

**A TAPOLCAI TAVASBARLANG, KÓRHÁZ-BARLANG ÉS
MALOM-TÓ VIZEINEK BAKTERIOLÓGIAI ÉS KÉMIAI
VIZSGÁLATA**



Készítette:

Mészárosné Hardi Ágnes
V. évf. egyetemi hallgató

Gödöllő
1994

AGRÁRTUDOMÁNYI EGYETEM
MEZŐGAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR
ÁLLATÉLETTANI ÉS
ÁLLAT-EGÉSZSÉGTANI TANSZÉK

Tanszékvezető

Dr.Bárdos László
egyetemi docens

**A TAPOLCAI TAVASBARLANG, KÓRHÁZ-BARLANG ÉS
MALOM-TÓ VIZEINEK BAKTERIOLÓGIAI ÉS KÉMIAI
VIZSGÁLATA**

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

Konzulens:

Dr.Egyházi Katalin
állatorvos

Dr.Hargitai Csaba
tudományos munkatárs

Készítette:

Mészárosné Hardt Ágnes
V. évf. egyetemi hallgató

Gödöllő
1994

TARTALOMJEGYZÉK

	oldal
Bevezetés.....	4
1. Irodalmi áttekintés	6
1.1. A vizsgálatok színhelye.....	6
1.2. A tapolcai barlangok és a Malom-tó vizéről.....	8
1.3. Az újabb barlangkutatói eredményekről.....	9
1.4. Változások a Malom-tónál	12
1.5. A szennyezettség kimutatása.....	13
1.5.1. A vizet szennyező komponensek osztályozása	13
1.5.2. A vizet szennyező anyagok.....	13
1.5.3. A fekális szennyezettség megállapítása.....	15
1.5.4. A természetes vizek egyéb jellemzői	15
2. A vizsgálatok célkitűzése.....	16
3. Anyag és módszer	17
3.1. A mintavételek helyszíne és a mintavételi pontok	17
3.2. Mintavétel, tartósítás és szállítás.....	26
3.3. A minták feldolgozása.....	28
3.4. A minták minősítése.....	34
3.5. Vízsztintmérések	35
4. Eredmények.....	35
4.1. A bakteriológiai vizsgálatok eredménye, 1991-92, Gödöllő	35
4.2. A bakteriológiai vizsgálatok eredménye, 1992-93, OKI.....	42
4.3. A vízkémiai vizsgálatok eredménye.....	42
5. Megbeszélés	42
5.1. A szennyezettség térbeli megoszlása	42
5.2. A szennyezettség mértékének időbeli változása	71
5.3. A vizek eredetére vonatkozó vizsgálatok.....	79

5.4.	A vizsgálatok alkalmazhatósága a gyakorlatban.....	79
5.5.	A vizsgálatok folytatásának lehetősége.....	81
6.	Összefoglalás	82
	Irodalmi áttekintés	84

Bevezetés

Manapság országszerte gondokat okoz az egészséges ivóvíz előteremtése. Valaha bármely folyóból, patakból, forrásból bátran ihatott az ember. Majd a környezetszennyezés eredményeképpen vizeink kezdtek elfertőződni. Először a folyók, patakok, kutak vize vált szennyezetté, de ma már egyre több forrásnál meg kell gondolni, vajon iható-e?

A környező közösségek szennyvizével szennyezett ivóvíz nagy közegészségügyi veszélyt jelent. Ennek megoldása eddig inkább az ivóvíz kezelésére, mint a szennyezés forrásának megszüntetésére irányult. (1)

Újabban világszerte növekszik a vízigény. A vizek megtisztítása a beljük került egyes ipari szennyeződésektől sokszor nehéz és költséges (nehézfémek, fenolok, peszticidek, műtrágyák stb.) sőt néhány szennyező anyag eltávolítására ma még nincs is bevált és gazdaságos technológia. (2)

A házi szennyvíz az emberi ürüléket, valamint a személyi higiéné és háztartási műveletek során elhasznált vizet tartalmazza, ezért igen sokféle hordalékanyag, mikroorganizmus, férgekpete kerülhet bele. Járványügyi szempontból a házi szennyvíz tekinthető a szennyvizek legveszedelmesebb típusának. (3)

Fontos követelmény, hogy a szennyvíz ne keveredjék a talajvízzel, mert az ivóvíz sok helyen ebből származik. Ahol nincs csatornázás, ott az egyes lakóházakhoz kapcsolódó emésztőgödörös szennyvízkezelést kell alkalmazni. (3)

A talajvíz a felszín alatti vízkészletnek az a része, amely az első vízzáró réteg felett helyezkedik el. Erősen befolyásolják a felszíni folyamatok. Szennyeződése vízminőségi szempontból nagyon veszélyes, mert míg a folyóvíznél a szennyezés levonul, a talajvízben évtizedekig ott maradhat. Hazánkban ez be is következett, gyakorlatilag a nitrátosodás miatt az első vízadó réteget, mint ivóvíz bázist már nem lehet számításba venni. (4)

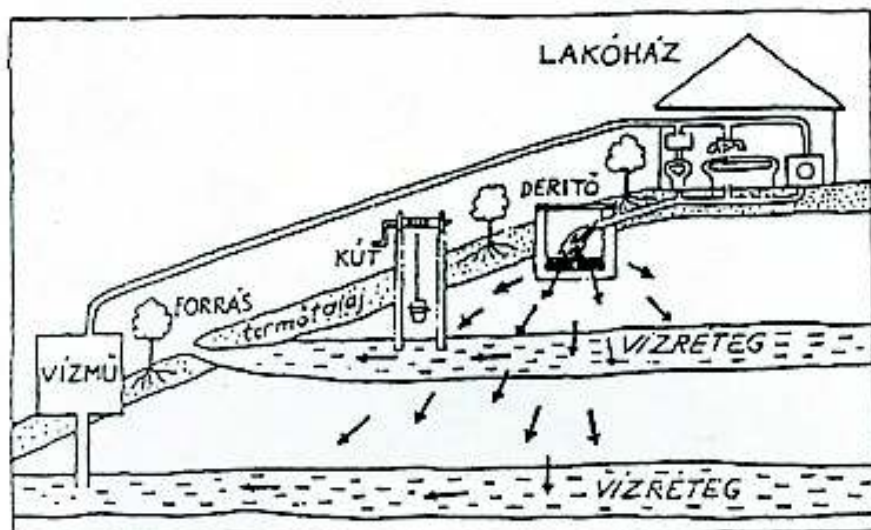
A karszt igen bonyolult funkcionálású tájökológiai rendszer, amely nagyon érzékeny egyensúlyok egymáshoz kötődő és egymástól is függő kapcsolataiból tevődik össze. (A karsztot számos petrográfiai, tektonikai, klimatológiai, hidrográfiai, kémiai, fizikai és biológiai tényező kölcsönhatásainak kombinációi definiálják, amely tényezők mind időben, mind térben is roppant változékonyak.) A karsztok az antropogén hatással szemben a Föld talán legsérülékenyebb tájtypusai. (5)

A karszt közvetlenül érintkezhet a légtérrel (nyílt karsztok) vagy fedettek. (4)

A karsztvíz a mészkő és dolomit kőzetek hasadékaiban, járataiban található víz. Erősen szennyeződés-érzékeny vízkészlet, főleg az un. fedetlen karsztok. A víz oldó hatása következtében a karsztosodó kőzetekben sokszor hatalmas járatok, barlangok alakulnak ki. (4) A barlangokban, egyéb geológiai képződményekkel szemben, sokkal gyorsabban és többféle irányba szállítódnak a szennyező anyagok. (6)

Tapolca egy az ország számos mészkőre települt városa közül, ahol nem vezetik még el minden háztól csatornával a szennyvizet. A lefolyót bekötik a földalatti derítőbe, amelynek falát, hogy ritkábban kelljen kihívni a szippantót, sokan szándékosan áteresztőre építik. Egyesek a

derítő építését is meg akarják takarítani azzal, hogy a szennyvizet egyenesen a régi, használaton kívüli kútba vezetik. (7)



Dolgozatomban a város helyi vízszennyezési problémájával, a Malom-tó és a barlangok karsztvizeivel, azok szennyeződési viszonyainak vizsgálatával, a szennyezés forrásainak felderítésével és a szennyeződés térbeli megoszlásának feltérképezésével foglalkozom.

1. Irodalmi áttekintés

1.1. A vizsgálatok színhelye

A Balatontól nem messze, festői szépségű bazalthegyektől övezte medencében fekszik Tapolca városa. Látványosságai közül az ide látogató turistákat leginkább a Tavasbarlang vonzza. Már az 1927-ben kiadott Bakony II. útikalauz is úgy ír róla, mint "a városka, sőt a Bakony-Balatonvidék egyik legnagyobb természeti érdekessége". Akik még csónakáztak benne, megcsodálhatták kristálytisza, kékeszöld fényben tündöklő vizét, melyben ezérel úsztak az apró halak, a fürge csellék a csónakok körül.

A halak eredeti élőhelye a "Tavasbarlanggal összefüggő, langyosvizű (16-18 °C, míg a barlangban 19-22 °C) nagy forrástó, vagyis a Malom-tó

Malom-tó (részlet, 1975)



A kövek és a barlangi hal a kristálytisza vízben (1975. december)



vagy Meleg-tó (uszoda), melytől a városka nevét (Tapolca=Hévvíz) is vette." (8) A kristálytisza karsztvíz és a gyógyhatású melegvíz ma is a város legféltettebb kincsei közé tartozik, de egyenlőre jórészt kihasználatlanul nyugszik a föld mélyén. (9)

Tapolcán a kórház területén még egy másik, hasonló nagyságú barlangot is találtak. A labirintusszerű barlang néhány méterrel magasabb szinten alakult, mint a Tavasbarlang, ezért nincsenek vízzel borított szakaszai. (10)

A közelmúlt nagy felismerése, hogy a kórház alatti barlang levegője gyógyító hatású. Ma a barlang egyedülálló adottságaival és szolgáltatásaival immár világhírűnek mondható. (9)

1.2. A barlangok és a Malom-tó vizeiről

A barlangokat alakító vízfolyások vízgyűjtőterülete a Tapolcától északra Sümeg-Nyirád vonalig terjedő dolomitos, vizet áteresztő terület. Az említett vízgyűjtőterületen beszivárgó és Tapolca irányában föld alatt folyó csapadékvíz túlnyomó része a tapolcai Malom-tó forrásainál tör felszínre...(10)

A forrás egyike legnagyobb karsztforrásainknak, sokéves átlagos vízhozama percenként 22.000 liter, vagyis napi 32.000 köbméter, ami egymagában elláthatná a Balaton menti lakosság és a fürdővendégek vízszükségletét...E forrás bősége és vegyi összetétele teljesen kielégítő lenne, de a vízben található bakteriológiai szennyeződések óvatosságra intenek. (10)

A vízgyűjtőterület dolomitos felszínén a csapadékvíz beszivárgás útján kerül a karsztba. (11) Feltételezhető tehát, hogy a csapadék kellően szűrve, bakteriológiai szempontból kifogástalanul kerül a földalatti érhálózatba. (11) Tapolca környékén már tágabb barlangrendszeren keresztül folytatja útját a Malomforrás felé. A barlangrendszer egyes, aránylag rövidebb szakaszait ismerjük és e szakaszok átvizsgálása közben megállapítottuk, hogy a barlang vize, - amely 11-17 méter mélységben van a felszín alatt - egyes csatornázással el nem látott házak árnyékszékci útján fertőződhet. (11) Tapolca nagyon sok házának szennyvíz elvezetése

ugyanis nincsen kielégítő módon megoldva, ezért a mészkőben elszivárgó szennyvíz a forrásjáratok vizével keveredhet. (10)

A Tavasbarlangban 1960 novemberében az MHS BEKSZ bűvárai hajtottak végre felderítő jellegű merüléseket. (5) 1960 december 30-tól 1961 január 9-ig a VITUKI közreműködésével, áramló, fertőzésmentes vizet kerestek a Balaton északi részeinek ivóvízellátása céljából. (12)

Munkájuk eredményeként feltártak több, mint 300 méternyi járatot és feltérképeztek összesen 214 métert. Megállapították, hogy a barlangrendszer a vízfeletti barlangnál lényegesen nagyobb kiterjedésű, számtalan oldalágból álló szövevényes labirintusokra tagozódik. A bejárt területeken még a fertőzött víz az uralkodó. A coli szám a nagyteremnél 0,2/ml, a mozgó víz feltételezett irányából vett mintában 0,1/ml". (13)

1967-től a Delfin Könnyűbúvár Szakosztály folytatott rendszeresen hőmérsékletméréseket, víz- és levegő mintavételeket. Jelenleg a Kórház-barlanggal való összeköttetést vizsgálják. (12)

1.3. Az újabb barlangkutatói eredményekről

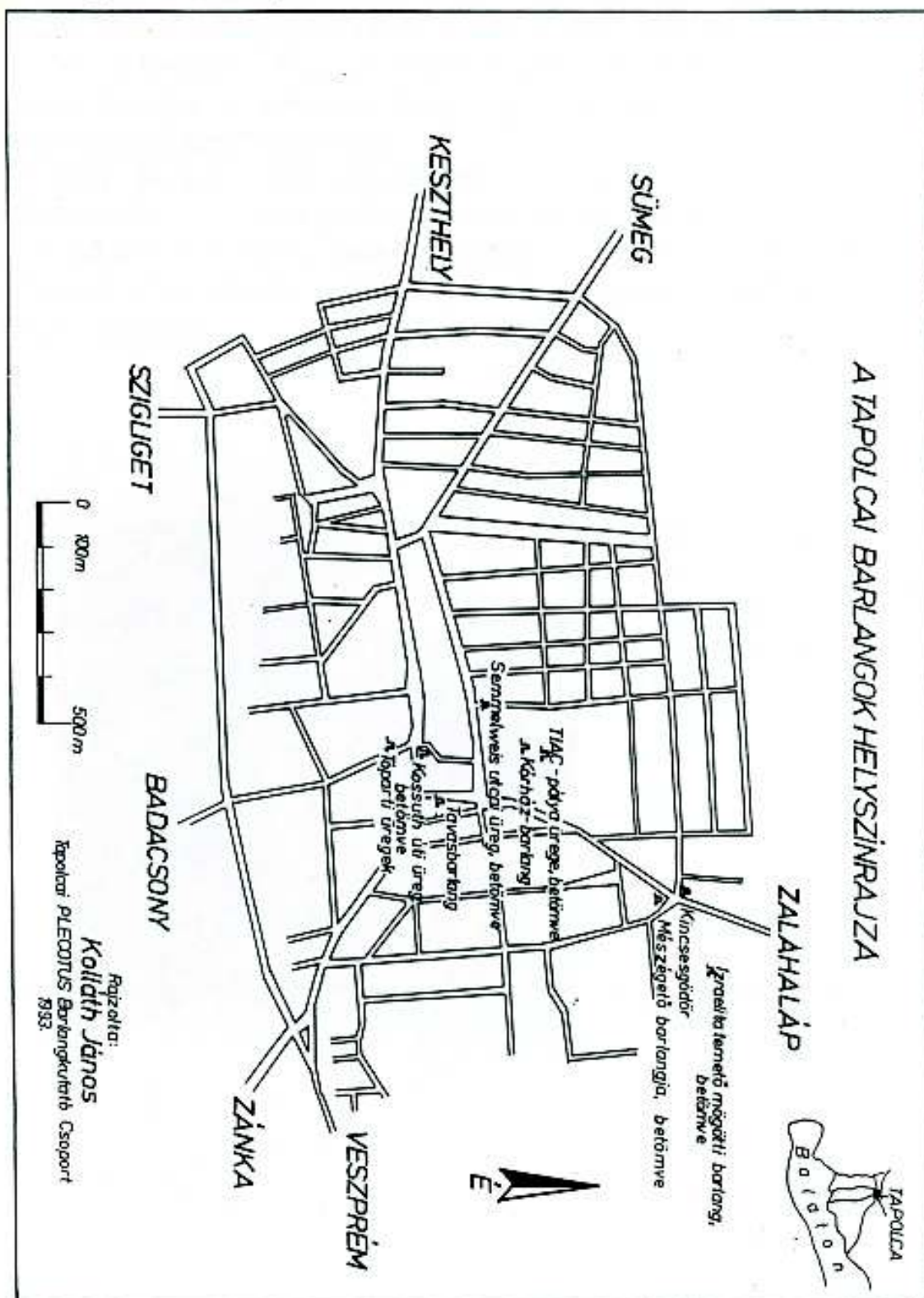
Az 1980-as években közel három métert süllyedt a vízszint a Tavasbarlangban. Ezzel számos, régebben csak bűvároknak járható út vált szárazzá.

1986-tól a Plecotus (régebbi nevén Bauxit) Barlangkutató Csoport - melynek 1989 óta tagja vagyok - foglalkozik a helyi barlangok kutatásával. Mind a Tavas-, mind a Kórház-barlangban újabb járatszakaszokat tártak fel. A Tavasbarlangban számos vízfelület, kisebb-nagyobb tó található, melyeknek egyike-másika víz alatti járatban folytatódik. A Kórház-barlang egyetlen nyílt vízfelülete, a Barlangi tó, 1987 óta ismert. A város ismert barlangüregeit az 1. ábra mutatja be. (14)

1993-ban megállapítást nyert, hogy a barlangok vízutánpótlásukat a környező területek csapadékából közvetlenül és áttételesen (azaz a mélykarszton keresztül) kapják, melynek hatására emelkedik a vízszint. A vízszint csökkenését erdményező hatások -a közeli bauxitbányák vízkiemelésnek megszűnte után- a helyi szarmata karsztból történő vízkivétel, mely gyakorlatilag csak nyáron jelentkezik. A vízkivételi helyek közül a Malomtó vízutánpótló kútja van legnagyobb hatással a barlangi vízszintre. (15)

1. ábra

A vizsgálatok színhelye



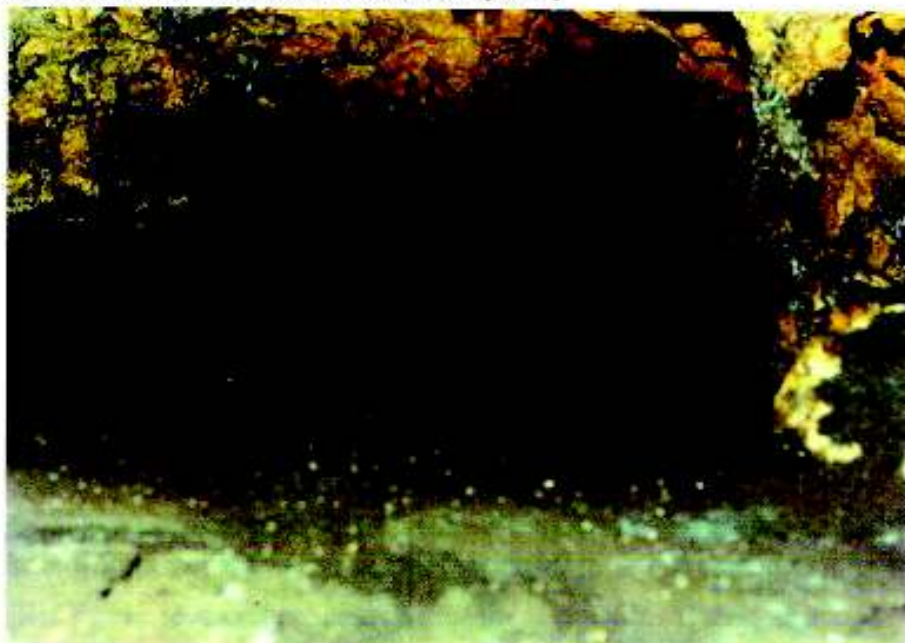
1987-1991 között szűrőpróba szerű vízminőség vizsgálatok történtek barlangi áramló és csepegő vizekből. A minták többségében a 37 °C és 20 °C telepszám, kóliformszám/100 ml, fekálkóliform/100 ml, oxigénfogyasztás és/vagy nitrát mennyisége jelzett szennyezettséget, ami miatt ivóvíznek nem feleltek meg.

1990 június 24-én felfedeztünk a Tavasbarlangban egy új barlangüreget. Alját szennyeződésre utaló üledék borította, mely nagy valószínűséggel a terem délkeleti oldalán lévő betemetett kútból származott a kút alján becsordogáló víz útján. A terem a szag alapján a "Pöce" nevet kapta.



A tavasbarlangi
"Pöce"-terem
kútjának aljáról
becsepegő víz (C1)
(1991. május 4.)

Szennyeződésre utaló üledék és fekete bevonat a falakon
(Tavasbarlang, "Pöce"-terem, 1991. május 4.)



Ez az csemény irányította figyelmemet a barlangi vizek vizsgálatának fontosságára.

1.4. Változások a Malom-tónál

A vízgyűjtőterületen folytatott intenzív vízkitermelés (bányavíz kiemelése) a barlangi víznívócsökkenés mellett a malom-tói források hozamánál is éreztette hatását. Számos forrás elapadt, a meglévők pedig a korábbinál lényegesen kevesebb vizet szállítanak. Hogy ne tűnjön el a város egyik ékessége, átépítési munkálatok folytak a tó megmentésére. A tó fenekét vízzáróvá alakították át és most részben víz visszaforgatással, részben egy 60 m mély kútból történő szivattyúzással pótolják a hiányzó vízmennyiséget.

1.5. A szennyezettség kimutatása

1.5.1. A vizeket szennyező komponensek osztályozása

1. *A szervesetlen sók* -pl. a vizekbe bemosódó műtrágyák- alapvető változást idézhetnek elő a befogadó szervesetlen kémiai jellemzőiben (halobitásváltozás), s növényi tápanyagként szolgálva a vizek eutrofizálódását okozhatják (trofitásváltozás). (16)

2. *A bomlóképes szerves anyagok* -pl. fehérjék, szénhidrátok- a heterotróf táplálkozású élőlények számára jelentenek tápanyagot. Ezen élőlények a szervesanyag-termelés és -lebontás egyensúlyát a lebomlás irányába tolják el (szaprobításváltozás). Hangsúlyozandó, hogy csak a biológiai lebomlásra képes szerves anyagok távolíthatók el a biológiai szennyvíztisztítás módszereivel, s ez az az összetevő, aminek a koncentrációja a befogadó természetes öntisztulása során is jelentősen csökken. (16)

3. *A mérgező anyagok* -pl. ipari szennyvizek toxikus összetevői- azok, amelyek elpusztítják az ökoszisztéma élővilágát, vagy gátolják a vízi organizmusok élettevékenységét (toxicitásváltozás). Ezen anyagok egy része feldúsulhat az élőlények szervezetében (pl. növényvédő szerek, nehézfémek), illetve vannak olyan összetevők, amelyek már rendkívül kis mennyiségben is rontják a víz organoleptikus jellemzőit (ásványolaj, fenolok stb.). (16)

1.5.2. A vizet szennyező anyagok

A víz minőségére vonatkozóan bizonyos információt már a vizek érzékszervi megfigyelése is szolgáltat. Természetes vizekben szagot csupán a kénhidrogén okozhat. A vizek kellemetlen szagát többnyire a bejuttatott szennyvíz okozza vagy az üledékben és a vízfázisban végbemenő bomlási folyamat idézi elő. (16) (ld. a tavasbarlangi "Pöcc"-terem)

A vízben nagyobb mennyiségben kimutatható *szerves anyag* azt jelzi, hogy a talaj szűrő-, adszorbeáló és mineralizáló képessége nem kielégítő, egyben bizonyítja a talaj erős szennyeződését. (17)

A víz *ammóniatartalma* redukeációs folyamatok eredményeképpen,

főként szerves anyagok bomlása közben jelenik meg a vízben, szervesetlen forrásból ritkán származik. Higiéniai szempontból tehát a szerves eredetű ammónium-vegyületek a fontosak, mivel felhívják a figyelmet a víz emberi vagy állati ürülékkel való szennyezettségének lehetőségére. A nagyobb (0,3-0,5 mg/l) szerves eredetű ammóniatartalmú víz higiéniai szempontból kifogásolható és már egymagában is jelzi a víz szennyezettségét. (17)

A *nitritek* az ammóniához hasonlóan az emberi és állati hulladékanyagokkal való friss szennyeződés indikátorai és a még be nem fejezett mineralizációt mutatják. Ha a vízben az ammóniával együtt jól kimutatható mennyiségben vannak jelen, a víz "nyers állapotban" ivásra nem alkalmas. (17)

A *nitrátok* a N-tartalmú állati és növényi anyagokból a talajbaktériumok tevékenysége folytán keletkeznek. A mineralizáció végső oxidációs termékei a talajvízben sokáig megmaradnak. Arra vonatkozólag, hogy a vizsgált víz fehérjeanyagokkal frissen fertőzött-e vagy sem, az ad felvilágosítást, hogy a nitrátok mellett van-e még jelen nitrit vagy ammónia. Mivel ez rendkívül fontos, ajánlatos az ammónia, nitrit, nitrát egyidejű, helyszíni meghatározása. (17)

Az ammónia-nitrit-nitrát átalakulást végző baktériumok hőigénye különböző: a nitritképzők pl. nem hidegtűrők, ezért télen általában a (felszíni) befogadókat ért szervesanyag-szennyezésből csak az ammóniáig jut el a bomlás. (16)

Hogy e három alkotórész szerves eredetű vagy sem, azt a víz *csíraszámából* tudjuk megítélni. Szerves eredetű nitrogéntartalmú anyagok jelenlétében ugyanis a víz csíraszám is nő. (17)

A víz *oxigénfogyasztása* arányos a vízben levő szerves anyagok mennyiségével. A jó ivóvíz szerves anyagokban szegény. A nagy oxigénfogyasztási érték azonban nem jelenti minden esetben a víz higiéniai szempontból való aggályosságát. A lápos, mocsaras talajú vizekben mindig sok szerves anyag van,...Súlyosabb beszámítás alá esnek az állati eredetű szennyeződések, amikor a víz fertőzés közvetítője lehet. (17)

A hulla szennyeződésből keletkező bomlás során magas sótartalom mutatkozik, főként a kloridok értéke emelkedik meg. (18)

1.5.3. A fekáliás szennyezettség megállapítása

A fekáliás szennyeződés nemzetközi standard baktériuma az *E.coli* (Gram negatív bélbaktérium), melynek ismeretes az a képessége, hogy a friss szennyeződésből származó coli-törzs (3 hónapon belül) 44 °C-on is kitenyészthető, szemben a 3 hónaposnál régebbi keletű szennyeződésből eredő coli-törzsszel, amely már csak 37 °C-on képes fejlődni. (18)

E.coli előfordulása a bélsárral való szennyeződés indikátorának tekintendő és ez a közegészségügyi gyakorlat számára igen fontos adat, mert azt jelenti, hogy ahol *E.coli* található, ott az obligált enteropathogén kórokozók is előfordulhatnak. (19)

Időjelző értékű az enterococcusok kimutathatósága (Gram pozitív bélbaktérium; *Streptococcus faecalis*); jelenléte a vízben 3 héten belüli friss fekáliás szennyeződésre utal; enterális járványok idején a vízből való kimutatása kór- és okjelző értékű. (18)

1.5.4. A természetes vizek egyéb jellemzői

Az elektromos vezetőképesség a kationok és anionok koncentrációjától függ. (16)

A *pH* a víz savasságának vagy lúgosságának mutatója. Hatással vannak rá a hidrokarbonátok, a humin anyagok, a karbonátok. Szennyezett felszíni vizekben befolyásolják a pH-t a bekerülő savas és lúgos vegyületek. (16)

A víz *összes keménységét* az alkáli földfémek kationjai, mindenek előtt a kalcium- és magnéziumionok okozzák. Beszélünk állandó és változó (karbonát) keménységről. Az összes és karbonátkeménység közötti különbség mutatja azt az alkáliföldfémkation-mennyiséget, amely egyéb ásványi savak anionjaival -kloridok, szulfátok, nitrátok, stb- van egyensúlyban. (16)

A természetes vizek K-tartalma főleg a műtrágyázás következtében növekedhet. (16)

A *mangán* és a *vas* a felszíni és felszín alatti vizek természetes alkotóelemei, s koncentrációjuk a vízgyűjtő terület geológiai szerkezetétől és a hidrológiai körülményektől függ. A felszíni vizek nagy vastartalmát bányavizek vagy ipari szennyvizek bevezetései okozhatják. (16)

A vizek *szulfátion-tartalma* ugyancsak a geológiai adottságok és a biológiai hatások függvénye. A befogadók szulfáttartalma szennyvízbevezetés vagy a különböző szervetlen és szerves kénvegyületek oxidálódásának hatására emelkedhet meg. (16)

A legtöbb vízben *klorid* is megtalálható, amely leginkább geológiai eredetű. A felszíni vizekben rendszerint kis mennyiségben fordul elő. A nagy kloridkoncentráció házi vagy ipari szennyvíz hatására utal. (16)

A *foszfor* a természetes felszíni vizekben többnyire csak nyomokban található. A foszfátok egyébként főleg a szennyvizekből, a talajból (pl. műtrágyabemosódás) vagy szerves anyagok bomlásakor kerülnek a természetes felszíni vizekbe. (16)

2. A vizsgálatok célkitűzése

Vizsgálataimat 1991 áprilisától 1993 júniusáig végeztem. Az első tájékozódó jellegű vizsgálatokat abból a célból kezdtem, hogy megállapítsam a "Pöce" kútjának alján befolyó víz szennyezettségét. Ezt követően azzal a céllal folytattam a munkát, hogy feltérképezsem a tiszta és szennyezett barlangi vizek elhelyezkedését, valamint megkeressem a vizeket szennyező forrásokat.

A szennyezettség területi elhelyezkedésének feltérképezését követően 1992 májusától megváltozott vizsgálataim célkitűzése. Fő célom a szennyezettség mértékében már korábban tapasztalt időbeli változások megfigyelése lett, hogy okait és összefüggéseit megállapíthassam. Emellett tovább figyeltem a szennyezettség térbeli megoszlását és folytattam a szennyező források felkutatását.

3. Anyag és módszer

A víz minőségének elbírálására és szennyezettségének megállapítására összesen 51 helyről vettem mintát barlangi és felszíni vizekből.

Tájékozódó jelleggel két alkalommal (1991 április 7 és 14-én) végeztem mintavételt a Tavasbarlangból kettő illetve négy helyről. Majd részletes vizsgálatokat kezdtem a Tavasbarlangban alkalmanként 20-40 mintával. A mintavételeket 1991 májusától terjesztettem ki a Malom-tóra és júliusától a Kórház-barlangra.

Miután vizsgálataim fő célja az időbeli változások nyomon követése lett, feleslegessé vált a barlangi vizekből a korábbiakhoz hasonló részletes mintavétel. Így az egy-egy alkalommal vett minták számát vizsgálataim második felében 6-12-re csökkentettem.

A begyűjtött mintákat vizsgálataim kezdetén az egyetemen dolgoztam fel. A szennyezettség kimutatásához indikátornak a kóliform baktériumokat választottam és emellett összcsíraszámot is meghatároztam.

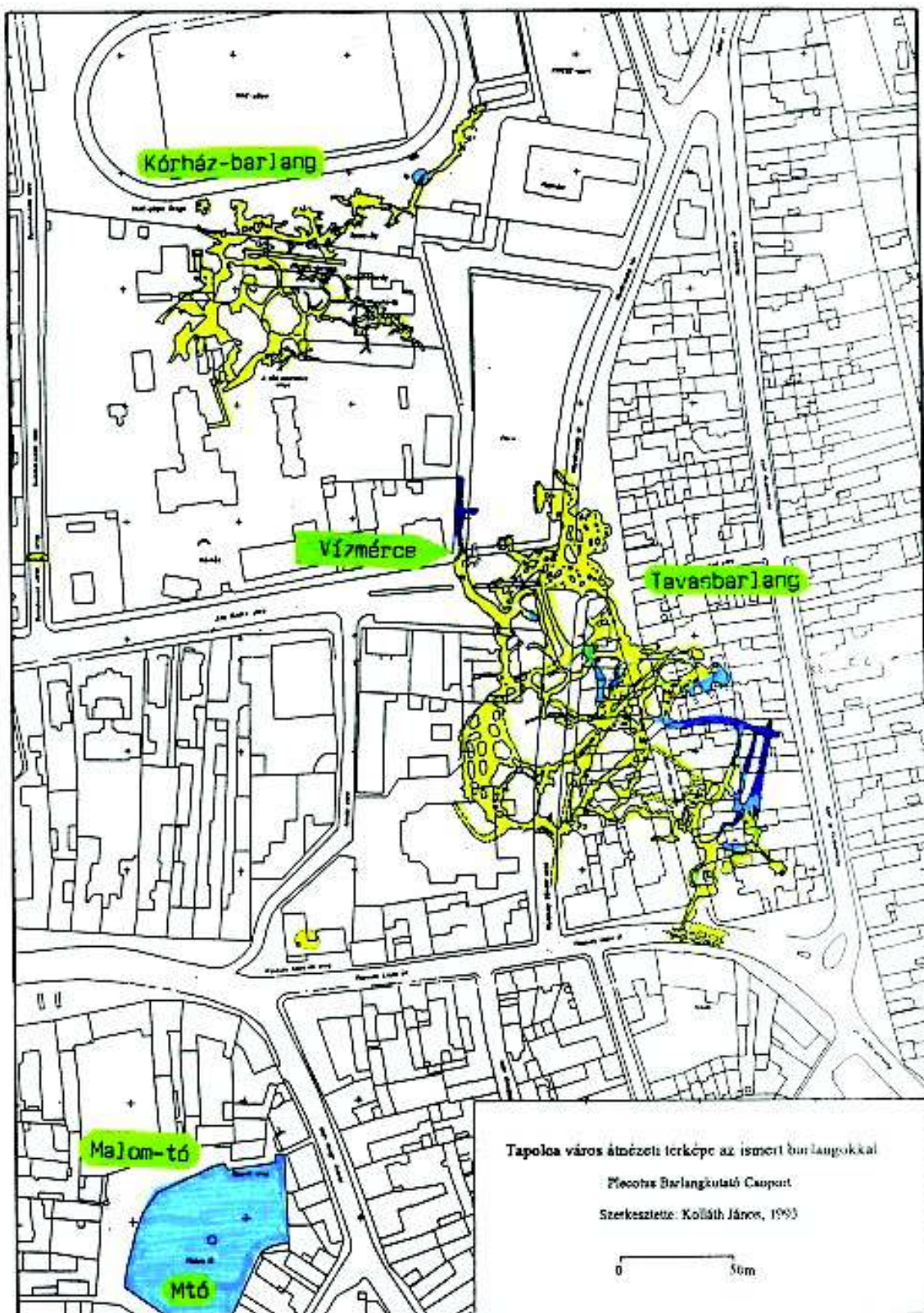
1992 márciusától nyílt lehetőségem a minták feldolgozására az Országos Közegészségügyi Intézetben. Ez részletesebb és nagyobb érzékenységgű bakteriológiai feldolgozást, valamint részben vízkémiai vizsgálatot jelentett. Ezért 1992 májusától a gödöllői feldolgozást elhagytam és tovább már csak az OKI-ba vittem mintát. (20, 21)

A következő fejezetekben részletesen ismertetem a mintavételi helyeket, s a mintavétel, tartósítás, szállítás és feldolgozás módját.

3.1. A mintavételek helyszíne és a mintavételi pontok

A minták a *Tavasbarlangból*, a *Kórház-barlangból* és a *Malom-tóból* származtak. (2. ábra) A mintavételi helyeket kóddal jelöltem és térképeken ill. térképvázlatokon rögzítettem.

2. ábra
A mintavételi helyek



Jelkulcs:

- száraz járat
- szabad vízfelület
- víz alatti járat

Mtó Mintavételi hely kódjele

A mintavételi pontok kijelölésekor a következő szempontokat vettem figyelembe:

1. A begyűjthető, szállítható és feldolgozható maximális számú minta kerüljön feldolgozásra.
2. Kis létszámú csoport is elvégezhesse a mintavételt.
3. A mintavételi helyek a lehető legnagyobb területet fogják át.
4. Az egyszer szennyezettnek mért helyek közül minél több maradjon a mintavételi helyek között.
5. Mindezek ellenére a terület random módon legyen megmintázva.

A *barlangi mintákat* áramló és egy alkalommal csepegő vizekből vettem. Ennek megfelelően a következő jelöléseket alkalmaztam a mintavételi helyek kódjában:

- C csöpögő víz, Tavasbarlang
- KC csöpögő víz, Kórház-barlang
- V áramló víz, Tavasbarlang
- K áramló víz, Kórház-barlang

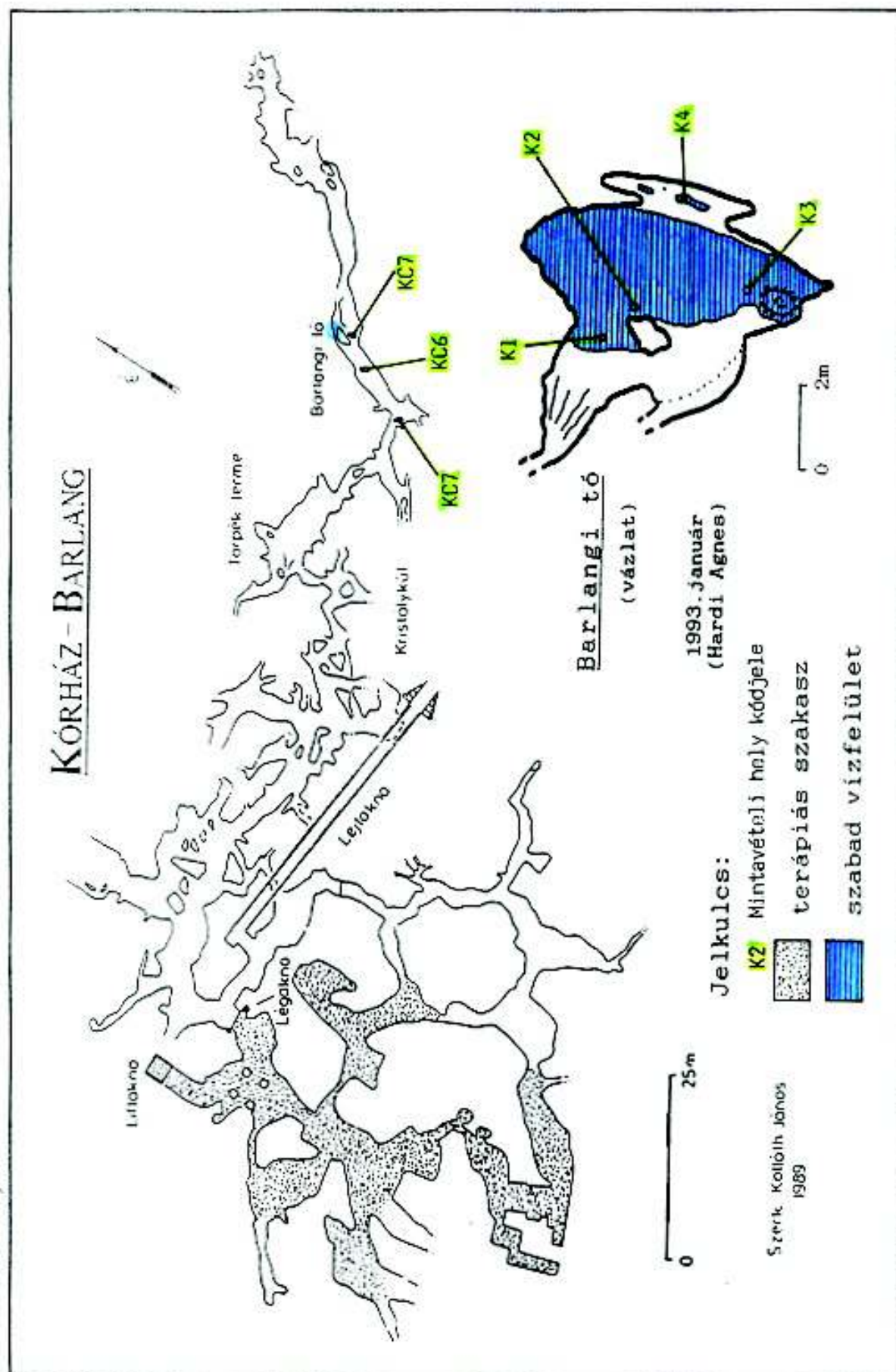
A továbbiakban barlangrészek szerint csoportosítva ismertetem a mintavételi helyeket. (ld. 3-4. ábra)

Kórház-barlang: (3. ábra)

A Kórház-barlangi minták a Barlangi tó vízfelületének különböző pontjairól és a tó létrás lejárata előtti 15 m járatszakasz csepegő vizeiből származtak.

Barlangi tó: K1, K2, K3, K4

A Barlangi tó lejárata előtti 15 méterről: KC5, KC6, KC7



Pihenő, útban a Barlangi tó felé
(Kórház-barlang, 1991. május)



Tavasbarlang: (4. ábra)

MHSZ-járatok bal oldali ága

Nagy-termi részen:

C1: a "Pöce" kútjának alján befolyó víz

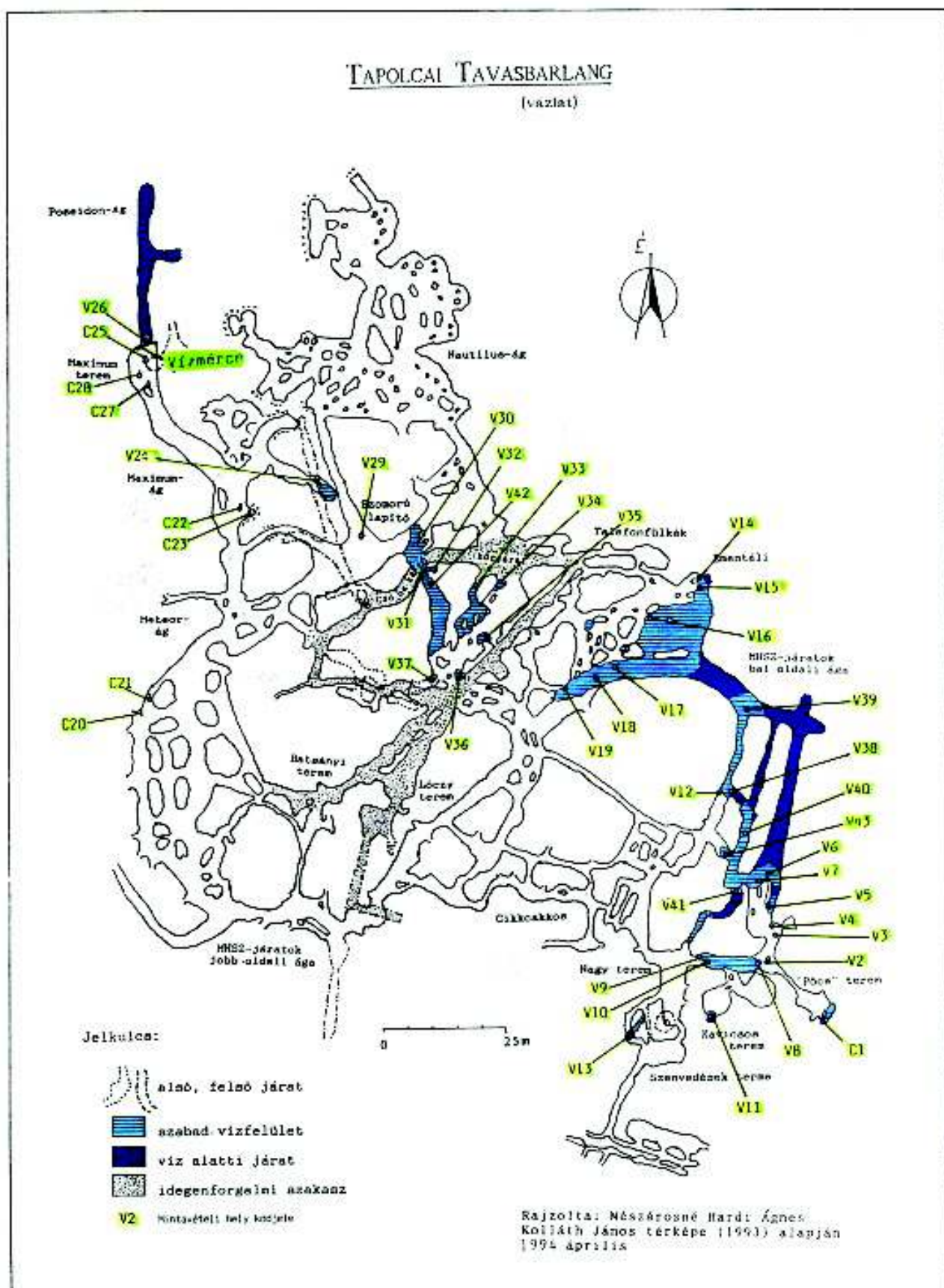
V2, V3, V4, V5, V6, V7, V8, V9, V10, V11, V12, V13, V38,
V39, V40, V41, V43

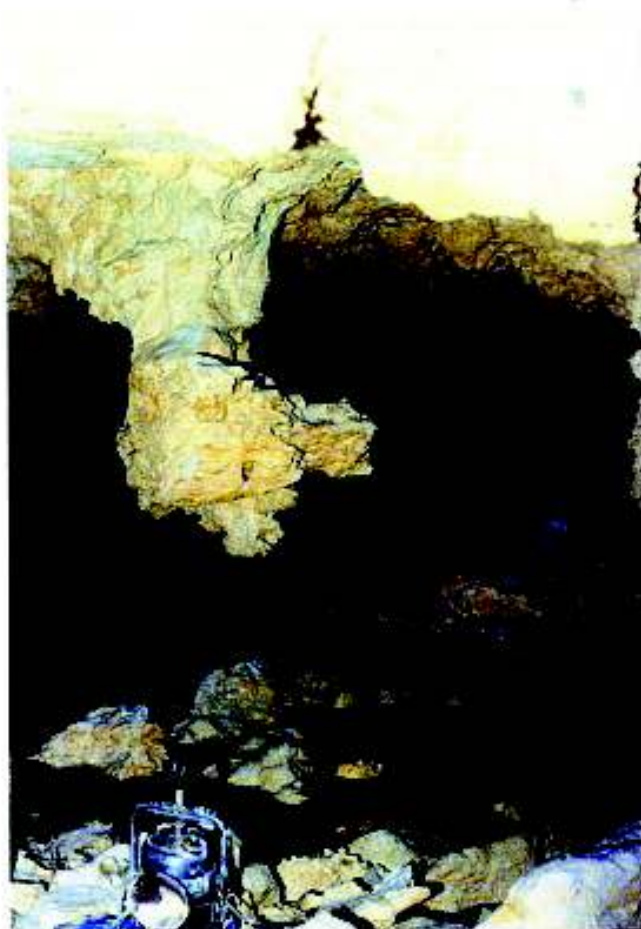
Ementálival szomszédos részen: V17, V18, V19

Ementáli: V14, V15, V16

Szomorú lapító, Csónakázó kör környéke:

V29, V30, V31, V32, V42, V33, V34, V35, V36, V37





Ementáli, meseország
V16 mintavételi pont
(1991. május 4.)

Mintavétel
a V17 ponton
(Tavasbarlang,
MHSZ járatok
bal oldali ága,
Ementálival
szomszédos részen,
1993. június 6.)



Meteor-ág, Maximum ág:

V26: Maximum termi tó

C20, C21, C22, C23, C25, C27, C28: Csepegő vizek, melyek meglehetősen különböznek C1-től; a járatok mennyezetéről csepegnek kis vízhozammal. Egyetlen nagyobb hozamú van közöttük, C25, ami a Maximum termi felszakadásból a kürtő szélén folyik le.

V24: A vizsgálatok idején a mintavételi hely az összefüggő karsztvíznél magasabban elhelyezkedő tócsa, mely egy közeli, de a járat szűk méreteinél fogva megközelíthetetlen helyen barlangba érkező vizet gyűjti össze.

Mintavétel a tavasbarlangi Maximum-teremben

V26 ponton (1993. június 6.)



A barlangi víz szintje az egész vizsgált időszakban erősen ingadozott. Így egyes mintavételi helyek sok esetben csak a víz felkeverésével lettek volna megközelíthetők, (pl: V6, V39, V9, V17) vagy teljesen kiszáradtak (pl: V7, V40, V43), ezért az egymáshoz közel eső helyek esetében néha dupla jelölést vezettem be, mint V9/V10, V6/V5, V38/V39, ami az eredmények értékelésénél és ábrázolásánál jelentett könnyebbiséget.

Mintavétel a tavasbarlangi Csónakázó körön
a V36 ponton (1993. június 6.)



Csónakázó kör V36 pont: A megemelkedett vízszint leolvasása
(1994 április 3.)



Az egyetlen barlangon kívüli mintavételi hely a *Malom-tó*, kódjele: Mtó. A mintát az alsó-tói részről, közvetlenül a két tavat elválasztó zsilip alatt vettem, ahova a tófenéki források vizét jelenleg csővezetékeken gyűjtik össze.

Kémiai vizsgálat céljára mintavétel a

K2, V26, V17/V18, Mtó helyekről rendszeresen, a
C1, V6, V8, V39 helyekről egy alkalommal és
V30-ról két alkalommal történt. (5. ábra)

3.2. Mintavétel, tartósítás és szállítás

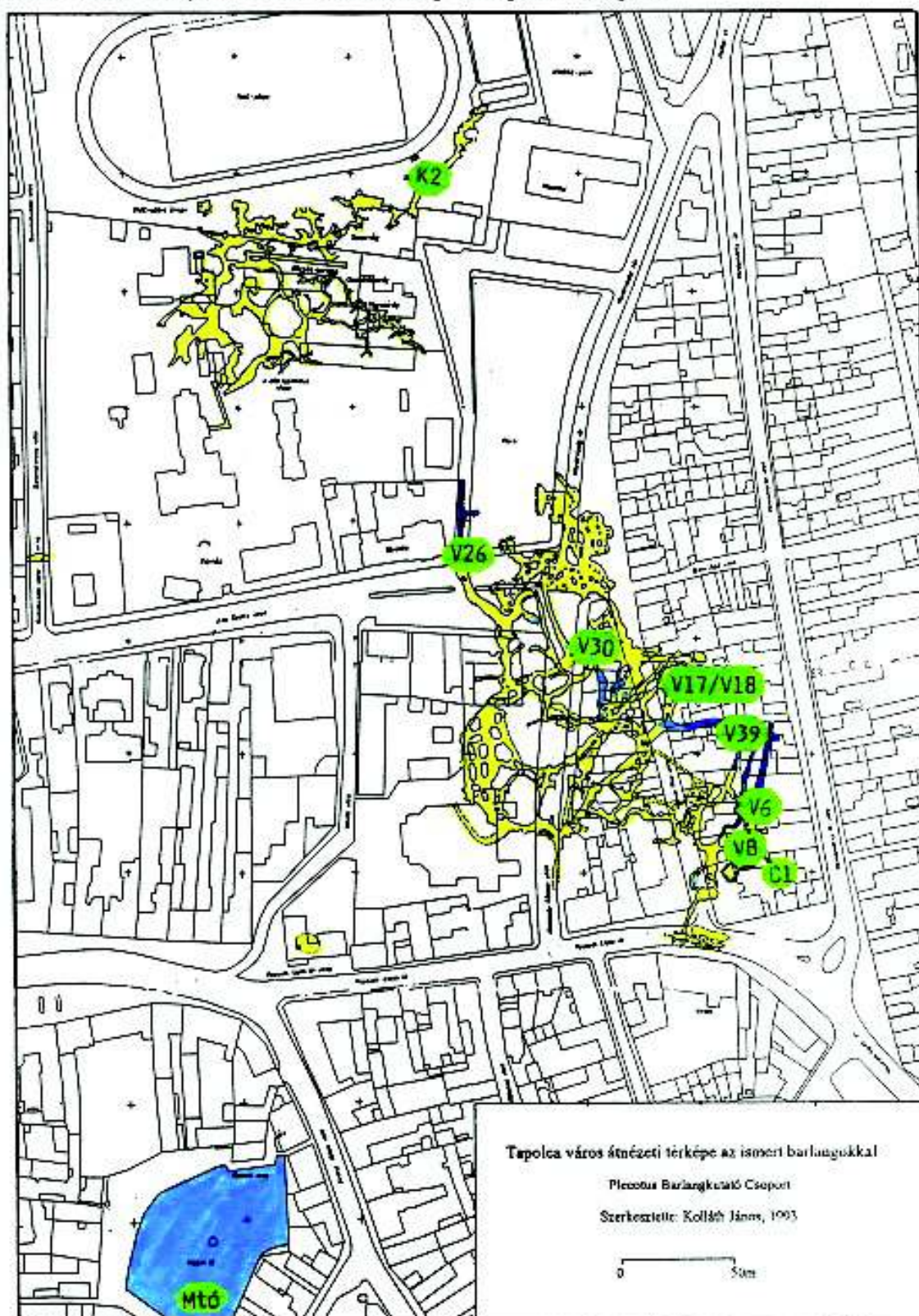
A tájékozódó jellegű vizsgálatoknál a mintavétel steril, 2 dl-es üvegedényekbe történt. Az ennél lényegesen több minta begyűjtésével járó részletes vizsgálatoknál kisebb edényt kellett alkalmaznom a barlangi szállítás egyszerűsítésére. Ezért áttértem a gumi és parafa dugóval zárt, autoklávban sterilizált centrifugacsövek használatára. Szállításukra többféle módszert kipróbáltam és alkalmaztam, melyek közül barlangi körülmények között azok bizonyultak használhatónak, ahol a csövek puha anyagba ágyazva majd kötegelve egy kézben is elfértek.

A begyűjtött mintákat jégakkuk közé csomagolva vasúton vittem Gödöllőre és a feldolgozásig hűtőszekrényben tároltam őket. Körülményeim nem tették mindig lehetővé a 24 órán belüli feldolgozást, így számos alkalommal voltam kénytelen fagyasztva tárolni a vizsgálandó vizeket. (Ezt az eredmények ismertetésénél jelzem).

Az OKI-ban feldolgozott minták vételéhez bakteriológiai feldolgozásra steril, üveg dugóval ellátott 2 dl-es, kémiai és bakteriológiai vizsgálatra steril, gumidugóval zárt 1 l-es üvegeket használtam. Tapolcától Budapestig a szállítást hűtőtáskában, vasúton végeztem. A feldolgozás itt minden esetben 24 órán belül történt.

5. ábra

Mintavételi helyek kémiai vízminőség vizsgálat céljára



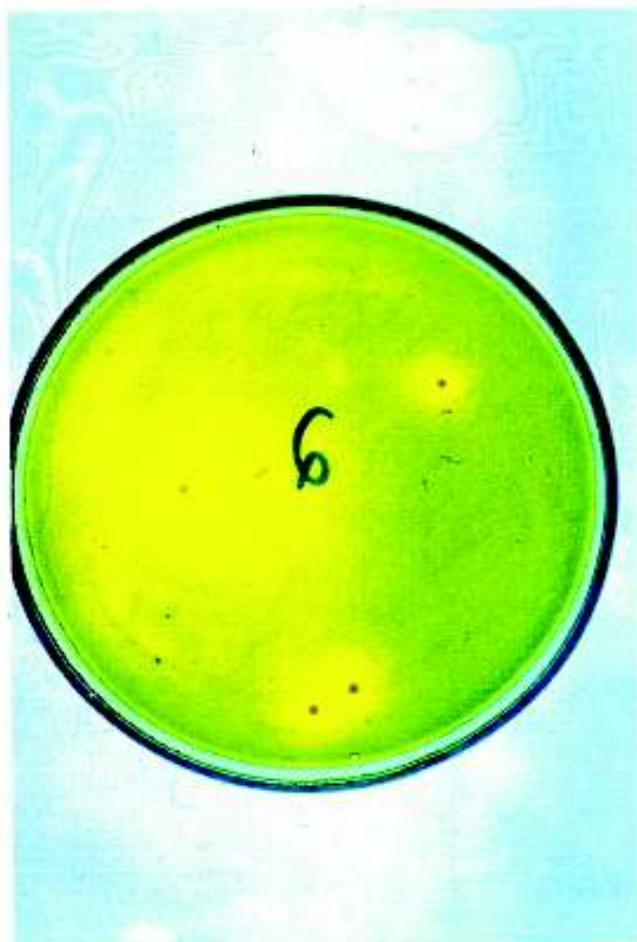
Jelkulcs:

- száraz járat
- szabad vízfelület
- víz alatti járat

K2 Mintavételi hely kódjele

3.3. A minták feldolgozása

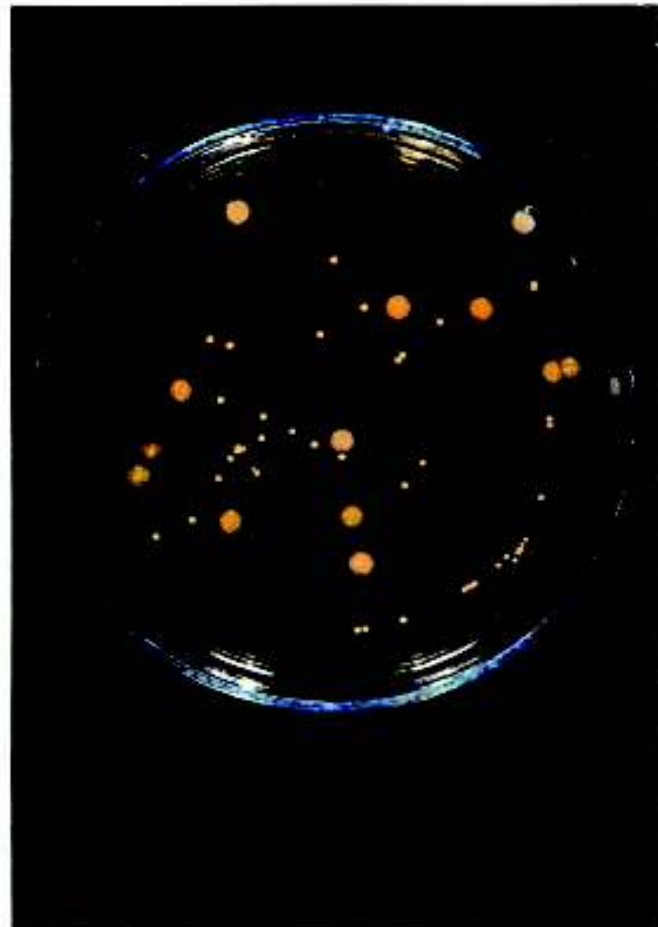
Kóliform telepek
Klimmer táptalajon



Bakteriológiai feldolgozás 1991 áprilisától 1993 júniusáig minden mintából, míg kémiai vizsgálat 1992 márciusától 1993 júniusáig csak egyes mintákból történt az OKI-ban.

A Gödöllőn végzett vizsgálatoknál a milliliterenkénti kóliformszámot és összcsíraszámot néztem 0,1 ml vizsgálandó anyag (vízminta ill. C1 esetben minta és hígítások) felületi szélesztésével. A hígítást fiziológiás konyhasó oldattal (8,5 g/l NaCl oldat) végeztem. Az összcsíraszám megállapítására zselatinos alapagart, esetenként véres agart, a kóliform baktériumok kimutatására Klimmer táptalajt használtam. (24) Az inkubálást 37 °C-on végeztem. Az elbírálás 24 ill. 48 óra elteltével történt. (13)

Összesírászám
meghatározása
zselatinos
alapagaron



Az Országos Közegészségügyi Intézetben a következő paraméterek rendszeres vizsgálata lett elvégezve: kóliformszám 100 ml-ben, telepszám 37 °C és 20 °C-on (1 ml-ben), E.coli v. fekálkóliform 100 ml-ben, kémiai oxigénigény (KOI_{ps}) mg/l, klorid mg/l, ammónium mg/l, nitrit mg/l, nitrát mg/l, szulfát mg/l, vas mg/l, mangán mg/l, összes keménység CaO mg/l, fajlagos elektromos vezetőképesség (μS/cm), pH és alkalitás mmol/l. A bakteriológiai vizsgálatok az MSZ 448/44-1990, MSZ ISO 6222:1992, a fizikai és kémiai vizsgálatok az MSZ 448/4-83, MSZ 448/6-80, MSZ 448/11-86, MSZ 448/12-82, MSZ 448/13-83, MSZ 448-20, MSZ 448/21-86, MSZ 448/22-85, MSZ 448/32-77, MSZ 448/15-82 szabványok alapján történtek.

A táptalajok, oldatok, vegyszerek összetétele a hivatkozott szabványokban található.

37 °C és 20 °C telepszám megállapítása (MSZ ISO 6222:1992) (23)

Két petricsészébe 1-1 ml vizsgálandó vízmintát mérünk. Ehhez kb. 25 ml 48-50 °C-on tartott folyékony sterilizált alapagar táptalajt (OKI táptalajkonyháról). Összerázás után megvárjuk, míg megdermed. Inkubálás: 20 °C-on 72 óra és 37 °C-on 24 óra. Leolvasás: telepszámláló készülék segítségével.

Kóliformszám meghatározása (MSZ 448/44-1990) (24)

100 ml mintát membrán-filteres szűrőn vákuummal átszűrünk (0,45 µ porusátmérőjű cellulóz-nitrát filter). A filtert száraz, 1% Endo-táptalajra helyezzük. Inkubálás: 37 °C, 24 óra. Elbírálás: típusos kóliformtelep (sötétvörös, felszínén fémes fénnel) számlálása telepszámláló készülék segítségével.

Fekális kóliformok jelenlétének vizsgálata (MSZ 448/44-1990) (24)

Ha az Endo táptalajon kóliformtelep kitenyészett, azok egyikéből tűkacsal leoltást végzünk két laktóz-fenolvörös-bouillon (LFB) tartalmú, gázbetétesőves kémcsőbe. Inkubálás: 37 °C és 44 °C, 48 óra. Elbírálás: fekális kóliform, ha mindkét hőfokon van savtermelés (táptalaj oldat sárgára színeződése jelzi) és gázképződés (gázbetétesőben buborék).

Permanganátos kémiai oxigénigény meghatározása (MSZ 448-20) (25)

100 ml mintát mérünk az előkészített Erlenmeyer-lombikba. Ehhez 5,0 ml kénsavoldatot és késhegynyi horzsakövet mérünk, majd felforraljuk. A forrás megindulásakor 8,00 ml kálium-permanganát oldatot adunk hozzá. Ezután 10 percig enyhe forrásban tartjuk, majd 10,0 ml nátrium-oxalát mérőoldatot adunk hozzá. Kálium-permanganát oldattal addig titráljuk, amíg a halványrózsaszín szín legalább fél percig megmarad (V₁ fogyás).

100 ml desztillált vízből a vizsgálattal azonos módon vakpróbát készítünk. (V₀ fogyás). Ezután a még meleg, megtitrált vakpróbához 10,0 ml nátrium-oxalát mérőoldatot mérünk, majd 70-80 °C-on kálium-

permanganát oldattal a fél percig megmaradó rózsaszín színig titráljuk (V_2 fogyás). Az eredmény kiszámítása:

$$\text{KOI ps} = \frac{8}{V_2} \times (V_1 - V_0)$$

Nitrátion meghatározása (MSZ 448/12-82) (26)

Bepárló csészébe 5 cm^3 nátrium szalicilát oldatot mérünk és vízfürdőn szárazra pároljuk. Hűtés után $1,0 \text{ cm}^3$ kénsav oldattal megnedvesítjük. 10 perc állás után kb. $30,0 \text{ cm}^3$ desztillált vízzel hígítjuk, majd $50,0 \text{ cm}^3$ -es mérőlombikba mossuk. $7,0 \text{ cm}^3$ nátrium-hidroxid oldatot adunk hozzá, majd hagyjuk lehűlni és a lombikot desztillált vízzel jelig töltjük. 20 perc (max. 1 óra) múlva abszorbanciát mérünk (415 nm). Az eredmény megadása: leolvasás kalibrációs görbéről mg/l-ben.

100 mg/l feletti nitrátmennyiség meghatározása titrálással:
 $10,0 \text{ cm}^3$ minta 100 cm^3 -es Erlenmeyer-lombikba
 20 cm^3 kénsavat óvatosan csorgatva alárétegezni
 hirtelen rázással elegyíteni
 bürettából $5,0 \text{ cm}^3$ indigókarmin oldat (gyorsan hozzáadva)
 tovább titrálás indigókarmin oldattal a néhány percig megmaradó kék színig
 Az eredmény kiszámítása: $\text{NO}_3^- \text{ mg/l} = 20 \times F$
 F: indigókarmin fogyás cm^3 -ben.

Nitrition meghatározása (MSZ 448/12-82) (26)

100 ml Erlenmeyer-lombikban 50 cm^3 vízmintát $2,0 \text{ cm}^3$ szulfanilamid oldattal elegyítünk. 2-8 perc állás után $2,0 \text{ cm}^3$ NAD-oldatot adunk hozzá és 100 cm^3 -ig desztillált-vízzel feltöltjük. 20 perc (max. 2 óra) állás után abszorbanciát mérünk (545 nm).
 Eredmény megadása: leolvasás kalibrációs görbéről mg/l-ben.

Ammóniumion meghatározása (MSZ 448/6-80) (27)

Hőmérséklet mérés után a 25 cm³ mintához 2,5 cm³ szalicilát reagenst, majd elegyítés után 2,5 cm³ oxidáló reagenst adunk. 45 (max. 90) perc állás után abszorbanciát mérünk (660 nm). Eredmény megadása: leolvasás kalibrációs görbéről NH₄⁺ mg/l-ben.

Szulfácion meghatározása (MSZ 448/13-83) (28)

5,0 cm³ mintához 5,0 cm³ bárium-kromát oldatot majd 30 perc állás után 2,0 cm³ kalcium-oxid szuszpenziót adunk. 10 perc (max. 1 óra) állás után közepes pórusméretű szűrőpapíron (MN 640d) átszűrjük és abszorbanciát mérünk (420 nm). Az eredményt szulfát mg/l-ben kalibrációs görbéről olvassuk le.

Kloridion meghatározása (MSZ 448/15-82) (29)

100,0 cm³ vízmintához 2,0 cm³ kálium-kromát oldatot adunk, ezt ezüst-nitrát mérőoldattal a megmaradó vörösbarna szín első megjelenéséig titráljuk. A vakpróbát 100,0 cm³ desztillált vízből ugyanígy készítjük. Az eredmény kiszámítása:

klorid mg/l = (a-b) f 10

a: ezüst-nitrát mérőoldat fogyás cm³-ben

b: vakpróbára fogyás cm³-ben

f: ezüst-nitrát oldat faktora

Vas meghatározása (MSZ448/4-83) (30)

50 cm³ mintához 4 csepp kálium-permanganát oldatot, elegyítés, majd 5-10 perc állás után 2 cm³ kálium-tiocianát oldatot adunk. Ezt elegyítjük. 50 cm³ desztillált vízből a mintával egyező módon szín-összehasonlító oldatot készítünk. Ezt vas-mérőoldattal mikrobürettából egyező színig titráljuk. (A módszer pontossága 0,01 mg/l) Az eredmény megadása: a fogyott vas mérőoldat köbcentimétercinek száma közvetlenül a mg/l-ben kifejezett vaskoncentráció értékét adja.

Mangánion meghatározása

50 ml mintához a klorid-tartalom megkötéséhez szükséges +0,5 ml 1n. ezüst-nitrát oldatot, 8-10 csepp 1:1 salétromsavat és kb. 0,5 g kálium-peroxi-diszulfátot adunk. Az oldatot kitisztulásig forraljuk. Mangán jelenlétében az oldat rózsaszínűvé válik. 50 ml desztillált vizből a mintával egyező módon szín-összehasonlító oldatot készítünk, amit 0,01 n. kálium-permanganát oldattal a mintával azonos színerősségig titráljuk. A fogyást 0,27-tel szorozva kapjuk a mangán-tartalmat mg/l-ben.

Az összes keménység meghatározása (MSZ 448/21-86) (31)

50 cm vízmintát, 0,2 g indikátor keveréket és 2 cm³ pufferoldatot elegyítünk, majd 2 percen belül EDTA-mérőoldattal kék színig titráljuk. Az eredmény számítása: össz. kem. (CaO mg/l)=faktor x fogyás x 20

Lúgosság meghatározása (MSZ 448/11-86) (32)

Titrló lombikba 100 cm³ mintát és 2-3 csepp metilnarancs indikátort mérünk. Ezt sósav-mérőoldattal vöröshagyma levél színűre titráljuk. Az eredmény kiszámítása: lúgosság=faktor x fogyás

pH meghatározása potenciometriás pH-mérővel (MSZ 448/22-85) (33)

A mérőműszer kalibrálása pH 7,06 pufferrel történik. A mérést a mintába merített indikátor elektróddal végezzük. A pH a leolvasott érték. A pH mérő típusa OP-205/1.

Fajlagos elektromos vezetőképesség meghatározása (MSZ 448/32-77) (34)

50-50 ml mintát főzőpohárba mérünk. Hőmérséklet mérés (0,1 °C pontossággal) után vezetőképességet mérünk (OK 102/1 típusú konduktométeren). Első lépésben a mérőcellát az egyik mintával leöblítjük és a mérés a másik mintából történik. Az eredmény kiszámítása 20 °C-ra:

$$\text{vez. kép.} = 1/R \times C \times f$$

C: a cellaállandó (cm⁻¹)

f: hőmérsékleti korrekciós tényező

1/R: mért vezetőképesség (μS)

(C x f táblázatban található)

3.4. A minták értékelése

A gödöllői feldolgozásnál szennyezettnek vettem egy mintát, ha abból kóliform baktérium kitenyésztett és/vagy összcsíraszám 100/ml fölötti volt. Kiugróan magasnak értékeltem az 1000/ml fölötti csíraszám adatokat.

Az OKI-ban végzett vizsgálatok alapján történő értékelést az ivóvíz szabvány (MSZ 450-3:1991 és MSZ 450/1-1989) követelményei szerint végeztem. (35, 36) A vizsgált paraméterekre az alábbi határértékeket állapítja meg a szabvány:

Bakteriológiai határértékek	Megfelelő	Tűrhető
Coliformszám 100 ml-ben	0	2
Telepszám 37 °C-on 1 ml-ben	20	100
Telepszám 20 °C-on 1 ml-ben	100	500
E.coli v. fekális Coliform 100 ml-ben	0	0

Kémiai határértékek	Megfelelő	Tűrhető
Kémiai oxigénigény (KOI _{ps}) mg/l	2,5	3,5
Klorid mg/l	80	100
Ammónium mg/l	0,1	0,2
Nitrit mg/l	0,1	0,3
Nitrát mg/l	20	40
Szulfát mg/l	200	300
Vas mg/l	0,2	0,3
Mangán mg/l	0,1	0,1
Összes keménység CaO mg/l legalább	50	50
legfeljebb	250	350

Kémiai határértékek	Megfelelő	Tűrhető
Fajl. vez. kép. 20 °C $\mu\text{S}/\text{cm}$	1350	1600
pH legalább	7,0	6,8
legfeljebb	8,0	8,5

Szennyezettnek azokat a mintákat neveztem, melyek nem minősültek megfelelő ill. tűrhető minőségű ivóvíznek.

3.5. Vízsztintmérések

A szennyezettségbeli változások összefüggéseinek vizsgálatára 1992 márciusától vált szükségessé a vízszint ingadozásainak mérése. A leolvasást a Maximum teremben 1992 januárjában elhelyezett vízmércén végeztem. A korábbi (1991. évi) adatok becsült értékek. 1993-ból, a vízmérce elmozdulását követően megint csak hozzávetőleges adatok állnak rendelkezésre. Ennek ellenére a változások évszakos tendenciáját az adatok jól szemléltetik.

4. Eredmények

Eredményeimet táblázatos formában ismertetem (1.-2.-3. táblázat)

4.1. A bakteriológiai vizsgálatok eredménye, 1991-92, Gödöllő

Megjegyzés a tájékoztató jellegű és az első részletes vizsgálatok eredményeihez: (1. táblázat)

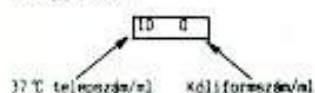
A tájékoztató jellegű vizsgálatoknál C1 befolyó vizét hasonlítottam össze az áramló karsztvízből vett mintákkal. Első alkalommal, -bár a szállítás nem kellően hűtve történt és ezért irreálisan magas csíraszám értékeket kaptam,- egyértelmű volt, hogy C1 kóliform baktériumokkal szennyezett, míg V30 nem. Második alkalommal -már jég között szállítva a mintákat- ugyanazt az eredményt kaptam: C1 kóliform baktériumokkal fertőzött, míg az áramló karsztvízből vett minták kóliform szennyeződéstől mentesnek mutatkoztak.

1. táblázat

A bakteriológiai vizsgálatok eredménye (1991-92, Gődöllő)

	1991 ápr.1.	1991 ápr.14.	1991 ápr.26.	1991 máj.5. (máj.12.)	1991 juli.12.	1991 aug.16.	1991 okt.5.	1991 nov.9-10.	1991 dec.23.	1992 jan.25.	1992 nov.1.	1992 ápr.5.
Viz- szint (mért)	kb -6 cm	kb -6 cm	kb -6 cm	kb -6 cm	kb -12cm	kb -12cm	kb -10 cm	kb -6 cm	kb 10 cm	kb 10 cm	kb 2 cm	kb 25 cm
V1	26450/10100	900/100	3000000/1926			210/0	100/0	315/0		2180/40	1437/0	
V2			190 10			0 0	0 0	0 0		10 0	616 0	1090 30
V3			125 10			10 0	20 0	0 0				1200 60
V4			170 0			0 0	30 0					
V5			195 10			30 0	40 0	30 0				
V6			130 0			30 0	20 0	0 0		0 0	27 0	1700 80
V7			205 10					0 0				
V8		0 0	40 10			70 0	30 0	0 0				1090 30
V9			30 10			0 0	0 0	0 0	0 0			890 180
V10			210 20			0 0	0 0	10 0		50 0		
V11			185 0			0 0	20 0	0 0				
V12			25 0			0 0	0 0	10 0				
V13			65 0			0 0	10 0	220 0				
V14				110 0	0 0		20 0					
V15				150 80	40 0			0 0				500 30
V16				20 0	60 0		30 0	10 0				
V17				220 0	830 0		0 0	0 0	0 0		20 0	410 0
V18				30 0	30 0		10 0	10 0		20 0		
V19				50 0	10 0		0 0	20 0				
C20				25 0								
C21				15 0								
C22				50 0								
C23				35 0								
C24				1500 0			10 0	30 0	0 0	0 0	180 0	20 0
C25				50 0				30 0				
C26		500 0		40 0	210 0		20 0	20 0	0 0	0 0	90 0	90 0
C27				5 0								
C28				60 0								
V29				15 0	100 0		10 0	20 0				
V30	32000 0	200 0		50 0	150 0		10 0	0 0	0 0	0 0	40 0	170 0
V31				10 0				0 0			90 0	310 0
V32				15 0	70 20			0 0	56 0	50 0		
V33				85 0								
V34				45 0	30 0		0 0	0 0	10 0	30 0	160 0	180 0
V35				150 0	150 90		0 0	50 0	10 0	10 0	70 0	110 0
V36				65 0	30 0		10 0	0 0	30 0	10 0	120 0	200 0
V37				100 0	20 0		0 0	0 0	0 0	40 0	160 0	800 0
V38						10 0	0 0	20 0				
V39						10 0	10 0	10 0			230 0	3400 30
V40						0 0	40 0	0 0				
V41						110 0	430 0	0 0				
V42							0 0					
V43									0 0	0 0		
K1					80 0		30 0	*				
K2					0 0		0 0	*0 0	60 0	20 0	100 0	130 0
K3					130 0		10 0	*0 0				
K4							20 0	*40 0		10 0		
K05					20 0							
K06					30 20							
K07					40 0							
Htd				*35 0								
megj.	5x113. hdn. 20-25 °C				fagy- tár- lás 14 nap	fagy- tár. 57 nap V7 az al- pály víz- szint mé- rtéke	fagy- tár. 3 nap V7 az al- pály víz- szint mé- rtéke	fagy- tár. 42 óra V7 az al- pály víz- szint mé- rtéke	fagy.tár. 92 nap C1-V7 a víz felke- szítés rétege	fagy.tár. 59 nap V6 felke- szítés víz- szint	C1 hazm- osított kb 0,5 l/h	V6 és V39 felke- szítés C1 nem csatlakozt

(elmagyarázat)



A bakteriológiai vizsgálatok eredménye (1992-1993, DK)

```

graph TD
    A["2VP (100 ml)  
KPS (100 ml)  
70 °C, 24 h"] --> B["Polymer"]
    B --> C["2VP (100 ml)  
KPS (100 ml)  
70 °C, 24 h"]
    C --> D["Polymer"]
    D --> E["2VP (100 ml)  
KPS (100 ml)  
70 °C, 24 h"]
    E --> F["Poly(2-vinylpyridine) (P2VP)"]
  
```

	1992 mērc.1.	1992 apr.5.	1992 mēj.24.	1992 jūl.5.	1992 aug.2.	1992 sept.13.	1992 okt.18.	1992 nov.22	1993 jan.10.	1993 febr.28.	1993 apr.10.	1993 jūn.6.
V1a	Kb 2 ca 1200 9900	Kb 25 cm	21,5 cm	12 cm	10 cm	-2 cm 1200 1400 neb.07. +	-2 cm	3,5 cm	33,5 cm	Kb 43 cm	Kb 30 cm	Kb 25 cm
V1	37 +			20 200 12 -	6 27 35 +	50 55 24 -						
V2	35 110 8 -			5 38 7 -	5 14 32 +	43 60 40 +						
V3/V10												
V4		240 2100 1000 +	850 2200 29000 +	35 50 13 +	31 55 125 +	360 310 180 +	9 31 70 +	17 31 23 +	50 130 32 +	41 45 NV -		
V5/V6	50 420 8 +	370 2500 1000 +	750 2100 14000 +	46 220 33 -	20 45 18 +	27 50 15 +	NV 3 6 +	8 12 12 +	60 120 NV -	65 70 NV -		
V49						90 100 220 +						
V28/V25	35 160 8 +	NV NV	310 1300 1300 +	9 34 36 -	35 65 30 +	90 130 8 -	10 60 65 +	7 14 11 +	20 110 15 -	12 47 NV -		
V15			1000 2100 3000 +	13 20 2 +	11 30 75 +	60 70 51 +	NV 18 NV -	5 10 8 -	5 13 NV -	4 10 NV -		
V17/V16	100 300 12 +	500 1200 650 +	900 2700 16050 +	3 16 NV -	8 67 92 +	170 150 500,06. +	NV 3 24 +	3 23 19 +	NV 15 NV -	4 7 NV -	14 20 NV -	4 310 7 +
V36			570 3300 0 -	230 1800 NV -	34 130 NV -	29 55 16 -	14 27 18 +	35 300 1 +	20 100 NV -	28 34 NV -		630 1500 NV -
V22			11 520 1 -	5 60 NV -	60 470 NV -	6 12 NV -	65 690 46 +	590 2200 1 +	13 172 NV -	4 15 NV -	30 80 NV -	3 43 NV -
V24	24 550 0 -	38 44 0 -	0 13 0 -	0 4 4 +	5 36 NV -	14 36 NV -	NV NV NV -	5 19 12 +	NV 17 NV -	50 110 NV -	16 16 NV -	5 12 NV -
V1		12 14 0 -	0 0 0 -	NV 6 3 +	NV 32 NV -	5 13 NV -	NV NV 3 -	31 130 13 +		13 16 NV -	19 19 NV -	
V10				310 840 23 +	92 220 200 +	340 630 15 +	32 154 99 +	300 1200 138 +	27 110 4 -	11 20 36 +	48 60 NV -	90 270 NV -

3.a táblázat

A vízkémiai vizsgálatok eredménye

Mintavétel időpontja	Minta-vételi hely	Oxigénigény: mg/l	Cl tartalom mg/l	Szulfát mg/l
Vízszint	Vízszint	Rendszeresen vizsgált helyek	Rendszeresen vizsgált helyek	Rendszeresen vizsgált helyek
		ngydb	ngydb	ngydb
1992 márc.1.	C1	4,40	94	74
Vízszint: 2cm	V8	0,30	42	153
	V6	0,30	42	149
	V35	0,25	44	145
	V17/18	0,25	42	149
	V26	0,25	42	147
1992 máj.24.	V17/18	0,25	41	154
Vízszint: 21,5cm	V26	0,30	40	131
1992 júl.5.	V17/18	0,50	43	147
Vízszint: 12cm	K2	0,40	41	157
	Mt6	0,65	30	138
1992 aug.2.	V17/18	0,41	40	105
Vízszint: 10cm	V26	0,60	40	109
	K2	0,70	40	105
	Mt6	1,40	23	52
1992 szept.13.	V17/18	0,30	42	121
Vízszint: -2cm	V26	0,40	41	121
	K2	0,50	41	113
	Mt6	0,50	22	48
1992 okt.10.	V17/18	0,40	42	121
Vízszint: -2cm	V26	0,30	42	129
	K2	0,30	41	125
	Mt6	0,50	22	54
1992 nov.22.	V17/18	0,30	43	109
Vízszint: 3,5cm	V26	0,25	42	113
	K2	0,35	41	115
	Mt6	0,50	22	56
1993 jan.10.	V17/18	0,25		129
Vízszint: 33,5cm	V26	0,80		113
	Mt6	0,25		87
1993 febr.28.	V17/18	0,25	39	133
Vízszint: kb 43 cm	V26	0,30	39	130
	K2	0,25	39	124
	Mt6	0,80	38	130
1993 ápr.18.	V17/18	0,50	38	134
Vízszint: kb 30cm	V30	0,75	34	88
	V26	0,15	38	119
	K2	0,50	38	119
	Mt6	0,50	31	100
1993 júl.6.	V17/18	0,55	36	128
Vízszint: kb 25 cm	V30	1,10	57	106
	V26	0,50	56	113
	Mt6	0,70	30	109

3.0 táblázat

Minta- vevő időpontja Vízszint	Minta- vevő hely A.G.1a	NO ₃ tartalom mg/l		NO ₂ tartalom mg/l		NH ₄ tartalom mg/l	
		Rendszeresen vizsgált helyek	egyéb	Rendszeresen vizsgált helyek	egyéb	Rendszeresen vizsgált helyek	egyéb
1992 márc.1. Vízszint: 2cm	C1		207		0,05		0,0
	V8		15,7		0,0		0,0
	V6		14,2		0,0		0,0
	V35		13,2		0,0		0,0
	V17/18	11,6		0,0		0,0	
	V26	11,6		0,0		0,0	
1992 máj. 24. Vízszint: 21,5cm	V17/18	14,1		0,0		0,0	
	V26	13,8		0,0		0,0	
1992 júl. 5. Vízszint: 12cm	V17/18	10,9		0,0		0,04	
	K2	13,3		0,0		0,04	
	Mt6	8,9		0,0		0,08	
1992 aug. 2. Vízszint: 10cm	V17/18	0,0		0,0		0,03	
	V26	12,6		0,0		0,03	
	K2	12,1		0,0		0,0	
	Mt6	6,3		0,02		0,0	
1992. szept. 13 Vízszint: -2cm	V17/18	13,7		0,0		0,0	
	V25	12,6		0,0		0,0	
	K2	12,1		0,0		0,0	
	Mt6	6,3		0,02		0,04	
1992 okt. 18. Vízszint: -2cm	V17/18	12,1		0,0		0,0	
	V26	10,6		0,0		0,0	
	K2	10,1		0,0		0,0	
	Mt6	5,6		0,01		0,0	
1992 nov. 22. Vízszint: 3,3cm	V17/18	12,2		0,01		0,0	
	V25	11,4		0,0		0,0	
	K2	11,1		0,0		0,0	
	Mt6	5,8		0,0		0,0	
1993 jan. 10. Vízszint: 33,5cm	V17/18	15		0,0		0,02	
	V26	11		0,0		0,06	
	Mt6	9,6		0,0		0,02	
1993 febr. 28. Vízszint: kb 43cm	V17/18	16,3		0,0		0,0	
	V26	11,4		0,0		0,0	
	K2	13		0,0		0,0	
	Mt6	12,2		0,02		0,0	
1993 ápr. 18. Vízszint: kb 30cm	V17/18	11,9		0,0		0,0	
	V30		101		0,0		0,0
	V26	10,9		0,0		0,0	
	K2	13,4		0,0		0,0	
1993 júl. 6. Vízszint: kb 25 cm	Mt6	8,8		0,0		0,0	
	V17/18	13,7		0,0		0,04	
	V30		108		0,0		0,0
	V26	11,4		0,0		0,04	
	Mt6	8,7		20,2		20,2	

3. táblázat

Mintaétel időpontja Vízszint	Minta- vevő hely közle	Fw tartalom mg/l		Mn tartalom mg/l		pH	
		Rendszeresen vizsgált helyek	egyéb	Rendszeresen vizsgált helyek	egyéb	Rendszeresen vizsgált helyek	egyéb
1992. márc. 1. Vízszint: 20cm	C1		0,10		0,0		7,01
	V8		0,10		0,0		7,06
	V6		0,0		0,0		7,07
	V39		0,0		0,0		7,07
	V17/18	0,0		0,0		7,13	
	V26	0,0		0,0		6,97	
1992 máj. 24. Vízszint: 21,5cm	V17/18	0,0		0,0		7,19	
	V26	0,0		0,0		7,06	
1992 júl. 5. Vízszint: 22cm	V17/18	0,0		0,0		7,27	
	K2	0,0		0,0		7,03	
	Mtd					7,04	
1992 aug. 2. Vízszint: 10cm	V17/18	0,0		0,0		7,24	
	V26	0,0		0,0		7,14	
	K2	0,0		0,0		7,08	
	Mtd	0,0		0,0		7,04	
1992 szept. 13. Vízszint: 2cm	V17/18	0,0		0,0		7,26	
	V26	0,0		0,0		7,15	
	K2	0,0		0,0		7,11	
	Mtd	0,0		0,0		7,35	
1992 okt. 18. Vízszint: 2cm	V17/18	0,0		0,0		7,22	
	V26	0,0		0,0		7,03	
	K2	0,0		0,0		7,04	
	Mtd	0,0		0,0		7,08	
1992 nov. 22. Vízszint: 3,5cm	V17/18	0,0		0,0		7,22	
	V26	0,0		0,0		7,01	
	K2	0,0		0,0		7,03	
	Mtd	0,0		0,0		7,40	
1993 jan. 10. Vízszint: 31,5cm	V17/18	0,0		0,0		7,08	
	V26	0,0		0,0		7,02	
	Mtd	0,0		0,0		7,23	
1993 febr. 28. Vízszint: kb 43cm	V17/18	0,03		0,0		7,13	
	V26	0,0		0,0		7,03	
	K2	0,03		0,0		6,57	
	Mtd	0,0		0,0		7,11	
1993 ápr. 18. Vízszint: kb 30 cm	V17/18	0,0	0,0	0,0	0,0	7,22	7,20
	V30						
	V26	0,0		0,0		7,03	
	K2	0,0		0,0		7,05	
	Mtd	0,0		0,0		7,22	
1993 jún. 6. Vízszint: kb 25cm	V17/18	0,0		0,0		7,17	
	V30		0,0		0,0		7,05
	V26	0,0		0,0		7,01	
	Mtd	0,0		0,0		6,98	

3.0 táblázat

Minta- vétel időpontja Vízszint	Minta- vétel hely idője	Alkalitársszám / l Rendszeresen vizsgált helyek egyéb	Összes keménység CaCl ₂ /l Rendszeresen vizsgált helyek egyéb	Fajlagos elektromos vezetőképesség µS/cm Rendszeresen vizsgált helyek egyéb
1992.márc.1. Vízszint: 2cm	C1	4,0	220	990
	V8	3,1	308	910
	V6	3,3	310	910
	V39	3,5	320	910
	V17/18	3,2	312	910
	V26	3,4	314	910
1992.máj.24. Vízszint: 21,5cm	V17/18	3,1	310	890
	V26	3,2	310	870
1992.júli.5. Vízszint: 12cm	V17/18	3,0	300	880
	K2	3,2	310	880
	Mt6	7,5	272	770
1992.aug.2. Vízszint: 10cm	V17/18	7,6	294	870
	V26	8,0	308	880
	K2	8,2	300	880
	Mt6	7,0	290	690
1992.szept.13. Vízszint: -2cm	V17/18	3,4	310	850
	V26	3,1	310	800
	K2	3,1	308	850
	Mt6	7,7	240	660
1992.okt.18. Vízszint: -2cm	V17/18	3,0	292	800
	V26	3,1	298	880
	K2	3,1	302	890
	Mt6	7,3	246	680
1992.nov.22. Vízszint: 3,5cm	V17/18	7,9	296	880
	V26	8,0	300	880
	K2	8,1	300	900
	Mt6	7,3	260	670
1993.jan.10. Vízszint: 33,5cm	V17/18	7,8	276	670
	V26	8,0	282	850
	Mt6	7,6	264	760
1993.febr.28. Vízszint: 43cm	V17/18	7,6	284	880
	V26	7,9	286	882
	K2	7,8	290	880
	Mt6	7,8	290	880
1993.apr.10. Vízszint: kb 30cm	V17/18	7,4	286	855
	V30	4,2	200	788
	V26	7,8	804	864
	K2	7,1	294	864
1993.júli.6. Vízszint: kb 25cm	Mt6	7,2	276	809
	V17/18	3,0	280	805
	V30	4,4	136	810
	V26	8,0	768	875
	Mt6	7,5	266	815

Ezután az első részletes vizsgálatokat a C1 befolyó vízhez legközelebb eső helyeken végeztem el. Ekkor tudtam először kimutatni az áramló karsztvízből is a szennyezettséget. A szennyezettség térbeli megoszlásának feltérképezését ezt követően kezdtem el.

4.2. A bakteriológiai vizsgálatok eredménye, 1992-93, OKI

2. táblázat

4.3. A vízkémiai vizsgálatok eredménye

3. táblázat

5. Megbeszélés

A szennyezett mintákat külön táblázatban gyűjtöttem össze (4.-5.-6. táblázat). Az értékelést ezek alapján végeztem el.

A táblázatokból levonható első következtetés az, hogy bakteriológiai szennyeződés a legtöbb helyen szinte folyamatosan kimutatható volt, míg kémiai szennyezettséget csak elvétve tapasztaltam.

5.1. A szennyezettség térbeli megoszlása

A szennyezettség térbeli megoszlásának vizsgálatára a bakteriológiai vizsgálatok eredményei adnak tágabb lehetőségeket, de a vízminőség kémiai vizsgálatának eredményeit se lehet figyelmen kívül hagyni.

A 6.-7. ábrán azokat a helyeket jelöltem meg, melyekből szennyezett minta származott.

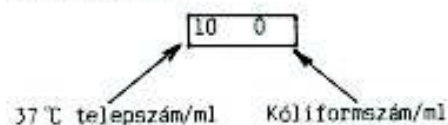
Az ábrák jól szemléltetik, hogy gyakorlatilag nincs olyan terület a város alatt, ahol szennyezettség ne fordult volna elő. Az is látható, hogy bakteriológiai fertőzőtlenség minden szennyezett helyen előfordult, míg kémiai szennyeződés mindössze három helyen.

4. táblázat

Szennyezett vízminták 1991 április - 1992 április (gödöllői feldolgozásból)

	1991 ápr.28. máj.5	1991 júl.22.	1991 aug.16.	1991 okt.5.	1991 nov.9-10	1992 jan.25.	1992 márc.1.	1992 ápr.5.
víz- szint	kb - 6	kb - 12	kb - 12	kb - 18	kb - 6	kb - 10	kb 2	kb 25
C1	3000000 1926		210 0		315 0	2180 40	1475 0	
V2	190 10						616 0	1090 30
V3	125 10							11000 60
V4	170 0							
V5	135 10							
V6	130 0							1700 80
V7	205 10							
V8	40 10							1090 80
V9	30 10							890 180
V10	210 20							
V11	185 0							
V13					22000 0			
V14	x110 0							
V15	x150 10							500 30
V17	x220 0	130 0						410 10
V24	x500 0						180 0	
V26		210 0						
V29		100 0						
V30		150 0						170 0
V31								310 0
V32		70 20						
V34							160 0	180 0
V35	x150 0	150 90						110 0
V36							120 0	200 0
V37							160 0	800 0
V39							230 0	3600 30
V41			110 0	430 0				
K2								130 0
K3		130 0						
KC6		30 20						

Jelmagyarázat:



5. táblázat

A bakteriológiai vizelmények alapján (Fogászati és Baktériológiai Vizsgáló Intézet, 1992 március – 1993 június) (Orv. felh. 1992. 2. sz.)

	1992 Feb. 1 alt. 20"	1992 Mar. 5, alt 25 cm	1992 Mar. 24, 21.5 cm	1992 Jul. 5, 12 cm	1992 Aug. 2, 10 cm	1992 Sept. 13, -2 cm	1992 Oct. 18, -2 cm	1992 Nov. 22, 1993, Jan. 10, 1993 3.5 cm	1993 Feb. 28 1993, Jun. 6, 10.43 cm
11	1200 ^W 9910 ^W 52 ^W *					1200 ^W 1420 ^W 204 ^W 62 ^W *			
18	35 ^W 110 ^W 8 ^W *			20 ^W 200 ^W 12 ^W *	6 21 ^W 35 ^W *	50 ^W 55 ^W 16 ^W *			
19/110				5 38 ^W 7 ^W *	5 14 ^W 32 ^W *	43 ^W 60 ^W 40 ^W *			
42		240 ^W 2100 ^W 2100 ^W *	850 ^W 2260 ^W 19000 ^W *	35 ^W 50 ^W 13 ^W *	31 ^W 55 ^W 125 ^W *	100 ^W 210 ^W 180 ^W *	9 31 ^W 70 ^W *	19 31 ^W 25 ^W *	50 ^W 130 ^W 32 ^W *
45/46	50 ^W 420 ^W 8 ^W *	370 ^W 2400 ^W 120 ^W *	750 ^W 2100 ^W 1400 ^W *	46 ^W 220 ^W 33 ^W *	70 45 ^W 38 ^W *	27 ^W 50 ^W 15 ^W *	NV 3 6 ^W *	8 12 ^W 12 ^W *	
46						90 ^W 100 ^W 270 ^W *			
48/49	35 ^W 160 ^W 8 ^W *		170 ^W 1700 ^W 1300 ^W *	9 34 ^W 36 ^W *	35 ^W 63 ^W 70 ^W *	50 ^W 130 ^W 8 ^W *	18 60 ^W 64 ^W *	1 14 ^W 11 ^W *	20 110 ^W 15 ^W *
415			1000 ^W 3100 ^W 70000 ^W *	13 20 ^W 2 ^W *	11 30 ^W 76 ^W *	40 ^W 70 ^W 51 ^W *		5 10 ^W 8 ^W *	
417/418	100 ^W 300 ^W 13 ^W *	500 ^W 1700 ^W 650 ^W *	900 ^W 2750 ^W 16000 ^W *	8 67 ^W 92 ^W *	170 ^W 150 ^W 604 ^W 61 ^W *		NV 4 26 ^W *	5 23 ^W 19 ^W *	
416			570 3500 ^W 0 *	230 ^W 1860 ^W NV *		29 ^W 55 ^W 16 ^W *	14 27 ^W 10 ^W *	35 ^W 380 ^W 1 ^W *	
430							65 ^W 670 ^W 48 ^W *	550 ^W 2200 ^W 1 ^W *	
425	24 ^W 550 ^W 0 *			0 4 ^W 4 ^W *				5 18 ^W 12 ^W *	
42				NV 6 3 ^W *				51 ^W 130 ^W 11 ^W *	
416				370 ^W 840 ^W 20 ^W *	52 ^W 1220 ^W 200 ^W *	140 ^W 670 ^W 36 ^W *	40 ^W 134 ^W 50 ^W *	250 ^W 120 ^W 216 ^W *	27 ^W 110 ^W 4 ^W *

Diagram illustrating a closed system (Kollisionsenergie/100 mJ) interacting with two heat reservoirs (Teilreservoir) at different temperatures (20°C and 17°C). The system is shown as a cylinder with a piston, and the heat reservoirs are represented by boxes. The diagram shows energy flows (Kollisionsenergie/100 mJ) between the system and the reservoirs, and within the system itself.

6. táblázat

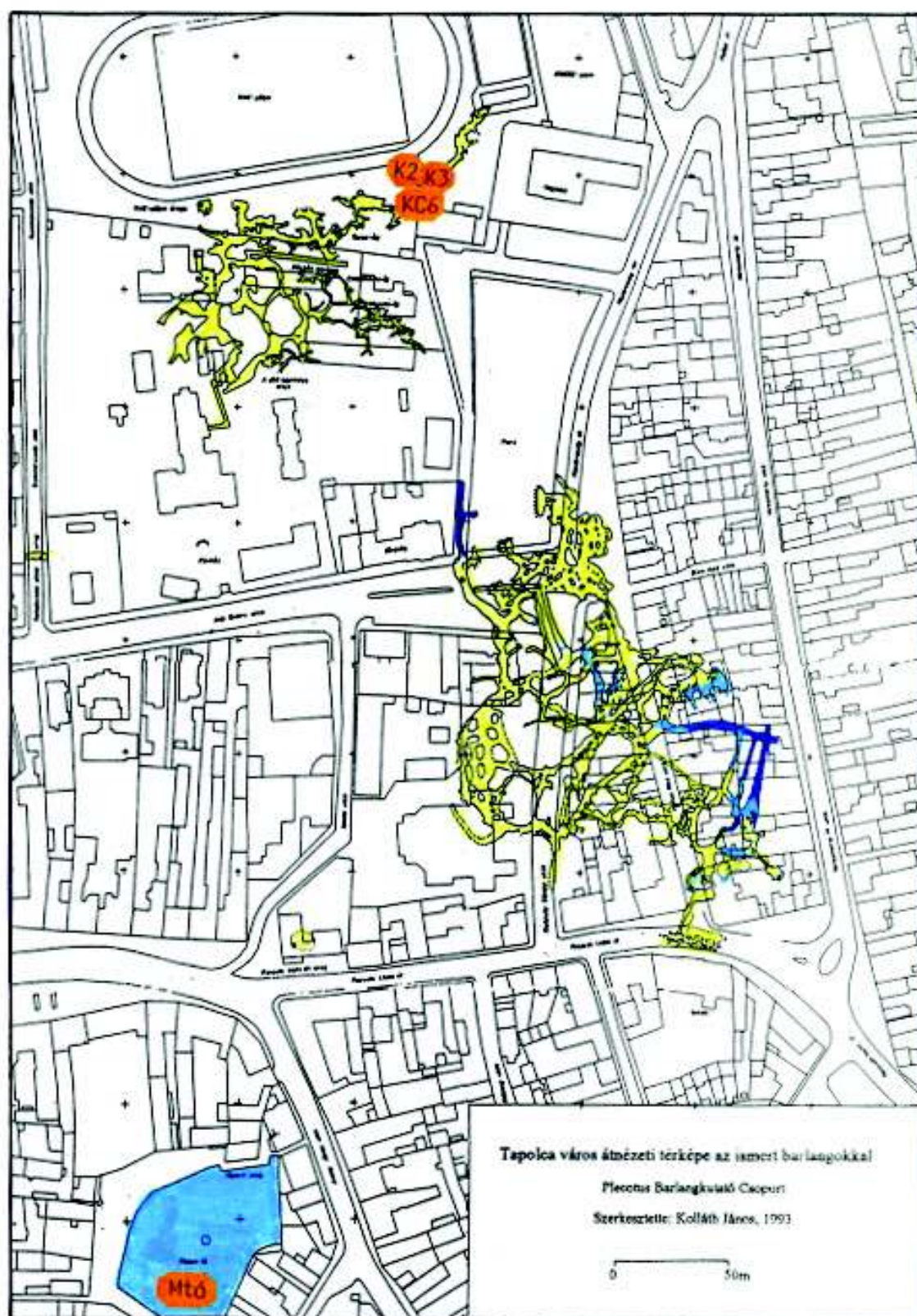
A kémiai vízminőség alapján kifogásolt minták

Mintavétel időpontja Vízszint	Minta- vételi hely kódja	O ₂ fogy mg/l	NO ₃ tart. mg/l	NO ₂ tart. mg/l	NH ₃ tart. mg/l
1992 március 1. vízszint: kb 2 cm	C1	<u>4,40</u>	<u>207</u>	0,05	0,0
1993 április 18. vízszint: kb 30 cm	V30	0,75	<u>101</u>	0,0	0,0
1993. július 6. vízszint: kb 25 cm	V30	0,75	<u>108</u>	0,0	0,0
	Mtó	0,75	8,7	<u>20,2</u>	<u>20,2</u>

Megjegyzés: az aláhúzott paraméter jelzi a szennyezettséget

6/a ábra

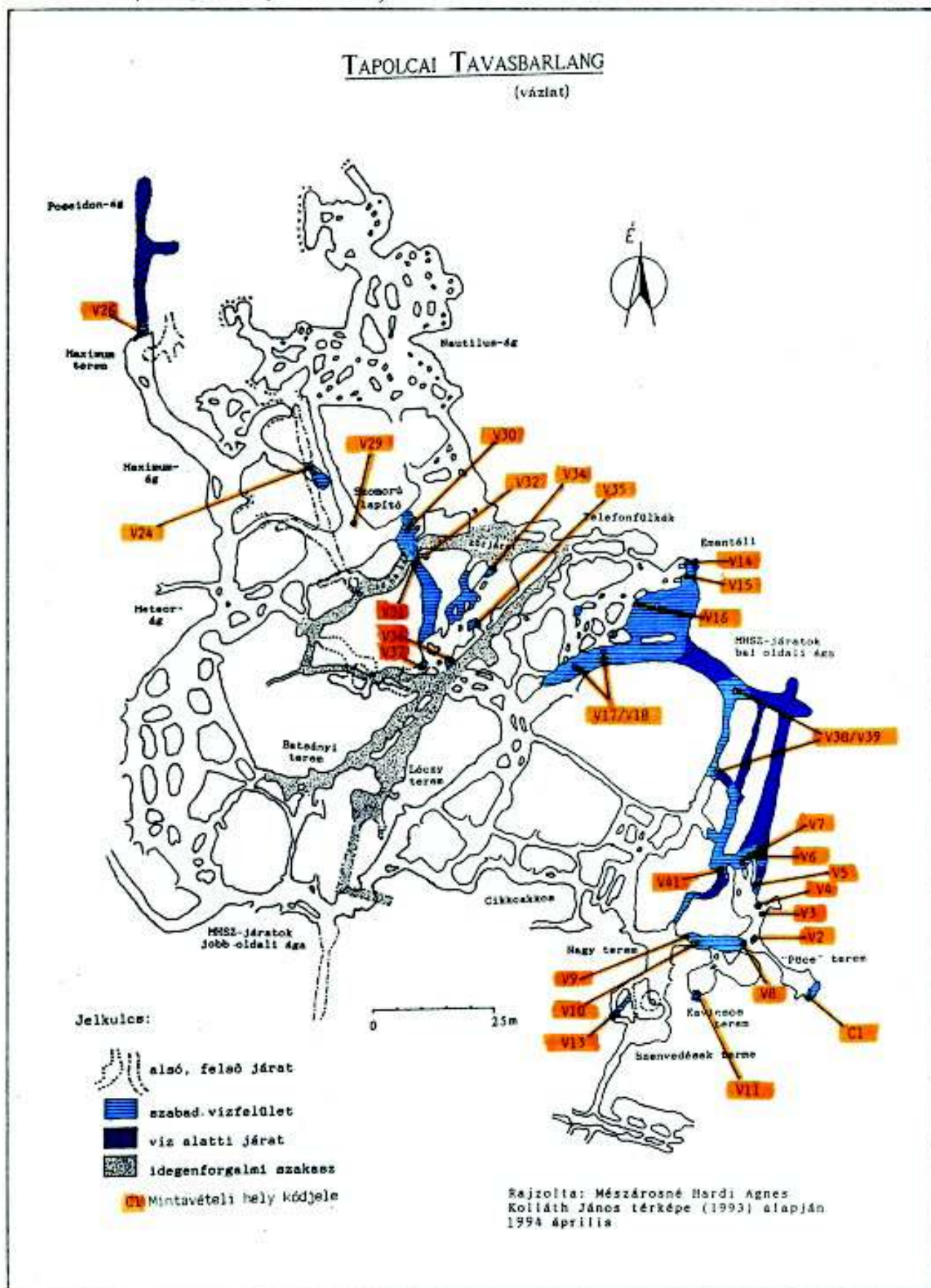
Bakteriológiailag szennyezettnek talált helyek
(Malom-tó és Kórház-barlang)



Jelkulcs:

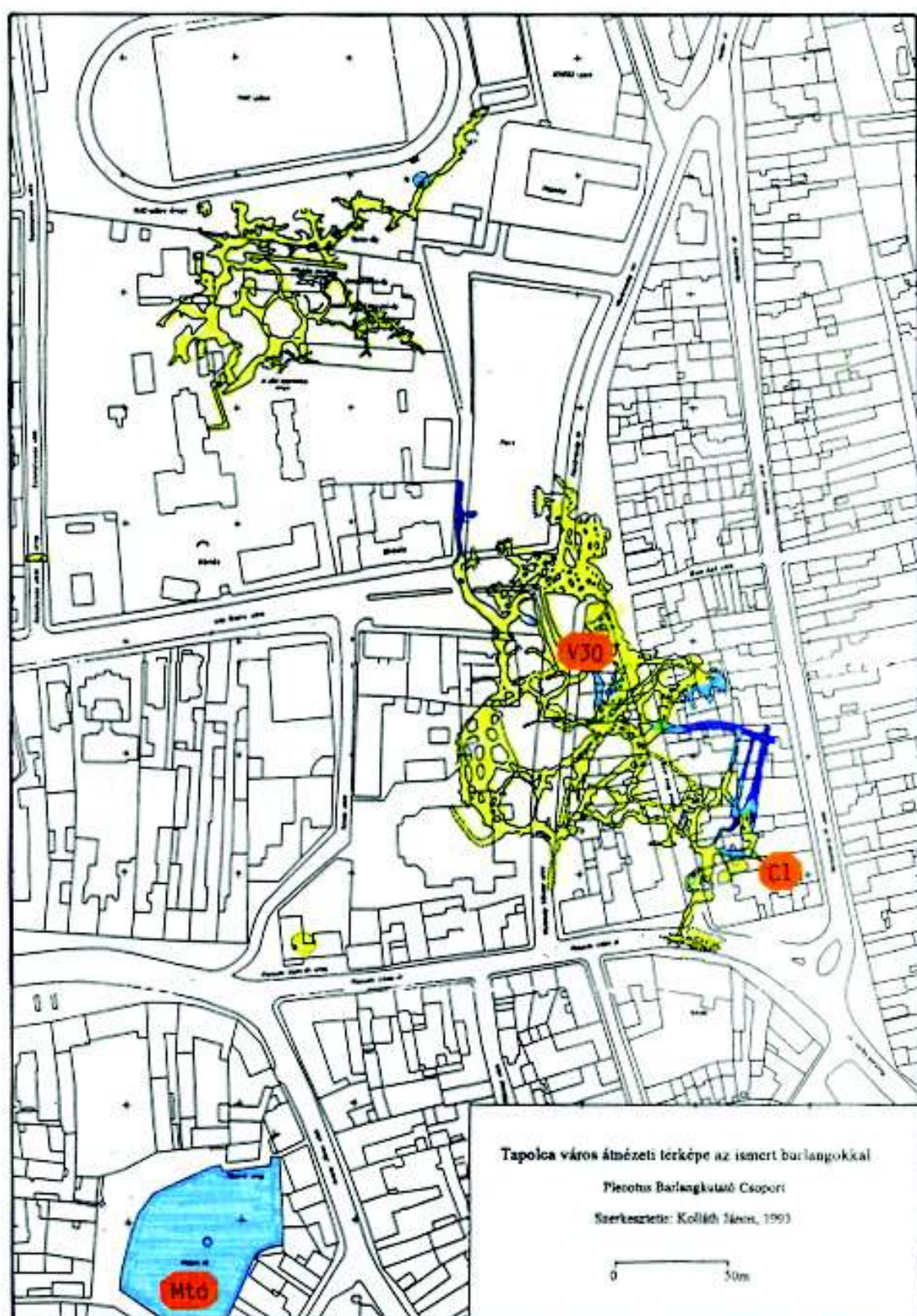
- száraz járat
- szabad vízfelület
- víz alatti járat

Mintavételi hely kódjele



7. ábra

A kémiai vízminőség alapján szennyezettnek talált helyek



Jelölések:

- száraz járat
- szabad vízfelület
- víz alatti járat

V30 Mintavételi hely kódjele

Ez az ábrázolás a szennyezett barlangrészeket ismerteti, viszont a szennyezettség fokának térbeli megoszlására csak részben ad választ: kémiai szennyezettség a vizsgált terület déli részén fordult elő, de a bakteriológiai szennyezettség ily módon történő ábrázolásából részletesebb megoszlás még nem olvasható le.

A továbbiakban a bakteriológiai eredmények alapján vizsgálom a különböző erősségű szennyezettség térbeli megoszlását.

Három megközelítési módot alkalmaztam a szennyezettség mértékének ábrázolásánál.

1. Azokban az időpontokban végzett mintavételek eredményét ábrázolom térképen, amikor a legnagyobb volt a szennyezettség.
2. Az egyes bakteriológiai jellemzők alapján különböző mértékben szennyezett helyeket foglalom össze táblázatban és ábrázolom térképen.
3. A szennyezettség előfordulásának gyakoriságát vizsgálom az egyes helyeken.

Az első megközelítési módot csak a Tavasbarlangi pontok szennyezettségének ábrázolására alkalmaztam, mivel a legtöbb mintavételi pont ott található.

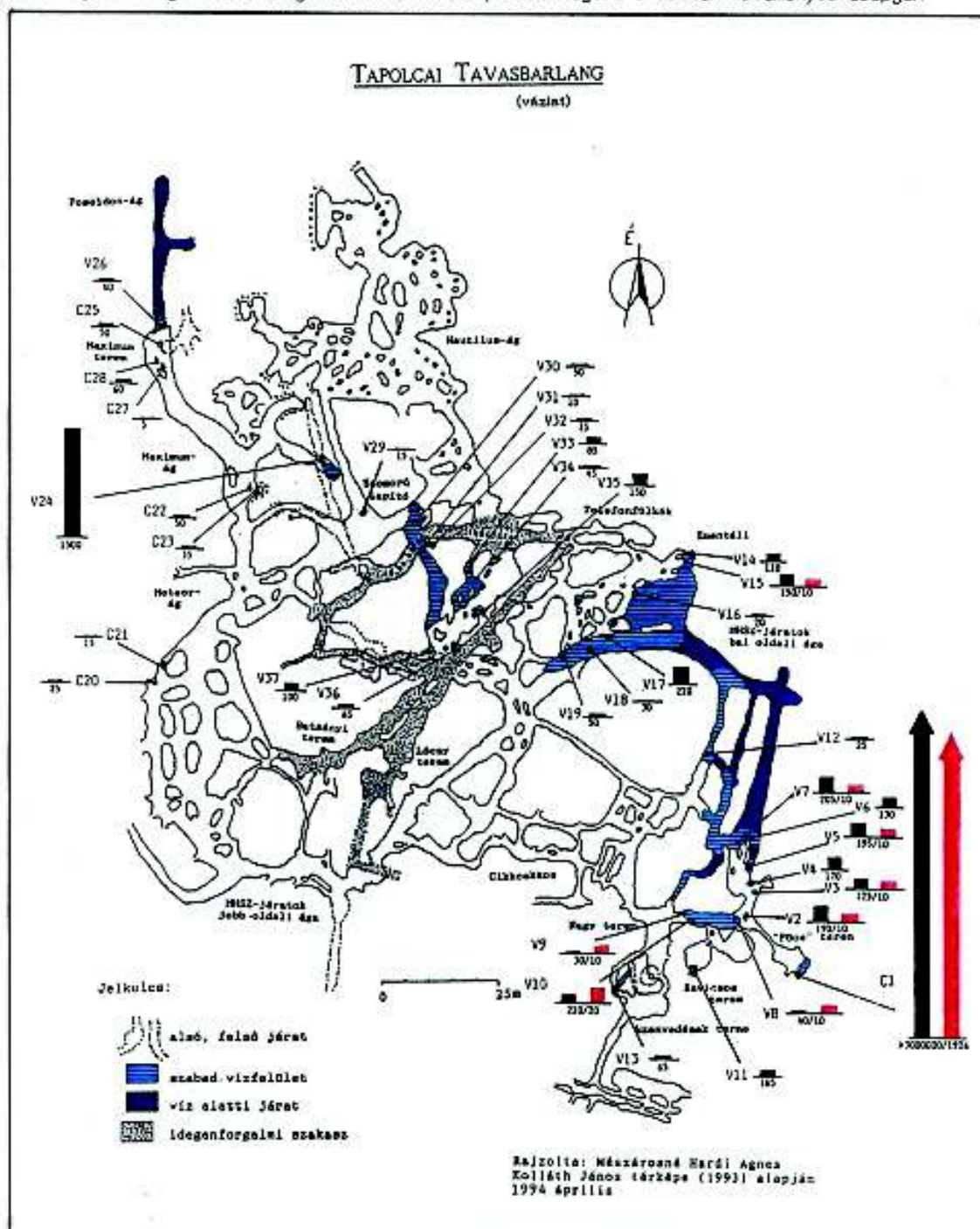
A 8. ábrán a legnagyobb szennyezettséget mutató időpontokban történt mintavételek eredményei láthatók.

A 8/a ábra az 1991 április 28. - május 5-i mintavételek összevont eredményeit tartalmazza. Jól látható a két befolyó víz (C1, V24) erős szennyezettsége és a feltehetően C1 által hozott kóliform fertőzőtség az MHSZ-járatok bal oldali ágának vizeiben.

Az egy évvel későbbi (1992 április 5.) eredmények ábrázolása (8/b ábra) még gödöllői feldolgozásból kapott eredmények alapján készült.

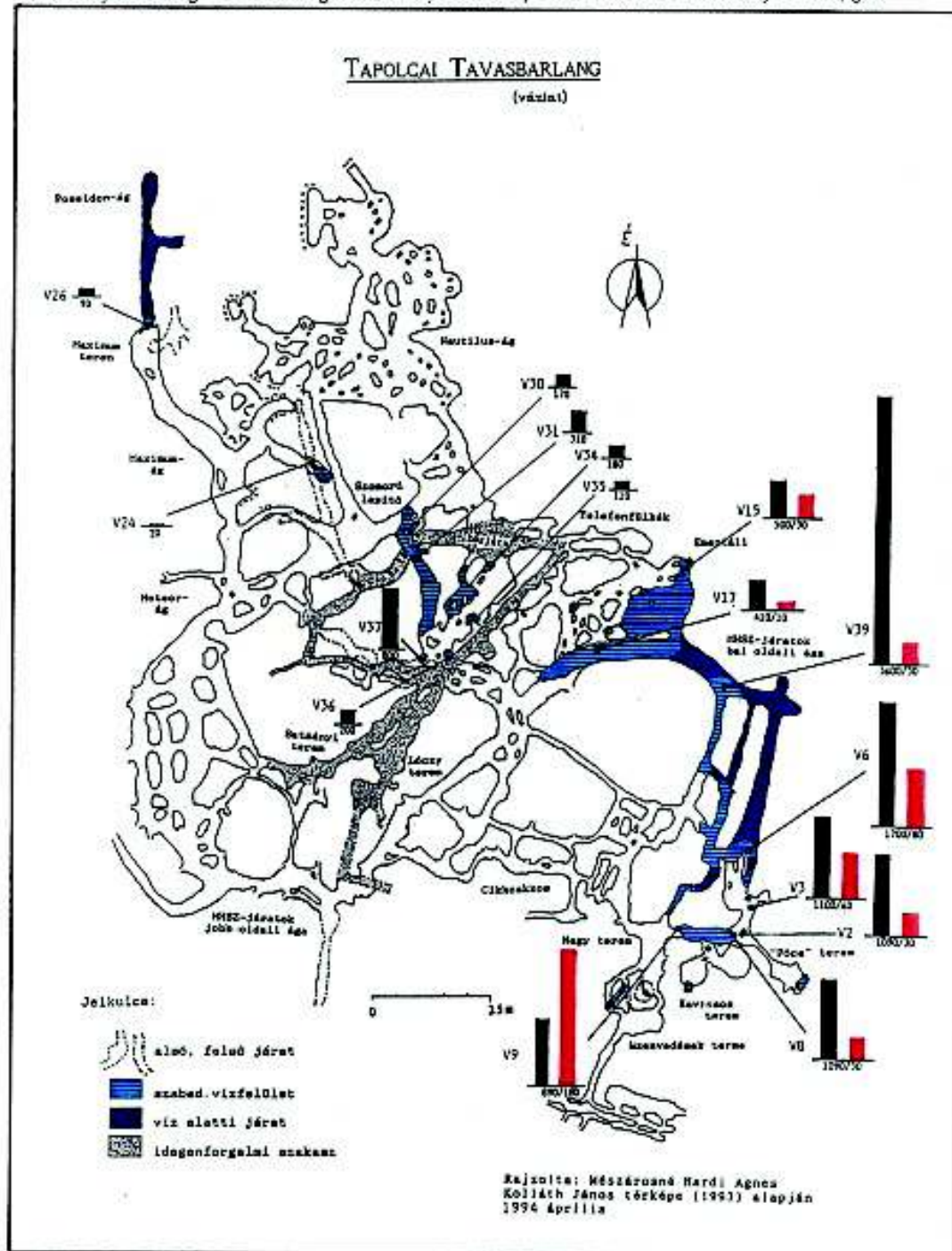
B/a ábra

A szennyezettség térbeli megoszlása az 1991.ápr.28.-máj.5.-i minták eredményei alapján

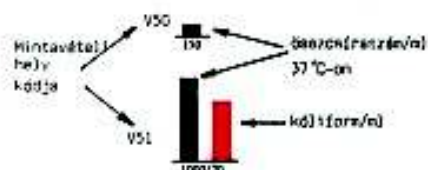


6/b ábra

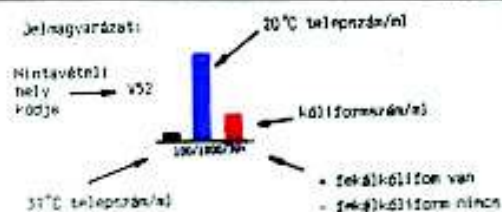
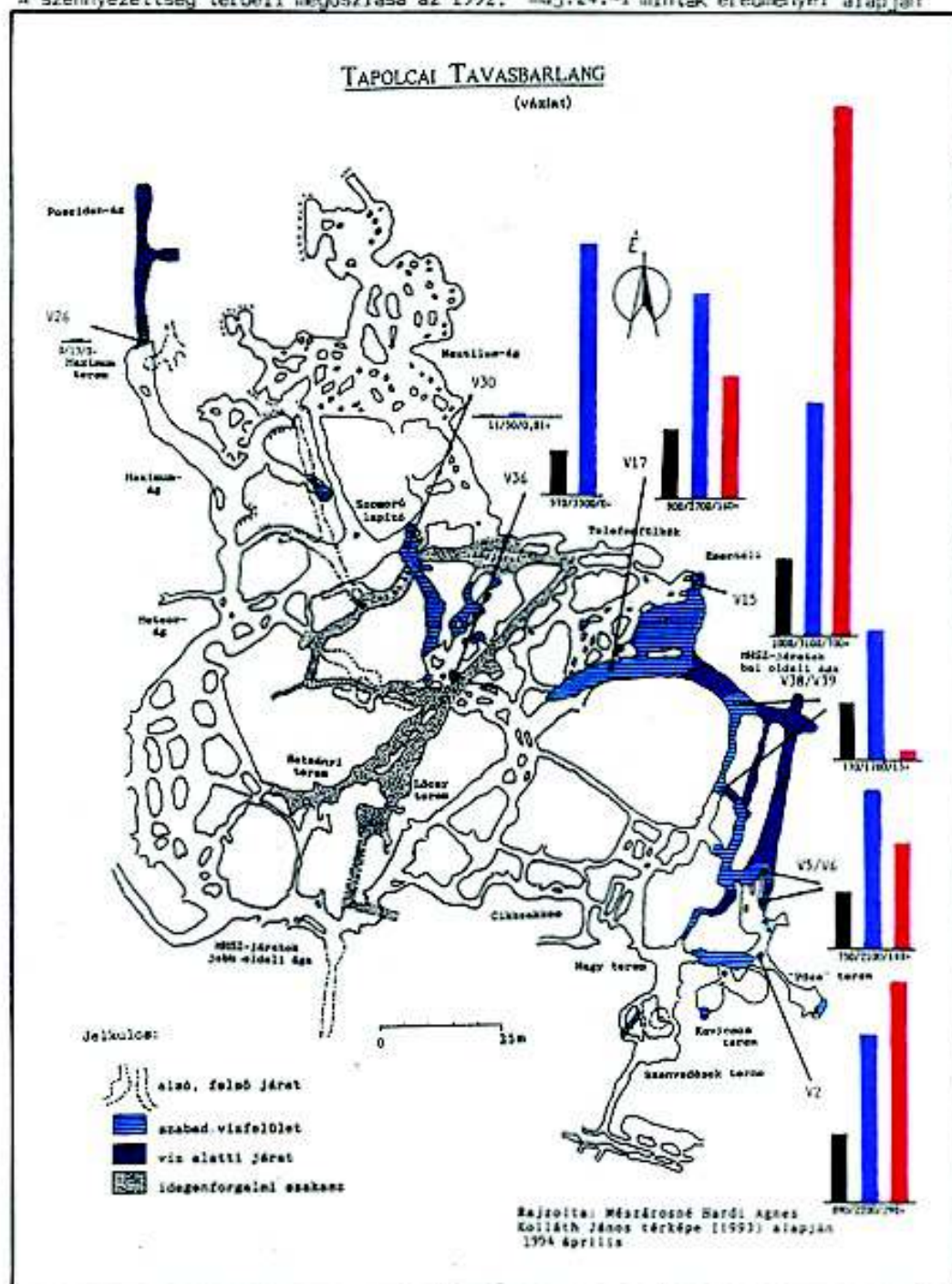
A szennyezettség térbeli megoszlása az 1992. ápr.5.-i minták eredményei alapján



Elmagyarázat:



A szennyezettség térbeli megoszlása az 1992. máj.24.-i minták eredményei alapján



C1-ből mintavétel nem történt, de a közeli vizekben az előző évinél erősebb volt a szennyezettség. Lényeges különbség, hogy V24 ez alkalommal a legtisztább víz volt és az amúgy közepesen erősen szennyezett Csónakázó körön V37 volt még magas csíraszámú.

A 8/c ábra (1992 május 24.) már OKI-ban mért eredményeket mutat be. A szennyezettség térbeli megoszlása hasonló az előző két ábrához, azzal a különbséggel, hogy itt V36 volt a Csónakázó körön a szennyezettebb minta.

Ebben a megközelítési módban a legszennyezettebb az MHSZ járatok bal oldali ága. Tisztább a Csónakázó kör környéke, amely két részre tagolható, déli, szennyezettebb részre (V36, V37) és egy tisztább északi részre. Legtisztább a Meteor- és Maximum-ág (a V24 befolyó víz kivételével).

A második ábrázolásmódhoz táblázatban foglaltam össze a magas 37 °C csíraszámú, 20 °C csíraszámú és a kóliform baktériumokkal szennyezett mintákat. Térképen jelöltem az egyes paraméterek szerint szennyezett és külön az erősebben szennyezett helyeket (7-9. táblázat és 9-15. ábra).

Mindhárom paraméter ábrázolásában előjön, hogy szennyezettséget szinte az egész vizsgált területen, erősebb szennyezettséget viszont csak a déli részek áramló karsztvizeiben, a Malom-tóban, a C1, V24 befolyó és KC6 csepegő vizekben lehetett mérni.

A harmadik megközelítési módhoz csak az OKI-ban, 1992 márciusától 1993 júniusáig nagyobb érzékenységgel feldolgozott minták eredményeit használtam fel azokról a helyekről, ahol legalább 5 mintavétel történt. Táblázatban tüntettem fel (10. táblázat):

1. az egyes mintavételi helyekről hányszor történt mintavétel a vizsgált időszakban (6).
2. a mintavételek hány százalékában volt tűrhető (+) és kifogásolt (*) a vízminőség a 20 és 37 °C-on kitenyésztett baktériumszám alapján

7. táblázat

Magas (100 telep/ml feletti) 37 °C csíraszámú minták.

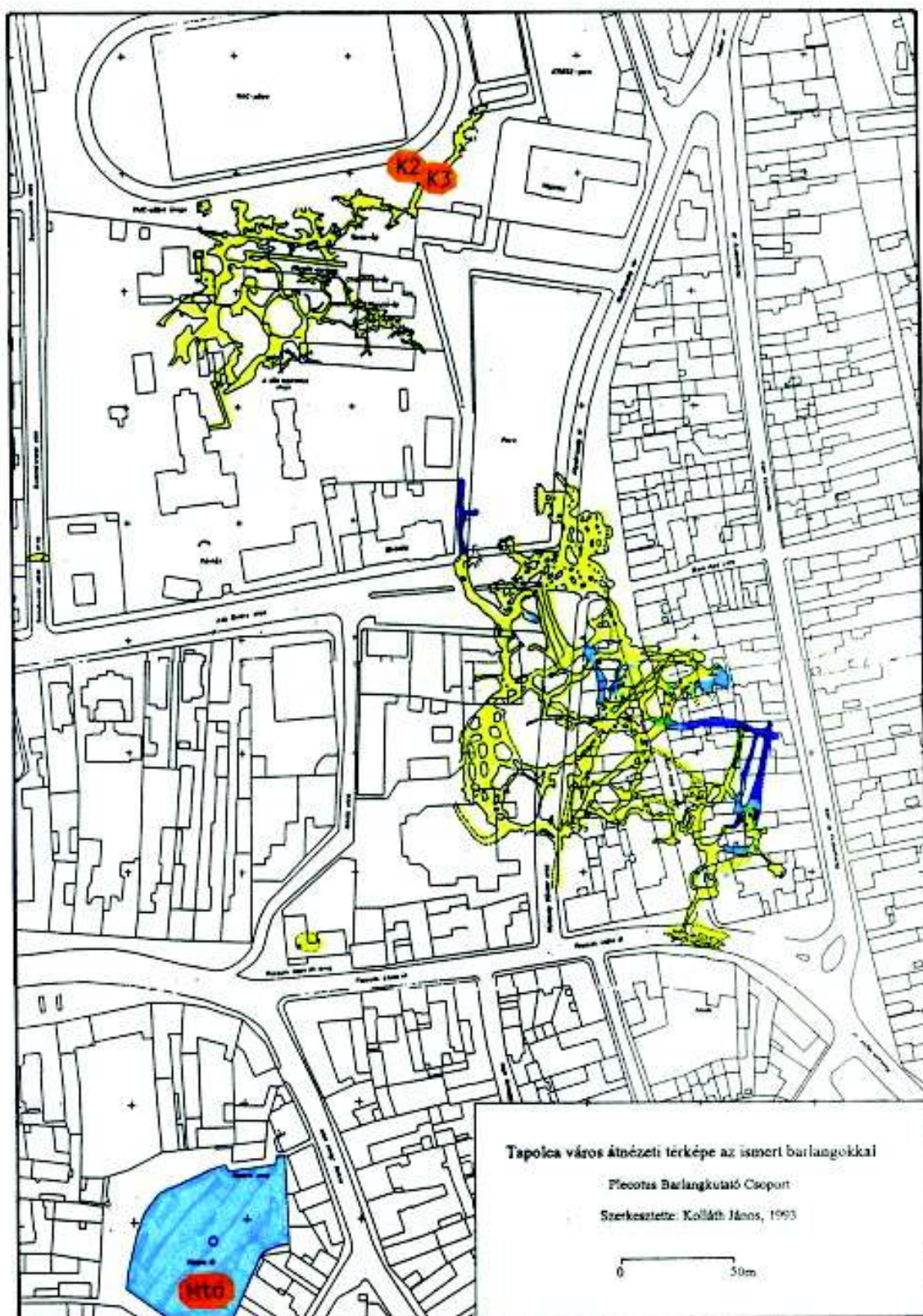
	1991 IV.28	1991 V.5, VII.22	1991 VIII.16.	1991 X.5.	1991 XI.9-10.	1992 I.25.	1992 III.1	1992 IV.5, V.24.	1992 VII.5	1992 IX.13	1992 X.22.	1992 VI.6.
C1	***		*		*	***	***				***	
V2	*						**	***	**		**	
V3	*							***				
V4	*											
V5/V6	*							***	**			
V7	*											
V8								***				
V9/V10	*							**				
V11	*											
V13					*							
V14		*										
V15		*						*	***			
V17/V18		*	*					*	**		*	
V24		***					*					
V26			*									
V29			*									
V30			*					*			**	
V31								*				
V34							*	*				
V35		*	*					*				
V36							*	*	**	*		**
V37							*	**				
V38/V39							*	***	**			
V40												
V41				*	*							
K2		*										
K3			*									
M10										*	*	*

Jelmagyarázat:

* 100-500/ml
 ** 500-1000/ml
 *** 1000/ml felett

9/a ábra

Magas (100 telep/ml feletti) 37 °C csíraszám alapján szennyezett helyek
(Kórház-barlang és Malom-tó)

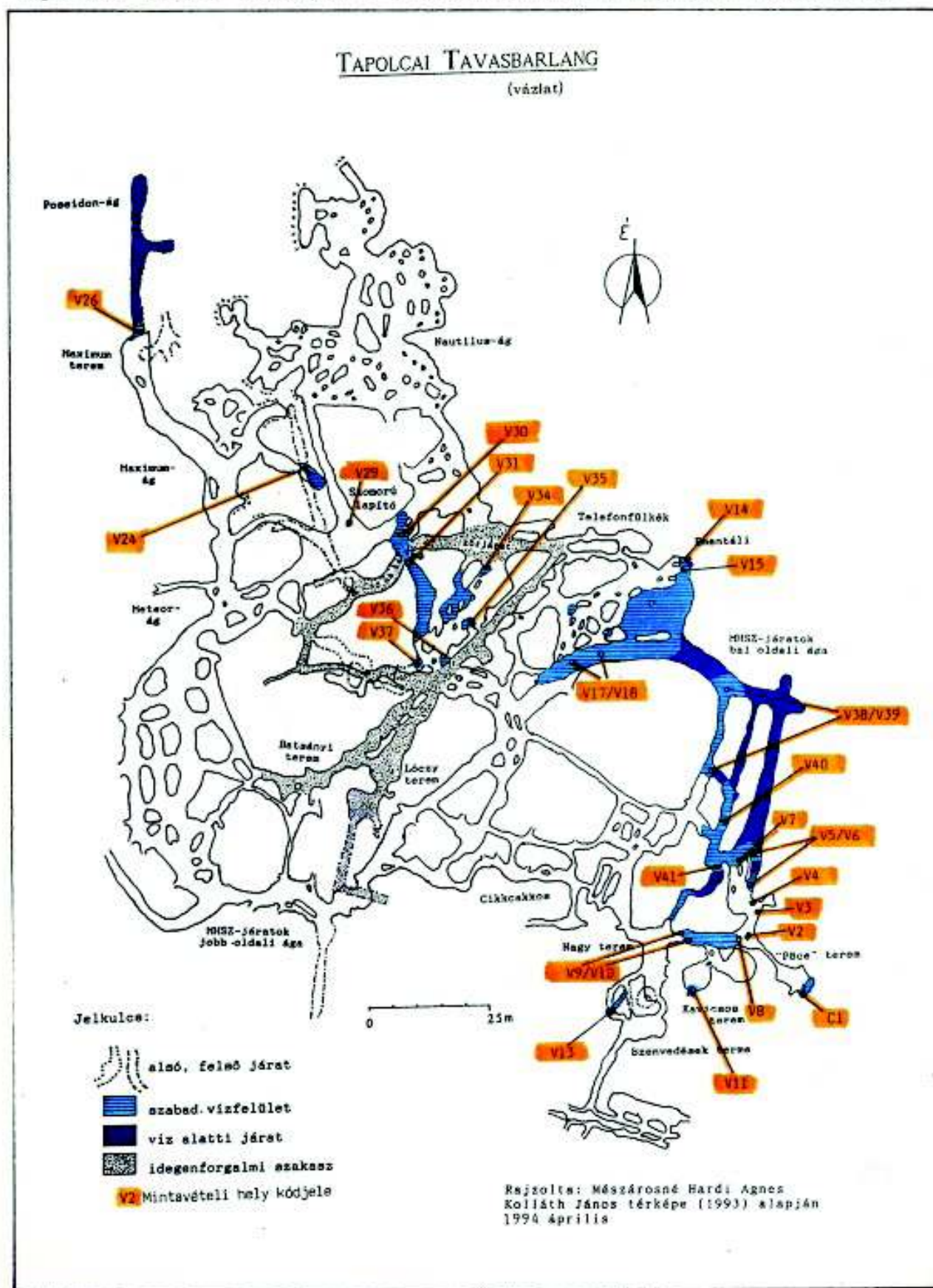


Jelkulcs:

- száraz járat
- szabad vízfelület
- víz alatti járat

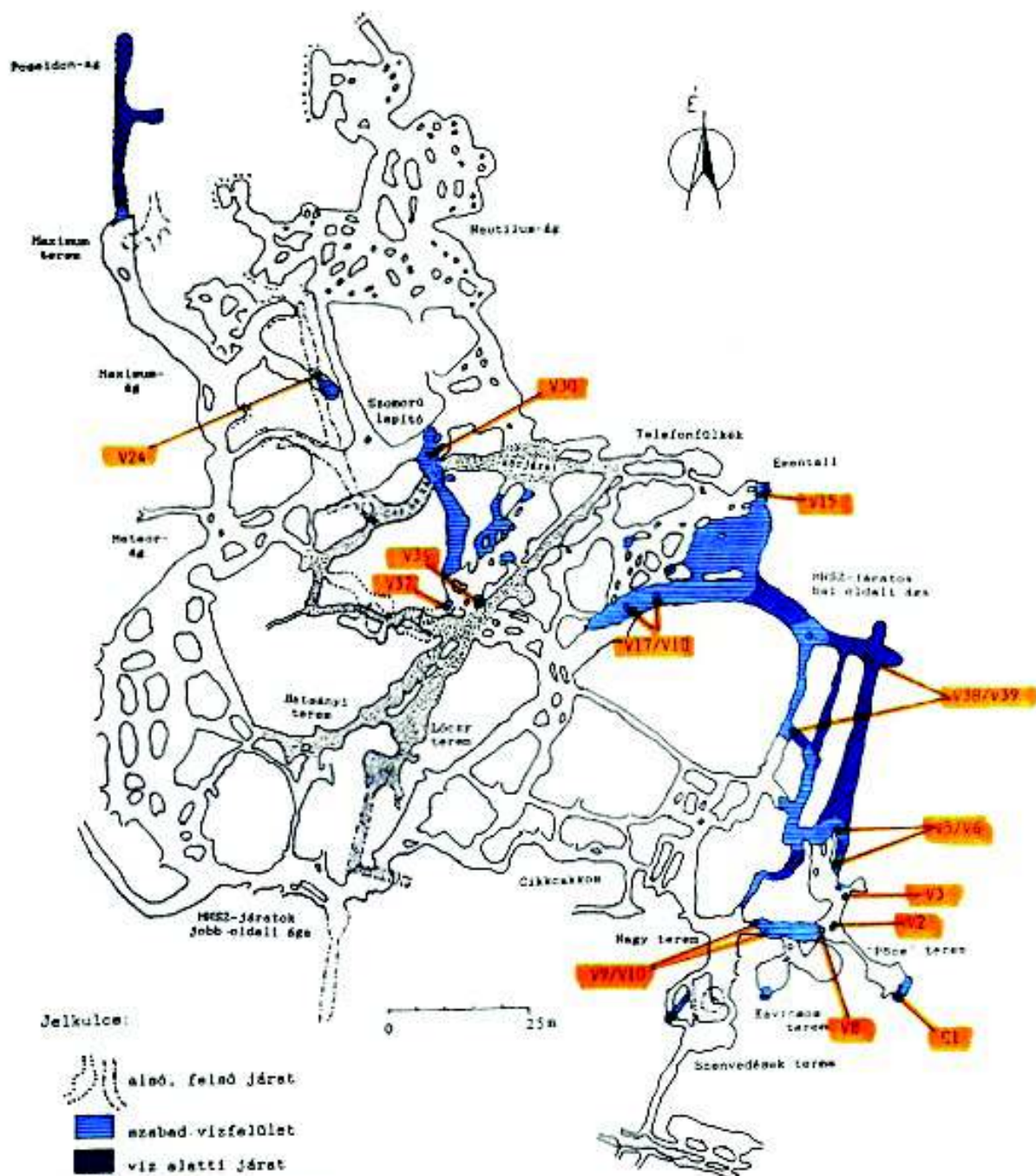
Mintavételi hely kódjele

Magas (100 telep/ml fölötti) 37°C telepszám alapján szennyezettnek talált helyek



TAPOLCAI TAVASBARLANG

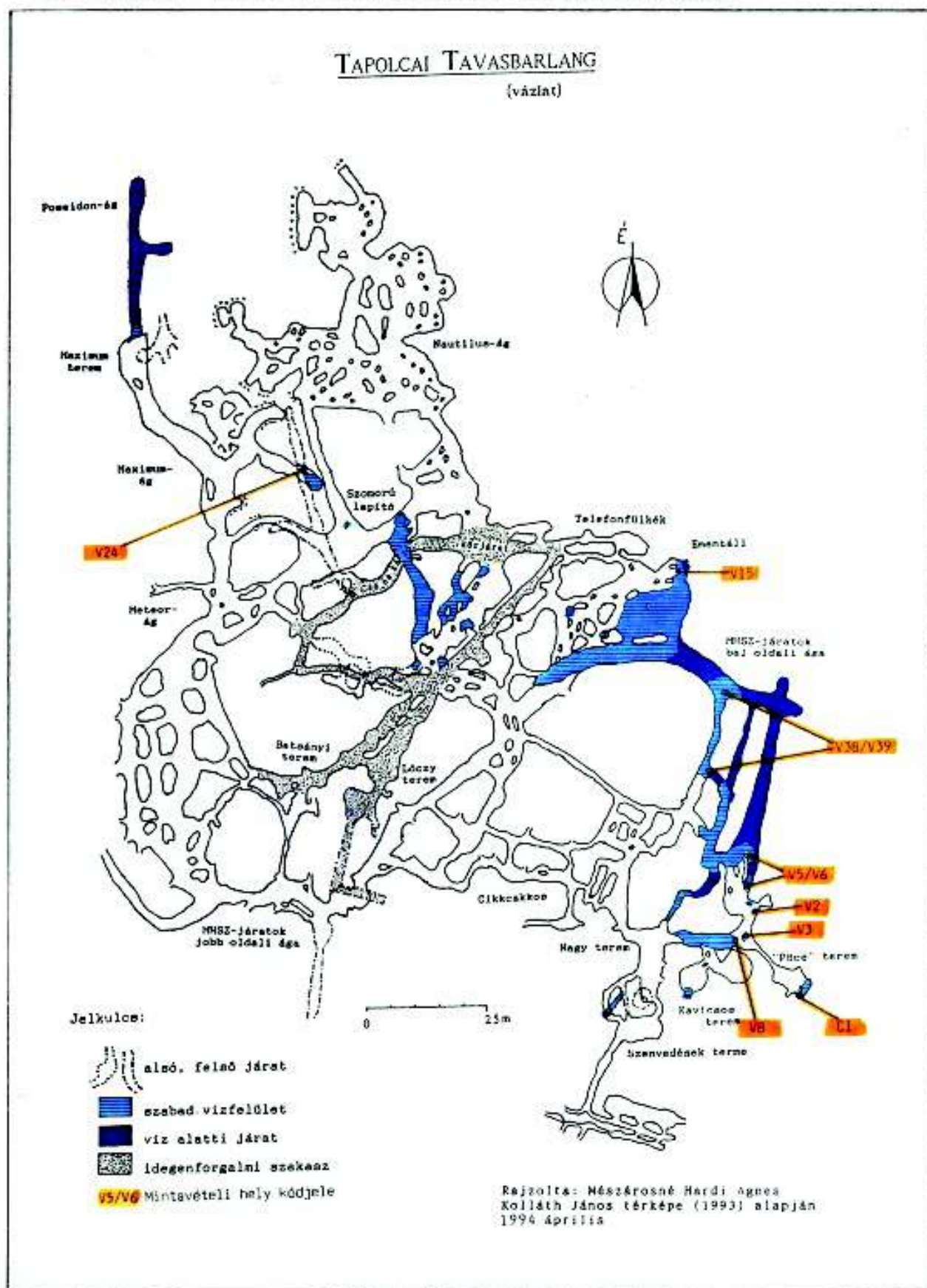
(vázlat)



Rajzolta: Mészárosné Haldi Ágnes
Kolláth János térképe (1993) alapján
1994. Április

11. ábra

Kiugróan magas (1000 telep/ml fölötti) 37 °C csíraszámú helyek



8. táblázat

Magas 20 °C telepszámú minták

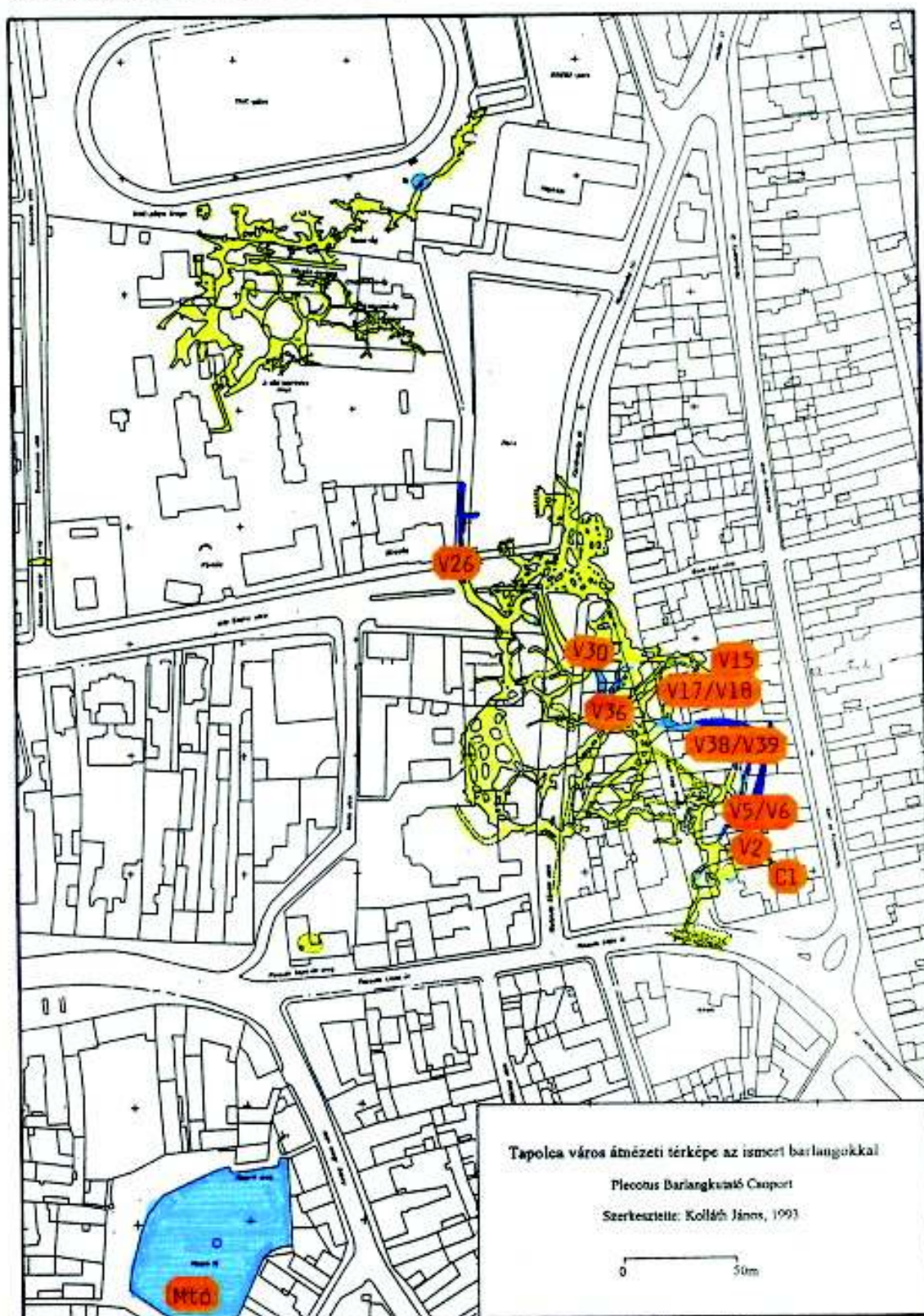
	1992 III.1	1992 IV.5.	1992 V.24.	1992 VII.5	1992 VIII.2	1992 IX.13	1992 X.10.	1992 XI.22	1993 I.10.	1993 II.28	1993 VI.6.
C1	**					**					
V8	+			+	-	-					
V2		**	**	-	-	+	-	-	+	-	
V5/V6	+	**	**	+	-	-	-	-	+	-	
V38/V39	+	-	**	-	-	+	-	-	+	-	
V15			**	-	-	-	-	-	-	-	
V17/V18	+	**	**	-	-	+	-	-	-	-	+
V36			**	**	+	-	-	+	+	-	x
V30			-	-	+	-	x	**	+	-	-
V26	x	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-
K2		-	-	-	-	-	-	+		-	
Mt6				x	+	x	+	**	+	-	+

Jelmagyarázat:

- 100 telep/ml alatt
- + 100-500 telep/ml
- x 500-1000telep/ml
- ** 1000 telep/ml felett

12. ábra

A 20°C telepszám alapján szennyezettnek talált helyek
(500 telep/m) feletti 20°C telepszámnál)



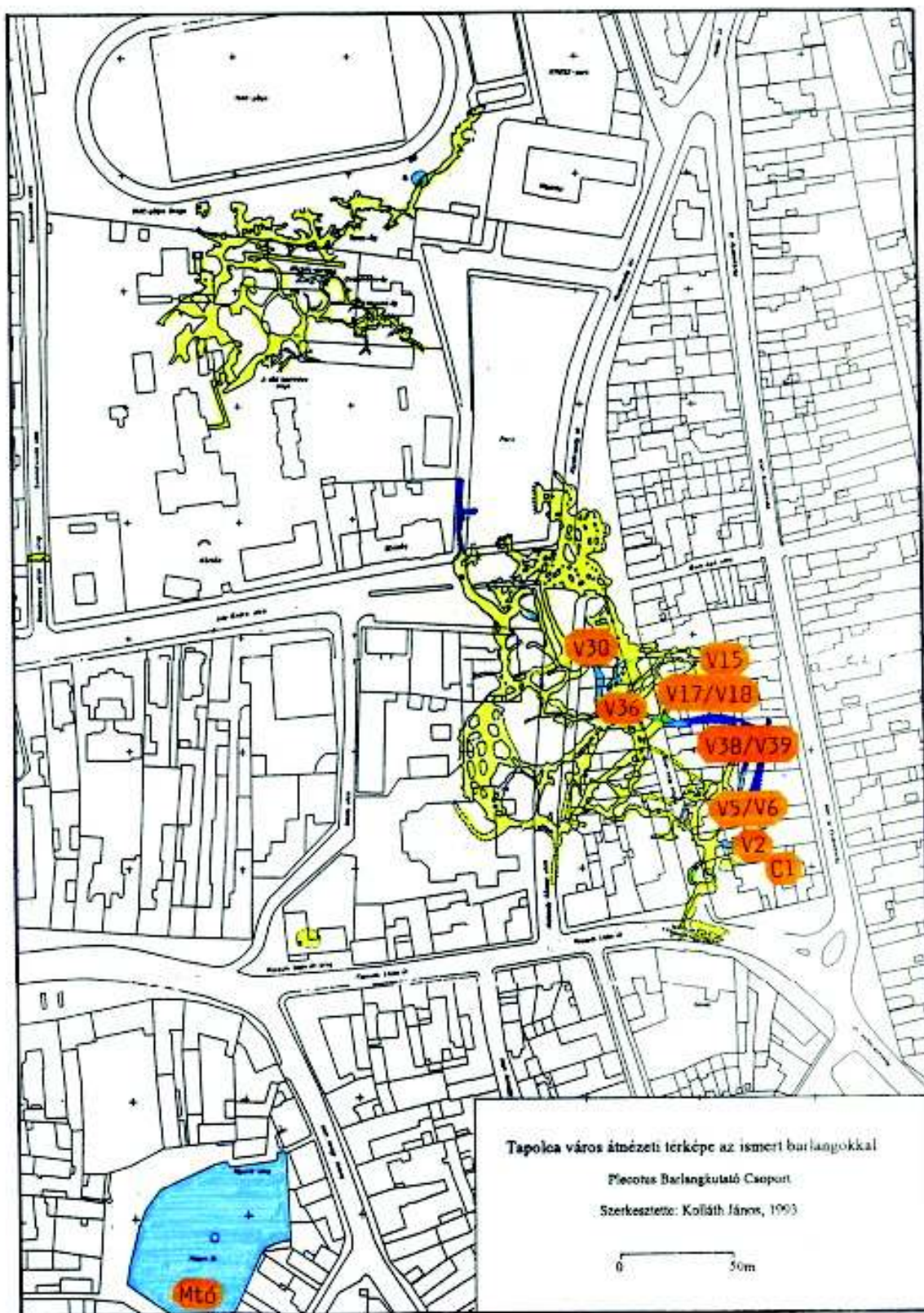
Jelölés:

- száraz járat
- szabad vízfelület
- víz alatti járat

V15 Mintavételi hely kódjele

13. ábra

A 20°C telepszám alapján erősen szennyezettnek talált helyek
(1000 telep/ml feletti 20°C telepszám)



Jelölés:

- szűrés járat
- szabad vízfelület
- víz alatti járat

V38/V39 Mintavételi hely kódjele

9. táblázat

Kóliform baktériumokkal szennyezett minták

	1991	1991	1991	1992	1992	1992	1992	1992	1992	1992	1992	1992	1992	1993	1993	1993						
	IV.28	V.5.	VII.22	I.25.	III.1	IV.5	V.24.	VII.5	VIII.2	IX.13	X.18	XI.22	I.10.	II.28	VI.6.							
C1	****			****	*	+				****	+											
V2	****	+					****	****	+	*	+	**	+	**	+	*	+	-				
V3	****						****															
V5/V6	****	+		*	+	****	****	+	*	+	*	+	*	+	*	+	-	-				
V7	****																					
V8	****			*	+			*	*	+	*	+										
V9/V10	****						****		*	*	+	*	+									
V15	****						****	****	*	+	*	+	*	+	-	*	-	-				
V17/V18		+		*	+	****	****	+	-	*	+	****	*	+	*	+	-	-	*	+		
V26		-		-	-	-	-	*	+	-	-	-	*	+	-	-	-	-	-	-		
V30								-	-	-	-	*	+	-	-	-	-	-	-	-		
V32			****																			
V35			****																			
V36								-	-	-	*	*	+	+	-	-	-	-	-	-		
V38/V39				*	+	****	****	+	*	*	+	*	+	*	+	*	+	*	-	-		
V40											****	+										
K2						-	-	+	-	-	-	-	*	+			-					
KC6			****																			
Mt6										*	+	**	+	*	+	*	+	**	+	*	+	-

Jelmagyarázat: - 2 telep/100 ml alatt

* 2-100 telep/100ml

** 100-500 telep/100 ml

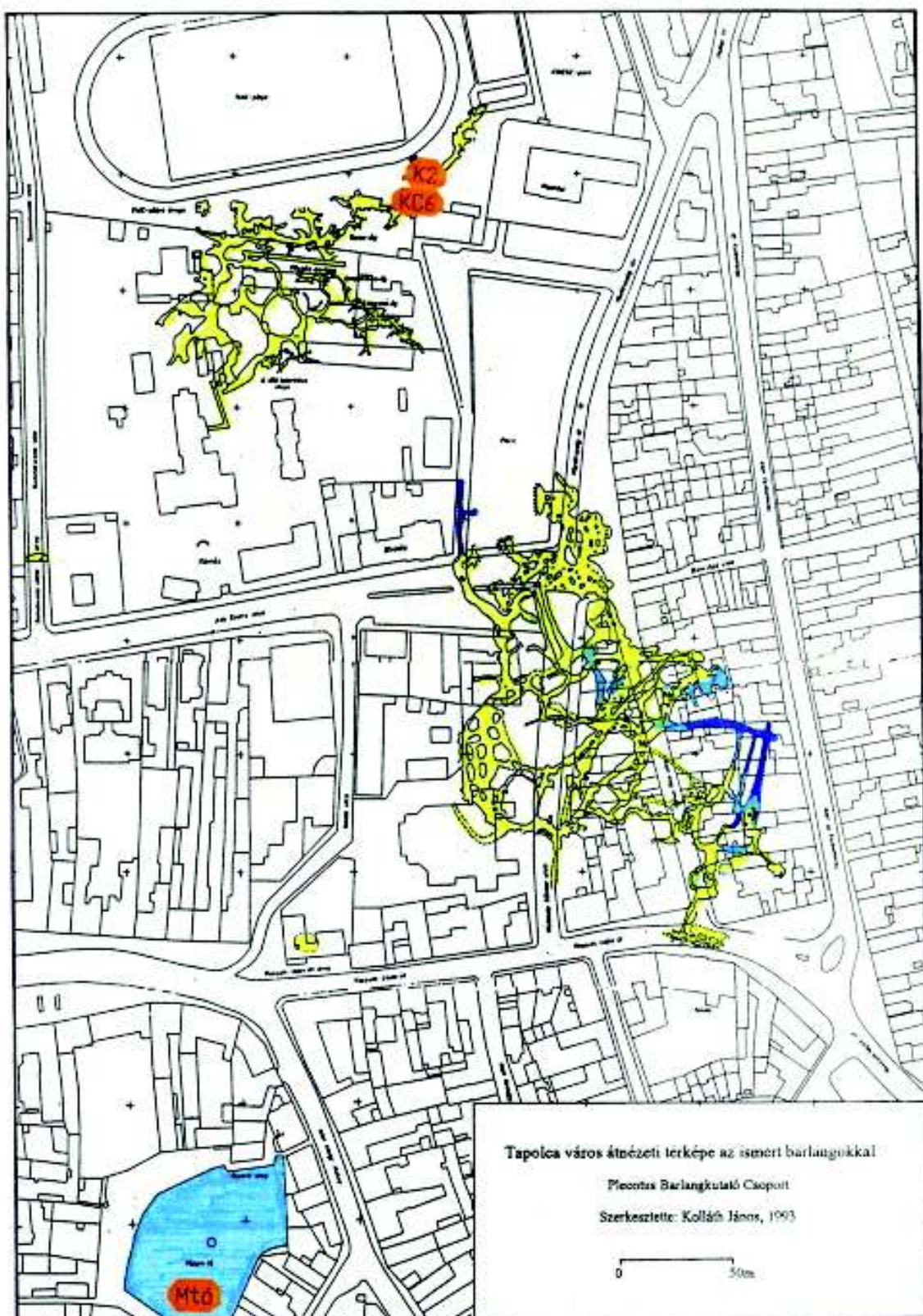
*** 500-1000 telep/100 ml

**** 1000 telep/100 ml felett

+ fekálikóliform szennyezettség

14/a ábra

Kóliiform baktériumokkal szennyezett helyek (Kórház-barlang és Malom-tó)



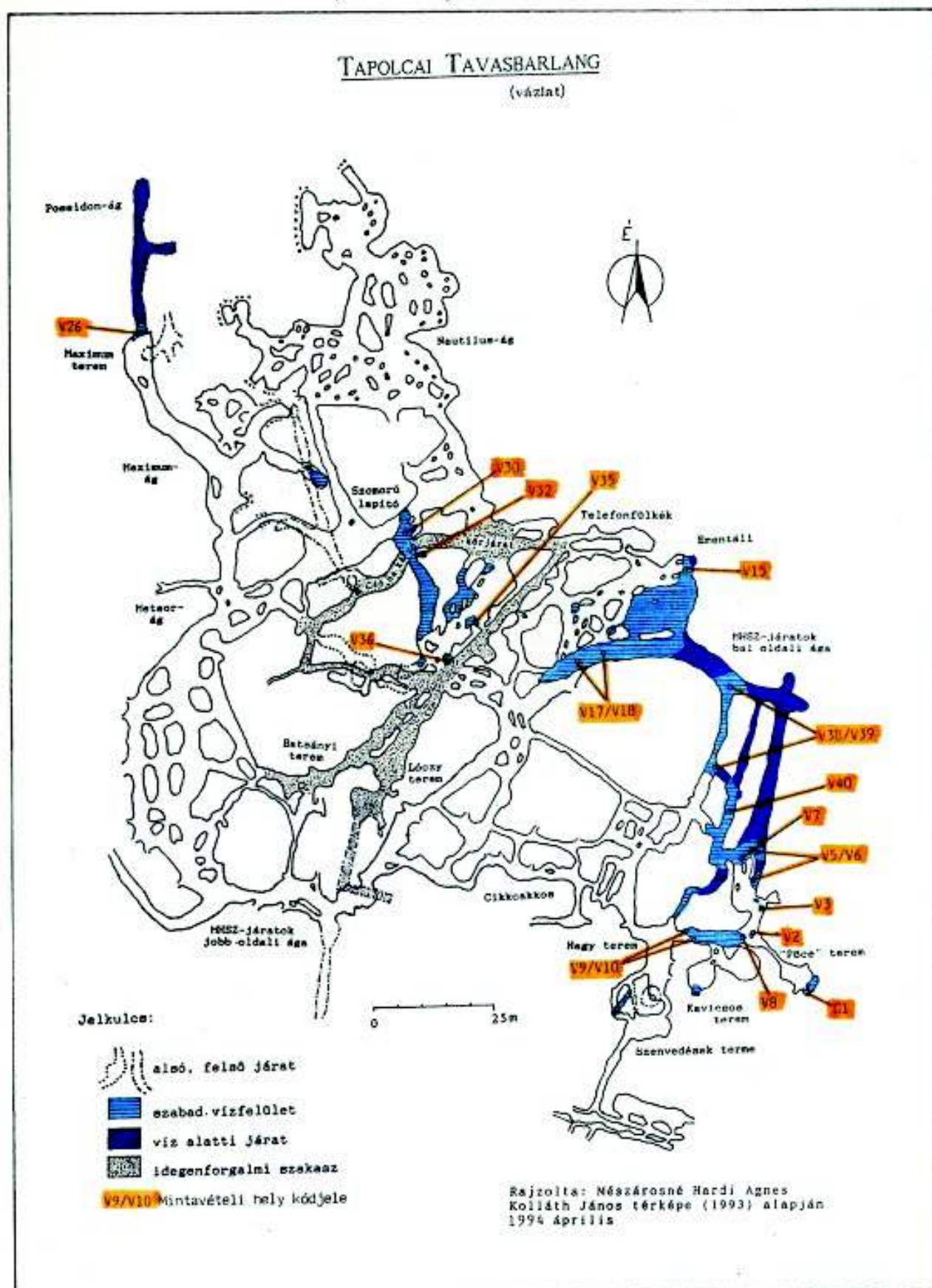
Jelölés:

- száraz járat
- szabad vízfelület
- víz alatti járat

KC6 Mintavételi hely kódjele

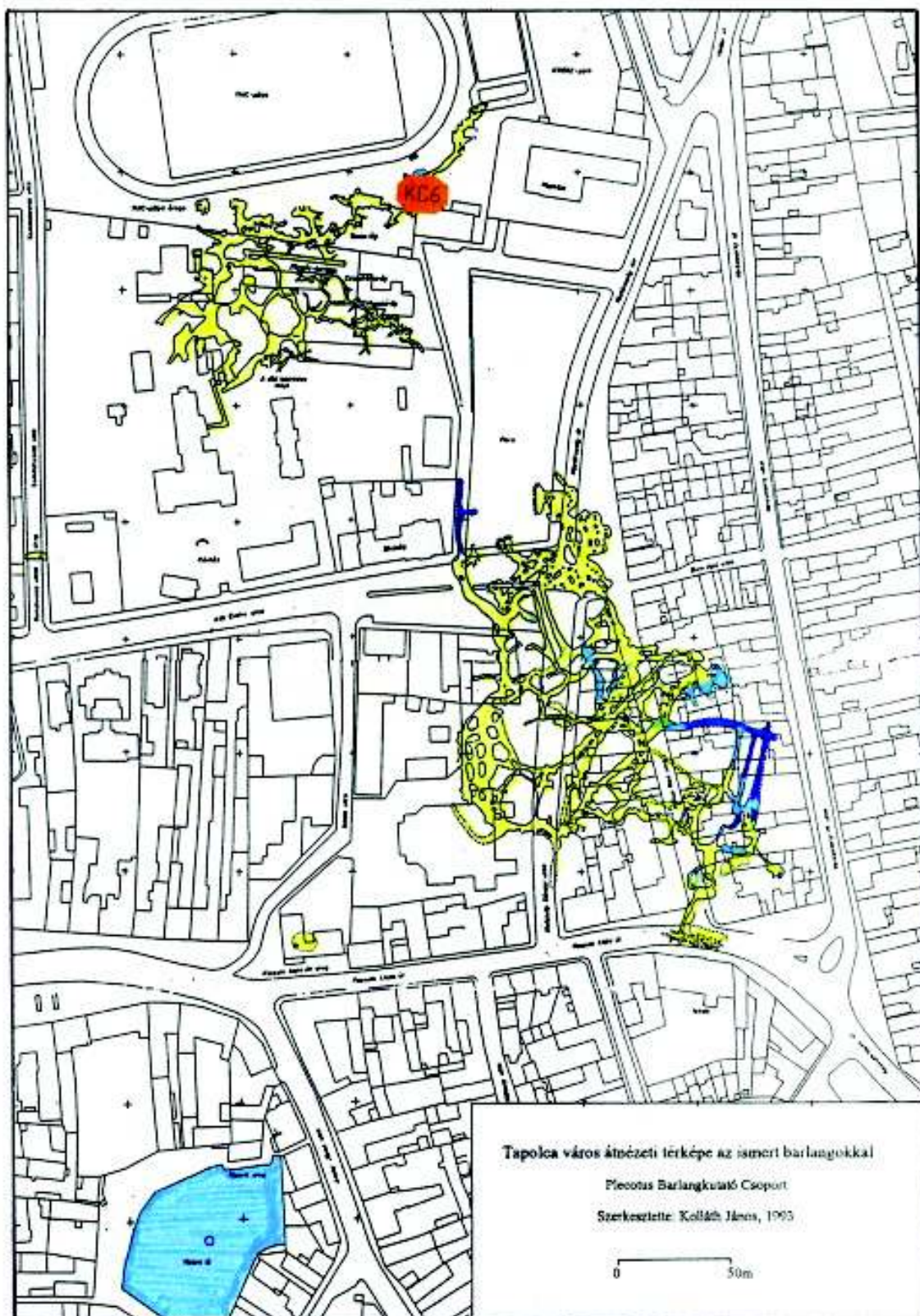
14/b ábra

Kóliform baktériumokkal szennyezett helyek



15/a ábra

A kóliform baktériumok alapján erősen szennyezettnek talált helyek
(1000 telep/100ml feletti kóliformszám) a Kórház-barlangban



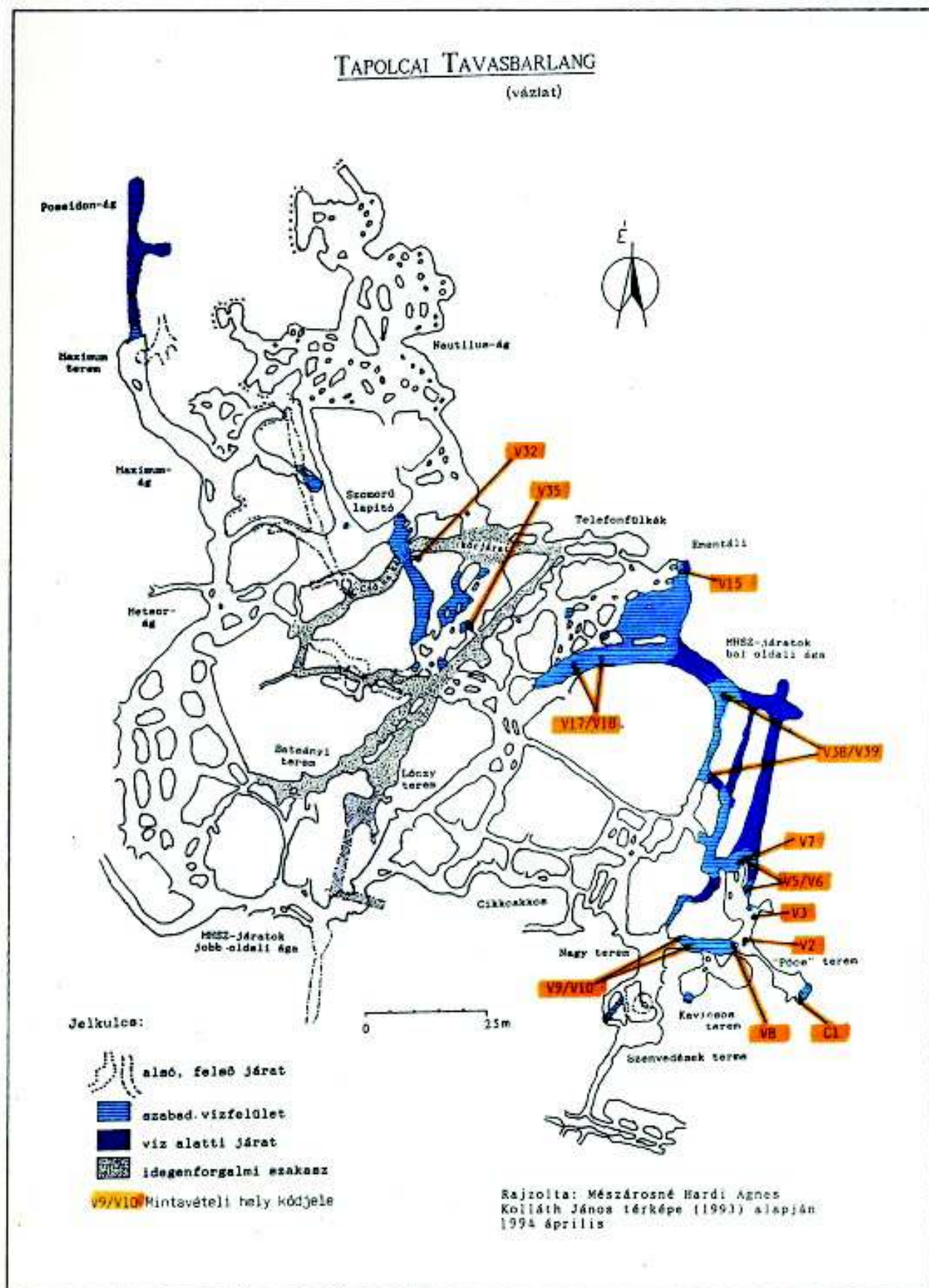
Jelölés:

- száraz járat
- szabad vízfelület
- víz alatti járat

KC6 Mintavételi hely kódjele

15/b ábra

Kóliform baktériumokkal erősen szennyezett helyek (1000 telep/m) felett)



3. hányszor és a minták hány százalékában volt kóliform és fekálkóliform baktérium kimutatható, hány százalékában volt 1000 fölötti a 100 ml-re eső kóliformszám és a kóliform baktériumokat tartalmazó minták hány százalékában volt fekálkóliform baktérium is kimutatható
4. a minták a mintavételek hány százalékában feleltek meg (M) a szabványnak, voltak túrható (T) és kifogásolt (K) minőségűek.

A szennyezettség területi megoszlására ez az értékelési mód is hasonló, de már az előző két értékelésnél árnyaltabb eredményt adott. (16. ábra)

A *kifogásolt* minták százalékos aránya alapján

legszenyettebb helyek

V2 (89%)	
V5/V6 (80%)	(MHSZ járatok bal oldali ága, Pöcéhez legközelebbi mintavételi helyek).

Őket követi a még erősen szennyezett

V38/V39 (78%)	(MHSZ járatok bal oldali ágában, Pöcéhez még mindig közel) és
Malom-tó (78%).	

Közepesen erősen szennyezettek

V17/V18 (57%)	(MHSZ járatok bal oldali ága, Ementálival szomszédos részen)
V36 (67%)	(Csónakázó kör, MHSZ járatok becsatlakozása)
V15 (62%)	(Ementáli).

Legtisztább helyek

V26 (25%)	(Maximum-terem, Tavasbarlang legészakibb mintavételi helye)
K2 (22%)	(V26-tól É-ra Kórház-barlangi Tó) és
V30 (20%)	(Csónakázó kör legészakibb részén)

10. táblázat

A szennyezettség mértékének százalékos aránya a vizsgált paraméterek szerinti megközelítésben az OKI-ban leghosszabb ideig vizsgált helyeken

Minta- vételi hely kódja	n	37°C		20°C		kf	kf >1000	Fkf	Fkf %	M	T	K
		+	×	+	×							
V2	9	44	33	22	22	(8) 89	22	(8) 89	100	0	11	89
V5/V6	10	50	20	30	20	(8) 80	20	(7) 70	87	0	20	80
V38/V39	9	33	11	33	11	(8) 89	11	(5) 56	62,5	11	0	89
V15	8	12,5	12,5	0	12,5	(5) 62,5	12,5	(4) 50	80	37,5	0	62,5
V17/V18	12	8	25	25	17	(8) 67	17	(8) 67	100	33	0	67
V36	9	33	33	33	33	(3) 33	0	(2) 22	67	11	22	67
V30	10	30	10	20	20	(3) 30	0	(1) 10	33	40	40	20
V26	12	25	0	8	8	(2) 17	0	(2) 17	100	58	17	25
K2	9	11	0	11	0	(2) 22	0	(2) 22	100	67	11	22
Mtő	9	56	33	44	33	(7) 78	0	(6) 67	87	0	22	78

Jelmagyarázat:

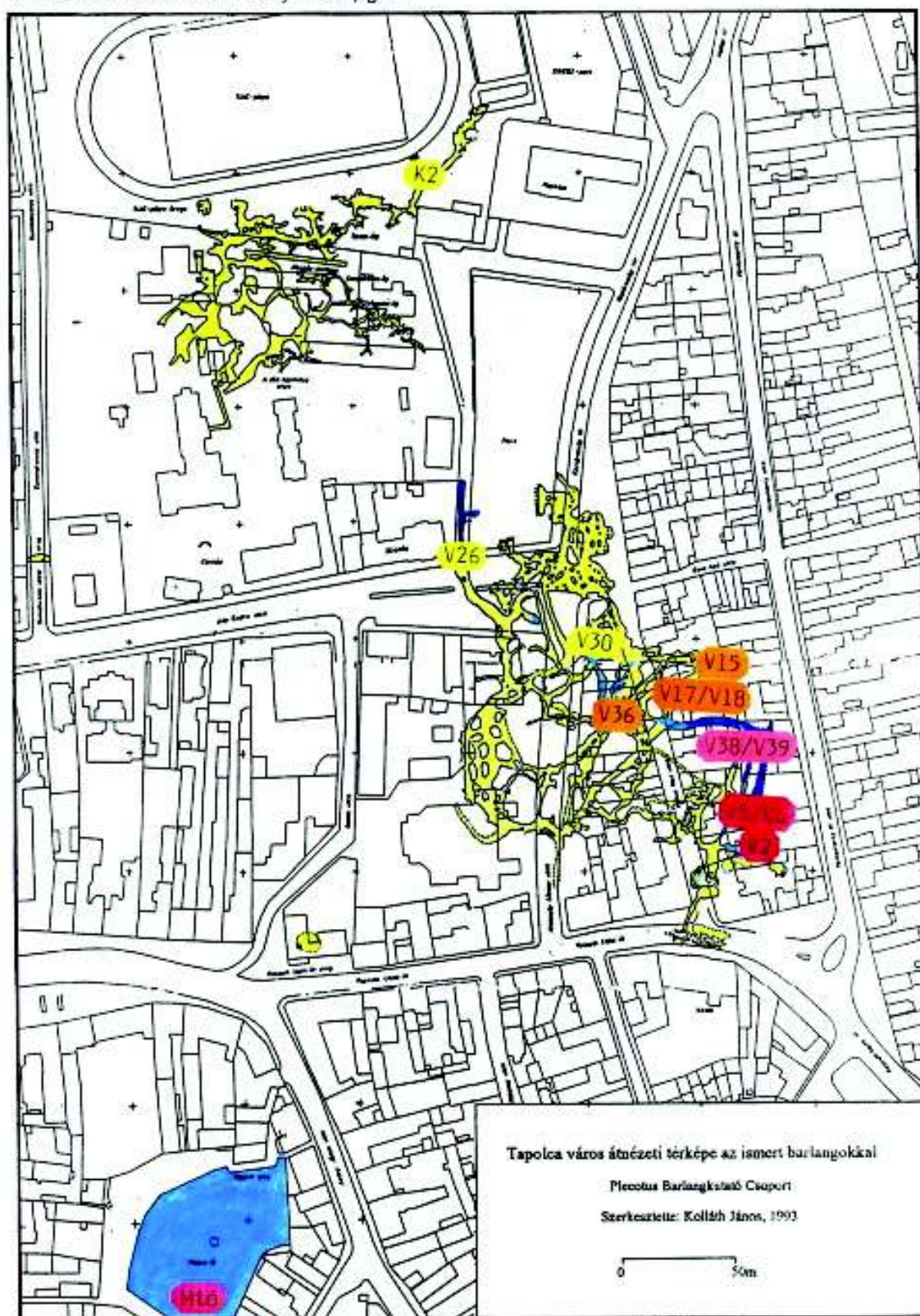
n: az adott helyen 1992 márciusától 1993 júniusáig végzett mintavételek száma
37°C+, 37°C×, 20°C+, 20°C×: kifogásolt (×) és tűrhető (+) minőségű minták aránya a 37°C és 20°C telepszám alapján az összes mintavétel százalékában

kf, kf >1000, Fkf: kóliform (kf) 1000-nél több kóliform és fekálkóliform (Fkf) baktériumokat tartalmazó minták (száma) és aránya az összes mintavétel százalékában
Fkf%: fekálkóliform baktériumokkal fertőzött minták aránya a kóliform baktériumokat tartalmazó minták százalékában

M, T, K: Megfelelt (M), Tűrhető (T), és Kifogásolt (K), minőségű vízminták aránya az összes mintavétel százalékában.

16. ábra

Különböző mértékben szennyezett helyek a kifogásolt minőségű minták százalékos aránya alapján



Jelkulcs:

- száraz járat
- szabad vízfelület
- víz alatti járat

Jelmagyarázat:

- legerősebben szennyezett
- erősen szennyezett
- közepesen erősen szennyezett
- legkevésbé szennyezett

*A kifogásolt és tűrhető minőségű helyek alapján
legszenyezettebb*

V2 (100%),
V5/V6 (100%),
Mtó (100%),

erősen szennyezett

V36 (89%),
V38/V39 (89%),

közepesen erősen szennyezett

V17/V18 (67%),
V15 (62,5%),
V30 (60%),

legkevésbé szennyezett

V26 (42%),
K2 (33%).

Szenyező forrásokat barlangi befolyó és csepegő vizekből három helyen (KC6, C1 és V24) tudtam beazonosítani.

A szennyezettség térbeli megoszlásának legelső, különböző időpontokban végzett mintavételek eredményeit felölelő ábrázolása alapján további szenyező forrásokat feltételeztem V39-V15-V17 háromszögben, valamint V36 és V30 közelében. A tavasbarlangi Csónakázó kör környékén ezen kívül az idegenforgalom vizeket szenyező hatásával is számolni kell.

A fekálkóliform baktériumokkal fertőzött minták aránya -a kóliform baktériumokkal szennyezett minták százalékában- újabb megközelítést adja a szenyező források felkutatásának.

Feltételezem, hogy némi összefüggés lehet a 3 hónapnál frisebb szennyezettség jelenléte és a szenyező forrás közelsége között. Ismertem azt, hogy az adott helyről vett kóliform baktériumokkal szennyezett mintáknak hány százaléka volt fekálkóliformokkal is fertőzött. Ez alapján az MHSZ járatok bal oldali ágában V2-től V5/V6-on keresztül V38/V39-ig

jól látszik a szennyeződés hígulása. A 3 hónapnál korábbi szennyeződés (feltehetően C1 forrásból) többször jutott el V2-ig (100%), mint V5/V6-ig (87%) és még kevesebbszer V38/V39-ig (62,5%). V15-nél megint gyakrabban (80%), majd V17/V18-nál a szennyezettség újra a minták 100%-ban volt 3 hónapon belüli. Ez az eredmény is alátámasztja a korábbi feltételezést, hogy a közelben -egy még fel nem tárt helyen- újabb szennyező forrás lehet. Ugyanúgy a K2 (100%) és V26 (100%) fekáliás fertőzőtsége is közeli helyről származhatott.

Ennek az összefüggésnek a felderítésére érdemes volna a jövőben áramlástan vizsgálatokat és *Streptococcus faecalis* meghatározást is végezni. Enélkül viszont nem állítható biztosan újabb szennyező források megléte.

5.2. A szennyezettség mértékének időbeli változása

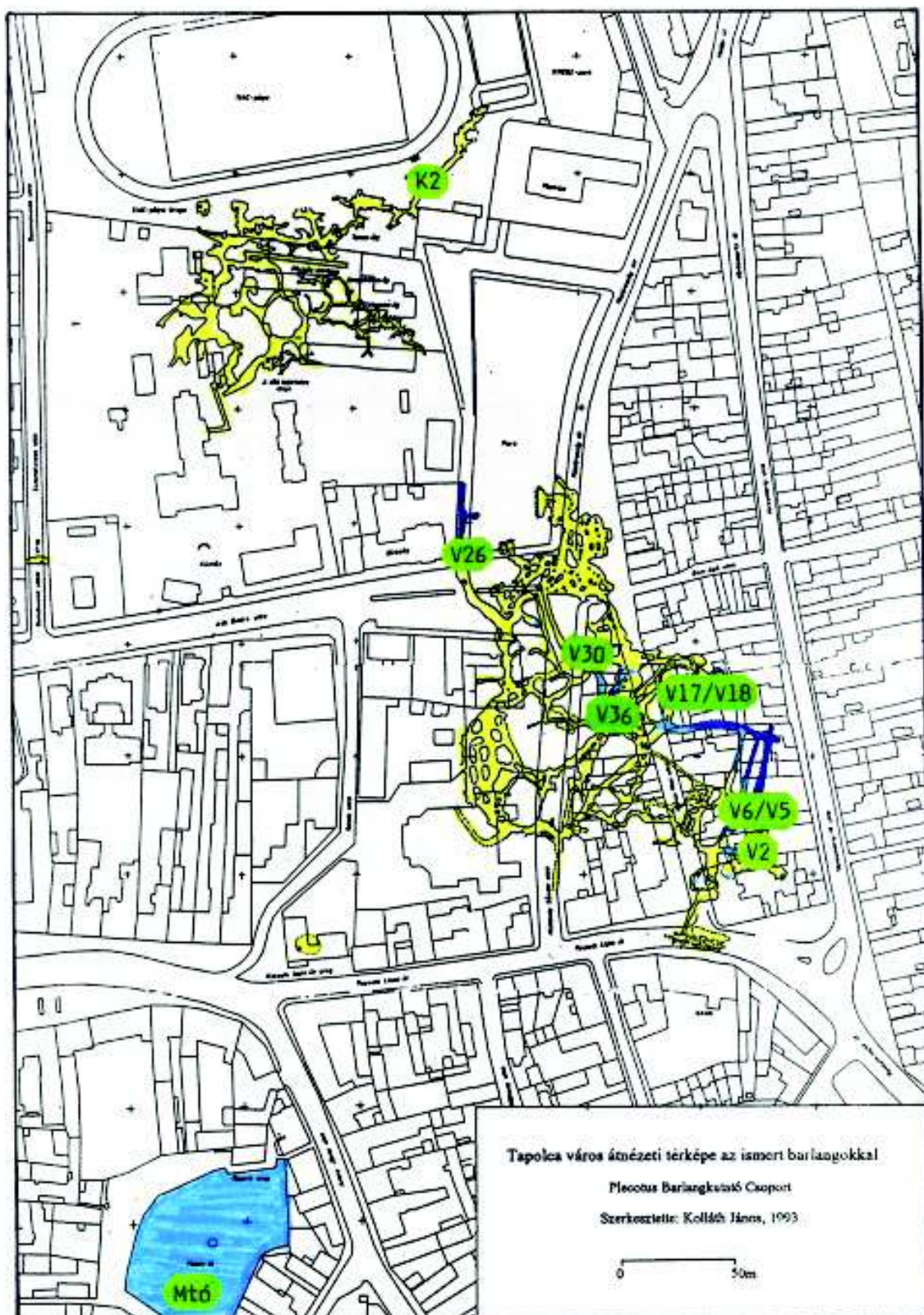
1991-92-ben a szennyezettség mértékének időbeli változásánál enyhe évszakos tendenciát figyeltünk meg, mely nagyjából a vízszint évszakos ingadozását követte. Megfigyeltük ugyanis, hogy a vízszint az esőzéseket és hóolvasásokat követő hirtelen megemelkedésével együtt a minták is hirtelen nagy mértékben szennyezettebbé váltak. A vízszint csökkenésekor viszont a minták többsége is alacsonyabb csíraszámú lett. E szerint 1991-92-ben elkülöníthettem egy télvégi-tavaszi csíraszám maximumot és egy nyári-őszti csíraszám minimumot. (17-25. ábra)

Általában alacsony vízszintkor pangóvizek alakulnak ki, melyek a vízszint emelkedésével bekerülnek az áramlásba, hirtelen megnövelve az áramló karsztvíztömeg csíratartalmát. Véleményem szerint ez igaz lehet, de a helyi áramlási, közet-, és üregesedési viszonyokat feltételezve szerepe nem nagy jelentőségű. Úgy látom, nagyobb a valószínűsége, hogy kis vízhozam esetén a felszínről érkező szennyezett vizek nem, vagy csak kis mennyiségben jutnak le az összefüggő, áramló karsztvízbe, miközben szennyeződésüket a vízvezető járatokban lerakják. Nagy esőzésekkor ezt a leülepedett anyagot a víz magával ragadja és a karsztvízbe mosva hirtelen megnöveli annak csíraszámát nem sokkal a vízszint emelkedését követően.

A 18-25. ábrán az évszakos összefüggés volt jellemző V2, V5/V6, V17/V18, V36 helyeken. V30-nál a változás tendenciája ettől eltért, míg

17. ábra

Leghosszabb ideig figyelt helyek a szennyezettség mértékének időbeli változása szempontjából



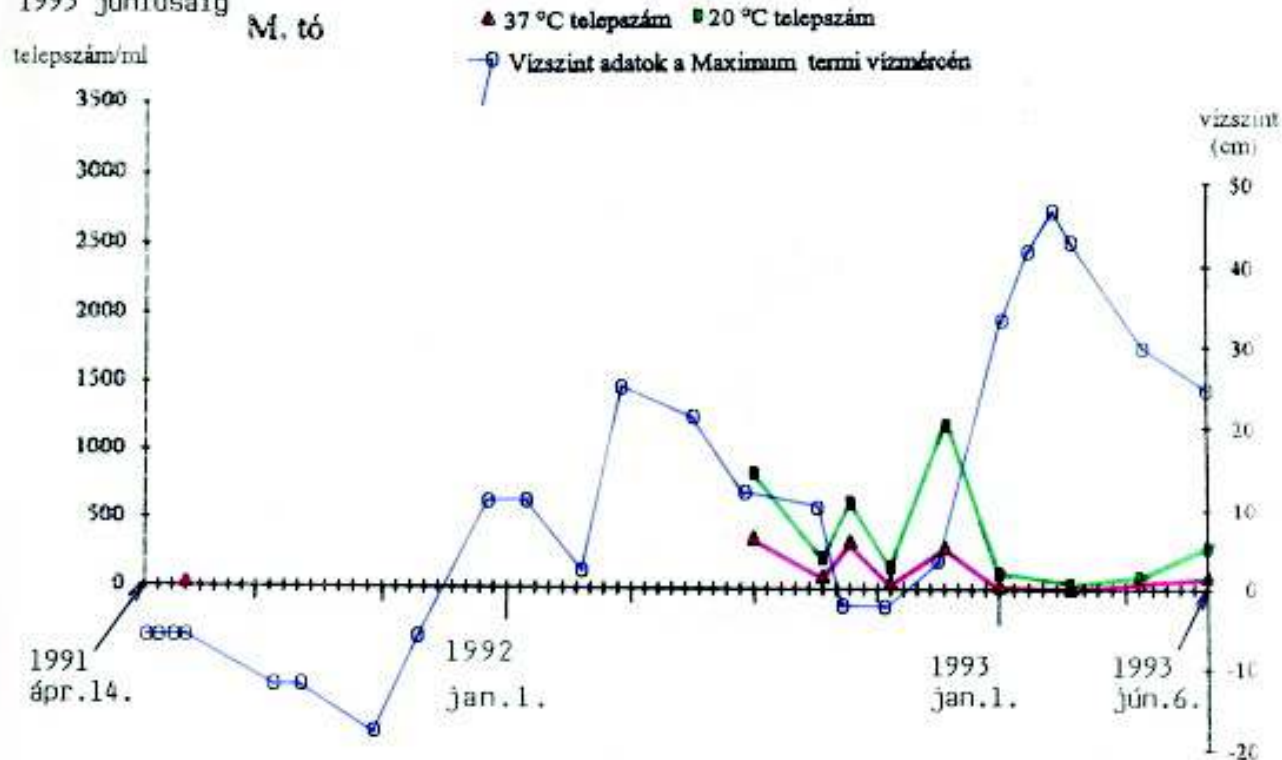
Jelkulcs:

- száraz járat
- szabad vízfelület
- víz alatti járat

V2 Mintavételi hely kódjele

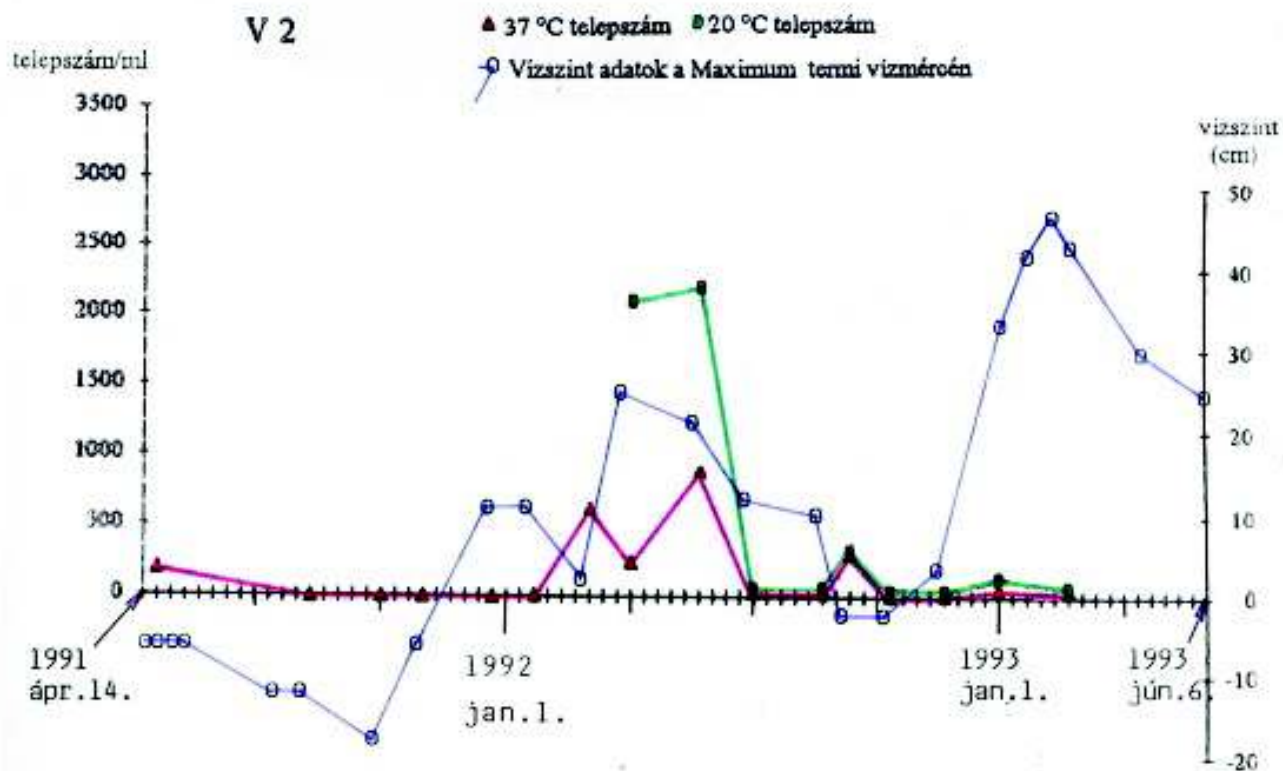
18. ábra

A vízszint és a szennyezettség mértékének változása 1991 áprilisától 1993 júniusáig



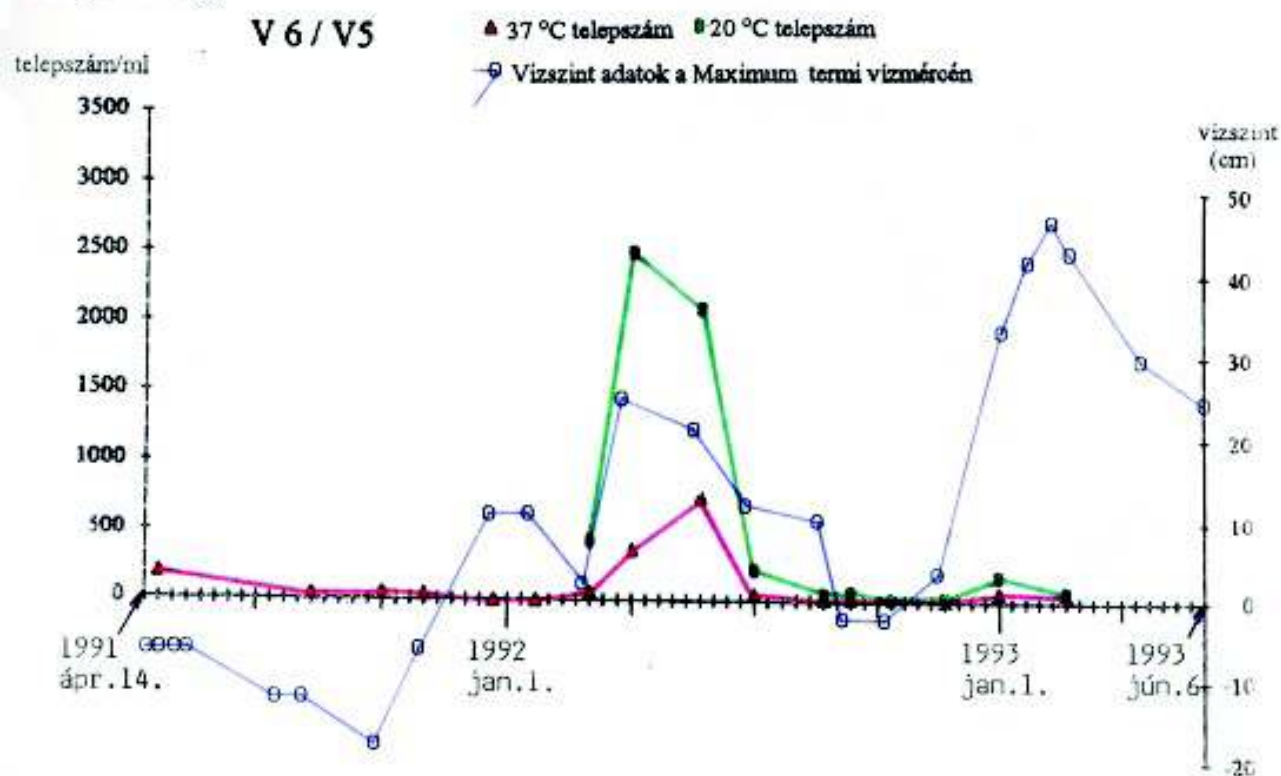
19. ábra

A vízszint és a szennyezettség mértékének változása 1991 áprilisától 1993 júniusáig



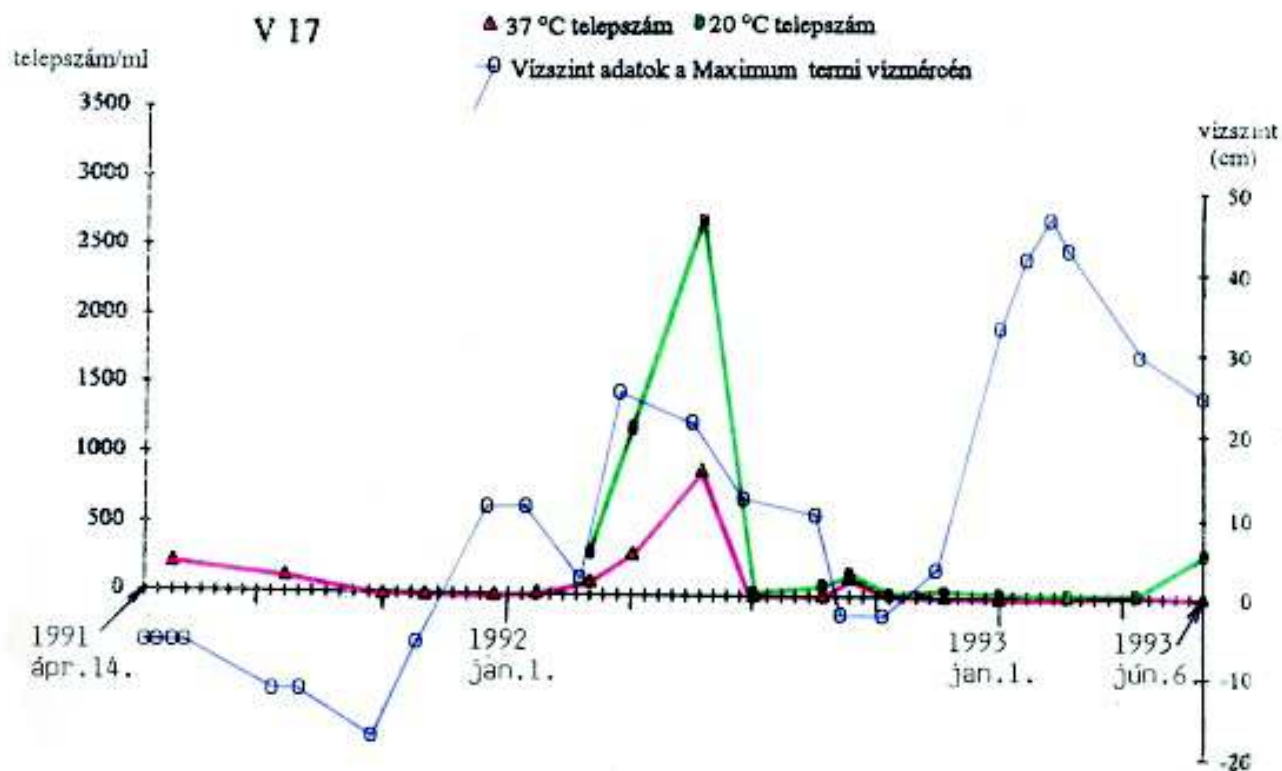
20. ábra

A vízszint és a szennyezettség mértékének változása 1991 áprilisától 1993 júniusáig



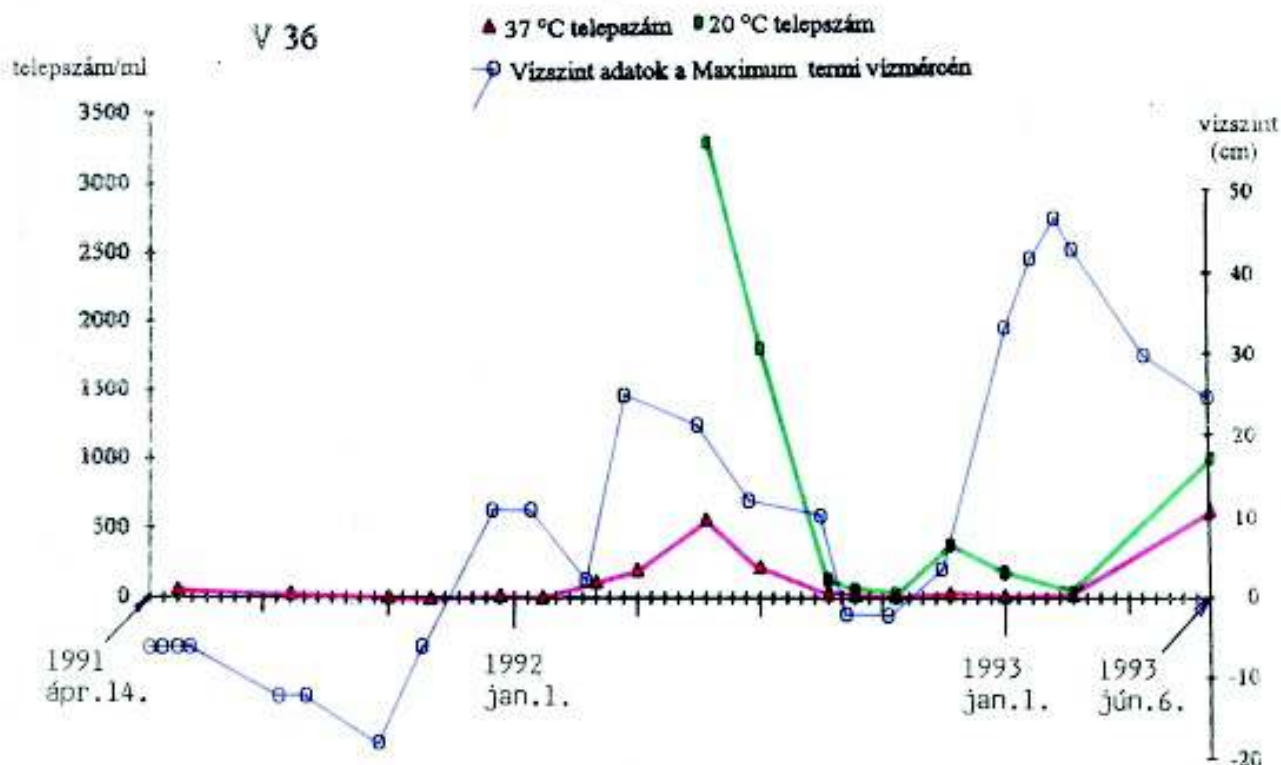
21. ábra

A vízszint és a szennyezettség mértékének változása 1991 áprilisától 1993 júniusáig



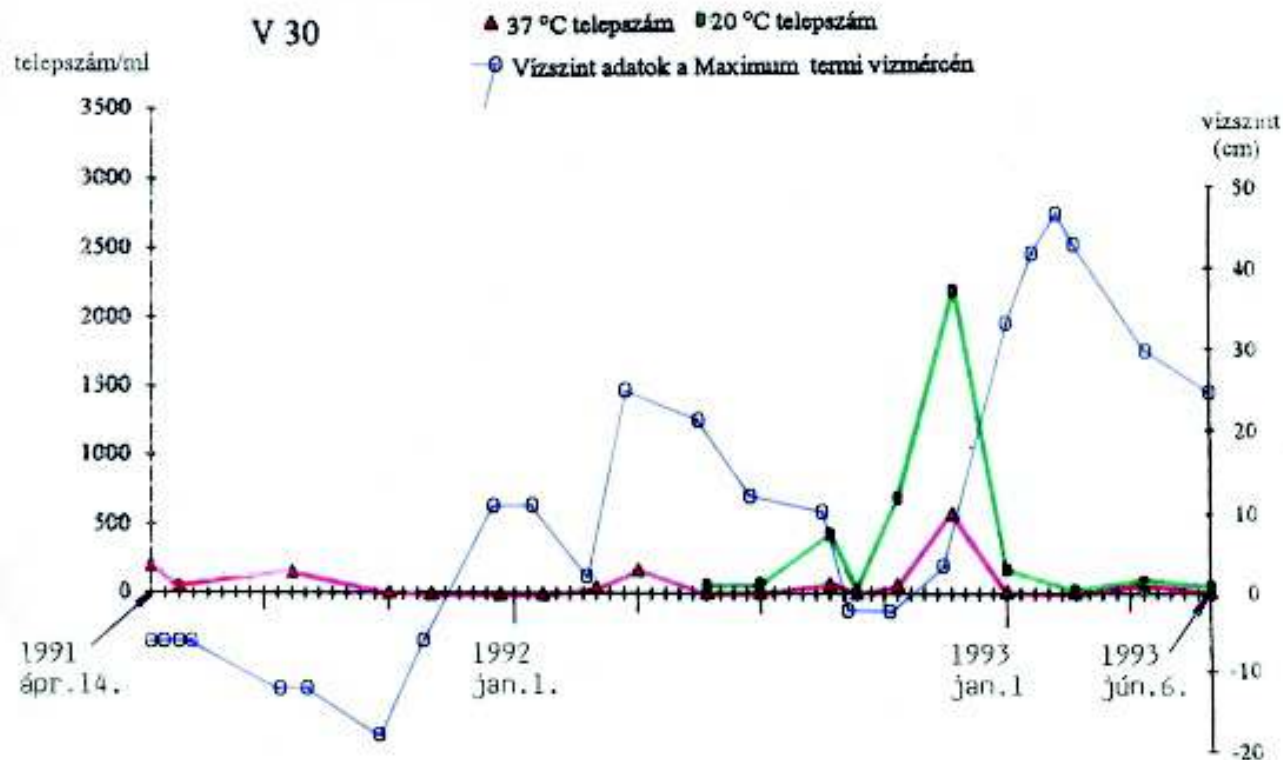
22. ábra

A vízszint és a szennyezettség mértékének változása 1991 áprilisától 1993 júniusáig



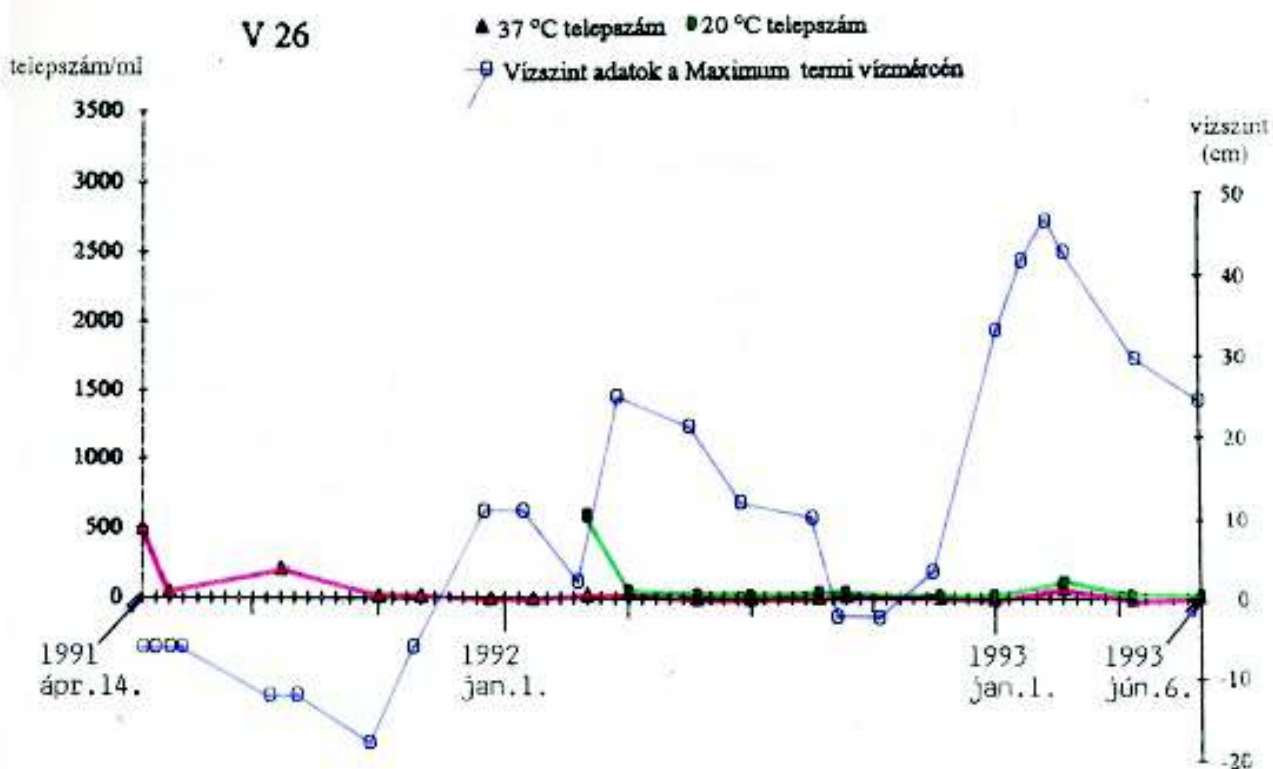
23. ábra

A vízszint és a szennyezettség mértékének változása 1991 áprilisától 1993 júniusáig



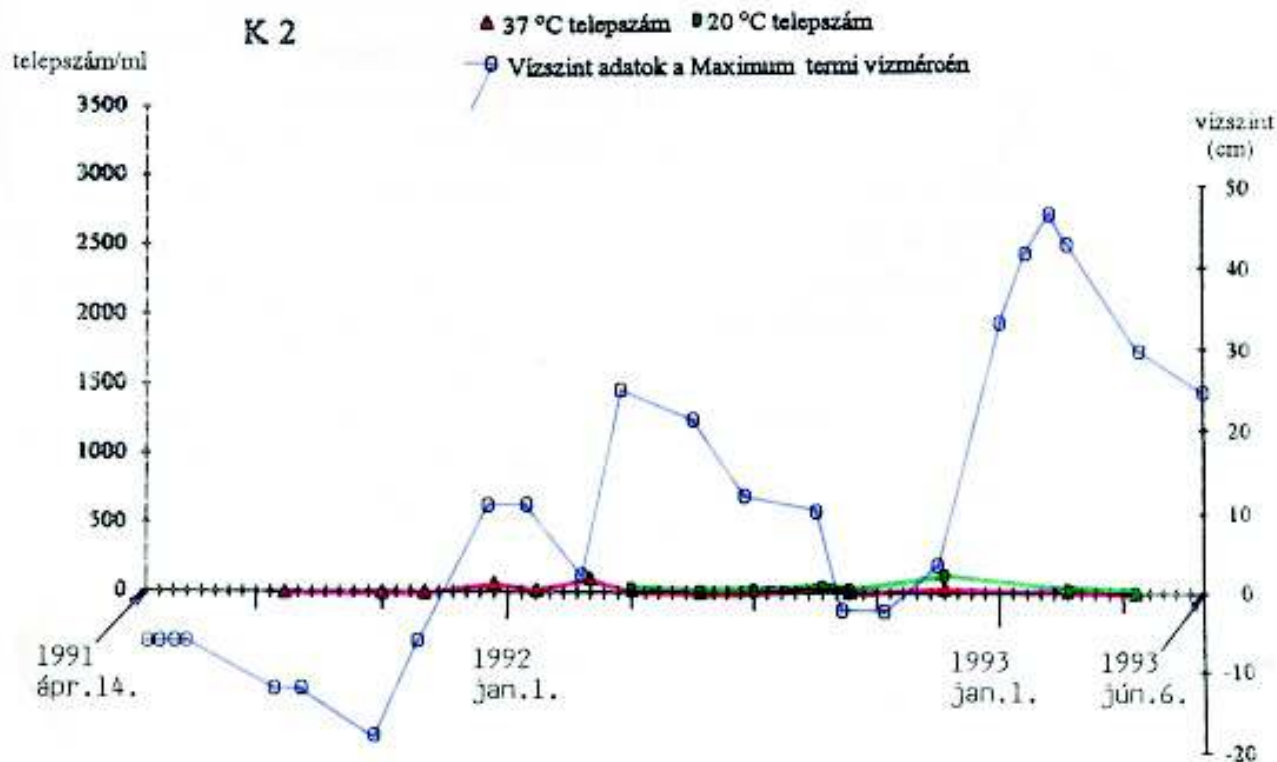
24. ábra

A vízszint és a szennyezettség mértékének változása 1991 áprilisától 1993 júniusáig



25. ábra

A vízszint és a szennyezettség mértékének változása 1991 áprilisától 1993 júniusáig



V26 és K2-nél olyan alacsonyak voltak a csíraszámok, hogy időbeli változást nem érzékeltem.

A Malom-tónál a vizsgált időszak 1992-ben fél év volt, amiből a szennyezettség mértékének időbeli változására tendenciát még nem állapíthatok meg.

1993 januárjától jelentős változás következett be a vizsgált vizek állapotában. A csíraszámok minden mintavételi ponton -azaz a barlangban és a Malom-tóban is- hirtelen lecsökkentek.

A Malom-tónál bekövetkezett változás oka a tófenék szigetelésének az 1992-93. év telén végzett felújítása lehetett. A felső-tóba az alsó-tó vizének visszaforgatása révén szennyezett víz is bekerült. Ezt a tófenéki források vizétől az 1986-ban befejezett, mesterségesen kialakított vízzáró réteg zárta el, míg a források vizét csövek gyűjtötték össze és vezették az alsó-tóba. Időközben a tófenék szigetelése több helyen meggyengült és átszakadt, ezáltal a források vize keveredett a tó szennyezett vizével. A tófenék újraszigetelését követően ez a kapcsolat a források és a tó vize között megszűnt és ez magyarázhatja a malom-tói vízminták hirtelen feltisztulását.

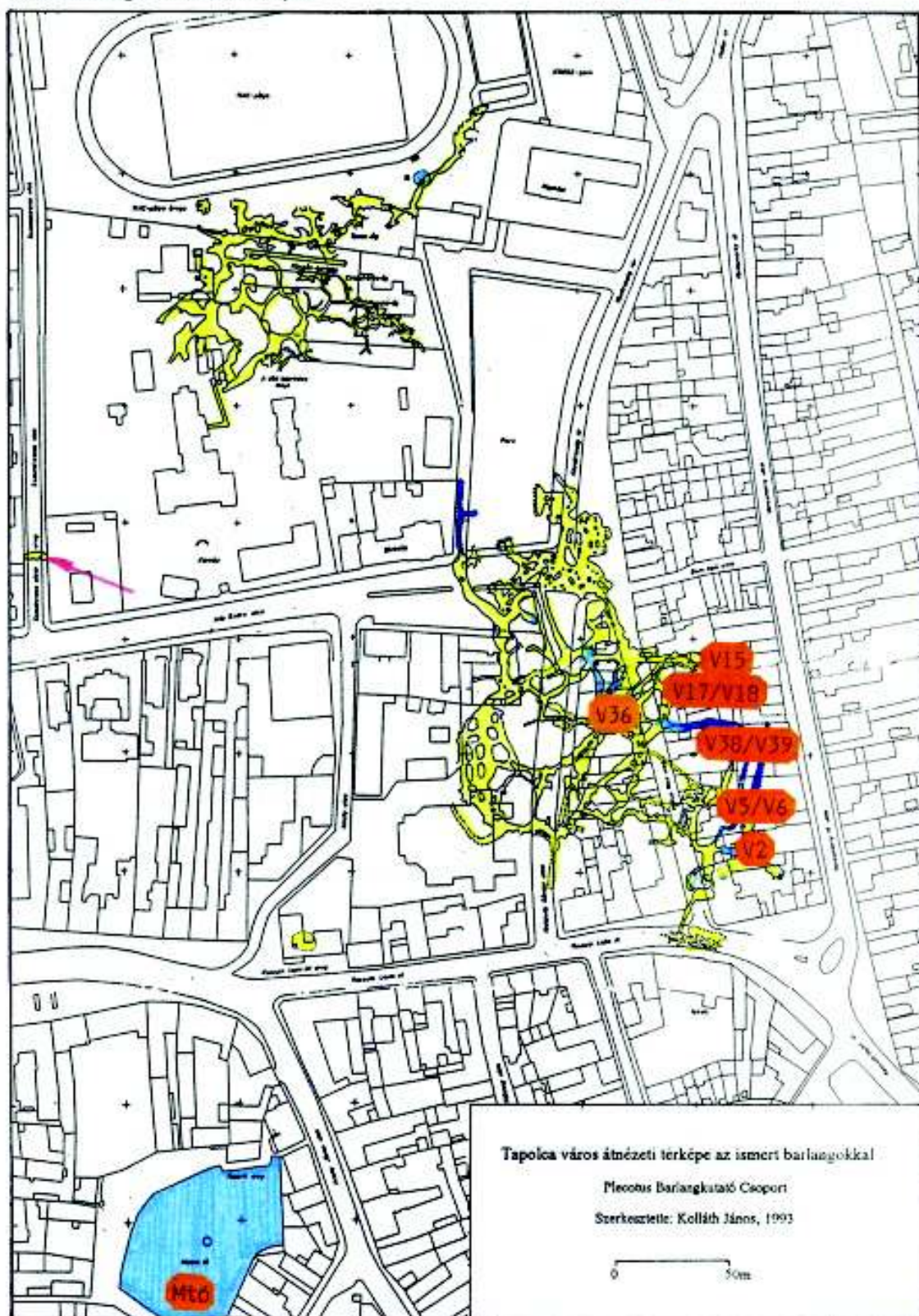
Egy másik fontos, vízminőséget érintő esemény is lejátszódott abban az időben. Szennyvízcső felújítási munkálatok közben 1992 novemberében találtak meg egy csőtörést. A városi kórház szennyvizét összegyűjtő csővezeték hibáját addig azért nem észlelték, mert a szennyvíz egy időközben megnyílt barlangüregbe (Simmelweis utcai üreg) távozott. A hiba kijavítását követően a vizek viszonylag rövid idő (másfél hónap) alatt váltak tisztábbá a jobb minőségű vízutánpótlás beáramlása révén.

A kijavított csőtörés helyét és a mintavételi pontok közül a hirtelen vízminőség javulás helyeit szemléltetem a 26. ábrán. Látható, hogy a vízminőség javulás helyei a Tavasbarlang déli, szennyezettebb területére esnek, míg a kijavított csőtörés ettől a területtől északabbra, pontosabban ÉNY-NY-i irányában fekszik.

A vízminőség évszakos ingadozása az alacsony csíraszámok miatt 1993-ban nem volt érzékelhető.

26. ábra

A kijavított csőtörés helye (Simmelweis utcai üreg) és a hirtelen vízminőségváltozás helyei



Jelkulcs:

- száraz járat
- szabad vízfelület
- víz alatti járat

V15 Mintavételi hely kódjele

5.3. A vizek eredetére vonatkozó vizsgálatok

A kémiai vizsgálatok eredményeiből -az 1 éves időszakot felölelő adatsor miatt- lényeges időbeli változást nem tapasztaltam. Jelentős eltérés volt viszont a különböző helyről vett minták kémiai jellemzői között. Ez és néhány korábbi hőmérsékleti adat segítségével megpróbáltam a vizeket kategorizálni.

K2 és V26 közös eredetére már korábban gondoltam az egyformán 21 °C körüli hőmérsékletük miatt. Ugyanígy V30 víznek eltérő eredetét is sejtettem a víz alacsonyabb (16,5 °C) hőmérséklete alapján.

A vízkémiai vizsgálatok alátámasztották a korábbi feltevést: V26, K2, de V17, V6, V8 és V39 vizei alig különböztek kémiai minőségükben, míg V30 legtöbb paraméterében jelentős eltérést mutatott. A Malom-tóból vett minták kémiai minősége a melegebb barlangi vizekéhez volt hasonló, bár kissé eltért azoktól. Megint jelentős mértékben különbözött az eddigi vizektől C1 kémiai minősége, ami várható is volt bizonyítottan eltérő eredete folytán.

A kémiai vizsgálatok alapján 4 féle eredetű vizet különítettem el idáig:

1. áramló meleg (kb.21 °C) karsztvíz
2. V30 hidegebb (16,5 °C) vize
3. C1 befolyó vize
4. Malom-tó forrás+szivattyúzott+visszaforgatott vize

5.4. A vizsgálatok alkalmazhatósága a gyakorlatban.

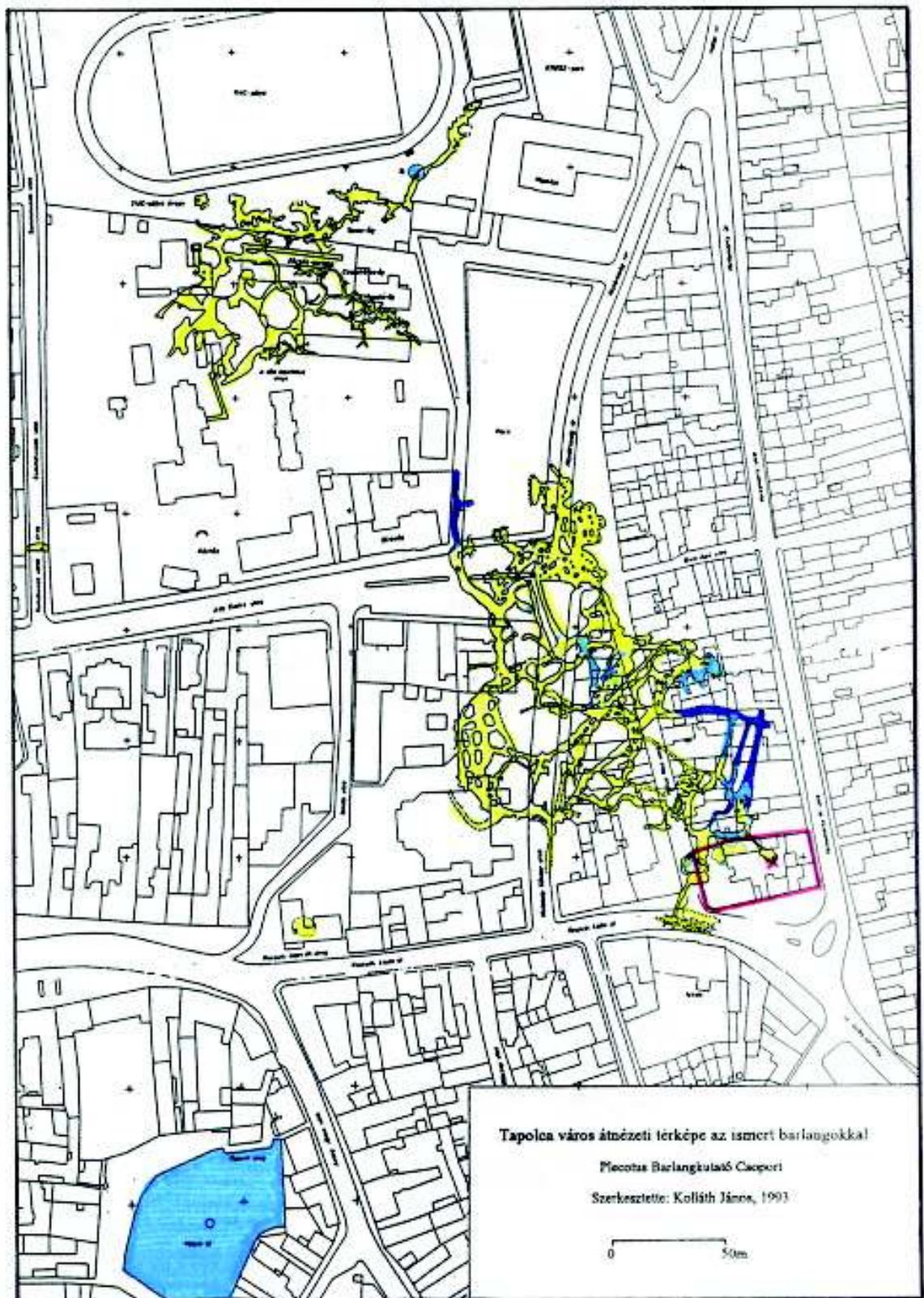
A vizsgálatok használhatóságát most már meglévő példán keresztül mutathatom be. (27. ábra)

1994 február 18-án a "Pöce" teremről készült fényképekkel és vízminta vizsgálati eredményeimmal barlangkutató csoportunk vezetője felhívta a Polgármesteri Hivatal figyelmét a szennyeződés tényére.

A Polgármesteri Hivatalból 1994 március 24-én helyszíni szemlét tartottak barlangtérképek alapján a szennyezett barlangrész fölött és

27. ábra

A felszínen beazonosított szennyező forrás helye



Legenda:

száraz járat

szabad vízfelület

víz alatti járat

kőbe "csatornázott" telek

X CI kút

megtalálták a szennyezés forrását. Az udvaron álló kút betonfedlappal le volt zárva és a szennyvíznyílás vasrácsán több becsatlakozó szennyvízcső látszott. A kútba négy önkormányzati tulajdonban lévő bérlakás szennyvizét kötötték be.

A telek csatornázásának lehetőségéről már a helyszíni szemlén folytak előzetes konzultációk. A terület szennyvizeinek a kommunális csatornahálózatba kötése jelenleg folyik.

5.5. A vizsgálatok folytatásának lehetősége

A tapolcai barlangok és vizeik megóvása érdekében két dolgot tartok szükségesnek:

1. Folytatni a vízminőség változásainak nyomon követését, és a barlangba érkező (befolyó és csepegő) vizek vizsgálata alapján behatárolni a további szennyező forrásokat.
Megjegyzem, hogy az eddigi vizsgálatok alapján azoknak a paramétereknek a mérését tartom indokoltnak, melyek a határértéket meghaladták. Eszerint a kémiai jellemzők közül nitrát, nitrit, ammónium tartalmat és kémiai oxigénigényt mérnék. A bakteriológiai vizsgálatot a 37 °C, 20 °C telepszám, kóliformszám/100 ml és fekálkóliform/100ml mérésén kívül kiegészíteném a három hétnél frissebb szennyezettséget jelző *Streptococcus faecalis* baktériumok kimutatásával.
2. Kizárni a szennyeződés lehetőségét egyrészt a városi csatornahálózat teljes kiépítésével, másrészt a kiépített hálózat állagának megóvásával, a hálózat folyamatos karbantartásával.

A szennyező források felderítésében fontos tájékoztatást adhat egy, a vizek eredetére vonatkozó vizsgálat is. Ez a hőmérséklet, vízszint és kémiai vízminőség több helyről történő együttes mérésével lenne gyakorlatias.

A vizsgálatok befejezését követő vízszint emelkedés a vizsgált területek nagy részét már elzárta a további vizsgálat elől. Így valószínűleg hosszú időre -ha nem örökre-, bezárult a barlangi vizek ennyire nagy területen történő vizsgálatának lehetősége.

6. Összefoglalás

Dolgozatomban a balatonfelvidéki Tapolca város alatti barlangok és a barlangi vizekből fakadó forrás vizének szennyezettségi viszonyait vizsgáltam rendszeres időközönként 1991 áprilisától 1993 júniusáig a célból, hogy a szennyező forrásokat és a szennyeződés viszonyait felkutassam.

A Tavasbarlangból 43, a Kórház-barlangból 7, a Malom-tóból 1 helyről vettem mintát, melyek bakteriológiai és részben kémiai feldolgozásra kerültek.

A két év bakteriológiai vizsgálatának eredményeiből első lépésben feltérképeztem a szennyezett barlangi vizek térbeli megoszlását (28. ábra). A Malom-tóban és a Tavasbarlang déli részén erős szennyezettséget tapasztaltam, míg a Tavasbarlang északi része és a Kórház-barlang vizei tisztábbak voltak. Bizonyítottan szennyező forrásokat a Tavasbarlangban két befolyó víznél (C1, V24) és egy kórház-barlangi csepegő víznél (KC6) találtam.

A barlangi vizek szennyezettségének mértéke az idő függvényében is erős ingadozást mutatott, aminél enyhe évszakos, megközelítően a barlangi vízszintváltozásokhoz igazodó tendenciát tapasztaltam.

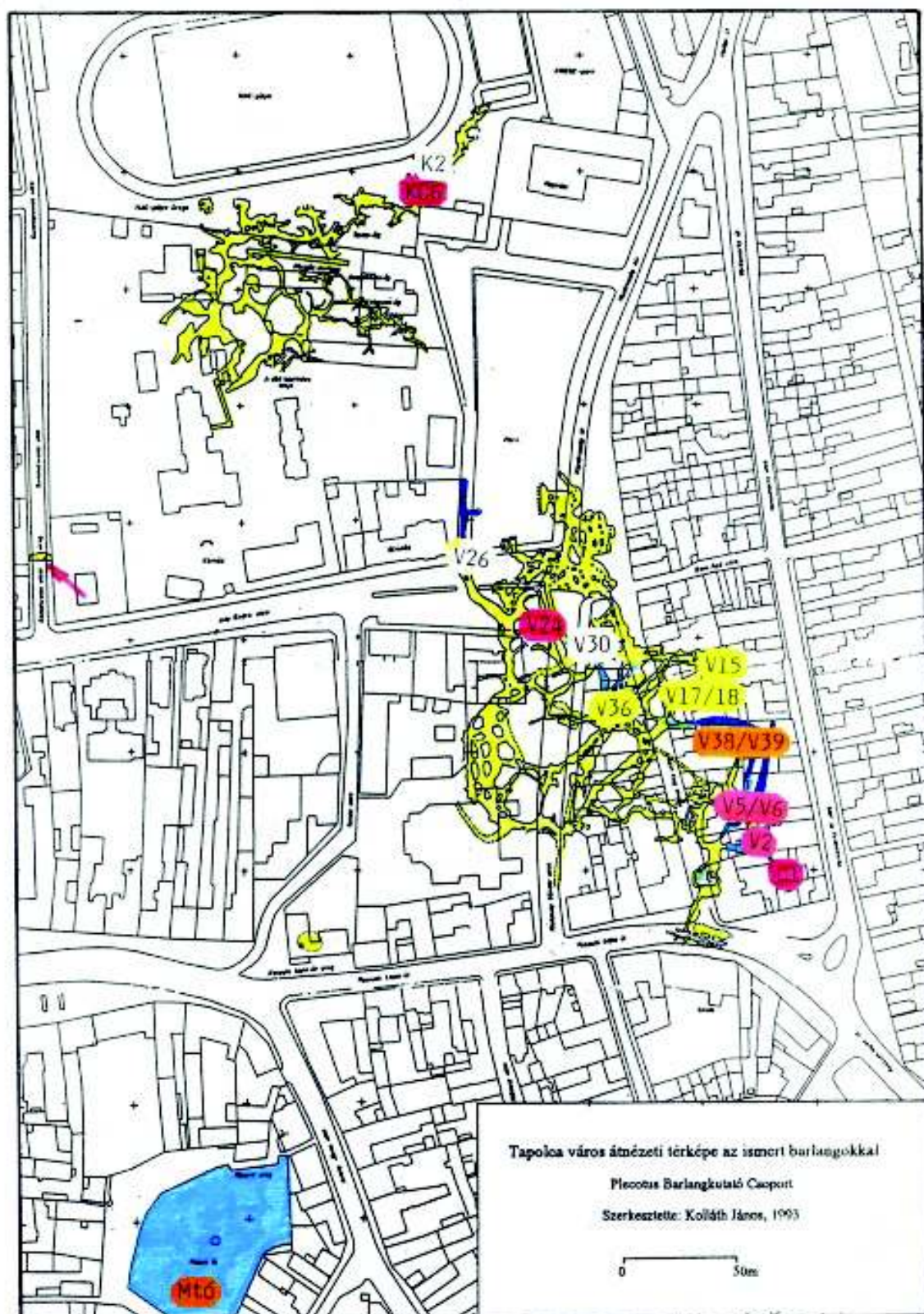
Szennyvízeső felújítási munkálatokat követően 1993 januárjától mind a barlangi, mind a malom-tói vizek nagy mértékben feltisztultak.

Míg a bakteriológiai szennyezettség a vizsgált időszakban a legtöbb mintavételi ponton szinte állandóan kimutatható volt, addig kémiai szennyezettséget elvértve tapasztaltunk egy tavasbarlangi áramló (V30), egy tavasbarlangi befolyó vízben (C1) és a Malom-tó forrásvizében.

Munkámnak gyakorlati haszna is volt. Eredményeimet felhasználva a Polgármesteri Hivatal a felszínen végzett helyszíni szemlén azonosított egy szennyező forrást, aminek felszámolása folyamatban van.

28. ábra

Szennyezett befolyó vizek és a szennyezettség térbeli megoszlása a kifogásolt minőségű minták 1992 március - 1993 júniusig mért százalékos aránya alapján



Jelkulcs:

- száraz járat
- szabad vízfelület
- víz alatti járat

Jelmagyarázat:

- szennyezett befolyó vizek
- csőtörés
- V2 legerősebben szennyezett
- V38/V39 erősen szennyezett
- V15 közepesen erősen szennyezett
- V30 legkevésbé szennyezett

Irodalomjegyzék

- (19) Alföldy-Nász: Mikrobiológia, 1974
- (23) A vízben lévő csíráképes mikroorganizmusok számának meghatározása agar táptalajban vagy táptalajon, Magyar Szabvány, 130 6222:1992
- (6) Comis, D.: Scientists Go Underground To Check Water Quality, Agricultural Research, August 1993
- (1) Cooper, R.: The hygienic aspects of wastewater reuse. Waste Management and Research, 9.k. 5.sz. 1991. okt. p. 373-377.
- (8) Dornyai: Bakony útikalauz, 1927
- (16) Fekete E.-Szabó S.A.-Tóth Á.: A vízszennyezés ökológiája, Pro Natura Kiadó, 1991
- (20).Hardi M. Á.: Tapolca karsztvízrendszerének vizsgálata 1991-1992. Magyar Mikrobiológiai Társaság Évi Nagygyűlése, Győr,1993
- (21) Hardi M. Á.: Tapolca karsztvízrendszerének vizsgálata M.L.D.T. 43. Nagygyűlése, Kaposvár, 1993.
- (13) Hortolányi Gy.: A Tapolcai Tavasbarlang vízalatti folytatásának felfedezése, Karszt és Barlang, 1962
- (9) Horváth T.-Törőcsik Z.: A tapolcai gyógybarlang és romkert, (Die Heilgrotte und der Ruinengarten von Tapolca), Tapolca, 1989
- (27) Ivóvízvizsgálat, Ammóniumion meghatározása, Magyar Szabvány, 448/6-80

- (25) Ivóvízvizsgálat, A permangátos kémiai oxigénigény meghatározása, Magyar Szabvány, 448-20
- (30) Ivóvízvizsgálat, Az összes, a karbonát- és a nemkarbonát-keménység meghatározása, Magyar Szabvány, 448/21-86
- (24) Ivóvízvizsgálat, Bakteriológiai vizsgálat, Magyar Szabvány, 448/44-1990
- (33) Ivóvízvizsgálat, Fajlagos elektromos vezetőképesség meghatározása, Magyar Szabvány, 448/32-77
- (31) Ivóvízvizsgálat, Lúgosság meghatározása titrálással, a hidrogén-karbonátió-, a karbonátió- és a hidroxilion-tartalom kiszámítása, Magyar Szabvány 448/11-86
- (35) Ivóvíz, Minősítés fizikai és kémiai vizsgálat alapján, Magyar Szabvány, 450/1-1989
- (34) Ivóvíz, Minősítés mikrobiológiai vizsgálat alapján, Magyar Szabvány, 450-3:1991
- (26) Ivóvízvizsgálat, Nitrát- és nitrit meghatározása, Magyar Szabvány, 448/12-82
- (32) Ivóvízvizsgálat, pH és egyensúlyi pH meghatározás Magyar Szabvány, 448/22-85
- (28) Ivóvízvizsgálat, Szulfátió meghatározása, Magyar Szabvány, 448/13-83
- (29) Ivóvízvizsgálat, Vas meghatározása, Magyar Szabvány, 448/4-83
- (5) Jakucs L.: A karsztokról 34 tételben Természet Világa, 1993. május

- (7) Káli M.: Ön-kútmérgezők, Tapolcai világlap,
1991 I. évf. 3. szám, p.9.
- (10) Kessler H.: A Tapolcai Tavasbarlang, Természettudományi
közlöny, (LXXXVIII.). évf. 9., 1957 nov. p.423
- (11) Kessler H.: Karszthidrológiai részletvizsgálatok,
összefoglaló jelentés, VITUKI, 1957
- (14) Kolláth J.: A Tapolcai barlangok helyszínrajza, Összefoglaló
jelentés a Plecotus barlangkutató csoport 1993. évi munkájáról.
- (15) Kolláth J.: A Tavasbarlang vízszintingadozásának megfigyelése
és elemzése, Összefoglaló jelentés a Plecotus barlangkutató csoport
1993. évi munkájáról.
- (17) Kovács F.: Állathigiénia, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1990
- (22) Mackie and McCartney: Practical medical microbiology,
Edinburgh, 1989
- (4) Nováky B.: Agrohidrológia és vízkészlet gazdálkodás,
tantárgyi forgatókönyv Gödöllő, 1993
Környezet- és Tájgazdálkodási Szak
- (18) Pataky M.: Állategészségügyi és állathigiéniai gyakorlatok,
Jegyzet, 1980 Gödöllő
- (12) Plózer I.: Adalékok a Tapolcai-Tavas-barlang kutatásához Karszt
és Barlang, 1967. évf. I.-II. füzet, p. 15-18, Budapest
- (3) Stefanovits P.: Talajvédelem, környezetvédelem,
Mezőgazdasági Kiadó, 1977
- (2) Szép I.: Állategészségtan, Mezőgazdasági Kiadó,
Budapest 1984