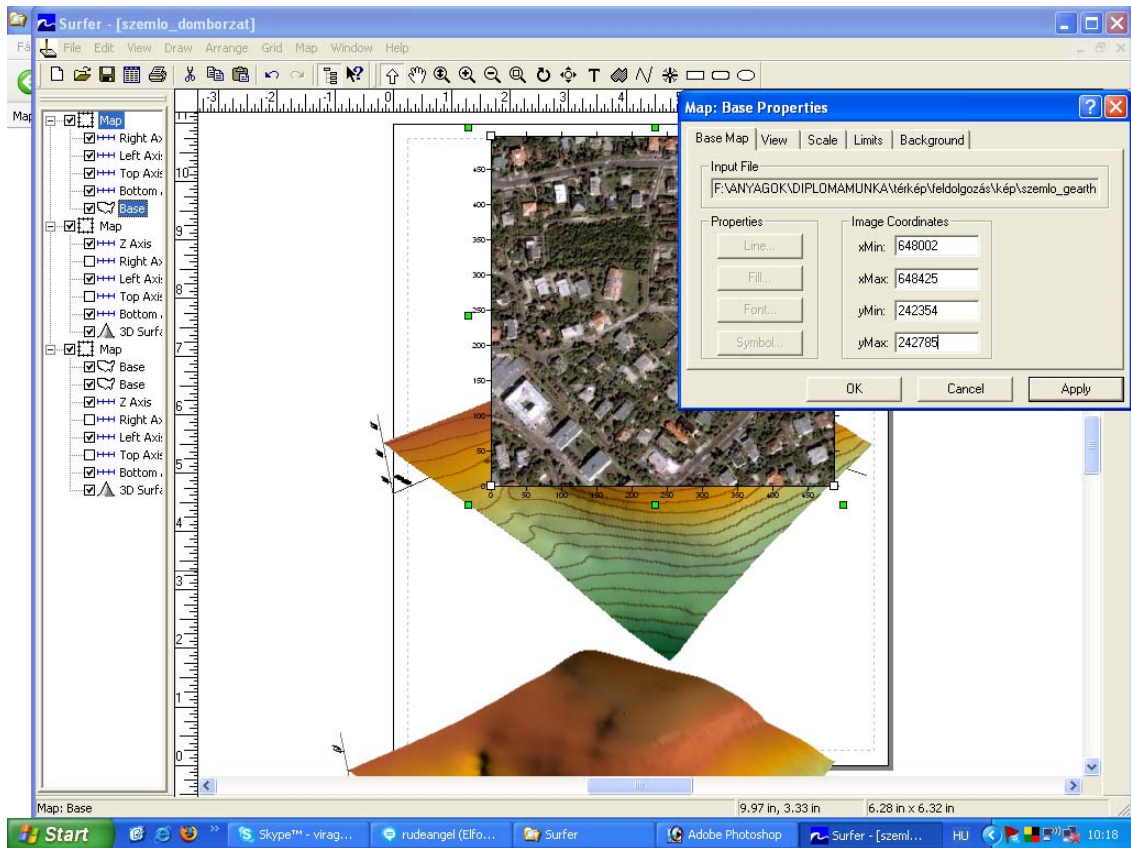
14.1 kép: Georeferálás „kép a képhez” illesztéssel



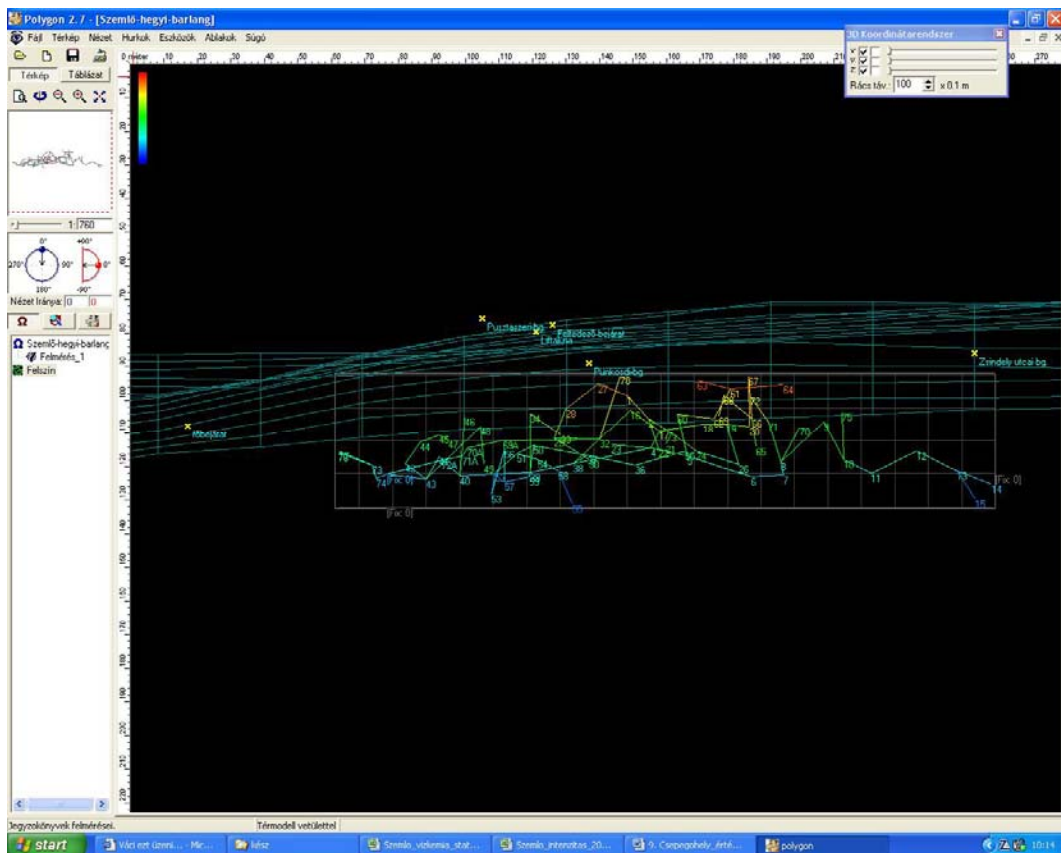
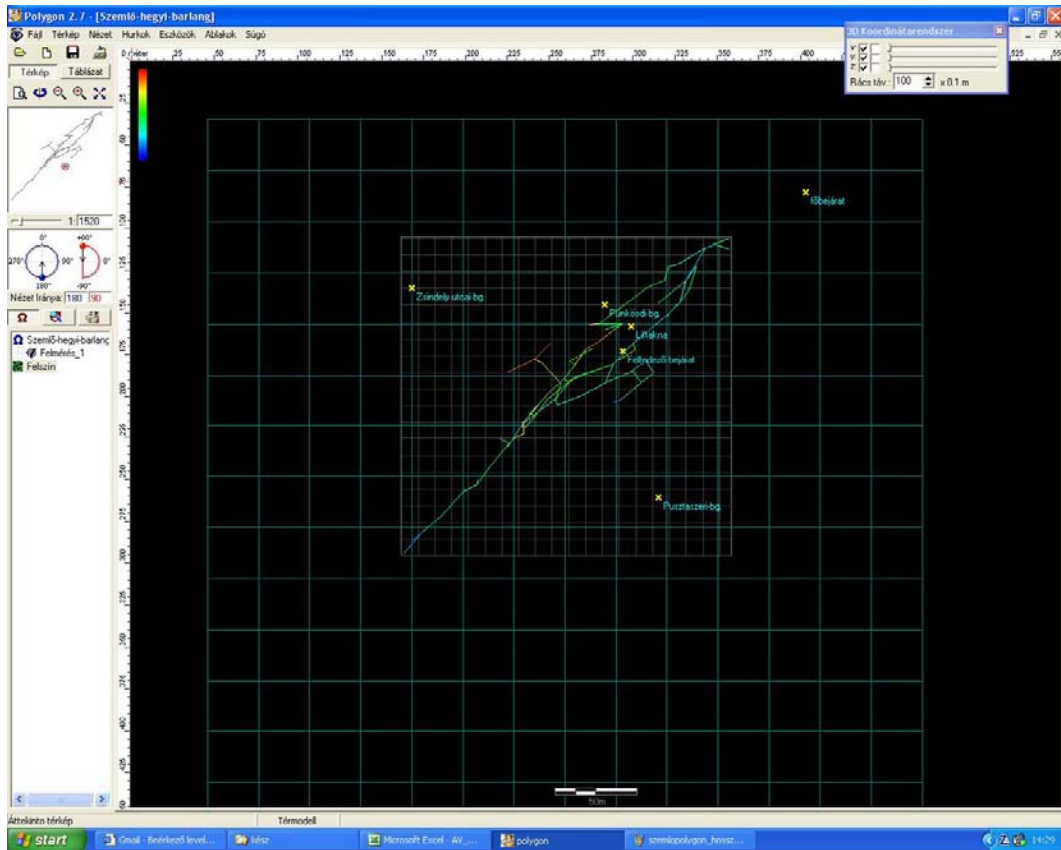
14.2 kép: Georeferálás „kép a képhez” illesztéssel (kimeneti térkép beállítás)



14.3a kép: ArcView: Vektoros adatok előállítása (digitalizálás)



14.5 kép: Surfer: Raszteres adatok 3D domborzatra helyezése



14.6 kép: POLYGON: Barlangjárat sokszögvonala és a feszín

2. MELLÉKLET:

Kérdőív

Kérjük tegyen X-et a megfelelő részhez!

1. Milyen formában hasznosítja az ingatlanon található zöldfelületet, udvart?
 - konyhakert
 - gyeper, díszkert
 - gépkocsi beálló
 - egyéb _____

2. Mekkora a burkolt felületek aránya az ingatlanon (épület, beton, járda)?
 - 20%-nál kevesebb
 - 20-40%
 - 40-60%
 - 60-80%
 - 80%-nál több

3. Történt-e valamilyen feltöltés az ingatlan területén? (Például: talajcsere, talajbolygatás, magasztás?)
 - igen
 - HA válasza igen:
 - A) Milyen anyaggal (például: talaj helyből/máshonnan, sóder, közettörmelék)? _____
 - B) Mekkora területen (m²)? _____
 - nem

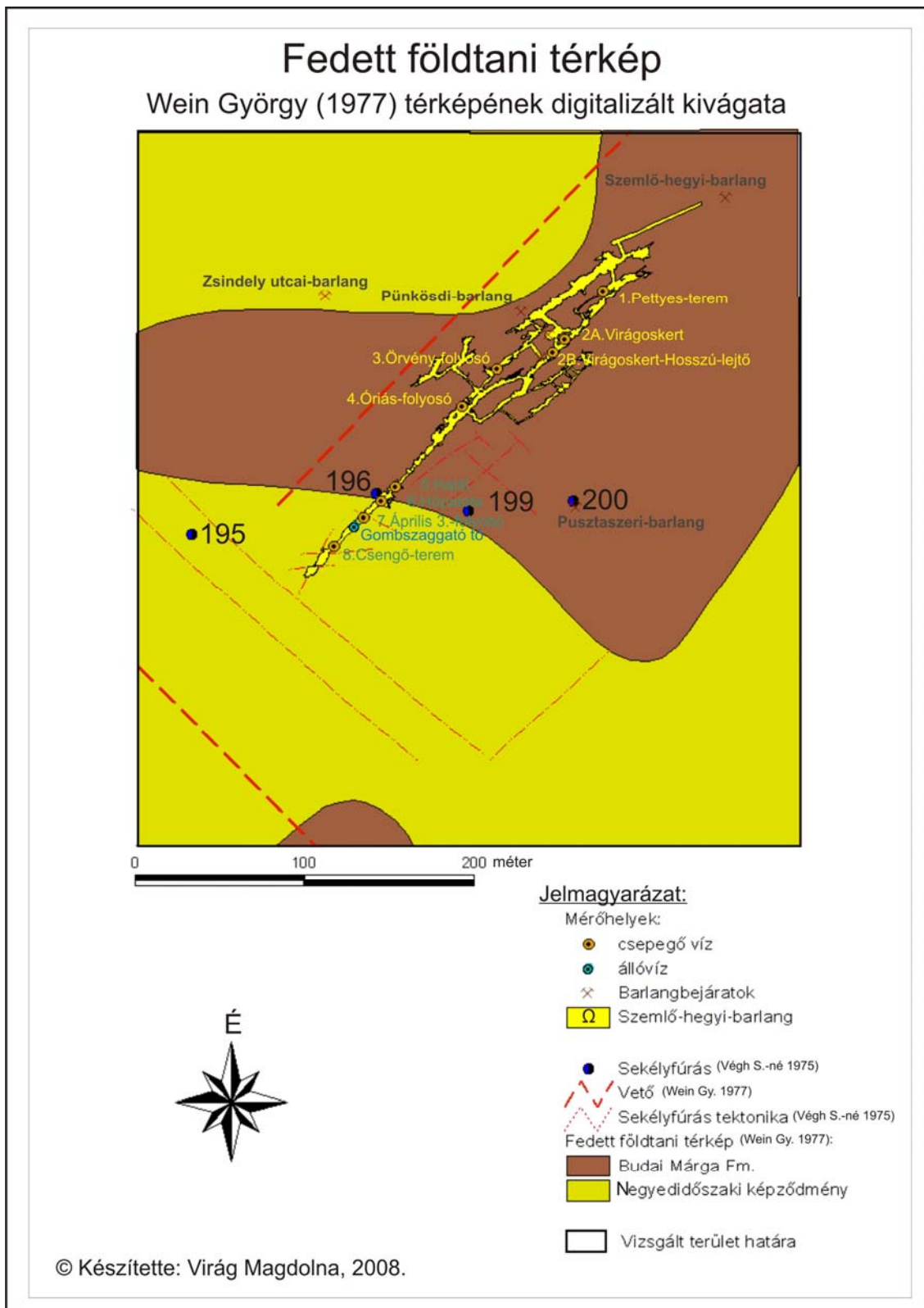
4. Öntözi-e a kertet? (Ha igen, milyen gyakorisággal, körülbelül mennyi vizet használ alkalmanként?)
 - igen
 - HA válasza igen: (Jelölje be az évszakot, húzza alá a hónap nevét !)
 - A) Melyik évszak(ok)ban, hónap(ok)ban locsolja kertjét?
 - tavasz: március - április - május
 - nyár: június - július - augusztus
 - ősz: szeptember - október - november
 - tél: december - január - február
 - B) Milyen gyakorisággal locsolja kertjét?
 - naponta egyszer / naponta többször
 - hetente egyszer
 - hetente többször
 - C) Becsülje meg, hogy 1 öntözés alkalmával körülbelül hány liter vizet használ el?

 - nem

5. 1 hónapban körülbelül hány m³ vizet használ a háztartásban?
(A vízóra alapján meghatározhatja!) _____
6. Hová kerül az ingatlanról a szennyvíz?
 csatorna
 emésztőgödör
 egyéb _____
7. Használ a kertben vegyszert?
 igen
HA válasza igen, milyen jellegűt?:
A) természetes trágya / komposzt
B) műtrágya
C) permetlé
D) egyéb _____
 nem
8. Mit használ télen havazáskor az út és a járda csúszásmentesítésére?
 útszóró só
 homok
 hamu
 egyéb _____
 semmit
9. Melyik évben épült a ház?

Köszönjük a válaszadást!

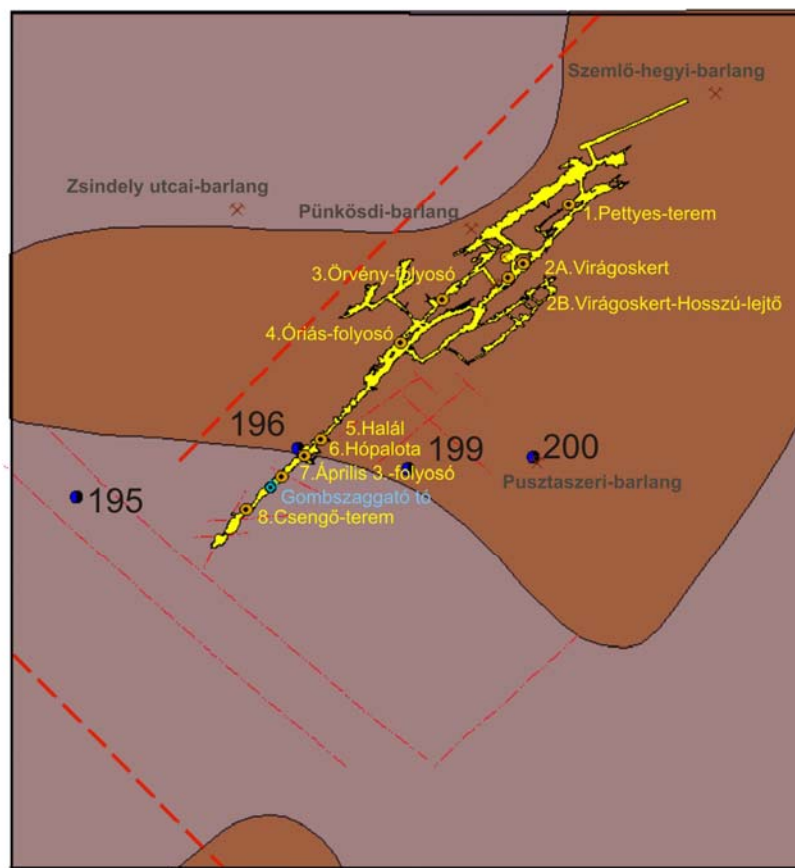
TÉRKÉPMELLÉKLET 1:



TÉRKÉPMELLÉKLET 2:

Fedetlen földtani térkép





Wein György (1977) térképének digitalizált kivágata






0 100 200 méter



Jelmagyarázat:


Mérőhelyek:

-  csepegő víz
-  állóvíz
-  Barlangbejáratok
-  Szemlő-hegyi-barlang

-  Sekélyfúrás (Végh S.-né 1975)
-  Vető (Wein Gy. 1977)
-  Sekélyfúrás tektonika (Végh S.-né 1975)

Fedetlen földtani térkép (Wein Gy. 1977):

-  Budai Márga Fm. (észlelt)
-  Budai Márga Fm. (feltételezett)

-  Vizsgált terület határa

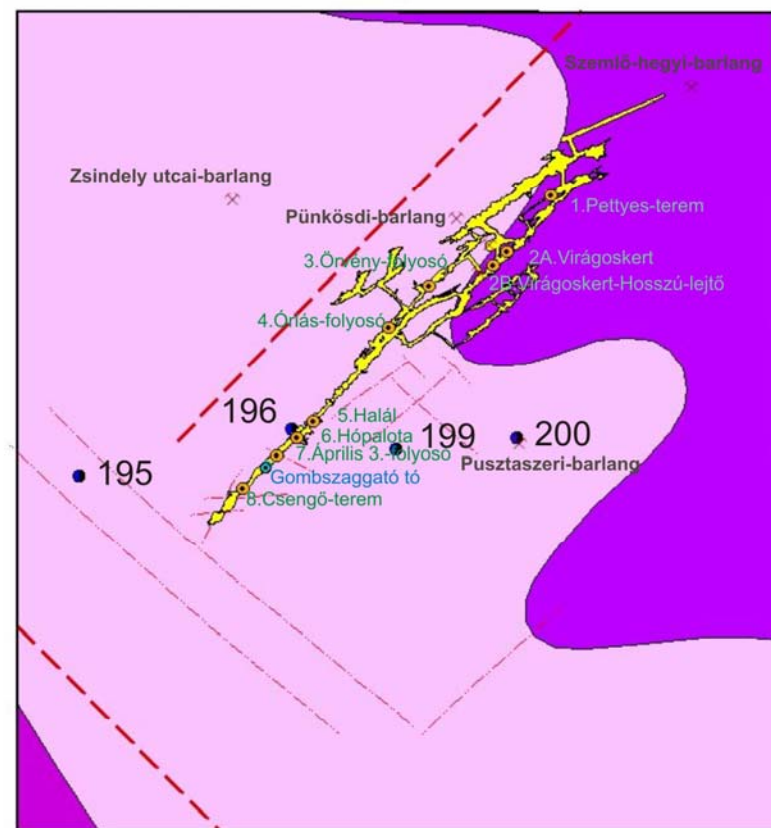


© Készítette: Virág Magdolna, 2008.

TÉRKÉPMELLÉKLET 3:

Eocén alatti képződmények

Wein György (1977) térképének digitalizált kivágata



Jelmagyarázat:

Mérőhelyek:

● csepegő víz

● állóvíz

× Barlangbejáratok

Ω Szemlő-hegyi-barlang

● Sekélyfúrás (Végh S.-né 1975)

— Vető (Wein Gy. 1977)

— Sekélyfúrás tektonika (Végh S.-né 1975)

Eocén alatti képződmények (Wein Gy. 1977):

■ Fődolomit

■ szemcsés dolomit

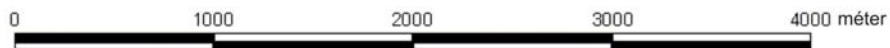
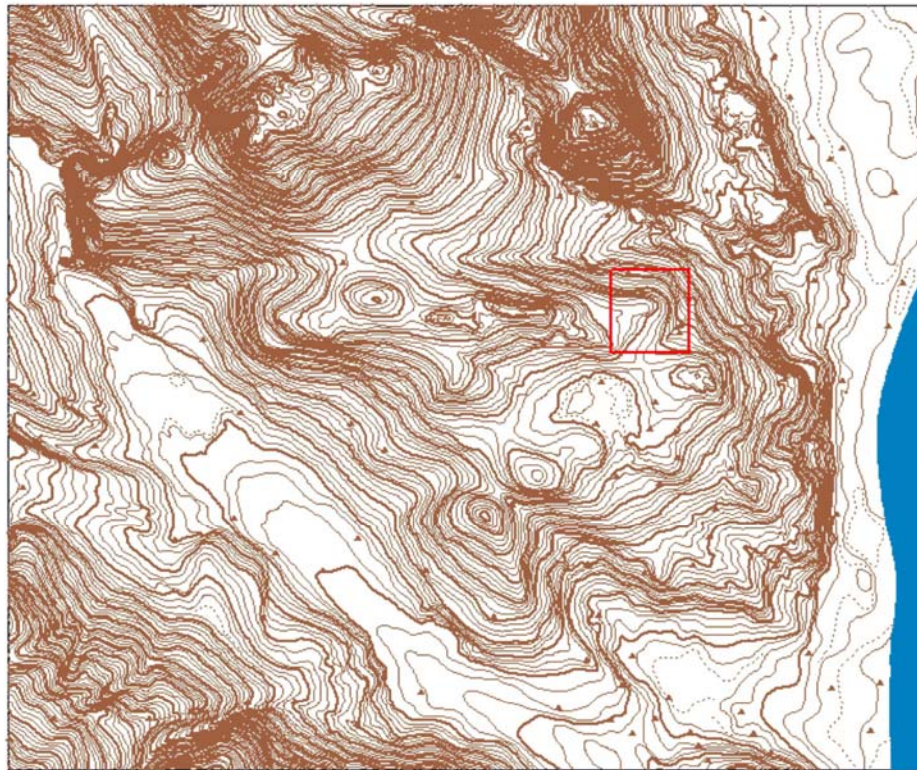
■ tűzköves dolomit

□ Vizsgált terület határa

© Készítette: Virág Magdolna, 2008.




TÉRKÉPMELLÉKLET 4:

A Rózsadomb topográfiája



Jelmagyarázat:

szintvonalak:

-  főszintvonal
-  felező szintvonal
-  negyedelő szintvonal
-  mellékszintvonal
-  magasság pontok

 Duna

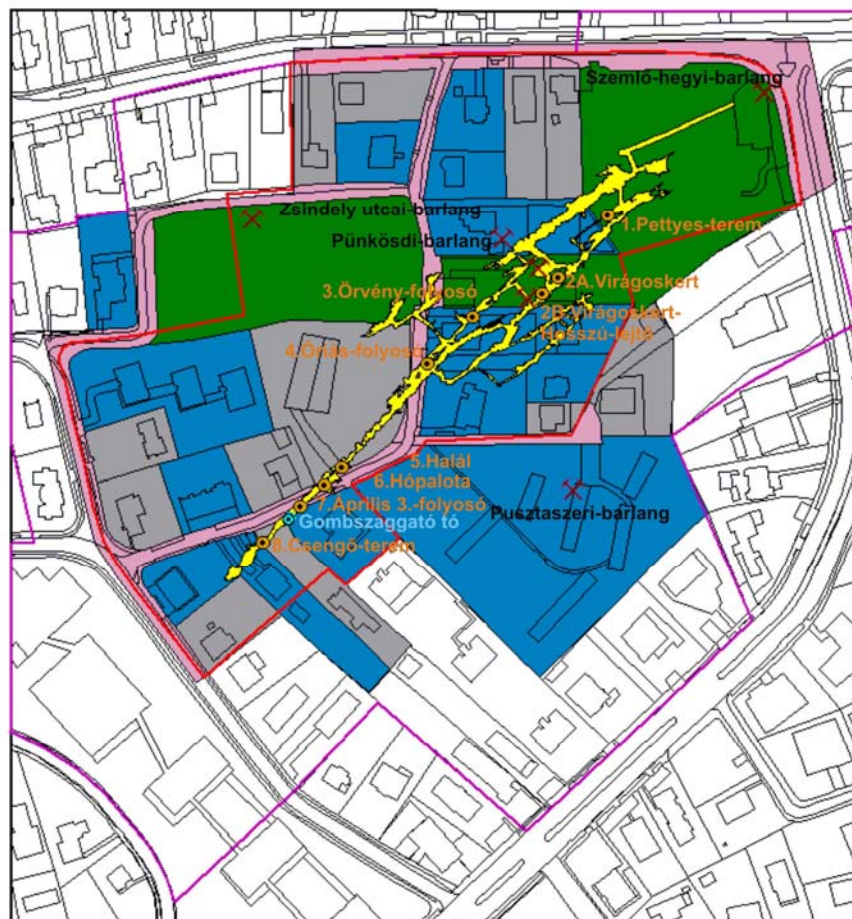
 vizsgált terület határa

 Rózsadomb határ

© Készítette: Virág Magdolna, 2008.

TÉRKÉPMELLÉKLET 5:

Kérdőívezés sikeressége a Szemlő-hegyi-barlang felszínén



0 100 méter



Jelmagyarázat:

✕ Barlangbejáratok

Mérőhelyek:

● csepegő víz

● állóvíz

Ω Szemlő-hegyi-barlang

Kérdőívezés sikeressége:

□ közterület

■ TVT, nem beépíthető terület

■ válaszolt

■ nem válaszolt

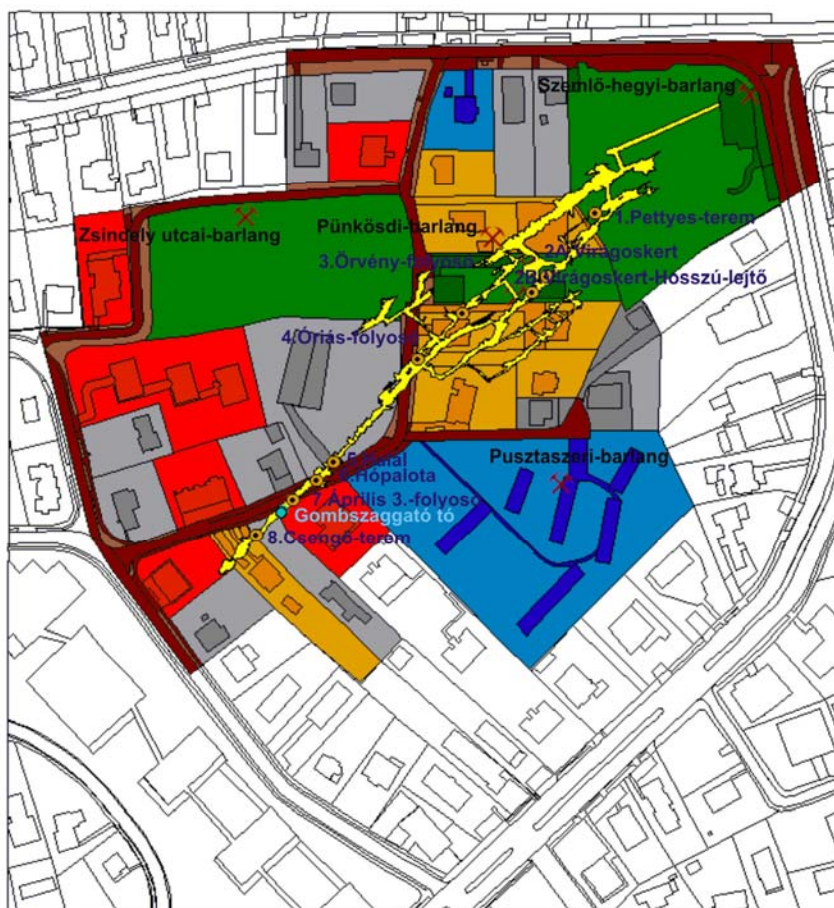
□ A-zóna határa

□ B*-zóna határa

© Készítette: Virág Magdolna, 2008.

TÉRKÉPMELLÉKLET 6:

Kérdőívezés eredménye a Szemlő-hegyi-barlang felszínén



Jelmagyarázat:

✕ Barlangbejáratok

Mérőhelyek:

● csepegő víz

● állóvíz

□ Szemlő-hegyi-barlang

Kérdőívezés eredménye:

■ közterület (burkolt)

■ közterület

■ TVT, nem beépíthető (burkolt)

■ TVT, nem beépíthető

■ nem válaszolt (burkolt)

■ nem válaszolt

■ 1955 előtt épült (burkolt)

■ 1955 előtt épült

■ 1956-90 (burkolt)

■ 1956-90

■ 1991-2008 (burkolt)

■ 1991-2008

© Készítette: Virág Magdolna, 2008.

TÉRKÉPMELLÉKLET 7:

A-zóna, B*-zóna és B-zóna lehatárolása a Szemlő-hegyi-barlang felszínén



0 100 200 300 méter

Jelmagyarázat:

✕ Barlangbejáratok

Mérőhelyek:

● csepegő víz

● állóvíz

Ω Szemlő-hegyi-barlang

■ A-zóna területe

■ B*-zóna területe

■ B-zóna területe

□ Vizsgált terület határa



© Készítette: Virág Magdolna, 2008.

TÉRKÉPMELLÉKLET 8:

Területhasználat a Szemlő-hegyi-barlang felszínén



Jelmagyarázat:

✕ Barlangbejáratok

Mérőhelyek:

● csepegő víz

● állóvíz

■ Szemlő-hegyi-barlang

● Sekélyfúrás

■ A-zóna határa

■ B*-zóna határa

■ Vizsgált terület határa

Felületborítás:

■ épület

■ barlang fogadóépület

■ betonfelület

■ út

■ beépítetlen terület

■ járda

■ járda-és útszegély

■ kert

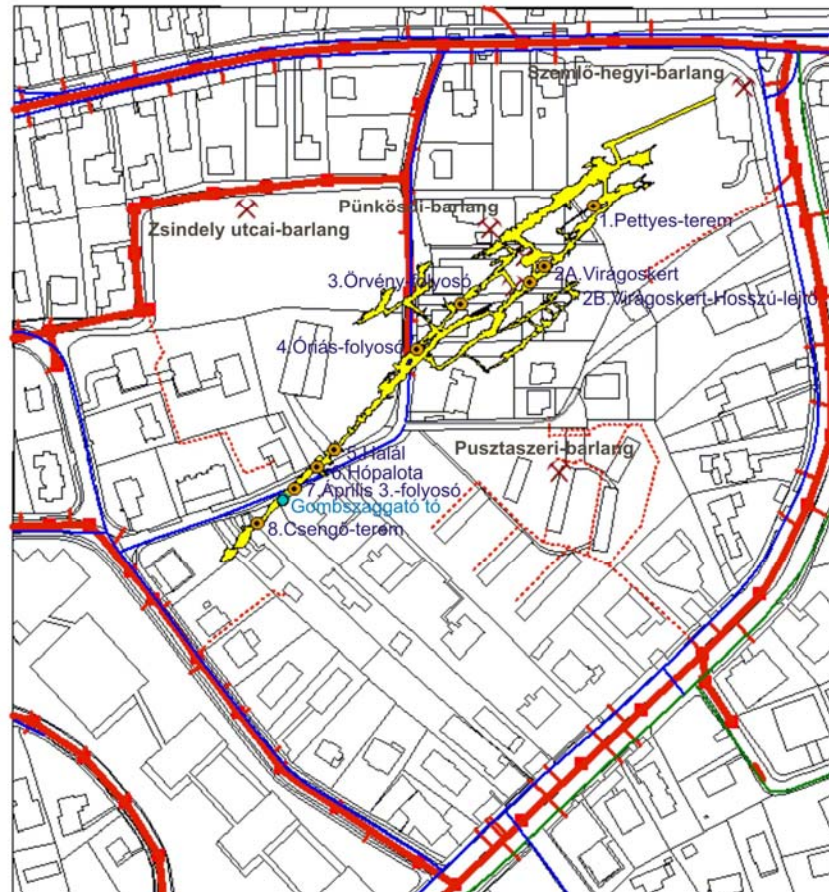
0 50 100 150 méter



© Készítette: Virág Magdolna, 2008.

TÉRKÉPMELLÉKLET 9:

Közműhálózat a Szemlő-hegyi-barlang járatok felett



0 40 80 120 160 200 240 méter



Jelmagyarázat:

✕ Barlangbejáratok

Mérőhelyek:

● csepegő víz

● állóvíz

■ Szemlő-hegyi-barlang

Vízvezeték hálózat:

— vízvezeték

— csatorna

— csatorna

— csatorna

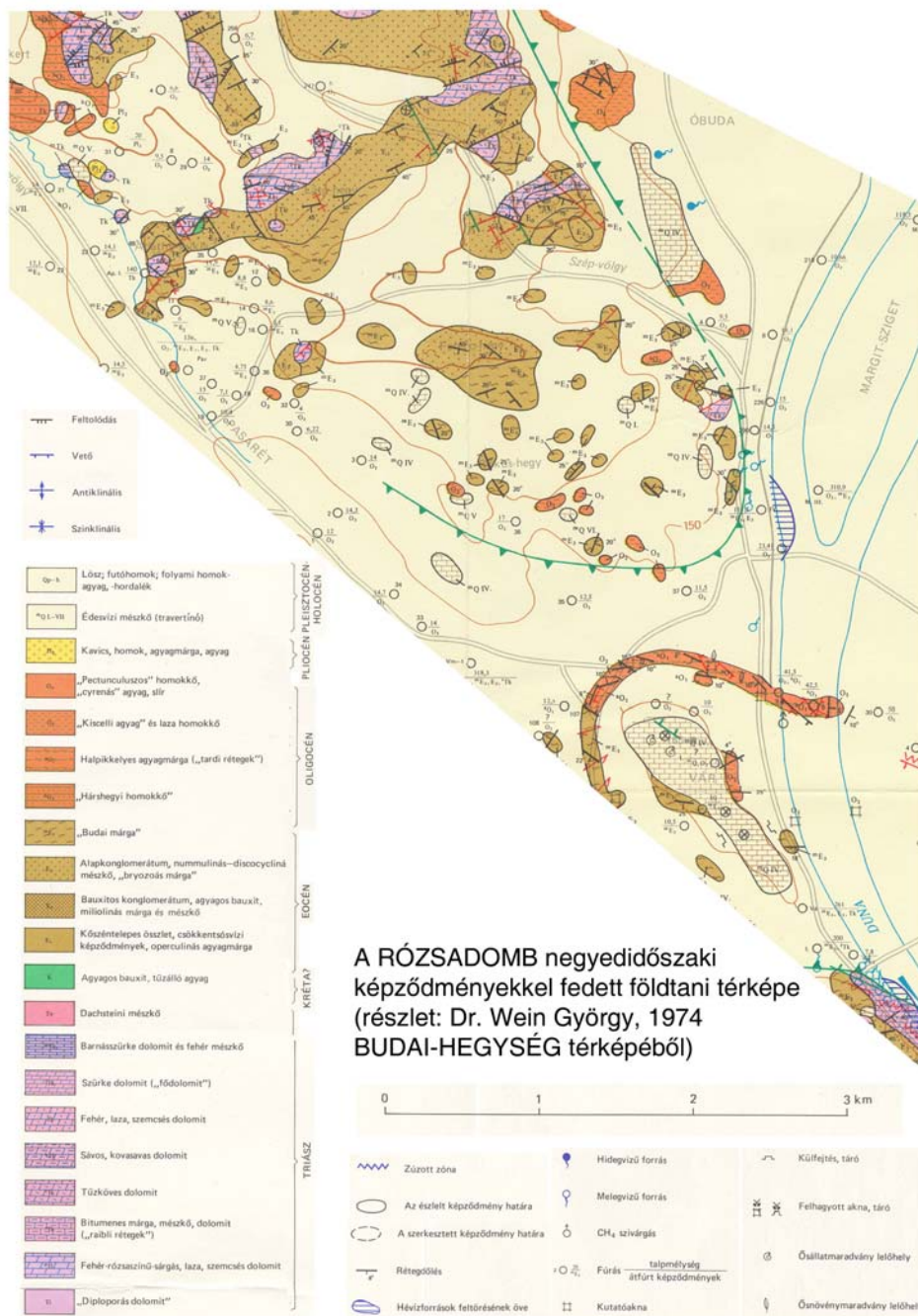
— csatorna

■ Csatornapontok

□ Vizsgált terület határa, felszín

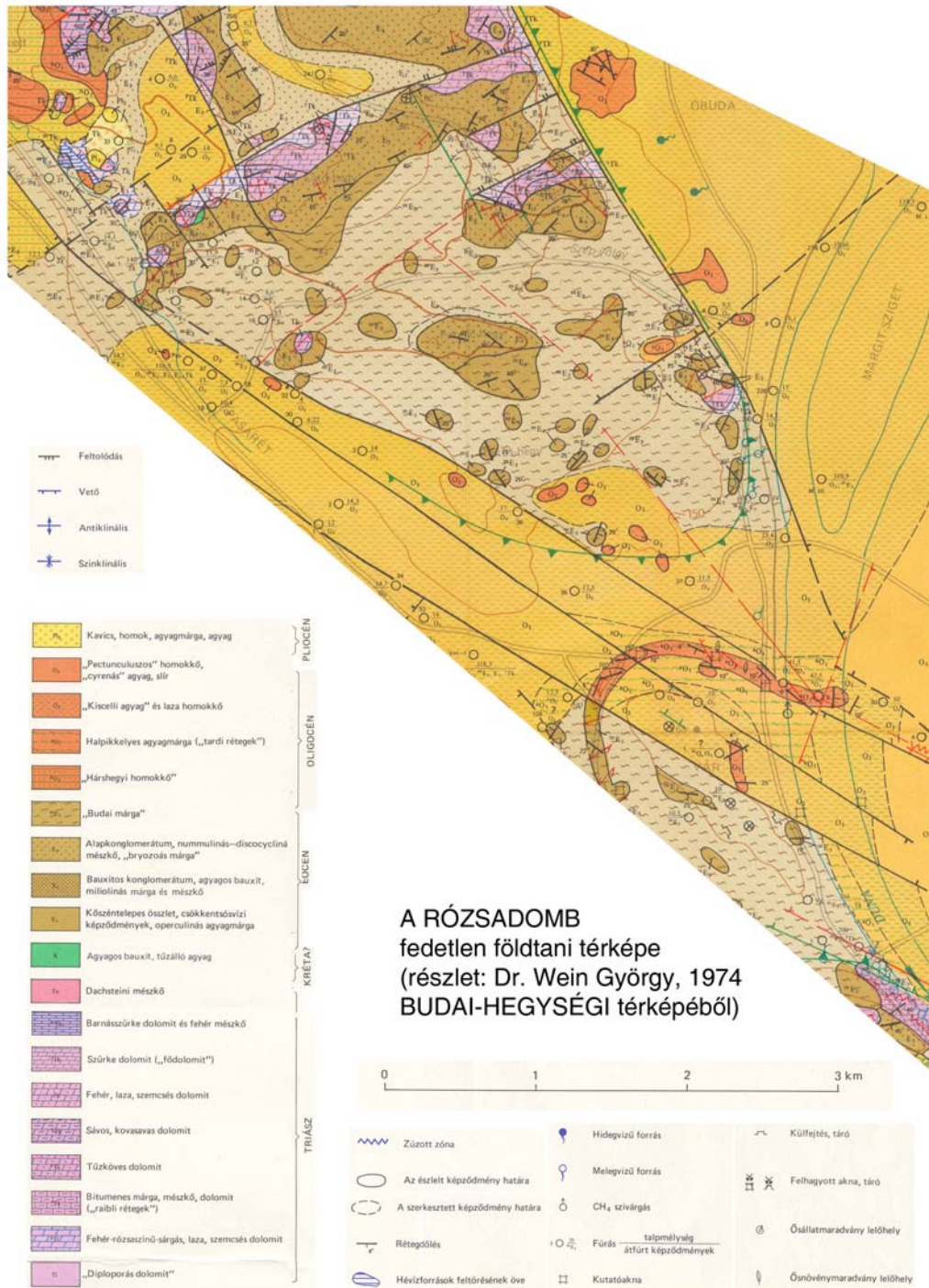
© Készítette: Virág Magdolna, 2008.

TÉRKÉPMELLÉKLET 10:



A RÓZSADOMB negyedidőszaki képződményekkel fedett földtani térképe (részlet: Dr. Wein György, 1974 BUDAI-HEGYSÉG térképéből)

TÉRKÉPMELLÉKLET 11:



A RÓZSADOMB fedetlen földtani térképe (részlet: Dr. Wein György, 1974 BUDAI-HEGYSÉGI térképéből)