KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÁS

A MAGYAR KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÓ TÁRSULAT ÉVKÖNYVE

(HIVATALOS KIADVÁNY)

ORGANE OFFICIEL DE LA SOCIÉTÉ HONGROISE DE SPELEOLOGIE

OFFICIAL ORGAN THE HUNGARIAN SPELEOLOGICAL SOCIETY

AMTLICHES ORGAN
DER UNGARISCHEN GESELLSCHAFT FÜR KARST- UND HÖHLENFORSCHUNG

ORGANO UFFICIALE DELLA SOCIETÁ UNGHERESE DI SPELEOLOGIA

ОФИЦИАЛНЫЙ ОРГАН
ВЕНГЕРСКОГО ОБЩЕСТВА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ КАРСТОВ И ПЕЩЕР

X. ÉVFOLYAM
1981-95

KIADJA A
MAGYAR KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÓ TÁRSULAT
BUDAPEST
1995

KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÁS

A MAGYAR KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÓ TÁRSULAT ÉVKÖNYVE

(HIVATALOS KIADVÁNY)

ORGANE OFFICIEL DE LA SOCIÉTÉ HONGROISE DE SPELEOLOGIE

OFFICIAL ORGAN THE HUNGARIAN SPELEOLOGICAL SOCIETY

AMTLICHES ORGAN
DER UNGARISCHEN GESELLSCHAFT FÜR KARST- UND HÖHLENFORSCHUNG

ORGANO UFFICIALE DELLA SOCIETÁ UNGHERESE DI SPELEOLOGIA

ОФИЦИАЛНЫЙ ОРГАН
ВЕНГЕРСКОГО ОБЩЕСТВА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ КАРСТОВ И ПЕЩЕР

X.-ÉVFOLYAM
1981-95

KIADJA A
MAGYAR KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÓ TÁRSULAT
BUDAPEST
1995

KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÁS

A Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat kiadványa

Szerkesztőség:

1027 Budapest, Fő utca 68.
Tel.: 201-9493

Felelős kiadó:

Dr. Hevesi Attila

TARTALOM

CONTENTS

Dr. Hevesi Attila:	Előszó	7
Dr.Kertész Pál:	Dr.Papp Ferenc élete és munkássága	9
	Dr.Ferenc Papp. Profile	14
Dr.Pados Imre:	Emlékbeszéd a Jósvafői Karsztkutató Állomáson Papp Ferenc professzor emléktáblájának megkoszorúzása alkalmából	15
Székely Kinga:	Adalékok Vass Imre életéhez és munkásságához	19
	Contribution to biography of Imre Vass	26
Holly István:	Vass Imre-barlang felfedezése	27
	The discovery of the Vass Imre cave	33
Maucha László:	A Vass Imre-barlangban végzett kutatások tudományos eredményeinek összefoglalása	35
	Review of explorations in the Vass Imre cave	52
Izápy Gábor:	A jósvafői Kistohonya-forrás vízhozam és víznino̧ségi jellemzői	53
	Yield and water quality characteristics of the Kistohonya spring at Jósvafő	68

Maucha László:	A karsztos árapály jelenség működési mechanizmusa Vass Imre-barlangi vizsgálatok alapján	71
	Studies on the mechanizm of tidal phenomena in karstified rocks in the Vass Imre cave	100
Dr.Hakl József:	A radon transzport dinamikája a Vass Imre-barlangban	103
	The dynamic of radon in the Vass Imre cave	111
Szablyár Péter:	Adatok néhány Jósvafő környéki barlang agyagkitöltéseiről	113
	Data on clay fills in some caves around Jósvafő.	124
Dr.Vánesa András Lajos:	Az Aggteleki-karszton folyó észlelések és mérések	125
Dr.Szunyogh Gábor:	A jósvafői tájház kiállításának megnyitó beszéde	129
Csekő Árpád:	Az égerszögi Szabadság-barlang felfedezése	131
	The exploration of the Égerszög Szabadság cave	139
Dr.Szunyogh Gábor:	A Szabadság-barlangban végzett tudományos kutatások összefoglalása	141
	Review of the studies performed in the Szabadság cave	150

Kraus Sándor:	A Szabadság-barlang fejlődéstörténete	151
	Evolution of Szabadság cave	159
Kraus Sándor:	A Szabadság-barlang karbonátos kiválásai	161
	Carbonate precipitations in Szabadság cave	165
Dr.Szunyogh Gábor:	Ünnepi megemlékezés a Szabadság-barlang felfedezésének negyvenedik évfordulójáról	167
Dr. Zámbó László:	A felszín közeli korróziós folyamatok jellemző értékei az Aggteleki-karszton	169
	Characteristic values of near surface corrosion processes in the Aggtelek karst area	177
Dr.Hunyadi Ilona-Kertész Zsófia-Maucha Gergely:	Radon mérések az István-lápai-barlangban	179
	Radon measurements in the István-lápa cave	191
Benkovics László-Dr.Török Ákos-Dr.Nádor Annamária:	A Ferenchegyi vonulat barlangjainak geológiája	193
	The geology of the caves of Ferenc-hegy zone	209
Hajnal Géza:	A budai várbarlangok hidrológiája	211
	Hydrology of the Castle-hill caves in Buda	223

Dr.Veress Márton:	Fosszilizálódó karsztos formák és környezetük fejlődésének értelmezése kitöltő üledékekkel	225
	Interpretation of the evolution of fossilizing karst forms and their surroundings by the sediments deposited in them	235
Géczy Gábor- Dr.Hunyadi Ilona- Dr.Csige István- Dr.Hakl József:	A karsztok légkörzési modellje	237
	Model of the air circulation in karst system	249
Dr.Szunyogh Gábor:	A matematikai modellezés helye és szerepe a karsztosodással járó folyamatok leírásában	251
	The functions and the role of matematical modelling in describing karstification processes	267
Dr.Sárváry István:	Karsztfolyamatok modellezése	269
	Modellisation of karstic processes	275

ELŐSZÓ

Évkönyvünk 10. számában az 1994. október 6-9-én rendezett "Karsztfolyamatok kölcsönhatásainak kutatási eredményei" c. konferencia előadásainak anyagát adjuk közre. E tudományos ülésszak megrendezésére Dr. Papp Ferenc professzor halálának 25. évfordulója, valamint a jósvafői Vass Imre- és az égerszögi Szabadság-barlang felfedezésének 40. évfordulója alkalmából került sor.

Az előadássorozat szakmai jelentősége abban állt, hogy időpontjára beértek annak a kitűnő kezdeményezésnek a gyümölcsei, melyet Papp Ferenc professzor a jósvafői Kutató Állomás megalapításával és programjának kitűzésével adott az utókornak. Nemcsak a Vass Imre-barlangban, hanem az ország számos más barlangjában is megkezdődtek és kiteljesedtek a barlangfizikai kutatások. A sajátos karsztfolyamatok megismerése és kölcsönhatásainak föltárása a Társulat csoportjaiban a tudományos kutatások szerves részévé vált. Ma már országszerte végeznek barlangi mikroklíma-, radon- és csepegés-méréseket, különféle forrás- és egyéb vízvizsgálatokat, és tanulmányozzák a jelenségek sokoldalú kapcsolatait is. E kötet anyagából kitűnik, hogy számos helyen tanulmányozzák a múltbeli karsztfolyamatokat együtt a karsztok morfológiai, kőzet-, ásvány-, üledékföldtani és szerkezeti vizsgálatával. Nem hiányzott a konferencia anyagából a karsztfolyamatok modellezésének problematikája sem.

Ezekkel a gondolatokkal bocsátom útjára évkönyvünk soron következő kötetét, bízva abban, hogy még számos hasonlóan új és érdekes kutatási eredményt adhatunk közre a további köteteinkben is.

Budapest, 1995. november 15.

Dr. Hevesi Attila
a Magyar Karszt- és
Barlangkutató Társulat Elnöke

PAPP FERENC EMLÉKEZETÉRE

Dr.Kertész Pál

Papp Ferenc életét és munkásságát sehol sem lehetne megfelelőbben értékelni, mint itt, Jósvafőn, azon a Kutatóállomáson, amelynek szellemi és anyagi alapjait ő rakta le, és amelynek léte, működése, eredményei ma is őrá emlékeztetnek.

Papp Ferenc professzor, mérnökgenerációk Feri bácsija életét az állandó munka, a mindíg újabb és újabb kitűzött célokért való, sokszor meg nem értett, értetlenül, vagy ellenségesen fogadott küzdés töltötte ki, melynek vezér-elve a diákjaiért élő tanár lelkesedése volt. Ha Papp Ferenc, Feri bácsi munkásságát áttekintjük, széles, szinte mozaikszerű spektrum jelenik meg előttünk. A mozaik elemei, mint a mozaikképek kövei egymástól függetlenek lehetnek ugyan, de összességük mégis harmóniát sugároz, egységet hoz létre. Ilyen mozaikkép valójában Papp Ferenc élete.

Az első fontos mozaikelem még a tudományegyetemhez kötődik, a természetrajz-földrajz szakos tanár a növények tanulmányozását váltotta föl későbbi pályája, az ásványok, kövek és vizek tudományával. Előadásaiban még évtizedek múltán is megszólal a botanikus, amikor az ásványokat örökkön nyíló, soha el nem hervadó virágként jellemezte. Doktori disszertációja még a klasszikus, Rosenbusch és Schafarzik által kikristályosított kőzettan rendszerében foglalkozott a magyarországi dioritokkal.

Pályája a műegyetemi oktatáshoz kapcsolódott ezután, egész életét a már akkor is nagymúltú tanszék, az Ásvány- és Földtani Tanszék keretében élte le, melynek sokáig aktív mozgatója, majd vezetője volt. Már gyakorlatvezetőként, később előadó tanárként szakmájáért lelkesedve magához láncolta a hallgatókat, közvetlen kapcsolatot, személyes viszonyt alakítva ki velük. Már a harmincas

évektől kezdve egyre népszerűbbé váltak nem kötelező kirándulásai, amelyek mérnökök százaiban hagytak maradandó emléket a természet szeretetéről, a mérnöki munkák és a környezet kapcsolatáról és az alkalmazott geológiai tudomány fontosságáról.

A témában elmélyülni képeseket és szándékozókat Vendl Aladárral együttműködve, az akkori műegyetem szokatlan módon, külön tárgyban vezette be az önálló tudományos kutatásba. E tárgy számos későbbi tudós szakember kezdősebességét, szakmai alapjait adta meg. Az idők változásával e tárgyból alakultak az első tudományos diákkörök, más módon fejlesztve tovább a hallgatók tudását, e helyütt szintén a tudományos diákköri munka nyomán lehetünk mindnyájan.

A mozaik második részlete a tudományos egyesületi működést és a tudományos ismeretterjesztést mutatja. A Papp Ferenc művelte tudományos spektrum széles, így e szakmai egyesületek sora sem rövid: a földtani társulatban aktív titkár volt, részt vett a hidrológiai társulat, illetőleg elődje a szakosztály megalakításában. Később e társulat elnöke is lett. A tudományos ismeretterjesztésben fontos szerepét látja a földtani értesítőnek, amely az általa is egy ideig szerkesztett közlöny mellett a nagyközönségnek, az érdeklődő diákságnak szólt. E folyóirat számait ma is érdeklődve lapozhatjuk, és csak sajnálhatjuk, hogy e formában nem működik tovább.

Személyéhez fűződik a földtani társulat mérnökgeológiai szakosztályának megalakítása, amely -kiegészített névvel és tudományterülettel- ma is működik. A mérnökgeológia elfogadtatása az anyatársulaton belül igen nehéz volt, az akkor hozzánk közel álló országokban a mérnökgeológia és talajmechanika összefonódása nem szolgálhatott megfelelő példákat. Az elmúlt évtizedek itt is igazolták tevékenységének helyességét.

A karszt- és barlangkutató társadalom általa is előmozdított összefogását a mai szervező társulat léte is bizonyítja, mai összejövetelünk emez eredményt minden szónál ékesebben igazolja.

Szakmai-tudományos munkásságának mozaikköveit az ásvány-kőzettan tudományterületén kereshetjük először. A mórágyi és börzsönyi ásványok és kőzetek tanulmányozása még inkább a hagyományos kőzettan és az érckutatás szemszögéből történt, ezeket azonban már bevezetésnek tekinthetjük későbbi, kőbányászati munkáihoz. Évtizedeken át foglalkozott új kőbányák telepítésével, e kőanyagok felhasználhatóságával és a felhasználhatóság vizsgálati kritériumaival. Ma is úttörőnek tekintjük a régi idők kőemlékeinek vizsgálatait

és az ország kőbányászati újrakataszterezését. Schafarzik kőbányászati munkái még Nagymagyarországra vonatkoztak, így új kőbányászati regiszter kialakítása szükségessé vált. Az összegyűjtött első adathalmaz a háborúban megsemmisült, a háború utáni, már nem teljes gyűjtésből kialakított és kinyomtatott köteteket az ébersége zúzdába küldte. Alig egy két példány élte túl --szabálytalanul-- e pusztítást.

Már ezen adatgyűjtés során érződött a kőzetvizsgálati adatok hiánya: a kérdőívek e kérdéseire alig érkezett használható adat. A régi műegyetemi kisérleti állomás megszünt, így felmerült egy önálló kőzetvizsgálati laboratórium felállításának szükségessége a tanszéken, amelyet ma kőzetfizikai laboratóriumnak nevezünk. E laboratórium Papp Ferenc egyik "kedves gyermeke" lett, amelynek eredményeihez számos tudományos munkája kötődött. A laboratórium legfőbb céljának a kőzettani-kőzetfizikai adatok összefüggéseinek kutatását tekintette. Akkor még sokszor vitatott, ma már természetesnek vett meggyőződése volt, hogy a kőzetfizikai sajátságok minden esetben a kőzettani adatok, sajátságok egyértelmű függvényei.

A mai néven mérnökgeológiainak nevezhető tevékenysége számos esetben csak rövid szóbeli vélemény vagy 1-2 oldalas javaslat formájában öltött testet. Ezek szakmai fontosságuk ellenére nem jelenhetnek meg az irodalomjegyzékben, pedig a szakág, tudományág kialakításában igen jelentős szerepet játszottak. A suvadások, lejtőmozgások, alapozások és az alagútépítés kérdései ismételeten foglalkoztatták. A mérnökgeológia ma szorosan kapcsolódik a természet- és környezetvédelemhez: Papp Ferenc már 1951-ben cikkezett a kőbányászat természetvédelmi kérdéseiről.

Legtöbb műve, tudományos munkásságának gerince a földalatti vizekhez kapcsolódik. A kezdetek a budapesti gyógyvizek kutatásában jelentek meg: megszervezte ezek rendszeres megfigyelését, mérését. Úttörőként ismerte fel a földalatti vízrendszerek összefüggéseit és hevesen polemizált azokkal, akik ezt sokáig tagadták vagy legalábbis elhanyagolhatónak vélték. Első igazi tudományos elismerését, a Tudományos Akadémia pályadíját a fővárosi forrásokról írt művéért kapta. Résztvett különböző források foglalási munkáiban, nevéhez számos forrás foglalása kapcsolódik (például a Börzsönyben).

A karsztvizek tanulmányozása vezette el a barlangkutatáshoz is. A karsztvízrendszerek megfigyelése során már felismerte a holdjárás hatásait, kialakult körülötte a forrásmérők, majd pedig a barlangászok köre. A barlangok kutatásának és tudományos tanulmányozásának voltak már ugyan hagyományai,

de az önálló kutatóállomás létrehozása minőségileg új lehetőségeket teremtett. Méltán hirdeti ezért az állomás nevében is Feri bácsi emlékét.

E mozaikkövek tarkaságát Papp Ferenc, az ember egyénisége fogja össze. Ha azt kérdezzük, ki is volt ő, a válasz nem egyszerű. Elsősorban mélyen érző, érzékeny lélek volt, lelkének rezdüléseit költeményei árulják el, egyébként szemérmesen zárta mágába érzelmeit, gondolatait. Külső szemlélő alig tudja pályájának pozitívumait felsorolni.

Tudományos eredményeit százat jóval meghaladó számú közleményben tette közzé, lehetősége nyílt egy-egy tudományterület szintézisére összefoglaló művekben vagy pedig egyetemi tankönyvekben, jegyzetekben. Tagja lett a Szent István akadémiának és mint már említettük nevéhez kapcsolódik a jósvafői Kutatóállomás, a tanszéki kőzetfizikai laboratórium felállítása és működtetése.

Oktatói pályája csúcsát a tanszékvezetői megbízás mellett a mérnöki kar dékáni tiszte jelenette. Tudományos egyesületekben titkár, társelnök, elnök volt.

Elismert szakértője volt az előzőekben felsorolt szakterületeknek, a gyakorlatban dolgozó mérnökök véleményt nem is intézményektől, egyetemtől, hanem Feri bácsitól vártak.

Az ember Papp Ferenccel azonban minden eredmények és címek mellett nem volt kegyes a sors. Érzékenyen érintette, hogy a kortársak kvalitásait gyakran -előre beállított szemüvegen keresztül nézvén- nem értékelték és így az érzékeny lelket sértették.

Több esemény mélyen bántotta. Gyakran érezte úgy, hogy az általa segítettek részéről hálátlanságot kapott.

Bántotta, hogy az akkor újrendszerű tudományos fokozatok bevezetésénél nem itéltetett megfelelőnek a kandidátusi fokozatra, habár véleményem szerint is addigi össztevékenységét több kandidátus együttes teljesítménye sem érte el. Már korosan, méltatlan körülmények között kellett a címért megküzdenie.

A földtani társulat mérnökgeológiai szakosztálya ő nélküle nem alakult volna meg, bántotta, hogy annak elnöksége eleinte éles személyi vitákra adott okot.

Geológiai kirándulásait, amelyek számos mérnököt vezettek közel a szakmához a hatvanas években, sorozatos támadások érték. Nyugdijazásának

körülményei is bántóak voltak. Röviddel azután, hogy a professzorok korhatárát 70 évre emelték, 67 éves korában pedagógusnapon közölték vele a döntést. Félévzárás után lévén, hallgatóitól már nem is tudott elbúcsúzni.

A kutatóállomás működése nem illett bele az egyetemi szokásokba, keretekbe, így a fejlődéssel a támadások is fokozódtak. Távozásakor nem látta biztosítottnak a további működést, ezért utolsó elhatározásával az egyetemtől független megoldást keresett. Igy a Kutatóállomás, mindnyájunk örömére ma is virágzik, az egyetem mai lehetőségei ugysem engednék meg ilyen működését.

Dr.Kertész Pál
Budapesti Műszaki Egy.
Mérnökgeológiai Tanszék
Budapest
Műegyetem rkp. 3-9
H-1111

DR.FERENC PAPP
PROFILE

by

Dr.P.Kertész

SUMMARY

Ferenc Papp was born in 1901 in Budapest. He graduated as a teacher of geography from the University of Sciences in 1925. He wrote his Ph.D. thesis about Hungarian diorites in 1925. From 1924 to 1968 he worked and taught at the Department of Mineralogy and Earth Sicences, Budapest University of Technology, of which he became the head in 1960. His philosophy was "teach life to the students" and educated a generations of engineers to respect nature and appreciate the earth sciences.

He was active in the following spheres:

As secretary of the Hungarian Geological Society he contributed to the foundation of the sections on Hydrology and Engineering-Geology. He started the Geological Bulletin series. He became subsequently president of the Hydrogeological Society and associate president of the Hungarian Karst- and Cave Research Society.

He achieved outstanding results in microscope surveys on granulated rocks and ores, further in the advancement of quarries in Hungary. In this connection he organized the rock-physical laboratory. He was greatly interested in the engineering applications of geology, turning interest to hydrogeology in the second half of his career. His studies on the thermal springs in the area of Budapest produced pioneering results. He organized the Spring Survey Section to monitor the springs and the deep aquifers in Hungary. The Karst Research Station at Jósvafö organized also by him became the center of carst-hydrological research.

Several poems are evidences of another side of his personality which is too rich to be fully appreciated by an outsider.

EMLÉKBESZÉD A JÓSVAFŐI KARSZTKUTATÓ ÁLLOMÁSON PAPP FERENC PROFESSZOR EMLÉKTÁBLÁJÁNAK MEGKOSZORÚZÁSA ALKALMÁBÓL

Dr.Pados Imre

Emlékezni és tisztelegni gyűltünk egybe ma, dr.Papp Ferenc halálának 25. évfordulóján a jósvafői Karszt- és Barlangkutató Állomás épületének homlokzatánál.

Az embert, az egyetemi tanárt, a kiemelkedő tudóst és e hely szellemi megalkotóját idézzük magunk elé a negyedszázadnyi távolból méltó példaként, emberi tartásból, szorgalomból, tudós pontosságból, egymás iránti tiszteletből. Mint tudós, szakértő és pedagógus olyan világhírnévre és tekintélyre tett szert, amely személyén keresztül tovább növelte hazánk és a magyar tudomány nemzetközi tekintélyét és megbecsülését.

Alig került ki az egyetem padjaiból, amikor 23 évesen a Magyar Földtani Társulat Hidrológiai Szakosztályának titkára lett. 1929-től adjunktus, 1934-től a választmány tagja és a Hidrológiai Közlöny szerkesztője. Egy év múlva egyetemi magántanár, majd nyolc év elteltével 1943-ban nyilvános rendkívüli tanár. 1953-ban nevezik ki egyetemi tanárrá, később 1960-tól tanszékvezetővé. Egy időszakban betölti a MÉRNÖKI KAR dékáni tisztségét. Kíváló oktató, nevelő volt. Munkássága során sok lekes hívet szerzett a diákok közül a meleg források megfigyelésének, új barlangok kutatásának, a hazai építőkövek hasznosításának. Kőzetekkel, azokon belül is kiemelten az eruptív kőzetekkel 1920-tól foglakozik, doktori értekezésében is a hazai dioritról ír.

Figyelme később fokozatosan a műszaki kőzettan felé fordul. Az ezekkel kapcsolatos ismereteit "Termésköveink előfordulása és hasznosítása" című könyvében összegezte először. Foglalkozott a kavics- és homok-lelőhelyekkel, a kőbányákkal is.

Fontos munkája volt az 1952-ben kiadott és 1964-ben új kiadásban megjelent "Kőzethatározó" c. műve és a "Műszaki Kőzettan" c. szakmérnöki jegyzet.

A háború utáni munkássága során újra a megérdemelt rangjára emelte a mérnökgeológát. A metróépítés során adott szakvéleményeivel, a lejtőmozgások vizsgálataival és az ellenük való védekezéssel, mérnökgeológiai tárgyú egyetemi jegyzeteivel és az általa szerkesztett és társszerzőként 1959-ben írt első magyar mérnökgeológiai könyvvel járult hozzá a hazánkban kevéssé ismert tudománykör megalapozásához, továbbfejelesztéshez.

Papp Ferenc nevét a legszélesebb körökben hidrogeológiai munkássága tette ismertté. Hidrogeológiai munkásságát a börzsönyi forrásokról írt tanulmánya vezette be, ezek álltak legközelebb szívéhez. Alapos és időtálló megállapításokat tett a budapesti hév- és gyógyforrások hasznosítása és védelme terén. "Budapest langyos és meleg gyógyforrásai" c. művét az MTA pályadíjjal jutalmazza. Egész élete során tiltakozott a gyógyforrások más célra való hasznosítása ellen, féltette őket és nem engedte, hogy közelükben mélyfúrásokat létesítsenek. Forrásokkal kapcsolatos első munkái közül kiemelkedik a Gellért-hegyi szökevényforrásokról szóló, Földvári Aladárral közösen írt tanulmánya. A szabadon elfolyó melegvíz hasznosításának gondolatát már 1932-ben felveti. Később figyelme az egész ország ásvány- és gyógyvizeire is kiterjed. Tanítványaival forráskatasztert készíttet, rendszeres hozammméréseket vezet be a budapesti melegforrásoknál, később az ország összes hév- és gyógyvízkútjánál is.

Tanulmányozza a dunai vízállások kapcsolatát a források hőmérsékletével és hozamával. A vízelőfordulások és a környezet összefüggéseinek vizsgálatával új fejezetet nyitott a források megismerésében. A források, a földalatti vizek védelméért évtizedeken keresztül harcolt, szakmai vitákat folytatott. Az idő legtöbb esetben őt igazolta. A hidrogeológián belül a karsztvizekkel is foglalkozott. 1955-től résztvesz a karszthidrológiai célú munkák szervezésében. Ezirányú munkássága eredményeként valósult meg a jósvafői Karszt- és Barlangkutató Állomás, amely lehetővé tette fiatal, lelkes barlangkutatók rendszeres karsztvíz-megfigyelő munkáját és újabb barlangok tudományos alapon való feltárását.

A mai megemlékezésen résztvevők közül többen is Papp Ferenc tanítványai voltunk, így megtapasztalhattuk, hogy tudós és közéleti munkássága mellett legfőbb élethivatásának a tanítást tekintette. Tanítása fő célja a természet megismerése, a természet szeretetére való nevelés volt. Ennek rendelte alá egész

oktatói munkáját, előadásait, gyakorlatait, tanulmányi kirándulásait.

Papp Ferenc munkássága során nagy arányérzékről tett tanúbizonyságot. Jól tudta, hogy a bennünket körülvevő természeti táj meddig viselheti el a művi beavatkozást, mikor érünk el a végső határig. Már a 40-es évek elején, aggódva a budapesti melegforrásokért, felhívta a figyelmet, hogy "amennyiben nem védené a törvény a melegforrásokat, akkor sem lehetne a fővárosnak saját legnagyobb természeti kincsét veszélyeztetni". Tudta és alkalmazta azt a tételt, hogy a természet megismerésében döntő jelentőségű a jól bemutatott helyszíni vizsgálat. Az általa vezetett szakmai kirándulásokon minden alkalommal felkeltette érdeklődésünket és magyarázat, beszélgetés közben teljesen feloldódott köztünk.

Az egyetemi oktatás kiegészítésére a szakmérnöki tagozaton megszervezte az önálló mérnökgeológus szakmérnök képzést is. Az első szakmérnökök 1968 év végén kaptak oklevelet.

Oktatási munkája nem szorítkozott csak a Műszaki Egyetemre. Részt vett más egyetemek, főiskolák oktatási munkájában és az oktatás javítása, a hallgatók segítése érdekében számos jegyzetet írt. 1966-ban jelent meg GEOLÓGIA c. egyetemi tankönyve.

Papp Ferenc nemcsak kutató és oktató, hanem szervező közéleti ember is volt. Még hallgatóként bekapcsolódik a szakmai közéletbe. Először a Hidrogeológiai Szakosztályban választják titkárnak. 1922-től 1934-ig a Magyarhoni Földtani Társulat titkára, majd vezető titkára lesz. Ebben az időben feladata volt a Földtani Közlöny szerekesztése is. Nevéhez fűződik a meginduló Hidrológiai Közlöny anyagának gyakorlati összeszedése. 1929-32 között a Hidrológiai Közlöny első szerkesztője, majd 1941-42-ben újra átveszi e feladatot. 1934-től a Társulat választmányi tagja, majd 1945-től a Hidrológiai Szakosztály elnökségi tagja. A Magyarhoni Földtani Társulatban és annak Hidrológiai Szakosztályában, valamint a Hidrológiai Közlönyben igen aktív szakmai munkát végez.

A tanító szakember igénye, hogy a tudomány minél szélesebb körben terjedjen. Ezért Papp Ferenc 1937-ben új folyóiratot indít Földtani Értesítő címen. Ez a folyóirat később megszünt. Újbóli megindítását - bár évekig küzdött érte - nem sikerült elérnie.

Másik büszkesége volt az elnöksége alatt 1961-ben megindított és ma már 33. évfolyamát elért Hidrológiai Tájékoztató. A Magyar Hidrológiai Társaság

elnöksége 1952-ben Papp Ferencnek ítélte a Schafarzik Ferenc emlékérmet. 1952-54-ben a Társaságon belül megalakult Vízellátási és Hidrológiai Szakosztály elnöke volt, majd a Társaság elnökévé választották. Elnökségének lejártakor 1962-ben társaságunk tiszteletbeli tagjává választotta. Papp Ferenc 1961-től haláláig a Hidrológiai Közlöny Szerkesztőbizottságának elnöke volt.

A magyarhoni Földtani Társulat keretén belül Papp Ferenc szervezője, alapítója és 1960-62-ben, majd 1966-tól haláláig elnöke volt a Mérnökgeológiai Szakosztálynak.

A felsoroltakból látható, hogy Papp Ferenc a szakmai közéletben igen aktívan vett részt és gyakran kezdeményező volt. Hosszasan lehetne még sorolni azokat az elévülhetetlen érdemeket, amelyeket Dr.Papp Ferenc, diákjainak kedves Papp Feri bácsi élete, munkássága folytán a hidrogeológiai, az oktatás, a tudományos ismeretterjesztés megalapozása magas szintre emelése érdekében tett.

Maradandót és tökéleteset alkotott, mindamellett egész életében egyszerű, önzetlen, igaz ember volt. Örülök, hogy a mai megemlékezés alkalmából újra felidézhettem egyéniségét, munkásságát, és tiszteleghetünk emléke előtt.

Dr.Pados Imre igazgató
Északmagyarországi VIZIG
MISKOLC
H-3500

ADALÉKOK VASS IMRE

ÉLETÉHEZ ÉS MUNKÁSSÁGÁHOZ

Székely Kinga

A magyar barlangkutatás történetének egyik legkiemelkedőbb alakja Vass Imre, aki tudatosan megalapozott, rendszeres barlangjárásának eredményeként 1825-ben továbbjutott a Baradla addig ismert végpontján, s nemcsak feltárta a barlang főágát, de feltérképezte azt, és a barlangról elkészített leírása az első tudományos igényű monográfia a hazai barlangkutatás területén. A mérnöki pontosságú és művészi kivitelű barlangtérképe valamint a Baradla magyar, valamint német nyelven is kiadott leírása alapján nevét nemcsak a hazai,de a nemzetközi barlangtan is számon tartja.

Vass Imre életútjáról - közismertsége ellenére - nagyon keveset tudunk. A mult században kiadott nagylexikonokban neve nem szerepel, csak Szinnyei József tizennégy kötetes, a Magyar írók életét és munkáit ismertető sorozatában említi életrajzi adatok közlése nélkül munkásságát.

ÉLETRAJZI ADATOK

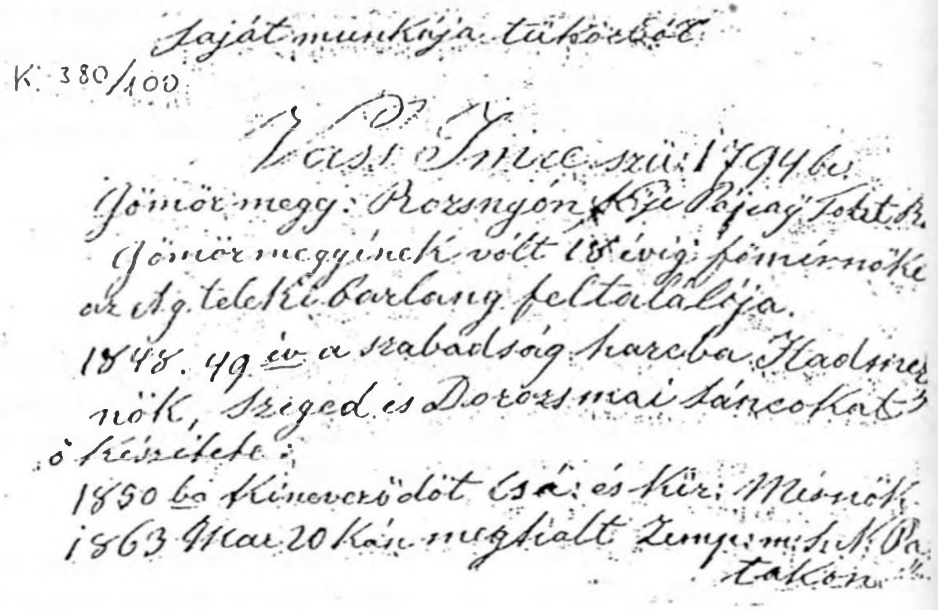
Kessler Hubert 1940-ben megjelent írása volt az első, amiben Vass Imre születési és elhalálozási adatai mellett egyéb életrajzi eseményről is információt közölt. A további feldolgozások e munkát vették alapul (Frisnyák 1959, 1964, Sárváry 1962, Kenyeres 1969).

Az életrajzi hiányosságok felderítésébe akkor kezdtem bele, amikor felhívták a figyelmemet, hogy hogy Vass Imre születési éveként két különböző adat szerepel. Egyértelműen tisztázható volt, hogy az 1790-es évszám a Magyar Életrajzi Lexikonban szereplő információn alapul, s ez

sajtóhibából ered, hiszen az ott hivatkozott irodalmakban Kessler Hubert írása alapján 1794 szerepel. Sajnos ezen évszám helyességét is megkérdőjelezte az a felírat, ami Vass Sárospatakon ma is megtalálható sírján szerepel, miszerint élt 68 évet, elhunyt 1863 március 20-án (Eszterhás I. 1982).

A születési évszám pontos meghatározása érdekében hosszabb kutatás után sikerült megtalálni a Kassán őrzött eredeti születési beírást, melynek alapján megállapítható, hogy az eddig szereplő mindkét évszám hibás volt, hiszen Vass Imre -- Vass Dániel és Simonka Anna Mária fia -- Rozsnyón 1795. junius 4-én született (Székely 1985).

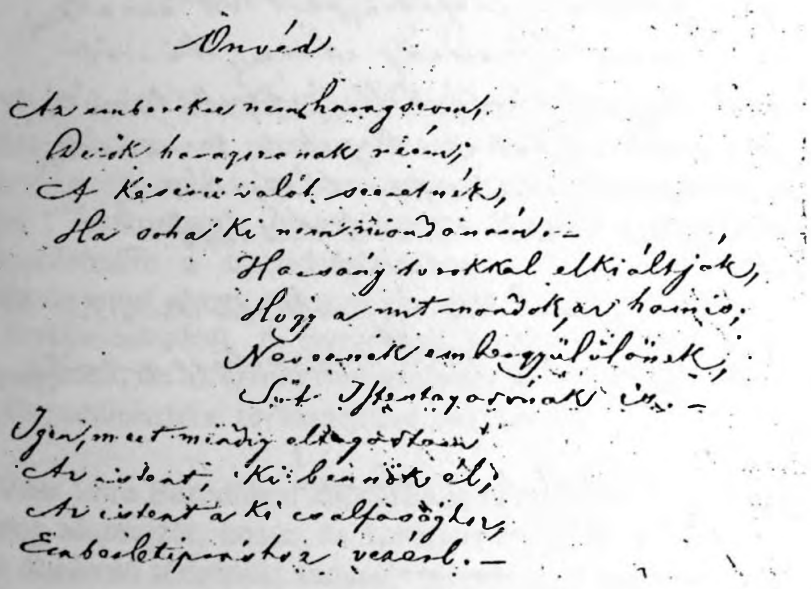
A születési adat sikeres felkutatása után a Vass Imrét ábrázoló -- csak másolatban ismert -- kép eredetijének hollétét kívántam felderíteni. Kessler Hubert szóbeli közlése alapján tudtam, hogy a kép a harmincas évek végén a Magyar Tudományos Akadémia folyosóját díszítette. Ezt bizonyítja az Akadémia műkincseit tartalmazó, nyomtatásban is megjelent leltára (Divald 1912) is. Sajnos az Akadémián folytatott nyomozás sikertelennek bizonyult. A képről senki nem hallott, az érvényes leltárban nem szerepel, így azt feltételezték, hogy egyéb műkincsel együtt a II. világháborúban megsemmisült.


saját munkája tükörből
K: 380/100
Vass Imre szü: 1794 be
Gömör megy: Rozsnyón Kis Pájnaj Fobt-ban
Gömör megyének volt 18 évig főmérnöke
az A.g. telekkönyv feltalálója.
1848. 49 ben a szabadság harcba Hadsereg
nök, Szeged és Dorozsmai sáncokat
ő készítette.
1850 be Kinevezödött Csá: és Kir: Mérnök
1863 Mar 20 Kán meghalt Zemplén m: Sárospatakon

1.ábra. Az Önarckép hátoldalán található szöveg

A képet végül is az Akadémia kézirattárában véletlenül találtam meg, amikor a barlangtani bibiográfiában (Siegmeth-Horusitzky 1914) szereplő Vass Imre kézirat hollétét próbáltam felderíteni. A nyilvántartás szerint 1830 körül, papírra tussal készített 110 x 170 mm nagyságú önarckép hátoldalán kézzel írt szöveggel, a Kisfaludi Társaság gyüjteményéből került az Akadémiához (1. ábra). Ki, mikor és milyen források alapján készítette a feliratot sajnos nem ismert. Az azonban megállapítható hogy Kessler Hubert, cikkéhez ezeket az adatokat használta fel.

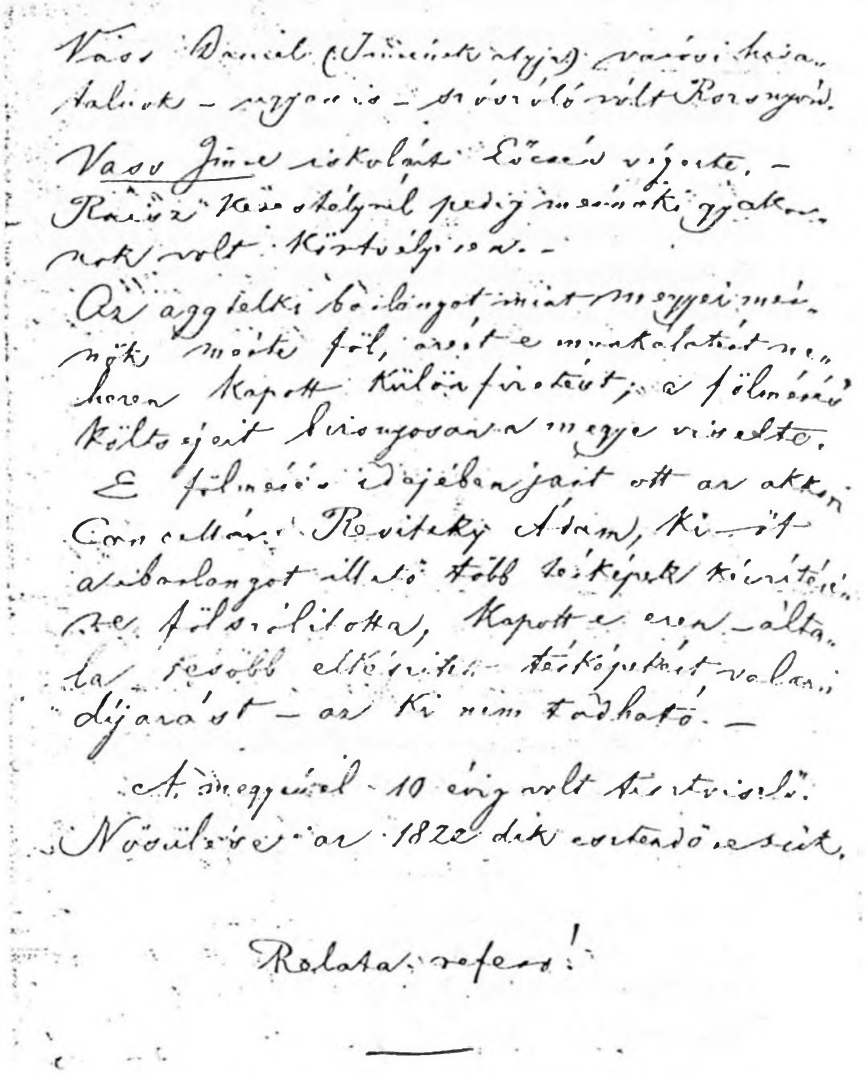
Vass Imre életrajzi adatainak kutatása közben ükunokája Szekendy Béla jóvoltából olyan családi dokumentum másolatához jutottam, amelyek néhány ismert adatot megerősítettek és számos újat is tartalmaztak. Egy félbe hajtott A/4 méretű kézzel írt négy oldalas papirlap két oldalán Vass Imrére és családjára vonatkozó adatok (Vass Imre születési helye, ideje, szülei, testvérei neve, születési és halálozási éveik, édesapja második házasságának adatai, az abból született gyermekek száma) két oldalon pedig Önvéd címmel 15 versszakos egyház ellenes, az emberi tisztaságba vetett hitről szóló vers olvasható. A személyi adatok és a vers közötti kapcsolat a család számára sem ismert, de elképzelhető hogy az Vass Imre vallomása (2. ábra).


Önvéd.

Az emberektől nem hazugságot,
Mivel hazugságnak vétnek,
A Kisfaludi Társaság szeretnék,
Ha azok ki nem szégyenednének.—
Hamisságtokkal elkiáltják,
Hogy a mit mondok az hamis,
Nevemet emberségülöknek,
Sőt Istenfogadottnak is.—
Igaznak mindig elfogadtam
Az istent, Kiben élek,
Az istent a ki az alfa és az
Ecsaládtipusoknak vezére.—

2. ábra. Az Önvéd című vers első három versszaka

Az írás első oldala szerint Vass Imre Rozsnyón 1795 január (az elírás, valószínüleg a junii olvasásából ered) 4-én Rozsnyón született a Bak jegyében. Édesapja Vass Dániel városi hivatalnok, Rozsnyó szószólója, 1769 július 30-án született és meghalt 1812 december 24-én. Édesanyja Simonka Mária, születési helye ismeretlen, férjhez ment 1792-ben, elhunyt 1800-ban. Nővére Júlia 1793 augusztus 17-én, öccse Dániel 1798 április 27-én, János pedig 1799 december 30-án született. Édesanyja halála után édesapja 1804-ben feleségül vette Pekár Rozáliát, akivel kilenc évet élt együtt, és kitől 8 gyermeke született, kik fiatal korukban meghaltak.



3. ábra. A személyi adatokat ismertető 2. oldal

A második oldal (3. ábra) számos eddig ismeretlen információt is tartalmaz. Ennek alapján megtudjuk, hogy Vass Imre iskoláit Lőcsén végezte, s a budai Institutuum Geometricum elvégzése után először mérnöki gyakornok volt Körtvélyesen Raisz Keresztélynél, s csak azután lett utódaként Gömör vármegye hites földmérője. Az írás szerint -- az önarckép feliratától eltérően -- a megyénél-mint tisztviselő-10 évig tevékenykedett. Az önarckép hátoldalán szereplő felirat tanulmányozása alapján elképzelhetőnek tartom, hogy eredetileg ott is 10 szerepelt, s a 18 a 0 elmosódásával alakult ki. Az írás nemcsak arról tanúskodik, hogy a Baradlát megyei mérnökként mérte fel, de azt is bizonyítja, hogy e munkát külön díjazás nélkül végezte, a megye csak a költségeit biztosította. Magyarázatot kapunk arra is, hogy mi indította Vass Imrét arra, hogy a barlang térképét Revitzky Ádám kancellárnak ajánlja. "E fölmérés idejében járt ott az akkori Cancellár Revitzky Ádám , ki őt a barlangot illető több térképek készítésére felszólította, kapott e ezen általa később elkészített térképért valami díjazást - az ki nem todható."A lapon szereplő utolsó információ, hogy 1822-ben nősült meg, s ugyancsak a családtól kapott rimaszombati anyakönyvi hivatal dokumentuma szerint elsőszülött fiuk István ugyanazon év augusztus 22-én született.

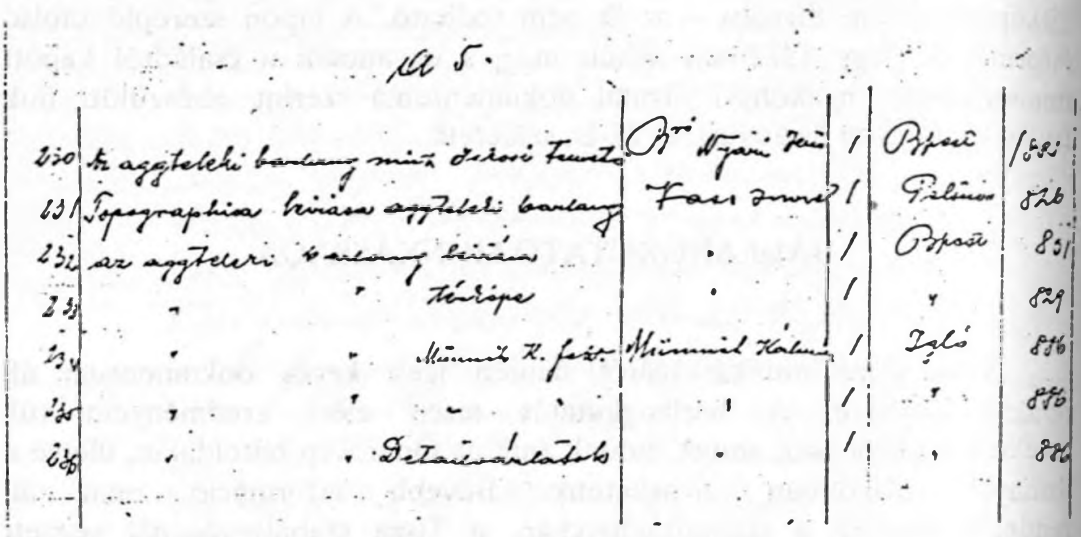
BARLANGKUTATÓ MUNKÁSSÁGA

Vass Imre munkásságáról szintén igen kevés dokumentum áll rendelkezésünkre. A barlangkutatás terén elért eredményein túli tevékenységeiről csak annyit tudunk,amit az Önarckép hátoldalán, illetve a Szinnyei lexikonban olvashatunk. Bővebb információ nem áll rendelkezésünkre a szabadságharcban, a Tisza szabályozásánál végzett munkájáról, mint ahogy azt sem ismerjük mikor került Sárospatakra és ott mivel foglalatoskodott. A Baradláról készített könyve kíváló bizonyítéka íráskézségének, de az éghetetlen házfedél ügyében megjelent néhány cikkén túl egyéb publicisztikai tevékenysége nem ismert.

Vass Imre Baradlával kapcsolatos nyomtatásban is megjelent munkái: a barlang alaprajzát, hossz- és keresztszelvényeit, a barlang felett húzódó felszínt ábrázoló térképek; valamint a barlangot bemutató magyar és német nyelvű könyv (Siegmeth-Horusitzky 1914. sorszám 54. 58.) számos eredetije,

illetve reprint kiadása ismert. A barlangtani bibiográfiában 48. sorszámmal Vass Imre neve alatt azonban szerepel egy olyan kézirat, melynek hollétét az irodalom nem tüntette fel. Miután a főváros legnagyobb kézirattárában végzett kutatás sikertelennek bizonyult, a megoldást ismételten egy véletlen adta meg.

Siegmeth Károly -- az első tudományos barlangkutató szervezet elnöke, akinek köszönhető hogy a multszázad végén rendeződött a Baradla idegenforgalmának kérdése, a látogatott szakasz műszaki berendezéseinek felújítása, a Vörös-tói kijárat megnyitása,valamint a barlangtani bibiográfia elkészítése -- magánkönyvtáráról nyilvántartást vezetett s ez a kézirat unokája, Balló Alinka jóvoltából megmaradt. Vass Imre kézirati munkája a leltár 16. oldalán 231. sorszám alatt szereplő tétellel azonosítható: Topographica leírása aggteleki barlang; szerzője: Vass Imre; 1 kötet, kiadási hely: Pelsőc, éve 1826 (4. ábra).



4. ábra. Részlet Siegmeth Károly könyvtárjegyzékéből

Sajnos a kéziratról a leszármazottak nem tudnak semmit, így elképzelhető hogy az Siegmeth halála után Munkácson maradt, vagy el is veszett. Mindenesetre a kézirat évszáma bizonyíték arra nézve, hogy az a barlang főágának feltárását követően a térképezési munkák előtt már elkészült, s a szerző az 1831-es magyar nyelvű kiadáskor szövegkorrekciót nem végzett. Ez lehet a magyarázata annak, hogy a minden részletre kiterjedő ismertetésben Vass nem említette a Reviczky Ádám kancellár

1829-es látogatása alkalmából megvésett u.n. Reviczky oszlopot, ugyanakkor pedig a barlangot és a felszínt bemutató térképlapokat a kancellárnak ajánlotta, s a barlang térképének díszítésére e cseppkőoszlop ábrázolását használta fel.

Vass Imre élete és munkássága még számos érdekességet rejt. Talán születésének közelgő 200-ik évfordulója alkalmából e hiányzó láncszemek felkutatásával tiszteleghetünk a magyar barlangkutatás halhatatlan nagysága előtt.

IRODALOM

Divald K. (1912): A Magyar Tudományos Akadémia műkincsei. Bp.

Eszterhás I. (1982): Vass Imre sírja Sárospatakon. Karszt és Barlang, I.

Frisnyák S. (1959): Borsodi földrajzírók a XVI. - XIX. században. Borsodi Földrajzi Évkönyv, II.

Frisnyák S (1964): Vass Imre, a hazai karszt- és barlangkutatás úttörője. Borsodi Földrajzi Évkönyv. V.

Kenyeres Á. (1969): Magyar életrajzi lexikon. Bp. II. köt.

Kessler H. (1940): Vass Imre az Aggteleki-barlang első kutatója. Turisták Lapja.

Sárváry I. (1962): Vass Imre, az első magyar tudományos barlangkutató. Karszt és Barlang, I.

Siegmeth K. --
Horusitzky H.(1914): A magyarországi barlangok s az ezekre vonatkozó adatok irodalmi jegyzéke. 1549 - 1913.

Székely K. (1985): A Magyar Királyi Földtani Intézet kiadványai.

Szinnyey J. (1914): Mikor született Vass Imre? Karszt és Barlang, I-II. Magyar írók élete és munkái. Bp. XIV. köt.

Székely Kinga
Barlangtani Intézet
Budapest
Költő u. 21.
H-1121 Hungary

CONTRIBUTION TO BIOGRAPHY OF IMRE VASS

by

K.Székely

SUMMARY

One of the most outsanding figures in the history of Hungarian cave explortation is I.Vass. As a result of his regular and metodic cave explorations, in 1825 he discovered new passages in the Baradla cave and carried out the exploration and mapping of its main branch. His detailed description is the first scientific monography on Hungarian caves. Published in German, scientific exactness and an exceptionelly well done map also left a markt in the international speleologic community. Despite the familiarity of I.Vass, very little is known about his life.

Discovery of a few old documents provided the information needed to correct false data. Thus the original birth certificate showed that I.Vass was born June 4,1975 at Rozsnyó and that the years 1790 and 1794 were incorrect. The self-portrait belived lost is in the possession of the Archives of the Hungarian Academy of Sciences. Hubert Kessler, who wrote the first biography of I.Vass used the notes he found at the back of this portrait. The manuscripts made available by the descendants of I.Vass contain information on his parents, sisters, brothers, schooling, mariage, children yet also data on the Baradla cave survey. From the bibliography of the private library of Károly Siegmeth, president of the first speleological organization it is known that the manuscript of the book by I.Vass on the Baradla cave published in 1831 was written in 1826 at Pelsöc and was is Siegmeth,s possession until his death in 1912.

VASS IMRE-BARLANG FELFEDEZÉSE

Holly István

A barlang felfedezésének dátumát 1954. augusztus 31.-re datáljuk, de a Vass Imre barlangot több éves munkával tártuk fel és csak ünneplő kedvünk miatt tartunk évfordulót.

Hogyan is kezdődött? Lehet, hogy már akkor, tíz-tizenkét évesen egy szál gyertyával bemerészkedtünk a Mátyáshegyi-barlangba?

Maucha László egyik, még 1956. augusztusában írt cikkében a közvetlen előzmények között említi meg az 1953. évvégi Béke-barlang alsó végének kutatását, melyben csoportunk magja Holly Ferenc és Holly Sándor és Weress Kálmán vettek részt. Azt hiszem nekem is innen kell kezdenem.

Régen volt, már az államtitkok is elévültek ennyi idő alatt, mégis az itt történtek maradjanak továbbra is titokban,legfeljebb tábortüzeknél lehet róla énekelni. Ha akkor ez az eset nem jön közbe, akkor 1954. nyarán, és az azt követő pár évben, folytatjuk azt a munkát, melyről Tamás Ferenc: "Magyar kutatók hősi küzdelme a Baradla-Békebarlangi átjáró felfedezéséért," című cikkében írt.

Diákok voltunk, a húsvéti szünetben új kutatási területet keresve terepszemlét tartottunk a környéken. Legjobban a Teresztenyei-forrásbarlang nyerte meg a tetszésünket, úgy hogy 1954. augusztus hetedikén tizenöten kezdtük ott meg a kutatást. Az elmúlt 40 év még nem volt elegendő arra, hogy kiderüljön meddig kellett volna ott dolgoznunk az eredményért. Idővel felismertük, hogy a lehetőségeink nem elegendőek a főágba való bejutásra, ezért augusztus 19.-én a munkát abbahagytuk.

Új fejezete kezdődött a kutatásnak. A csoport létszáma a felére csökkent, és átcipeltük a felszerelésünket a Tohonya-völgybe. Kessler Hubert utasítására Chambre Attila mutatta meg nekünk ezt a helyet, amit már teresztenyére érkezésünk másnapján megszemléltünk. Most utólag, az akkori levelezést átolvasva, először Kessler Hubert a Kuriszlánfői-beszakadás bontására kívánt minket rábeszélni, mégis hogyan kerültünk a Tohonya-völgybe, az ma már a dokumentációkból nem derül ki.

1954 évben a meteorológiai feljegyzések szerint Jósvafő környékén igen sok eső esett, különösen májusban és júniusban. A Tohonya-völgy felső végén, az erdő szélén, egy rózsabokor tövében feltört a víz, mely egy hét múlva fokozatosan elapadt. A kitörés helyén másfél méter mély kiszáradt forrástölcsér maradt. A publikációinkba nem került bele, hogy nemcsak a Vass Imre-barlang aknájának ásása közben, hanem a forráskitörés hordalékában is találtunk hallstati kultúrából származó cseréptöredékeket, amiből arra lehet következtetni, hogy a felfedezés évét megelőzően legalább 6000 éve nem működött ilyen intenzíven ez a forrás. Azt is állíthatnánk szerénytelenül, hogy direkt nekünk tört ki.

A következő évben a Tengerszem szállóhoz vezető utat mosta alá a Jósva-forrás új árvízi forrástölcsére. Ennek eredményeként született meg a Baradla alsóbarlangi bejárata. A forrástölcsér keletkezésének oka még az előző évinél is nagyobb éves ill.július-augusztusi csapadékösszeg volt.

A csoportunk csak augusztus 26.-án kezdte meg az eltömődött árvizi forrás kibontását. Nagy gondot okozott a laza lejtőtörmelék, mely a ducolás ellenére többször beomlott. 30.-án már hat méter mélységben a tisztára mosott kövek, és az egyre erősödő huzat sejtette, hogy nem sok van hátra a barlangig. Aznap éjfélig dolgoztunk az ácsolatokon. Másnap korán reggel kezdtük a munkát, de az akna délután ismét beomlott. Ekkor Sárváry István és Weress Kálmán megsérültek. Gyorsan eltakarítottuk az omlást, majd ismét Pityú ment le az akna aljára mondván, kisebb a valószínűsége annak, hogy mégegyszer ráomlik a törmelék, mintha egy új ember menne le. Kálmán sajnos nem úszta meg könnyen. Ő a sátorban nyögött a bordáit fájlalva. Közben nagy lelkesedéssel írta a naplót, mely erről a napról eléggé részletes. Többször húztuk ki az aknából az utolsó nagy követ, úgy, hogy mindíg volt mögötte egy még utolsóbb. Aztán eljött az a pillanat, hogy a kő után már nem volt másik, hanem csak a sötétség. Ezt a követ a későbbiekben nagy becsben tartottuk, amíg el nem lopták.

Ekkor augusztus 31-én este fél nyolc volt, a tanítás másnap kezdődött.

Ekkor augusztus 31-én este fél nyolc volt, a tanítás másnap kezdődött.

Ahogyan csak bírtuk, az agyagos eltömődéstől megszabadítottuk a most már vízszintes járatot. Ekkor két karbidlámpát már csak félig tudtunk megtölteni karbiddal. Sárváry Pityú és Holly Sanyi másztak be a szűk lyukon, Maucha Laci az akna aljáról közvetítette az eseményeket.

Mint ismeretes, akkor a barlangnak mintegy 60 m-es szakaszát sikerült feltárni, melyben több helyen fel lehetett állni. A továbbjutást egy omladékhegy zárta el. Mégis úgy éreztük, hogy egy csodálatosan hatalmas barlangot fedeztünk fel.

Ma ezt a barlangszakaszt a látogatók nem láthatják. A bejutást megkönnyítő tároó az omladákhegy túlsó oldalán éri el a barlangot, és ebben a járatban csak azok a ducfák penészednek, amelyeket a következő években vittünk be, hogy majd az "L" ág bontásánál felhasználjuk, de nem került rá sor.

Abban az évben már szó sem lehetett a barlang további kutatásáról. (A következő négy napban fogadtuk a látogatókat, Almássy Bálintot és Mándy Tamást. Jakucs Lászlón kívül Mátrai Ferenc operaénekes is lejött a barlangba.) Utolsó kockákat is elfényképeztük, és a jól végzett munka örömével szeptember negyedikén utaztunk haza.

Akkor ősszel Turtsányi Sanyi vezetésével egy három fős csapat átkutatta az omlást, több kutató tárót hajtottak be az omladékba, ekkor találták meg az a kis nyílást, amely később a továbbjutást lehetővé tette.

Valamilyen különös véletlen folytán a hivatalos elismerés sem késett, a Magyar Hidrológiai Társaság azévi Vásárhelyi díját csoportunk egyik tagja Holly Ferenc kapta, mellyel az egész csoportunk tevékenységét is elismerték.

Ennyit a negyven év előtt történtekről.

A következő évben sokkal jobb anyagi körülmények között kezdhettük a kutatást, csak a rendelkezésünkre álló idő volt nagyon kevés. Akkor már többen jártak közülünk egyetemre, és az egy hónapos katonai szolgálat miatt csak augusztus 16. után tudtunk nagyobb létszámban összejönni.

Annak az érdekében, hogy ezt az időt mennél hatékonyabban tudjuk kihasználni, négyen előre mentünk, hogy Kertész Tivadar vezetésével tökéletes

A helyszinre érkezve megdöbbenéssel tapasztaltuk, hogy a Vass Imre-barlang bejárati aknája teljesen beomlott. Gyanúsan kevés dúcfát találtunk az omlásban, nyilvánvalóan az elérhető darabokat a tél folyamán elhordták.

Újra felállítottuk a háromlábat, és nekiláttunk a bejárat kibontásának, és az új ácsolat elkészítésének. Már nem kellett kockáztatnunk semmit, időnk is volt volt bőven, így a csoport többi tagjainak megérkezéséig ismét lehetővé tettük a barlangba való biztonságos bejutást.

Az erősítésből elsőnek Holly Ferenc, - aki ekkor a BME Ásvány és Földtani Tanszék felé a csoport képviselője, és így hivatalos vezetője volt, - érkezett a táborba, aki még aznap Turtsányi Sanyival átvizsgálta az omladékot. Azt a helyet, amit a mai látogató a bejárati tároló jobb oldalán lévő ajtón keresztül tekinthet meg, a felső Omladék-terem mellett, az omláson kívül, már az ősszel megtalált kis repedéshez mentek. Itt Turtsányi Sanyi felmászott egy függőleges hasadékon, mialatt Holly Feri előre préselte magát a cseppkőlefolyástól erősen eltömődött járatban. Nagyon örültek, amint meglátták egymás fényét. Úgy tűnt, ha a méternél nem vastagabb cseppkőlefolyást sikerül átrobbantani, akkor aránylag kevés bontással át lehet jutni az omlás túloldalára. Nem kellett nagy töltet, így ezt Turtsányi Sanyi is meg tudta csinálni.

A robbantási gázok eloszlása után a törmeléket sikerült az útból eltakarítani, és Feri átpréselte magát a szűk járaton. Vastag sztalaktitokat kellett letördelni ahhoz, hogy Cseppkőkapun át tudjanak mászni. A szűkület után a járat az omlás túlsó oldalán csatlakozott a folyosóhoz. Ez az a pont, ahol ma a bejárati tároló eléri a barlangot.

A felfedezők nagy lelkesedéssel indultak neki az ismeretlennek. A Sár-szifon, ahol ma csak a fejüket kell lehajtani, akkor még járhatatlan volt, a szifonkerülő járaton sikerült továbbjutni. A Lenke-terem és a Rokokó-kapun keresztül jutottak el a patakmederhez. A folyosóban az apró mésztufagátak magasságában víz volt. A mésztufa gátak még megvannak, de már évtizedek óta nem lát vizet ezen a szakaszon a látogató.

Aznap a felfedezők a Narancs-szifonig jutattak el, itt Feri azt indítványozta, hogy forduljanak vissza. Nem mintha a további részek nem vonzották volna őket, de a kutató csoport többi tagjának is akartak hagyni abból a felejthetetlen élményből, amiben az emberi szem által nem látott részek bejárásakor átéltek.

A megismert részeket a csoport többi tagja is azonnal bejárta. A barlang

A megismert részeket a csoport többi tagja is azonnal bejárta. A barlang várakozásunkat, mind méretekben, mind szépségében messze felülmúlta. Nagy volt az öröm a táborban, de nem sok időnk volt az ünneplésre.

Úgy döntöttünk, hogy a csoport reprezentatívabb része hajnalban elutazik Miskolcra, ahol másnap az MKBT elődjének a "Barlangkutató Bizottságnak" az alakuló ülésén vesznek részt. Ennek a létrehozását mi szorgalmaztuk azért, hogy az előző évihez hasonló konfliktus helyzetek elkerülhetők legyenek.

A nagy újságot a csoport tagjai tagjai titokban tartották. A közönség csak a csoportunk képviselőjének előadásából értesült az előző napi eseményekről. A felkapott fejekből és a hallgatóság mozgolódásából jól fel lehet mérni a hír hatását.

A táborban maradottak feladata a barlangba való bejutás megkönnyítése volt. Mi, akik maradtunk, komolyan megigértük, hogy továbbjutással nem kisérletezünk, hanem megvárjuk a többieket. A felfedezést követő három napban az volt a fő szórakozásunk, hogy a Narancs-szifon hasadékain leselkedtünk át. Három helyen is át lehetett rajta jutni. Akkor még egészen máshogy nézett ki a barlang. Ahol most átjárunk, ott egy mésztufagát zárta el a folyosót. Ezt utólag robbantottuk ki apró töltetekkel. A víz alatt, a tufagát fölött és a még most is meglevő kb. négy méter magasan lévő háromszögletű nyíláson is tovább lehetett volna jutni. Mégsem mentünk. Nem tudom hogyan, de kibírtuk valahogyan azt a három napot.

Augusztus 21.-én újra összeállt a felfedező expedíció, ekkor a Lagúnás szifonig vált ismertté a barlang. A most ismert járatot akkor négy méter magasan víz töltötte ki. A barlang mostani ismeretében a szifonátúszási kisérletek eleve reménytelenek voltak.

Volt azonban egy bíztató körülmény is. Az előző évben a bejárati rész felfedezésekor a barlang elején erős huzatot éreztünk, ami ebben az évben nem volt. Ebből azt a következtetést vontuk le, hogy van olyan időszak amikor a szifon kinyílik, csak ki kell várni. Ez az esemény még abban az évben, október 8.-án következett be, amikor sikerült a kiszáradt szifonon átkelni és a barlang további részeit egészen a Cyklopszok-csarnokáig bejárni. Egy hónap múlva, egy újabb hétvégén megtaláltuk a Fekete-ág fölötti emeleteket, az Egyiptomi-ágat, ahol most járunk, az Eldorádót, és a Denevér-ágat.

1956 januárjában megfelelő szálláshely híján a Vass-Imre-barlang Eldorádó szintjén öt napig, pontosabban 126 órán át táboroztunk. Így tudtuk

legjobban kihasználni a rendelkezésünkre álló rövid időt. Ez alatt próbáltuk a Cyklopszok-csarnokában lévő omladékon keresztül megkeresni a továbbjutás lehetőségét. Véleményem szerint már akkor megtaláltuk a legalkalmasabb helyet a továbbjutásra, csak ezt a későbbiekben nem hittük el. Az u.n. "L" ág bontását kezdtük el.

Azután a következő nyarak nem kedveztek a kutatásnak, mert a Lagúnás-szifon legtöbbször zárva volt, így az "L" ág bontásával csak nagyon lassan haladtunk. Rövid vízszintes szakasz után egy kb. 8 méteres aknával elértük a vizes ágat, ahol árvizek idején napjainkban is lehet vízfolyás, amely tulajdonképpen a Cyklopszok-csarnoka elején lévő Vizes-ág folytatása. Itt is előre haladtunk pár métert. Sajnos itt az időszakos patak a csarnok omladékai között folyik, igy a medrében egy ember nem fér el, de megvan és szívós munkával előre lehet benne jutni. A törmelék útja már nagyon hosszú volt, és a szállítás legalább hat embert kívánt. Sajnos azután más irányban történtek próbálkozások, úgy, hogy az "L" ág ma már nincs meg. Pedig ebben az irányban kellene a továbbiakban próbálkozni, mert a huzat is innen jön.

1958. csapadékosabb nyáron volt időnk a barlang első részében gondosan körülnézni és a Narancs-zuhatag felett több szűk járatot találtunk (Walhalla). Ez 1958 nyarán történt. Később is történtek még kisebb feltárások (Andi-ág a Fekete-szifon után, János-terem az Eresznél, Sajt az Eldorádóban)

Gondolom nem mondok ujságot, hogy az eddig feltárt járatok csak egy ötöde, hatoda az egész barlangrendszernek, de ennek feltárására tett eddigi próbálkozások mind a felszínről, mind a barlangon keresztül sikertelenek maradtak.

Úgy érzem, hagytunk még feltárni valót a fiataloknak, amivel lassan a harmadik generáció kezd foglalkozni. Sok sikert kívánok nekik!

Holly István
okl.geofizikus
Budapest
Istenhegyi út 33/c.
H-1125.Hungary

THE DISCOVERY OF THE VASS IMRE CAVE.

by

I.Holly

SUMMARY

The first passable cavities of the cave were entered by the explorers on August 31. 1954. The cave exploration group of the Budapest Technical Universty Department of Geology and Mineralogy was responsible for that discovery. The excavation near the location of the water outburst started on August 26.

In the following year in sunmmer the cave was explored to the Syphon Laguna, with better equipment and more food.

The draft suddenly became stronger on Oktober 8. At that time the Syphon Laguna opened up, and the explorers could explore the rest of the cave all the way to the Hall of the Cyclopes. The full lenght of the explored passages was 1 km.

A VASS IMRE-BARLANGBAN VÉGZETT TUDOMÁNYOS KUTATÁSOK EREDMÉNYEINEK ÖSSZEFOGLALÁSA

Maucha László

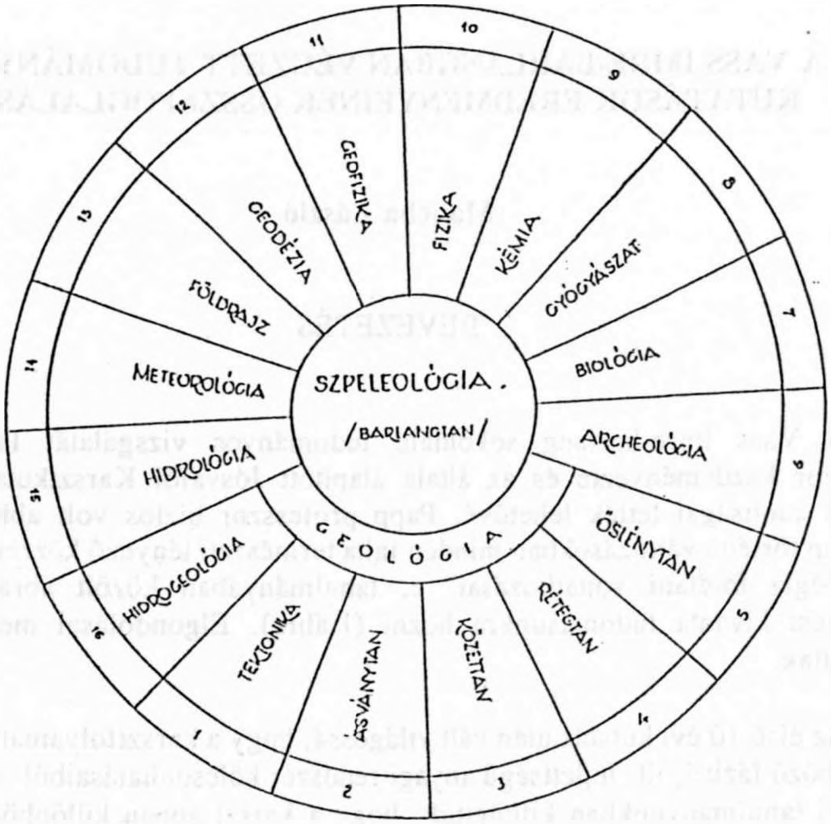
BEVEZETÉS

A Vass Imre-barlang sokoldalú tudományos vizsgálatát Papp Ferenc professzor kezdeményezte és az általa alapított Jósvafői Karsztkutató Állomás kedvező adottságai tették lehetővé. Papp professzor biztos volt abban, hogy a karsztban történő változásokban minden fajta természeti tényező közreműködik."A szpeleológia földtani vonatkozásai" c. tanulmányában közölt ábrájával ezt a felismerést kivánta tudomásunkra hozni (1.ábra). Elgondolásai messzemenően igazolódtak.

Az első 10 évi kutatás után vált világossá, hogy a karsztfolyamatok az ismert 5 különböző fázisú, ill. fejlettségű anyagi rendszer kölcsönhatásaiból származnak. 1971 évi tanulmányunkban kifejtettük, hogy a karszt abban különbözik bármely más földtani képződménytől, hogy a vulkáni folyamatokhoz hasonlóan az aktuális folyamatok lejátszódásának sebessége itt is jóval nagyobb, mint más kőzetekben. Ennek következtében a barlangokban a karsztfolyamatok lejátszódása igen jól nyomon követhető jelenség.

A karsztos kőzet, ásványos kiválásai és üledékei képviselik a karszt szilárd-fázisát. Az oldott kőzetanyagot tartalmazó karsztvíz tekinthető a karszt folyékony-fázisának. A karszt hézagtérfogatában, ill. barlangjaiban specifikusan mozgó levegő karsztos elemeket is tartalmaz. (Ca,-Mg- aeroszól). Ezért mondhatjuk, hogy a barlangi levegő a karszt légnemű-fázisa. A karsztos kőzet radioaktív anyagainak bomlásából származó sugárzások és erőterek adják a karszt mikrofizikai-fázisát, amely kiegészül az egész világegyetemben jelenlévő gravitációs-erőtérrel és a kozmikus-sugárzás összetevőivel. ill. valamennyi típusú fizikai kölcsönhatás hatótényezőivel. Végül a különleges barlangi ill. karsztfelszíni élővilág képviseli a karszt biológiai-fázisát.

Az I.táblázatban tüntettük fel a "Karsztfolyamatok kölcsönhatásainak rendszerét", a legtöbb esetben olyan jellemző példák bemutatásával, melyeknek



1.ábra. A szpeleológia összefüggései más tudományokkal Papp Ferenc professzor szerint

nagyobb részét a Vass Imre-barlangban, ill. a környező forrásoknál ismertünk fel. Azokat a kölcsönhatásokat, amelyek hatását nem lehetett kimutatni az Aggteleki-karsztvidéken, a világ más barlangjaiban talált kölcsönhatások példáival jellemeztük, vagy egy-két esetben általánosan ismert, vagy feltételezett jelenségekkel mutattuk be.

A karsztos kölcsönhatások táblázatba foglalt rendszerében az egyes fázisokon belüli kölcsönhatások mezői 1-től 5-ig a bal felső saroktól a jobb alsó sarokig húzódó átló mentén foglalnak helyet. Az átló felett és alatt egyirányú részkölcsönhatásokat találunk, de valamennyinek megtalálható az ellentett részhatása is az átló másik oldalán. Ezért az átló mentén kifelé haladva összesen még 20 részkölcsönhatást ill. 10 kölcsönhatást fajtát lehet megkülönböztetni. Összesen tehát 15 féle lehetséges karsztos kölcsönhatás típus létezését mutatja be az I.táblázat. Az eredmények tárgyalása során zárójelben hivatkozni fogunk e táblázatban bemutatott egyes kölcsönhatás, vagy részkölcsönhatás típusokra.

Kölcsönható tényezők	Fizikai sugárzások és erőterek M Mikrofizika	Légnemű-fázis K Klimatológia	Folyékony-fázis H Hidrológia	Szilárd-fázis G Geológia	Élő-világ B Biológia
Fizikai sugárzások és erőterek M Mikrofizika	Kozmikus sugárzás hatása a radongáz α - részecskéire M → M	Aeroszól elektrosztatikus kicsapódása heliktiteken M → K	Elektrosztatikusan tapadó víz a hézagtérfogatban M → H	A földkéreg árapály jelensége M → G	Lámpaflóra kialakulása M → B
Légnemű-fázis K Klimatológia	Radon-gáz radioaktív sugárzása K → M	Barlangi légnyomás különbség és légáramlás kialakulása és hatása a radongáz koncentrációra K → K	Klímatényezők hatása a forrás-hozam ingadozásra K → H	Heliktit képződés aeroszólból Csapadék terhelés hatása a litoklázis fluktuációra K → G	Ca-aeroszól gyógyító hatása az asztmás betegre K → B
Folyékony-fázis H Hidrológia	Vízfolyások elektromágneses terének kialakulása H → M	Csepegővíz porlódásból aeroszól képződés H → K	Hidraulika és víz-kémia kapcsolata. Kizárási-effektus, keveredési-korrózió H → H	Cseppkő keletkezés és üregkioldás H → G	Talajnedvesség hatása a növényzet tápanyag felvételére H → B
Szilárd-fázis G Geológia	A kőzetek radioaktív sugárzása G → M	Hőfluxus hatása a mikroklímára és radongáz kiválása a kőzetből G → K	Szivornya működés és kéregárapály által okozott víz-hozam pulzációk G → H	Földrengések hatása a litoklázis fluktuációra G → G	Vetőmenti vegetáció-dúsulás a karszt-felszinen G → B
Élő-világ B Biológia	Újzélandi parázsféreg fénykibocsátása B → M	Mikroorganizmusok CO_2 termelése a talaj-levegőben B → K	A felszini vegetáció hatása a karsztos-beszivárgásra B → H	Mangán bevonatok keletkezése baktériumok kemo-szintézisével B → G	Barlangi szívóférgek élősködése denevéreken B → B

I.táblázat. A karsztfolyamatok kölcsönhatásainak rendszere, legtöbb esetben a Vass Imre-barlangban és a környező forrásoknál felismert uj jelenségek példáinak bemutatásával.

KUTATÁSI EREDMÉNYEK AZ ÁSVÁNYTANI, FÖLDTANI, ŐSLÉNYTANI, MORFOLÓGIAI GEOFIZIKAI ÉS GEODÉZIAI MUNKÁK KÖRÉBŐL

Az ásványtani vizsgálatok a cseppkövek szineződésének eredetére, a heliktitek genetikájára és mindkét fajta képződmény növekedésének sebességére, valamint a kalcit-aragonit átalakukás kérdésére terjedtek ki.

A cseppkövek fekete bevonatáról kiderült, hogy vas és mangán baktériumok életműködésével állnak kapcsolatban (B → G). A sárga, sárgásbarna színű cseppkőkéreg csak oxidatív-zónában (tág,levegős járatokban) alakulhat ki. A szalmacseppkövek mindig fehér színe arra mutat, hogy azok kizárólag reduktív-zónából (vízzel kitöltött repedésekből) származó oldatokból válnak ki.

Uj robotcseppköves módszert dolgoztunk ki a szalma-cseppkövek növekedésének (H → G) mérésére. E képződmények növekedési sebességére 6 mm/év értéket kaptunk. Ugyanakkor egy sztalagmit növekedési sebességét talajra helyezett kábelre 22 év alatt kivált cseppkőanyag 9 mm-es vastagságának lemérése alapján 0,4 mm/év-nek találtuk.

A heliktitek vizsgálata két típus felismerésére vezetett (háromszögletes keresztmetszetű kapillárissal rendelkező és kapilláris nélküli képződmények). Az előbbiek görbe-alakúak és oldalirányú szivárgó vízből válnak ki (H → G). Az utóbbiak egyenes tű alakúak és az un."zúzmara-effektus"-ból származtathatók, mivel a barlangok légterében úszó Ca,Mg-aeroszólból válnak ki (H → K),(M → K),(K → G). Növekedésük mérése nem vezetett eredményre a túl lassú, vagy a műszeresen esetleg megzavart folyamat miatt. A kidolgozott mikroszkópos mérési módszerrel 0,01 mm-es gyarapodást is észleltünk volna.

A kalcit-aragonit átalakulás (G → G) tanulmányozása nem csak Vass Imre-barlangi minták vizsgálata alapján történt. Részletes munkával sikerült kimutatni a hideg és hévízből kivált képződmények jellemző összetételbeli különbségeit. Kiderült, hogy a nagyobb aragonit tartalmú pizolitok Sr-ion tartalma általában nagyobb, Mg-ion tartalma általában kisebb, mint a kalcit pizolitoké.

A Vass Imre-barlangi képződmények ásványtani és kőzettani viszonyait számszerűen is feldolgoztuk Papp professzor indexelési módszerével.

A viszonylag nagy átlagkeresztmetszetű barlangrendszer földtani vizsgálata tisztázta, hogy a barlang még ismeretlen főága a Haragistyai-fennsík alatt csak a szlovákiai Szádvárborsa és a Jósvafő közötti vetőzónában alakulhatott ki, mert ez a képződmény a vízgyűjtőterület legmarkánsabb tektonikus preformációja. Ez a tektonikai vonal 2-3 km-es horizontális elvonszolódással jött létre. A barlang jelenlegi végponti terme (Cyklopszok-csarnoka) is e törésvonal mentén alakult ki. Részletes kőzettani térképet készítettünk a vízgyűjtőn kialakult fennsíki mészkő és dolomit képződmények mindenfajta átmenetéről.

A karsztüledékek vizsgálata a barlangban és a barlang feletti területen arra az eredményre vezetett, hogy ezek a törmelékes üledékek nemcsak a barlangfalakat alkotó, többnyire k.triász wettersteini képződmények oldási maradékából (H → G) származnak, hanem a felszíni talajok szervesanyag tartalma (B → G) és más légbeli üledékek (vulkáni-tufa és lösz) (G → G) is hozzájárultak keletkezéséhez.

A barlangban őslénytani megfigyelésekre is sor került. A bejárati táróból óholocénkori Mollusca és Vertebrata fajok kerültek elő. A Rokokó-kapú belső oldalán középső anizuszi fauna található a barlang falában (Krinoidea nyéltagok, mészalgák). A Lagúnús-szifon belső oldalán az un. Denevér-temetőben két szubfosszilis denevérfajt lehetett azonosítani, melyek kora szintén óholocénra tehető.

Morfológiai vizsgálatok eredményei is alátámasztották a barlangrendszer genetikájával kapcsolatos földtani vonatkozású elképzeléseket. E szerint a szlovákiai Milada-barlang víznyelői voltak a Vass Imre-barlang egykori főnyelői. Az a tény ugyanis, hogy a Milada-barlang és a Kecső-forrás között (ez a mai fő rendszer) a hidraulikus esés alig kisebb, mint Jósvafő irányában - arra mutat,- hogy a Kis-Tohonya-forrás egykori hidrológiai rendszerét felszínalatti hátráló erózióval a Kecső-forrás rendszere utólag "lefejezte"(H → G). A fent említett erőteljes tektonikus preformáció ugyanis eredetileg a Kistohonya-forrás felé nyújtott kedvezőbb felszínalatti lefolyási lehetőséget a mindkét irányban közel azonos mértékű hidraulikus esési viszonyok mellett.

Több féle geofizikai vizsgálatra került sor. Mágneses méréssel történt a Cyklopszok-csarnokában elért végpont feletti felszíni pont kitűzése. Munkatársaink több alkalommal végeztek üregkimutatási kisérletet a Cyklopszok- csarnoka feletti területen, de a meredek sziklás terep miatt a vizsgálatok nem vezettek egyértelmű eredményre.

A karsztos kölcsönhatások egyik legszebb példáját a karsztos kőzet-árapály jelenség kimutatása eredményezte. A Vass Imre-barlang Triangli-folyosójában a közel É-D-i irányú preformációs törés két oldalán elhelyezkedő kőzetblokkok 0,5-5,0 mikrométeres relatív mozgását határoztuk meg (litoklázis-fluktuáció). A dilatációs-mozgások főként a luniszoláris gravitációs-ingadozással mutattak jó kapcsolatot (M → G). A nyíró-mozgások ezzel szemben főleg a Kis-Tohonya-forrás vízhozam-változásaival egyidejű elmozdulásokkal jellemezhetők. E változások egyrészt leírják az áradások idősorának alakját a csapadék súlyának hatása miatt (K → G). Másrészt ezen belül egyidejű változást mutatnak a forráshozam árapály-eredetű ingadozásával is (G → H). Kimutattuk a földrengések hatását (G → G) és a légnyomás hatását is (K → G) a litoklázis-fluktuációra.

A Vass Imre-barlang geodéziai felmérése (publikált eredményeken kívül még Sárváry I.1955, Szenthe I.- Holl B.1985) nemcsak a barlang térbeli viszonyairól adott képet, hanem azt a kérdést is tisztázni lehetett, hogy a litoklázis-fluktuációs mozgás milyen méretű kőzetblokkok között megy végbe. A barlang alaprajzán végzett mérések arra az eredményre vezettek, hogy a közel függőleges preformációs főtörések mintegy 50 x 50 m-es elemi kőzetblokkokat zárnak körül. Úgy tűnik, hogy az Aggteleki-karsztvidék barlangjai, sőt Magyarország más karsztos barlangjai is igen gyakran közel ilyen "rácsállandó"-jú főtörésháló mentén alakultak ki. A barlangi keresztszelvények felvételére fotogrammetrikus módszert dolgoztunk ki.

EREDMÉNYEK A HIDROLÓGIAI ÉS A VÍZKÉMIAI KUTATÁSOK KÖRÉBŐL

Úgy tűnik, hogy a hidrográfiai összefüggések tanulmányozása is megerősítette azt a földtani és morfológiai alapon kialakított elgondolást, hogy a barlangrendszer feltételezett főága a haragistyai nagy törésvonal mentén alakult ki. Az 1964 évi tavaszi nagy áradás időszakában a Milada-barlang viznyelője és a Kis-Tohonya-forrás között 3 q sóval végzett összefüggés vizsgálat reális 71 m/óra felszínalatti áramlási sebesség meghatározásával hidrológiai kapcsolat kimutatására vezetett. A jelzőanyag beadása után 56 órával az alapszinthez képest 1,5 mg/l-es csekély amplitúdójú, de környezetéből egyértelműen kiemelkedő Cl-ion maximumot kaptunk. A jelzőanyag növekedési hulláma 52 órán át jelentkezett. A kapcsolat létezésének minden kétséget kizáró bizonyításához a kisérletet meg kell ismételni, mivel a nagyon kis amplitúdó a természetes ingadozás közelébe esik. A

szokatlanúl kis maximum érték kialakulását a kisérlet során az igen nagyhozamú áradás erős hígitó hatásának és a bifurkációs jelenség koncentráció felező hatásának tulajdonítottuk. Mindez azonban csak akkor fogadható el, ha a későbbi párhuzamos kisérletben (azonos körülményeket feltételezve) egy nagyságrendel nagyobb jelzőanyag beadása esetén egy nagyságrenddel nagyobb maximumot kapunk eredményül. Kimutattuk a Kis-Tohonya-forrás - Szabókut, valamint a Lagúnás-szifon utáni Fekete-szifon és a Kis-Tohonya-forrás közötti hidrológiai kapcsolat létezését is.

A Kis-Tohonya-forrás vízhozamának napi mérése a VITUKI által már 1954-ben elkezdődött. A forráshozam folyamatos regisztrálására 1966-tól került sor, amely 30 év után ma is tart. Az elmult időszakban a maximális forráshozam 26.000 l/perc, a minimális hozam zérus volt. Az átlagos hozam 1.000 l/perc-nek adódott. A csapadék hatáson kívül áradások időszakában igen erős árapály-eredetű hozam-ingadozást mutattunk ki a forrás vízhozam-változásában. Árvízcsúcsok után éles hozamcsökkenések, közepes kiürülésnél közel 6 órás periódusú hozam-ingadozás, áradások végén erős minimumok utáni hozam növekedések jellemzőek ezekre a változásokra. Az előző fejezetben közölt eredmények értelmében mind a csapadékos, mind az árapály-eredetű hozamváltozásokkal egyidejű kőzet mozgásokat a Vass Imre-barlangi litoklázis-fluktuációs változásokban is kimértük. E mérések együttes értékelése alapján sikerült értelmezni a vízhozam-változás árapály-jelenségének működési mechanizmusát ("összecsukható-törésrács"modell).

A Kis-Tohonya-forrás kiürülési viszonyai a Nagy-Tohonya-forrástól eltérően csak három független tároló létezésére utalnak Maucha G. még nem publikált diploma munkája szerint (a kiürülési poligonnak csak három oldalát lehetett megfigyelni). Ez a tény egyrészt azzal magyarázható, hogy a vízrendszerben víznyelős barlangi mellékág nincs. Másrészt annak tudható be, hogy az alaphozam egytárolós dolomitos kőzetblokkokból származik (foglalt forrásszáj tápterülete).

A Kis-Tohonya-forrás vízének kémiai változásaira az a meglepő tény a jellemző, hogy a forrás jelentős vízhozam-ingadozása ellenére a forrásvíz hidrogénkarbonát-ion tartalma, az összes keménység értéke, ill. vezetőképessége áradások időszakában csak igen csekély mértékben változik meg. Ennek két oka van. Az egyik ok a korábban elmondottakból következik. A víznyelős áradások kis töménységű vizei az esetek legnagyobb részében a Kecső-forrásnál látnak napvilágot. A másik ok az a tény, hogy a barlangrendszer feltételezett főága mészkő és dolomit határon fut. A főtörés rendszeren lefutó áradások vízének összeskeménysége ezért alig nagyobb, mint a kisvizek összeskeménysége, mivel dolomitos oldatokból kiválás nincs (keménység ingadozás a felére csökken).

A Ca-ion és a Mg-ion tartalom ellentétes változása azzal magyarázható, hogy a felerészben dolomitos vízgyűjtőn a dolomit blokkok mészkőnél mintegy háromszor nagyobb áttörtsége miatt kisvíznél az alaphozam táplálásához háromszor nagyobb hozamot szállítanak, mint a mészkőblokkok. Ilyenkor a forrás hozam kémiai összetétele áttörtség-arányosan Mg-ion tartalomban dúsabb. Áradás időszakában teljes vízcsere történik a forrásnál. A víz kémiai összetétele a vízgyűjtő felszínen található mészkő és dolomit felületek arányában nagyobb Ca-ion és kisebb Mg-ion tartalmúvá válik, mikor a forrás a főtöréshálóz vizeit vezeti le. Amíg a főági vizek nyomása nagyobb, oldalirányban töltik a blokkok finomabb töréshálózatát, onnan kiszivárgás a forrás felé ebben az időszakban ezért nem lehetséges (kizárási-effektus),(H → H).

A barlangi csepegővizek vízhozam regisztrálása 5 mérőhelyen több mint 25 éven át folyamatos volt. Az 1970-79 közötti 10 évben a legnagyobb csepegéshozam 6.3 l/nap, a legkisebb zérus l/nap volt. Az átlagos csepegéshozam 5 mérőhely átlagában 0,7 l/nap volt. A cseppkövekről csepegő vizek hozam mérésének célja az volt, hogy közvetlenül a vízgyűjtő felszín alatt figyelhessük meg a beszivárgás időbeli változását. Az adatokból sokáig nem tudtunk számítani beszivárgott csapadék-hányad értékeket, mivel nem ismertük a csepegőhelyek vízgyűjtő területének kiterjedését. Csak az egész Aggteleki-hegység vízháztartási vizsgálatának eredményei alapján a hetvenes évekre meghatározott átlagos fajlagos területi hozam értékének (358 l/perc/km^2) ismeretében lehetett megállapítani, hogy 5 mérőhely átlagában a sokévi átlaghozamhoz 1,4 m^2 fiktív vízgyűjtő tartozik. Ennek figyelembevételével a csepegéshozam idősorából ugyanolyan éven belüli havonkénti beszivárgott csapadékhányad eloszlást lehett számítani, mint a forrás hozamidősorából. Kiderült, hogy a téli félévben már 10 mm folyékony csapadék mérhető beszivárgást okoz. Ugyanakkor a nyári félév száraz időszakában csak 50 mm csapadék képes érdemi beszivárgást okozni (B → H).

A csepegésmérő helyek hozamának és a csapadéknak 10 évig tartó (1970-79) folyamatos és egyidejű regisztrálása lehetővé tette, hogy a csapadékok kezdete és a csepegéshozam növekedések kezdete között eltelt időt néhány perces hibával meghatározzuk. Mérőhelyenként átlag 14 csapadék és hozamváltozás kapcsolatát vizsgáltuk meg. Ennek alapján és a barlang feletti fedővastagság figyelembe vételével kisérleti adatokat nyertünk a függőleges szivárgási sebességre vonatkozóan. A Kettős Cápaszáj, Lenke-termi-feljáró, Eresz és a Narancs-zuhatag közelében lévő mérőhelyek feletti átlagos fedővastagság 33,4 m-nek, az átlagos szivárgási idő 55,6 órának, az átlagos szivárgási sebesség 0,9 m/órá-nak adódott. Kessler H. korábbi hasonló kisérletei során végzett nyomjelzései igazolták fenti érték 9O %-os valódiságát.

A kapott eredmény átlag 17,5 mm-es, közepes nagyságú csapadék hatásának felelt meg. Ez a szivárgási sebesség érték az elemi kőzetblokkok belsejében lévő finomabb repedéshálózatra jellemző, mert a vizsgált csepegő vízek mindenhol az oldalfalak aláhajló részein kialakult sztalaktitokból származnak.

Különösen érdekes eredményre vezetett az a vizsgálat, amely a Vass Imre-barlang 50 csepegő-vizes helyének vízhozam és vízminőségi viszonyait tanulmányozta. Megállapításra került, hogy a barlangi csepegővizek két csoportba sorolhatók. A cseppkövek belsejéből kicsepegő vizek összes keménysége 24 nkf. A cseppkövek oldaláról lecsepegő vizek összeskeménysége viszont 14 nkf. Ki lehetett mutatni azt is, hogy a csepegő vizek átlagos keménysége a vegetációs nyári időszakban 8-10 nkf.-al keményebb, mint a téli időszakban (B → K),(B → H).

Csapadékos időszakban a barlangban megjelenő vizek (Lagúnás-szifon, Cidri-folyosó, Narancs-nyelő kifolyó vize) kémiai vizsgálatából kiderült, hogy ezek a vizek sokkal nagyobb mértékben mészkő oldásából származnak, mint a Kis-Tohonya-forrás vizei. Az 1979 április 14-i mintavételek szerint a Ca/Mg -hányados értéke a barlangi vizek átlagában 7,3-as, a forrásvizek átlagában 3,4-es érték volt. Az eltérés oka abból adódik, hogy e vizek a túlnyomórészt mészkőben kialakult felső inaktív-ág kőzet felületével érintkeznek, míg a két forrásszáj a fele részben dolomitos vízgyűjtő vizeit hozza napvilágra (G → H). Úgy tűnik csak a Narancs-nyelő vize származik az alsó aktív-ág vizeiből, mivel ennek a víznek a kémizmusa közel áll a forrásvíz összetételéhez. A barlangi folyóvizek vezetőképessége helyenként a forrás felé haladva csökken, mert mésztufa gátakat rak le (Fúró környéke),(H → G). Máshol a víz vezetőképesssége kifelé haladva nő (Narancs-nyelő alatt), ami a víz aggresszív jellegére utal. Eredményes volt az a kutatás is, amely a Vass Imre-barlang keveredési-korrózió által létrehozott morfológiai bélyegeinek meghatározására irányult. A megfigyelések valóság tartalmát a fenti folyó vizek keveredéséből származó kémiai aktivításának egyes számított eredményeivel lehetett igazolni (H → H).

A KLIMATOLÓGIAI KUTATÁSOK EREDMÉNYEI

A Vass Imre-barlang legfontosabb klimaelemeinek hetenkénti, az utólsó években havonkénti mérését 1963-tól 1994-ig csaknem folyamatosan végeztük. A léghőmérséklet és a páratartalom mérését hagyományos és Beckmann-hőmérős száraz-nedves hőmérőpárok tették lehetővé. Kezdetben ugyanezt erre a célra és

csepegésmérésre tervezett távválasztós elektromos távmérő berendezéssel észleltük. A légnyomás mérések is hagyományos barográfokkal történtek. Később két barlangi hely közötti légnyomás különbség mérését nagy érzékenységű aneroid cella változásainak optikai elektronikus kijelzésével lehetett megoldani. Két pont között műanyagcsöves továbbítás biztosította az eltérő légnyomás értékek egy helyen való mérését. A légáramlás folyamatos regisztrálását frekvenciamérésen alapuló fototranzisztoros anemométerrel oldottuk meg.

Sok éves vizsgálatsorozat alapján meghatároztuk a felszíni klíma behatolási mélységét a barlangba az egyes állomásokon észlelt ingadozások figyelembe vételével. A behatolási mélység a barlang bejáratától számított 300 m-nek adódott. Tanulmányoztuk a szélsőértékek különbségének barlang hosszúság menti eloszlását és az eloszlásra vonatkozóan az irodalomban talált összefüggésnél pontosabb képletett sikerült levezetni.

A hőmérséklet szélső értékei nyitott bejáratnál a Sár-szifonnál 3.9 és 8,7°C között változtak. A Lagúnás-szifon előtti Spongyánál ugyanez az érték 8,6 és 10,0 °C, a szifon után lévő Dómban 9,4 és 10,2 °C között ingadozott. A barlang bejárati termében észlelt legkisebb realtív páratartalom értéke 40 % volt. A barlang belső szakaszaiban a relatív páratratalom értéke megközelíti a 100 % értéket.

Az évszakos változáson kívül a nappali felmelegedés miatt a barlangi légáramlásnak napi járása is van. A legnagyobb szelet 1959 június 23-án a nyitott aknabejárat tengelyében, kihúzó légáramlatban, kanalas anemométerrel mérték (1,76 m/sec). Az első mérési időszakban a fototranzisztoros anemométerrel kis széllökéseket is sikerült kimérni. Csak az utólsó években lehetett bizonyítani, hogy ezek a gyors és rövid változások a felszíni széllökések szükségszerű következményei (felszínre nyíló repedéseknél a Bernoulli-effektus nyomás csökkentő hatása (K → K).

A külső időjárási elemek változásai közül a légnyomás változás hatolt be a legmélyebben a Vass Imre-barlangba. Jelentős eredményre vezetett a légnyomás különbség és a légáramlás egyidejű folyamatos regisztrálása. A kettő között tökéletes kapcsolatot lehetett kimutatni. A barlang bejárata és a Triangli-folyosó közötti szakaszon az eddig mért legnagyobb nyomás különbség 18,8 PA volt. A legkisebb értéke 3,4 PA-nak adódott. Mivel a műszeresen már nem mérhető minimális légáramlás értékét is ki lehettet számítani fenti mérési eredmények kapcsolatából, ezért a Lagúnás-szifon mesterséges lezárásával és nyitásával össze lehetett hasonlítani a barlangrendszer első 300 méteres szakaszához és a még fel nem tárt teljes barlangrendszerhez tartozó légáramlás sebességek nagyságát. A

kapott mérési eredmények alapján mintegy 5 km-es teljes barlanghosszúságot lehetett becsülni, ami igen jól megfelel a 4 km-es forrás-víznyelő közötti légvonalbeli távolságból becsülhető értéknek.

RADIOLÓGIAI EREDMÉNYEK

Az első időszakban a Vass Imre-barlangban Geiger-számlálóval történt mérésekkel ki lehetett mutatni a β- és γ- sugárzás jelenlétét (G → M). Ezek intenzitása a légáramlás irányától és nagyságától is függ. A kihúzó légáramlásnál nagyobb intenzitású sugárzásokat lehetett meghatározni, mint befelé irányuló légáramlás esetén (K → M).

A barlangban történt első időszaki nyomdetektoros (α-sugárzás beütéseket rögzítő) radon-mérésekkel az ATOMKI munktársai kimutatták, hogy a radon-aktívitás 1,0 és 26,2 kB/m^3 között ingadozott. A DATAQUA számítógépes adatgyűjtő rendszerrel mért radon eredmények alapján szintén meg lehett állapítani, hogy nyáron, nyitott Lagunás-szifon esetén 7-szer nagyobb a radon-tartalom, mint télen (K → M). Ennek oka az, hogy nyáron a bejáraton kifelé húzó légáramlás a repedéshálózatot a barlang felé öbliti át. Zárt szifon esetén viszont a szifon előtt és után télen nagyobb, nyáron kisebb a radon-aktivítás, mint nyitott szifon mellett. Arra is fény derült, hogy nemcsak a légáramlás irányváltozása (K → M), hanem kőzet felületről való radon kilépés (G - K) diffúzió sebessége is szerepet játszik a barlangban lévő mindenkori radon-aktivítás kialakitásában.

BIOLÓGIAI MEGFIGYELÉSEK

Az 1992 évi gyűjtés során a Vass Imre-barlangban a pókfélék közül a Porhoma rosenh. faj, a rovarok közül az Acari, Aphidinia, Campodea, Collembola, Coleoptera, Diptera, Heteroptera, Hymenoptera és Izopoda nemzetségbeli fajok kerültek elő Spielmann Edit még nem publikált vizsgálatai szerint. Ezen kívül időszakosan denevéreket, peléket, valamint a bejárat környékén csigákat és békákat lehetett megfigyelni a barlangban a feltárás óta eltelt évek során.

VÁLOGATOTT IRODALOM

A Vass Imre-barlanggal kapcsolatos teljes irodalom 1995-ben összesen 163 tételből állt. A válogatott irodalomba csak azokat a publikációkat vettük fel, melyek új barlangszakaszok feltárásáról, vagy új tudományos felismerésekről számolnak be. Csak konkrétan a barlang vizsgálatával, valamint a barlang hidrológiai rendszerének tanulmányozásával foglalkozó anyagokat tüntettünk fel. Nem vettük be a válogatott irodalomba sem a feltételezett víznyelő barlangok feltárási eredményeivel, sem a barlang leírásával foglalkozó publikációkat, sem a Papp Ferenc Barlangkutató Csoport részeredményekkel foglalkozó kutatási jelentéseit. A kutatástörténettel foglalkozó tanulmányok közül csak a nagyobb feltárások után ill. a kerek évfordulók alkalmából írt publikációkat vettük figyelembe. Fentiek miatt csak 95 tanulmány listáját közöljük.

Ásványtan, földtan, őslénytan, morfológia, geofizika, térképezés

Holly F.-
Maucha L. (1956): A Vass Imre-barlang. Földt.Közl. 4.sz. Bp. p.482-492

Papp F. (1957): Karsztos formák, különös tekintettel a műszaki követelményekre. ÉKME Tud. Közl.III.k.5 sz. Bp. p.31-45.

Dékány Cs.(1960): A Vass Imre-barlang geodéziai felmérése. Karszt és Barlangkutatás. Évk. I.köt. MKBT Bpest.p.103-108.

Papp F. (1960): A szpeleológia földtani vonatkozásai. Karszt és Barlangkut. Táj. Bp. p.309-316.

Pályi Gy.(1960): Cseppkövek és bevonatok szinének tanulmányozása. Karszt és Barlangkut. Évk. I.köt. MKBT Bp. p.109-113.

Fejérdy I.-
Holly I. (1960): Adatok az Észak-borsodi karszt morfológiájához. Karszt és Barlangkut. Táj. Bp. p.488-499.

Stomfai R.(1960): Mágneses mérések a Vass Imre-barlang új bejáratának kitűzéséhez. Karszt és Barlangkut. Évk. I.köt.Bp.p. 115-121.

Tóth J. (1961): A Vass Imre-barlang kataszteri adatai (ÉKME Ásvány és Földtani Tanszéke Munkaközössége nevén írt tanulmány) Karszt és Barlangkut. Táj.

Papp F.(1961): Földalatti üregek indexelése (Előadás ismertető) Karszt és Barlangkut.Táj. Bp. p.12-18.

Papp F. (1962): Aufstellung von Indexzahlen unterirdischer Höhlraume. Karszt és Barlangkutatás MKBT Évk. III. köt. Bp. p.145-154.

Pályi Gy. (1962): Study on coloured stalactites and coatings (II). Karszt és Barlangkut. Évk. II. köt. MKBT Bp. p. 137-145.

Maucha L.-
Tóth J. (1962): Fotogrammetrikus módszer a barlangok keresztszelvényezésére. Karszt és Barlangkut. Évk. III.köt. MKBT Bp. p.88-144.

Bidló G.-
Maucha L.(1964): A Jósvafő környéki karsztüledékek vizsgálata. ÉKME. Tudományos Közlemények. X.köt. 1.sz. Bp. p. 71-82.

Topál Gy. (1964): The subfossils of the Vass Imre Cave. Vertebrata Hungarica, 1964. VI. köt. 1-2. füz. Bp. p.109-120.

Cser F.-
Maucha L. (1965): Ein Beitrag zur Frage der Entstehung von Excentriques. Die Höhle. Wien. p.16.

Pályi Gy. (1965): Study on coloured stalactites and coatings (III). Karszt és Barlangkutatás.IV.köt. MKBT Évk. Bp. p.69-79.

Cser F.-
Fejérdy I.(1965): Formation of the polymorphic forms of calcium carbonate and their transition one into another. Karszt és Barlangkut. MKBT. Évk. IV. köt. Bp. p.15-40.

Pályi Gy. (1965): A barlangi szineződések kelekezésének egyes geokémiai és karszthidrológiai szempontjai. Karszt és Barlangkut. Táj. Bp. p.95-97.

Maucha L. (1966): A litoklázis-fluktuáció első megfigyelése a Vass Imre-barlangban. Karszt és Barlang II. Bp. p.82.

Cser F. (1967): A heliktitek képződési problémája. Karszt és Barlang I-II. Bp. p.21-28.

Cser F.-
Maucha L.(1968): Contribution on the Origin of "Excentric" Concretions. Proceedings of the 4th International Congress of Speleology in Yugoslavia. Vol.III. Ljubljana. p.55-60.

Cser F.-
Maucha L.(1968): Contribution on the Origin of "Excentric" Concretions. Karszt és Barlangkut. Évk. V.köt. MKBT Bp. p. 97-100.

Gádoros M.(1969): Registrierung der Litoklasen bewegung unter den Lunisolaren Einflüssen. Int.Kongr. für Speleologie. Abhandlungen. Bd. 3. Stuttgart. p.S. 42/1-4.

Kordos L. (1971): Ősmaradványok a Vass Imre-barlang tárójából. Karszt és Barlang II. Bp. p. 92.

Lantos M.-
Zimányi I. (1972): Geofizikai módszerek alkalmazása a barlangkutatásban (Vass Imre-bg-i kisrl.). Karszt és Barlangkut. Táj. III. Bp. p. 34-36.

Maucha L.-
Sárváry I. (1972): Az árapály eredetű kőzet-dilatáció mérése és az ehhez kapcsolódó észlelések a Jósvafői Kutató Állomáson. II. Anyag és Energiaáramlási Ankét Kiadv. Könyv. Akadémiai Kiadó Bp. p. 239-242.

Maucha L.(1973): A Vass Imre-barlangi litoklázis - fluktuáció mérés újabb eredményei. Karszt és Barlangkut Táj. 2. Bp. p. 9-11.

Borzsák P.(1973): Új bejárat a Vass Imre-barlangba. Karszt és Barlang I-II. Bp. p. 49.

Maucha L.(1973): A karsztvizek árapály jelenségét okozó kéregmozgások műszeres vizsgálata. MTA. X. Oszt. Közl. 6/1-4/ Bp. p.55-83.

Maucha L.(1973): Instrumental measurements of crust deformations causing tidal phenomena of karst waters. Studies on the Material and Energy Flows of the Earth. Akadémiai Kiadó. Bp. p. 203-206.

Maucha L.(1977): Study of tidal movements of karst waters and karstic rocks. Ann. Geophys. t. 33, fasc, 1/2. p. 151-156.

Szablyár P.(1990): Barlangtani megfigyelések a jósvafői Kossuth-barlang emeleti járataiban (Vass Imre-barlangi összehasonlító üledék elemzések adatai). Karszt és Barlang I. Bp. p. 9-12.

Szablyár P.(1995): Adatok néhány Jósvafő környéki barlang agyagkitöltéséről (Kossuth-, Vass Imre-, Béke-barlang). Karszt és Barlangkut. X. köt. Bp. MKBT. Kiadv. p. 113 - 124.

Maucha L. (1995): A karsztos árapály jelenség működési mechanizmusa Vass Imre-barlangi vizsgálatok alapján. Karszt és Barlangkut. X. köt. Bp. MKBT. Kiadv.p.71 - 101.

Hidrológia, vízkémia

Holly F. (1956): A jósvafői Vass Imre-cseppkőbarlang. Hidr. Közl. 36. évf. 3.sz. Bp. p. 230-239.

Gánti T. (1957): A barlangok keletkezésének kémiai vonatkozásai. Hidr. Közl. 37.évf. 3.sz. Bp. p. 285-288.

Czájlik I.-
Fejérdy I.(1960): Cseppkövekről csepegő vizek vizsgálata a Vass Imre-barlangban. Karszt és Barlangkut. Évk. I. köt. MKBT Bp. p. 97-102.

Czájlik I. (1962): A Vass Imre-barlang részletes hidrológiai vizsgálatának újabb eredményei. Karszt és Barlangkut. Évk. III.köt. MKBT. Bp. p. 3-19.

Gádoros M. (1962): Elektromos távmérő berendezés a Vass Imre-barlang hidrológiai és klimatológiai viszonyainak vizsgálatához. Karszt és Barlangkut. Évk. II. köt. MKBT Bp. p.101-125.

Gádoros M. (1964): Műszeres vizsgálatok a karsztos beszivárgás megfigyelésére. ÉKME Tudományos Közlemények. X.köt.1.sz. Bp. p. 99-107.

Zsilák Gy. (1964): A Jósvafő környéki források hidrológiai vizsgálata. ÉKME Tudományos Közlemények X.köt. 1.sz. Bp. p. 185-200.

Sárváry I. (1964): Sikeres kísérlet a Vass Imre-barlangnál (Milada-bg-i víznyelő és Kistohonya-forrás közötti kapcsolat kimutatása). Karszt és Barlang II. Bp. p. 64.

Gádoros M. (1966): Measuring Instruments for Observation of Drop-Water in Caves. Az 1964. évi Brünni Nemzetközi Szpeleológiai Konferencia Kiadványa. Part.II. Brno. p. 115-128.

Gádoros M. (1966): Electrical Equipment for the Transmission of Climatological and Hydrological Data from Vass Imre Cave, Hungary. The National Speological Bulletin. Vol. 28. No.2. April. p. 80-89.

Bartha L., ifj. (1967): Ebbe und Flut im Karstgebiet. Sterne und Weltraum. VI.évf. 8-9.sz. aug.-szept. Mannheim. p. 216.

Gádoros M. (1967): Przyrzady pomiarowe do badania saczaciek sie kropli vody v jaskiniach. II. Juraskie Seminarium Speleologiczne. Niphargus. Cestohowa. p. 11-14.

Maucha L. (1968): Ausweise des Gezeiten-Erscheinungen des Karstwasserspiegels. Karszt és Barlangkut. Évk. V.köt. MKBT Bp. p. 101-116.

Maucha L. (1968): A karsztvízszint árapály jelenségének kimutatása. Bányászati Kutató Intézet Közleményei I. félév. Bp. p. 87-89.

Maucha L.-
Sárváry I. (1970): Tidal Phenomena in the Karstic Water Level. Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology. XV. évf. 2.sz. p.39.

Maucha L.-
Sárváry I. (1973): Tidal Phenomena in the Karst Water Level. Studies on the Material and Energy Flows of the Earth. Akad.Kiad.Bp. p.207.

Maucha L. (1978): Jósvafő környéki karsztforrások kiürülési folyamatának vizsgálata. Nemzetközi Karszthidrológiai Szimpózium Közleményei. Bp. p. 174-186.

Cser F. (1978): The Analytical Determination of Stored Water of Karstic Springs. Nemzetközi Karszthidrológiai Szimpózium Közleményei. Bp. p. 129-140.

Sárváry I. (1979): Víznyomjelzési kísérletek néhány elvi és gyakorlati kérdése. Vízügyi Közlemények. 3. füzet. Bp. p. 449-476.

Cser F.-Izápy G.-
Maucha L. (1984): Problems of Water Chemistry of Jósvafő Terrain. Kras i Spelelogia. V.szám. Katowice. Kat. Egy. Kiadv. p. 25-33.

Cser F.-Izápy G.-
Maucha L. (1986): Hydrochemical data of springs and problem of magnesium. Comm. IX. Congresso Int. de Espana. Vol. 1. Barcelona. p. 73-76.

Cser F. (1988): Role and morphological traces of mixing Corrosion in Caves. Comm. Int. Symp. on phys. chem. and hydrogeological research of karst. Kosice. p. 132-145.

Izápy G.-
Maucha L. (1993): The discharge quality relationship interpreted for karstsprings by a new karstmodel. Proc.of the Europ. Conf.of Spel. and Karst. Bull.de la Soc.de la Geograph. de la Liege. Vol. 29. p.53-6O.

Izápy G.-
Maucha L. (1994): Hydrochemistry of the karst Springs in the Jósvafő region. Karst and cave research in Hungary. Az 1992. évi jósvafői karsztkonf. anyaga. MKBT kiadv. Bp. p. 91-100.

Izápy G. (1995): A Kistohonya-forrás jellemző vízhozam- és vízminőségi változásai. Karszt és Barlangkut. X.köt. Bp. p. 53 - 70.

Klimatológia

Gádoros M. (1968): Nemzetközi Szpeleológiai Szimpózium Szlovákiában (Ea. a Vass Imre-bg. vizsg.-ról). Karszt és Barlang I-II. Bp. p. 28-29.

Gádoros M. (1968): Mikroklimatische Messungsmethoden in der Vass Imre-Höhle. Sympozium pre speleomikroklimachemiu a mikrobiológiu. Zbornik Vychodoslovenského Muzea c Kosiciach. Seria "A" Rck.Kosice. p. 46-47 és 122-123.

Gádoros M. (1969): Analyse der Tagesschwankung und Jahresschwankung der Lufttemperatur in der Höhle "Vass Imre". Int. Kongr. für Speleologie. Abhandlungen Bd.3. Stuttgart. p. S. 44/1-5.

Gádoros M. (1971): A barlangi hőmérséklet ingadozásairól (Előadás ismertetése) Karszt és Barlangkut. Táj. 2. Bp. p. 8-9.

Gádoros M. (1971): Temperaturfernmessung mit hoher genauigkeit. Proceedings of the 4th International Congress of Speleology. Vol. 6. Ljubljana. p. 25-31.

Gádoros M. (1986): Air temperature investigations in Vass Imre cave. Jósvafő. Northeastern Hungary. Comm. IX. Congresso Int. de Espana. Vol. 1. Barcelona. p. 83-84.

Cser F.-
Gádoros M. (1986): Aerosols in caves - Theoretical considerations.Comm. IX. Congresso Int. de Espana.Vol 1. Barcelona. p. 90-92.

Cser F.-
Gádoros M. (1988): The role of aerosols in cave depositions. Comm. Int. Symp. on phys., chem. and hydrogeological research of karst. Kosice. p. 25-34.

Gádoros M. (1990): Measurement of atmospheric pressure differences in the Vass Imre Cave. Proc. of. X. Int. Cong. of Spel. III.kötet. Bp. p. 775.

Holl B.-
Kérdő P. (1990): Analysis of air flow and pressure data records of Vass Imre Cave. Proc. of X. Int. Cong. of Spel. III.kötet. Bp. p. 755-757.

Radiológia

Gádoros M. (1969): Beta- und Gamma-Aktivitat in wenigen Karsthöhlen. Int. Kongr. für Speleologie. Abhandlungen Bd. 3. Stuttgart. p. S. 43/1-3.

Gádoros M. (1971): Über die Radioaktivitat in den Höhlen. Vedecká Konferencia v Dedinkách z prileztosti 100. vyrocia objavenia Dobsinskej ladovej jaskine. Slovensky Kras. Dobsina. sept.

Gádoros M. (1986): Cave radioactivity theory and data. Comm. IX. Congresso Int. de Espana. Vol. 1. Barcelona. p. 88-90.

Hakl J.-Hunyadi I.-
Somogyi Gy. (1989): Historical review of one decade radon measurements in Hungarian caves performed by solid state nuclear track detection technique. ATOMKI Report R-1. Debrecen. p. 3-12.

Csige I.-Géczi G.-Hakl J.-
Hunyadi I.-Lénárt L.-
Törőcsik I. (1991): Outline of natural radon occurrences on karstic terrains of Hungary. Radiation Protection Dosimetry. Vol. 45. p. 183-186.

Hakl J. (1992): Radon mapping on karstic terrains in Hungary. Extended Abstract of Eastern European Workshop on Geological Aspects of Radon Risk Mapping. Czech. Geol. Surv. Prague. p.35-37.

Hakl J.-Hunyadi I.-
Géczy G.(1993): Nuclear analytical study of transport process of caves surface interrelations. Proc. of the Europ. Conf. of Spel.and Karst. Bull.de la Soc. Geograph. de la Liege. Vol.29.p.49.

Hakl J.-Hunyadi I.-Várhegyi A. (1993): The study of subsurface radon transport dynamics based on monitoring in caves. The 2nd Int. Coll. on Gas Geochem. France Besancon. (in print)

Hakl J. (1993): A radontranszport dinamikájának vizsgálata a Vass Imre-barlangban és a Cserszegtomaji-kútbarlangban végzett mérések alapján. Karszt és Barlang. I-II. Bp.

Hakl J. (1995): A radon transzport dinamikája a Vass Imre-barlangban. Karszt és Barlangkut. Évk. X.köt. Bp. MKBT kiadv. p. 103 - 111.

Összefoglaló beszámolók a kutatási eredményekről

Holly S. (1954): Felfedeztük az új gömöri óriásbarlangot. (Vass Imre-barlang). Béke és Szabadság. Bp. okt. p. 10.

Holly F. (1955): Új cseppkőbarlangot fedeztek fel barlangkutató vegyész hallgatóink. (Vass Imre-bg.).Jövő Mérn. III.évf. 17.sz. Bp.

Holly F. (1955): Új cseppkőbarlangot fedeztek fel (Vass Imre-barlang) Hidr.Közl. Bp.

Maucha L. (1955): Megnyílt az út a hegység belsejébe. Új cseppkőbarlang Jósvafő határában. (Vass Imre-bg.). Magyar Nemzet. Bp. dec.16. p.5.

Holly I. (1956): Új természeti kincsünk. (Vass Imre-barlang) Természetjárás. II.évf.3.sz. Bp.

Maucha L. (1956): A Vass Imre-barlang feltárása és kutatása a speleológia új módszereivel. Természet és Társadalom. Bp. aug. p. 468-471.

Gábor N. (1960): A Vass Imre-barlang újabban felfedezett részei. Karszt és Barlangkut. Táj. Bp. jan.-feb. p. 16-22.

Maucha L. (1961): A Vass Imre Barlangkutató Állomás. Természettudományi Közlöny. Bp. nov. sz. p. 515-517.

Sárváry I. (1968): A Budapesti Műszaki Egyetem Jósvafői Kutatóállomásának szerepe a hazai karsztkutatásban. Hidr. Táj. Bp. jún. p. 86-87.

Maucha L. (1971): System of speleological interactions. (Results of the Jósvafő Karst Research Station in its first decade). Karszt és Barlangkut. MKBT Évk. VI. köt. Bp. p. 13-32.

Gádoros M. (1977): 20 éves a Jósvafői Karsztvízkutató Állomás. Karszt és Barlang. I-II. Bp.p. 68.

Müller P.-Sárváry I.(1977): Some Aspects of Development in Hungarian Speleology Theories During the last 10 years. Karszt és Barlang. Special Issue on the occasion of 7th Int. Spel. Cong. held in England. Bp. p. 53-59.

Maucha L. (1982): 25 éves a Jósvafői Karsztkutató Állomás. Karszt és Barlang. II. Bp. p. 118-119.

Maucha L. (1985): A Vass Imre-barlang feltárásának 30. éves évfordulója. MKBT XXX.Vándorgyűlés kiadványa. Jósvafő.

Maucha L. (1986): A volt Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem jósvafői Papp Ferenc Karsztkutató Állomásának története és eredményei. A Miskolci NME. Közl. I. sorozat. 36. köt. 14. füz. Miskolc. p. 260-271.

Holly I. (1995): A Vass Imre Barlang feltárásának története. Karszt és Barlangkutatás. X. köt. MKBT kiadv. p. 27 - 32.

Maucha László
tud.főmunkatárs
VITUKI
Budapest
Kvassay J.u.1.
H-1095

REVIEW OF EXPLORATIONS IN THE VASS IMRE CAVE

by

L.Maucha

SUMMARY

The Vass Imre Cave at Jósvafö was the site of several scientific projects between 1954 and 1994. The possibility thereof was created by Ferenc Papp, Professor of Geology at the Budapest University of Technology, who founded the Carst Research Station in 1957 at the entrance to the cave, with the aim of studying phenomena in mineralogy, geology, hydrology and climatology.

A number of special karst processes were explored in the Vass Imre Cave, which resulted in the development of the "Set of karast interaction".

The interrelations between electrostatic, klimatic and mineralogic processes in the caves were idnetified by the genetric studies on heclites. The studies into the colour and growth rate of dripstones led to a better understanding of hydrological, hydrochemical and biological processes. Investigations into the hydrology and hydrochemistry of dripping waters and springs in the cave revealed the interrelations between infiltration, depletion and vegetative processes. The detection of tidal fluctuations in the karst water and rocks was the source of a wealth of new information, including the interpretation of interactions between gravity field strength, geophysical-, hydrologic- and climatic factors, further of the driving mechanism. The measurements on the micro-climate and radiation in the cave yielded also valuable information.

A JÓSVAFŐI KISTOHONYA-FORRÁS VÍZHOZAM ÉS VÍZMINŐSÉGI JELLEMZŐI

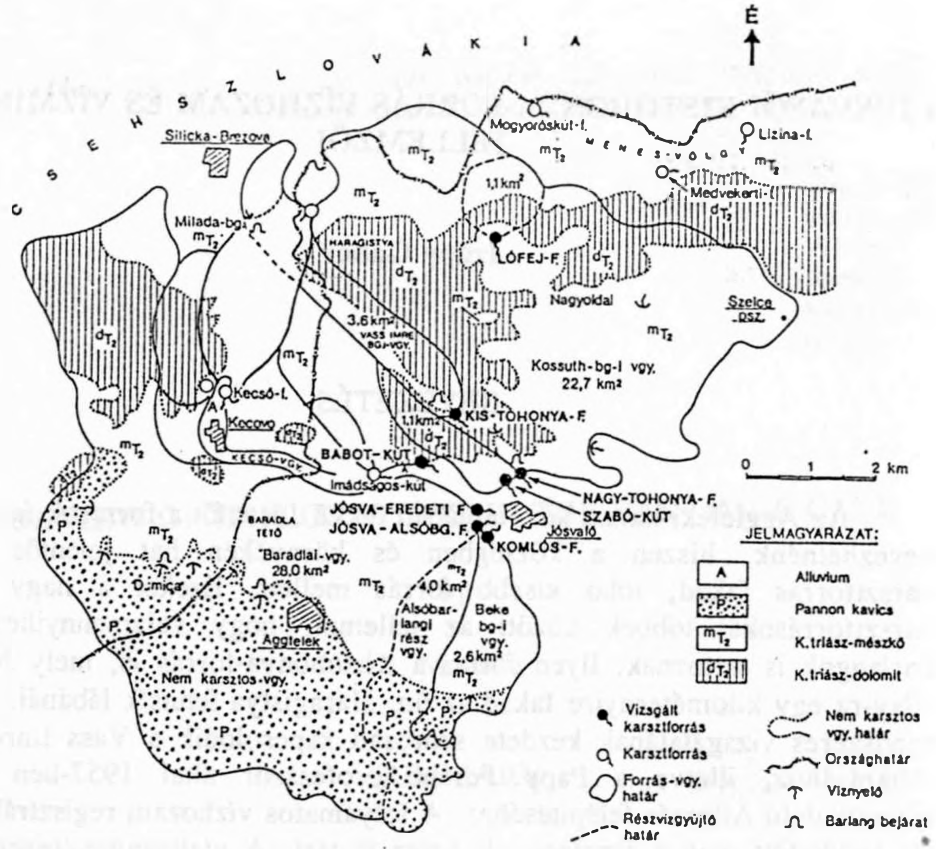
Izápy Gábor

BEVEZETÉS

Az Aggteleki-karszt központjában fekvő Jósvafőt a források falujának is nevezhetnénk, hiszen a községben és környékén hat jelentős hozamú karsztforrás fakad, több kisebb forrás mellett. Ezeket a nagy hozamú karsztforrásokat többek között az jellemzi, hogy valamennyihez ismert barlangok is tartoznak. Ilyen forrás a Kistohonya-forrás is, mely Jósvafőtől ÉNy-ra egy kilométernyire fakad az ún. Haragistya-fennsík lábánál. A forrás rendszeres vizsgálatának kezdete szorosan kapcsolódik a Vass Imre-barlang feltárásához, illetve a Papp Ferenc professzor által 1957-ben alapított Karsztkutató Állomás felépítéséhez. A folyamatos vízhozam regisztrálás 1965-től kezdődött meg a forráson, és azóta is tart. A vízhozammméréseken kívül hetente történik a forráson hőmérséklet mérés. Korábban, 1979-83 között heti gyakoriságú vízminőségi vizsgálatok is történtek a forrásból vett minták vizében. A rendszeres hozam- és vízminőségi méréseket néhány egyszeri nyomjelzési és izotóphidrológiai vizsgálat egészítette ki. A forrás hozamában tapasztalt különleges változásokat Maucha László tanulmányozta részletesebben, és adott magyarázatot e jelenségekre.

A KISTOHONYA-FORRÁS HIDROLÓGIAI JELLEMZŐI

A Kistohonya-forrás a jósvafői Tohonya-völgyben (1. ábra) kb. 255 mBf. magasságban fakad. A víz több forrásszájból lép felszínre a csaknem százméteres hosszúságú mederből. A felső forrásszájak az év nagy részében szárazak, az alapvízhozamot a legalsó, foglalt forrásszáj biztosítja. Sokáig önálló forrásként tartották számon ez utóbbi fakadást, azonban a vízkémiai és forrás kiürülési vizsgálatok ezt nem erősítették meg. Jellegzetessége a forrásnak, hogy vize száraz időszakban nem jut el a felszínen a befogadó Nagytohonya-patakba, hanem a Tohonya-völgyben elnyelődik, és egy nyomjelzési vizsgálat

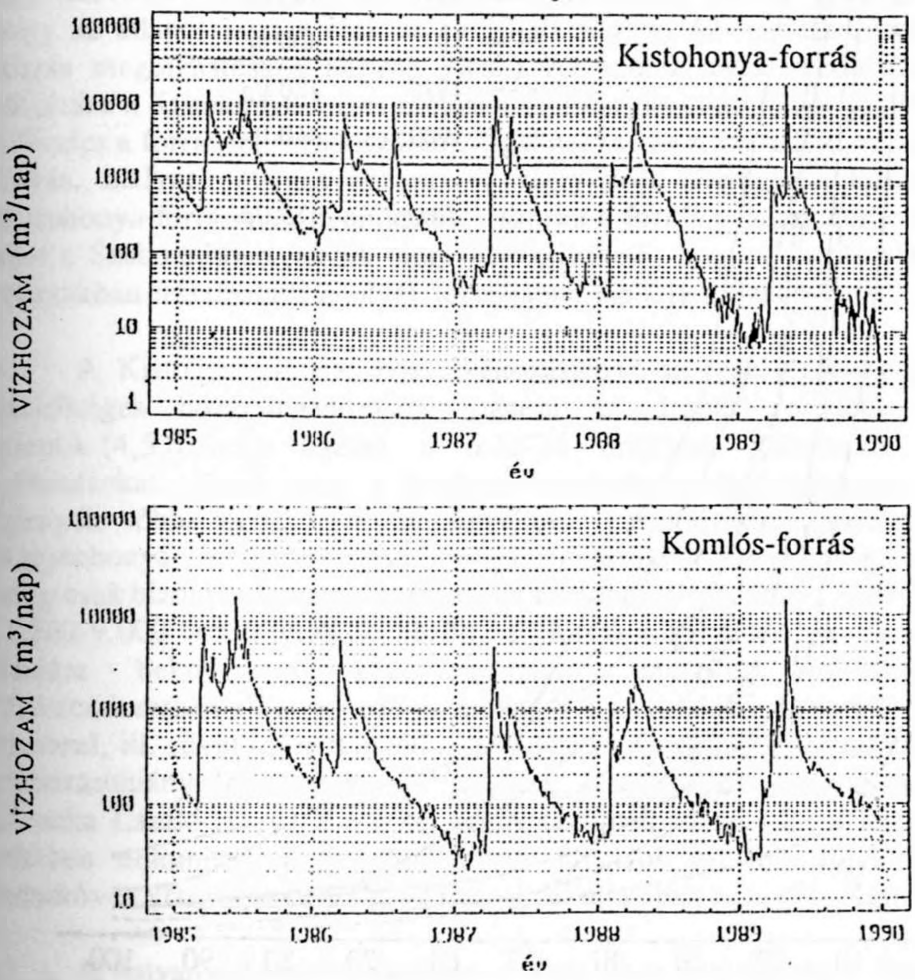


1.ábra. A Jósvafő környéki karsztvidék áttekintő térképe.

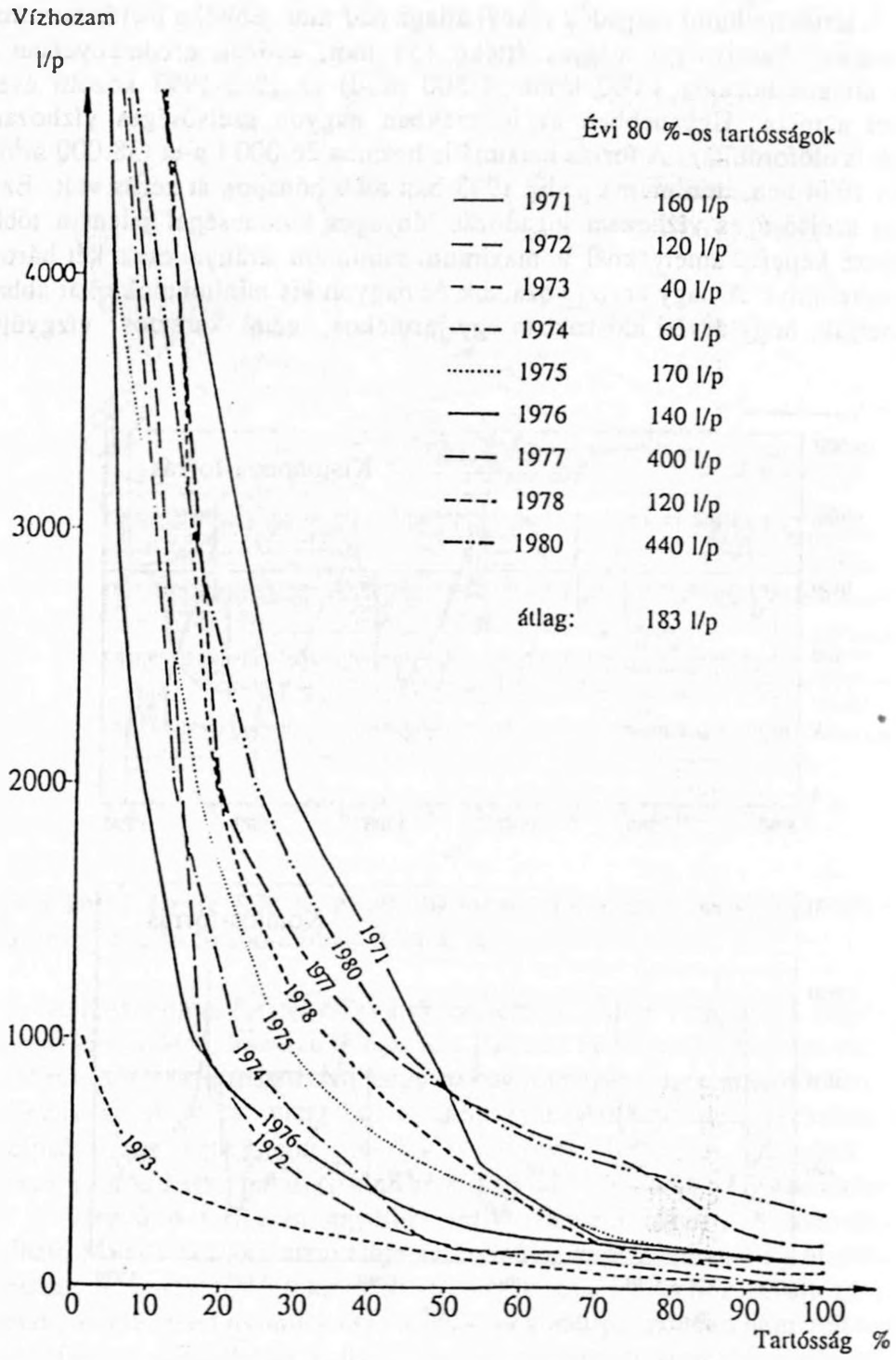
szerint kb. 1 km-re DK-re, és kb 40 méterrel alacsonyabb szinten a Jósvafő határában fakadó Szabó-kútban jelenik meg újra.

A Kistohonya-forrás vízgyűjtő területe az eddigi vizsgálatok alapján kb. 3.6 km^2 kiterjedésű, hosszan felnyúlik a 300-500 m magas Haragistya-fennsíkra (1. ábra), sőt valószínűsíthető, hogy a vízgyűjtő egy része átnyúlik Szlovákia területére is. A forrás vízgyűjtő területe gyakorlatilag fedetlen karsztterület. Középső triász wettersteini mészkő és dolomit alkotja. A vízgyűjtő terület részben töbrös karsztfennsík, melyeket hosszabb-rövidebb völgyek daraboltak fel. A vízgyűjtő területen egyetlen aktív víznyelő ismert. A Szlovákiában található Milada-barlang víznyelője valószínűleg kapcsolatban áll a Kistohonya-forrással. A morfológiai, tektonikai viszonyok, és a forrás hozamváltozásai erre utalnak, az elvégzett nyomjelzési vizsgálat eredménye azonban nem volt teljesen egyértelmű, a rendelkezésre álló vízkémiai adatokból viszont nem lehet nagy felszíni víznyelőre következtetni.

A területre hulló csapadék sokévi átlaga 627 mm. Ebből a forrás hozamát meghatározó beszivárgás átlagos értéke 151 mm, aminek eredményeként a forrás átlagos hozama 1.000 l/min (1.500 m^3/d) az 1965-1993 közötti évek mérései alapján. Ugyanebben az időszakban nagyon szélsőséges vízhozam értékek is előfordultak. A forrás maximális hozama 26.000 l/p-et (38.000 m^3/d) is elért 1974-ben, minimuma pedig 1993-ban több hónapon át zérus volt. Ez a nagyon szélsőséges vízhozam ingadozás lényeges különbséget jelent a többi forráshoz képest, amelyeknél a maximum-minimum aránya csak két-három nagyságrendnyi. A nagy árvízi hozamok és nagyon kis minimumok okát abban kereshetjük, hogy árvízi időszakban egy járulékos, nem karsztos vízgyűjtő



2.ábra. A Kistohonya- és a Komlós-forrás jellegzetes vízhozam idősora

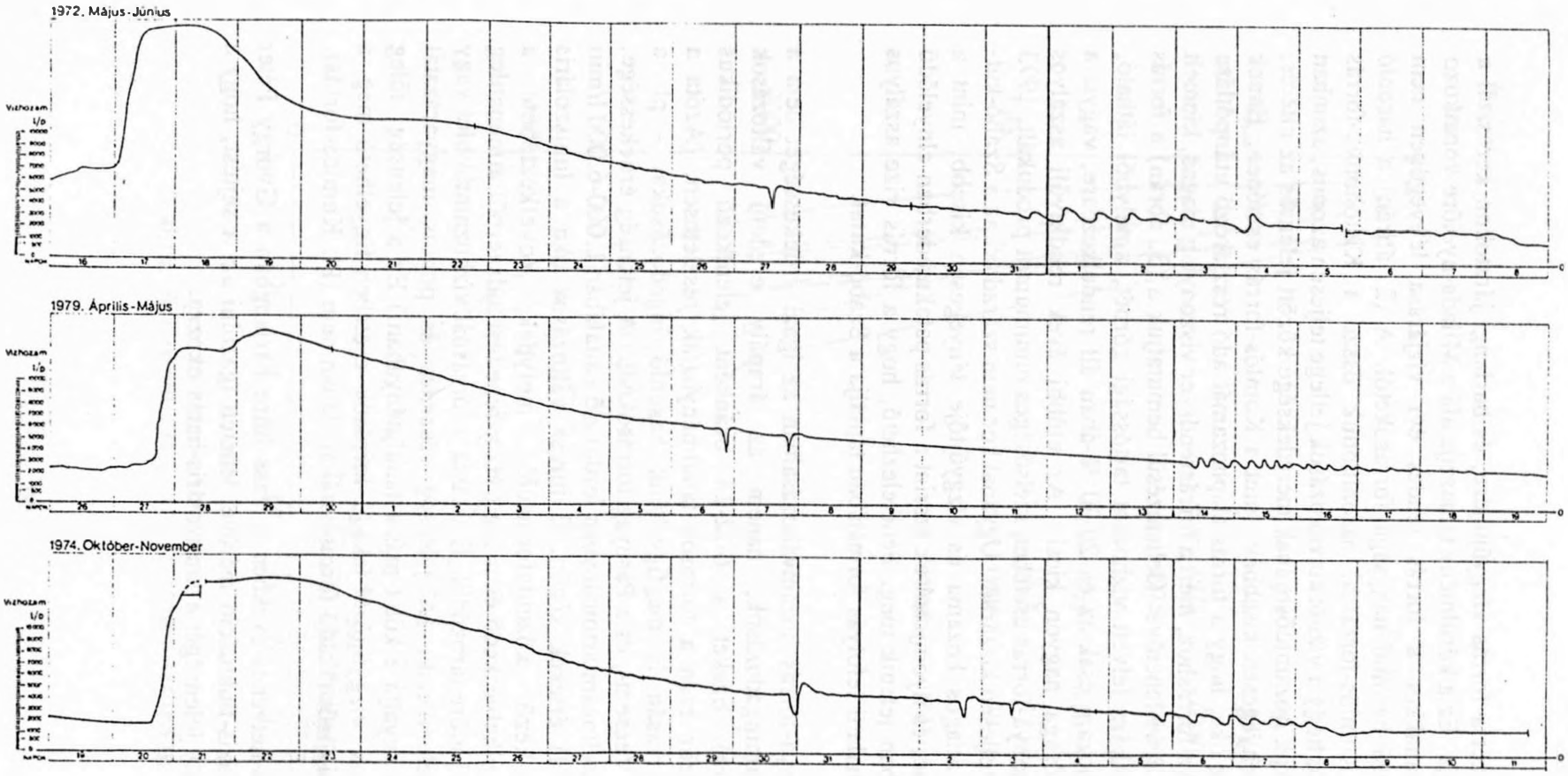


3.ábra. A Kistohonya-forrás vízhozam tartóssági görbéi

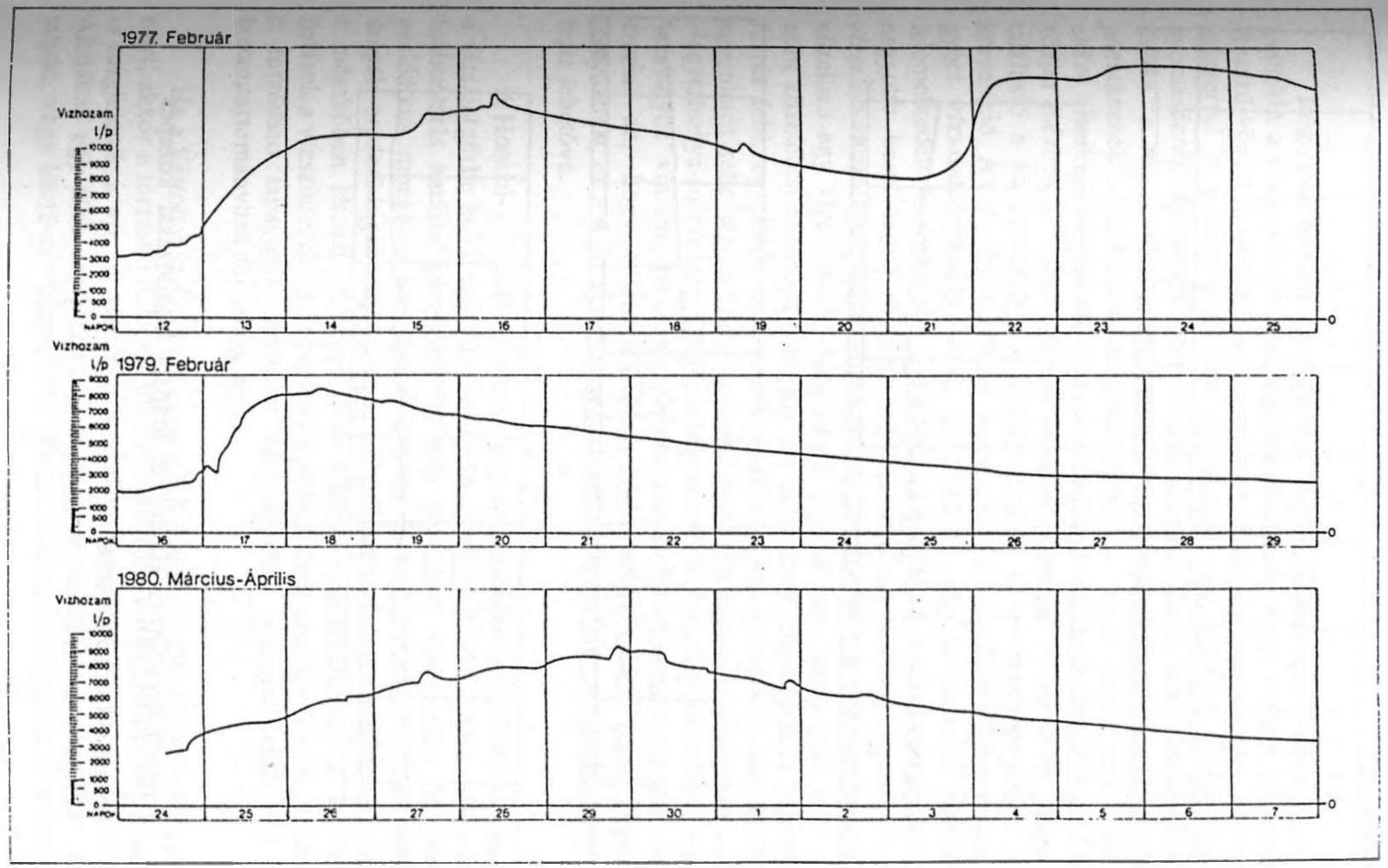
terület átadja a vizét a forrás vízgyűjtőjére, és barlangi járatokon keresztül a forrásba is eljuttatja. Ez a körülmény támasztja alá a Milada-nyelőre vonatkozó állításunkat. Ugyanakkor a forrás rendes évi vízjárása lényegében nem különbözik a hozzá hasonló nagyságú forrásokétól. A (2. ábrán) a hasonló átlagos hozamú Komlós-forrással hasonlítottuk össze a Kistohonya-forrás vízjárását. Látható, hogy a vízhozamváltozások jellege teljesen azonos, azonban az apadási időszakok hozamidősorának meredeksége között jelentős az eltérés, a kiürülési idők lényegesen kisebbek, mint a Komlós-forrás esetében. Ennek valószínűleg az az oka, hogy a forrás alaphozamát adó résztározó utánpótlása csak részben jut el a forráshoz, mert a forrásrendszer viszonylag magas, kiemelt helyzete ezt nem teszi lehetővé. (Jellemzésül bemutatjuk a (3. ábrán) a forrás egy tízéves időszakára felvett vízhozam tartóssági görbét, amelyből látható, hogy az átlagos hozam csak az év 20-30 %-ában áll rendelkezésre, vagyis a forrás megbízhatósága nagyon kicsi.) Az utóbbi évek rendkívüli aszályos időjárása a Kistohonya-forrás esetében szélsőséges minimumot produkált. 1993 júliusára a forrás teljesen kiszáradt. Ugyanakkor nem száradt ki az a Szabó-kút-forrás, melynek átlagos hozama és vízgyűjtője lényegesen kisebb, mint a Kistohonya-forrásé, és nyomjelzések szerint a forrás patakmederben elnyelődő vize a Szabó-kútban jelenik meg. Feltételezhető, hogy a forrás vize aszályos időszakban felszínalatti lefolyás formájában táplálja a Szabó-kutat.

A Kistohonya-forrás hozamváltozásaiban az igazi érdekességet nem a szélsőséges hozamingadozások, hanem az árapály eredetű változások jelentik (4,5,6.ábra). Ezeket a 6-12-24 óránként jelentkező periódikus változásokat először ezen a forráson tanulmányozták részletesen. (Azóta a környék több forrásán is megfigyeltünk hasonló ingadozásokat - pl. a Nagytohonya-, a Vecsem-, és a Pasnyag-forrásoknál.) A jelenség érdekessége, hogy csak bizonyos hozamtartományban fordul elő - általában 1.000-6.000 l/min (1.500-9.000 m^3/d) értékek között. E furcsa változások oka a luniszoláris hatásra bekövetkező kőzetdeformáció, melynek következtében a törésrendszerben elhelyezkedő és mozgó víz a repedésrendszerből átmenetileg kiszorul, ill. rövid időre tározódik. E hatásra a forrásnál vízhozamtöbblet vagy vízhozamhiány jelentkezik. (A jelenség részletes és pontos magyarázatát Maucha László tárgyalja e kötet másik tanulmányában.) Ez a jelenség főleg részben dolomitos vízgyüjtőről fakadó források esetében figyelhető meg, a mészköves vízgyüjtőről fakadó forrásoknál általában nem (Pl. Komlós-forrás).

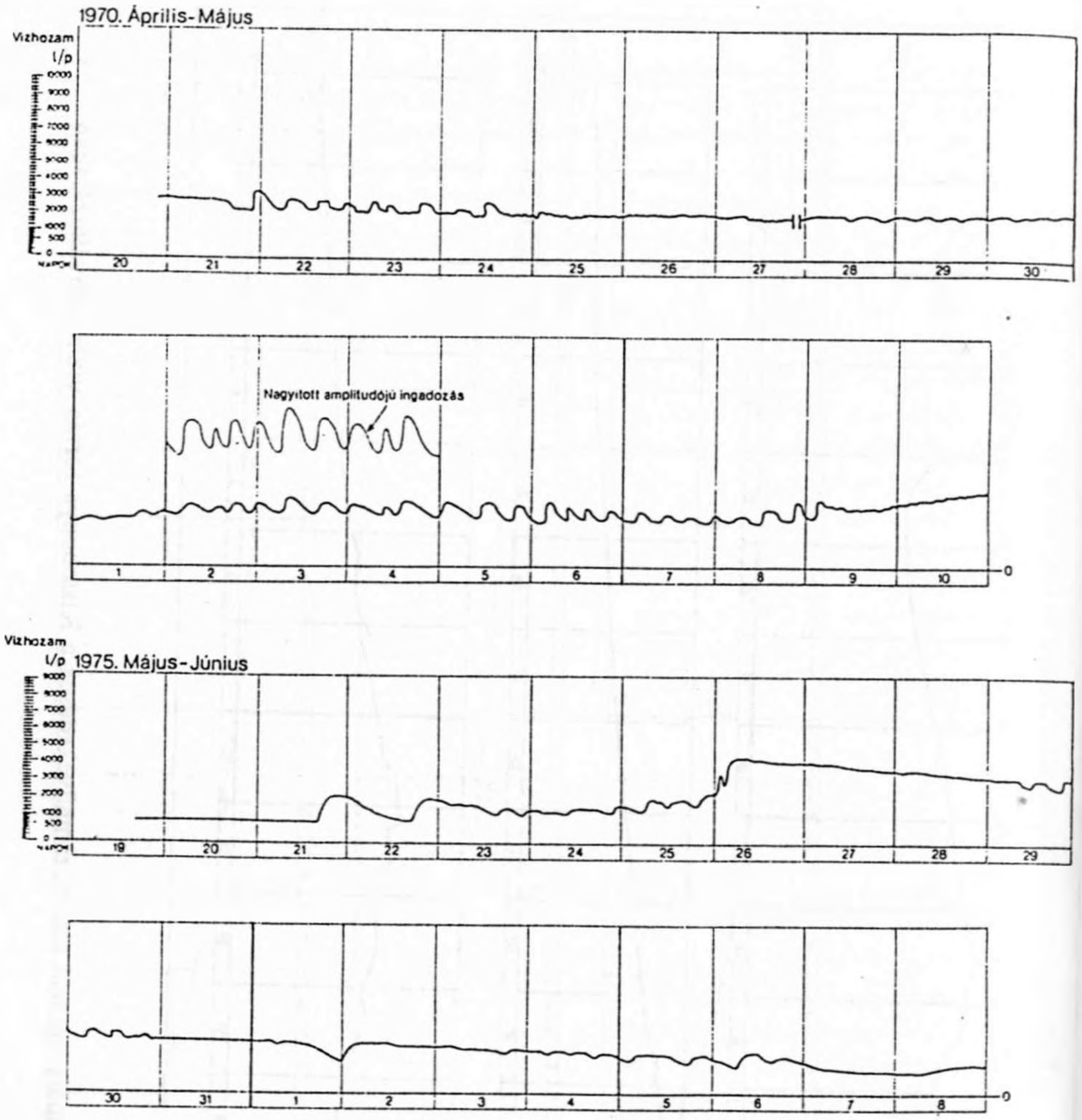
A hatvanas-hetvenes években a Vass Imre barlangban a György Péter által épített litoklázis-fluktuáció mérővel lehetett igazolni azt a sejtést, hogy a karsztvizek árapály jelenségét a luniszoláris-hatás okozza.



4.ábra. Árapály eredetű éles hozamcsökkenések és közel 6 órás periódusú ingadozás a Kistohonya-forrás vízhozamváltozásában



5.ábra. Árapály eredetű éles hozamnövekedések a Kistohonya-forrás vízhozamváltozásában

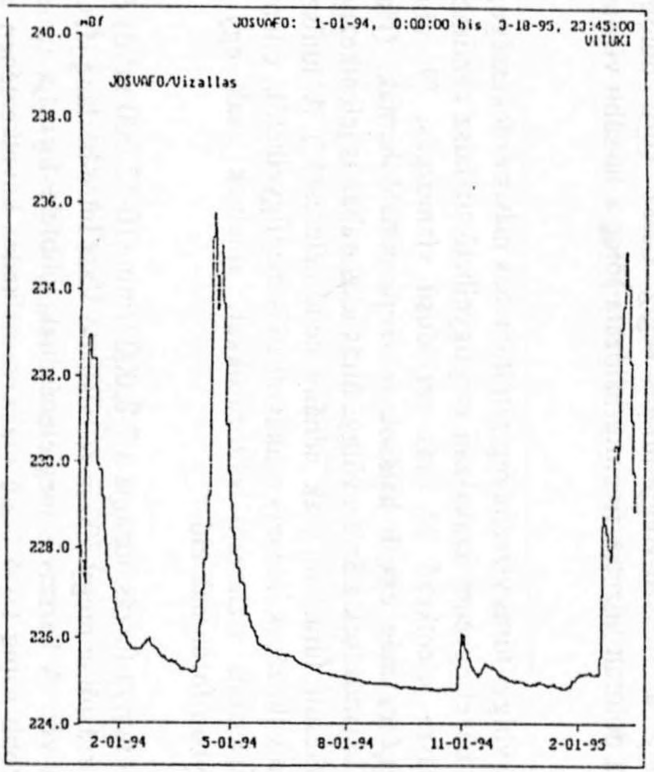


6.ábra A Kistohonya-forrás különleges árapály ingadozásai közepes hozamváltozások esetén

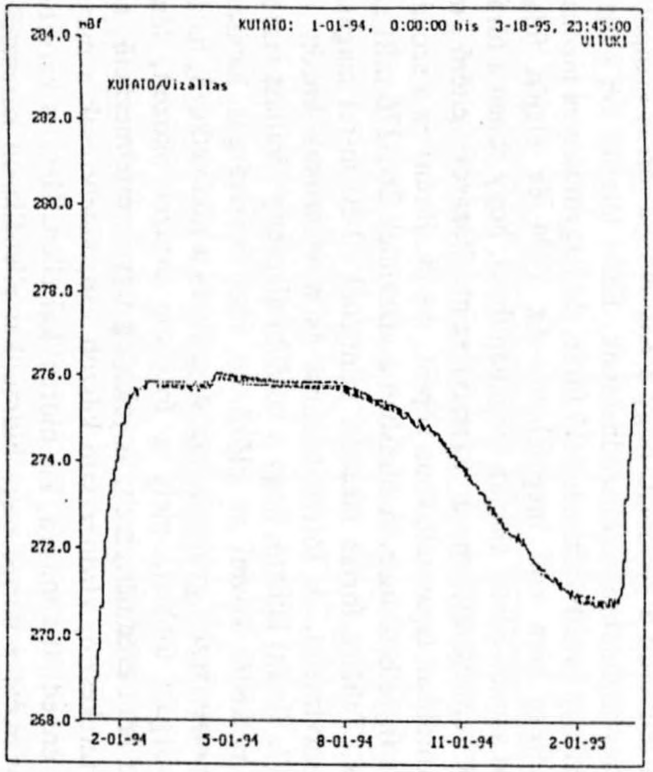
Régebben felmerült a gondolat, hogy a Kistohonya-forrás utánpótlódási területén a karsztvízszintekről tájékozódhassunk. Ezért létesült két évtizede a Hosszú-völgyben egy karsztvízszintészlelő fúrás, de hagyományos mechanikus műszerrel a mérése nem volt megbízható. Az 1994 év elején felszerelt nyomásérzékelős szonda adatai alapján megállapítható, hogy ebben a fúrásban, illetve a fúrás környezetében a karsztvízszintváltozások eltérő módon jelentkeznek a korábban tapasztaltakhoz képest. Az (8. ábrán) ez a szokásostól eltérő viselkedés figyelhető meg. A fúrásban a vízszintek 266-276 mBf szintek között mérhetők. Tehát a forrás fakadási szintjénél 10-20 m-rel magasabban található a karsztvízszint. A forrás hozama és a vízszintek között laza a korreláció. Az (7. ábrán) látható, hogy a korábbi alacsony vízállást viszonylag gyors vízszintemelkedés követi az előző év végi beszivárgás hatására. A felemelkedett karsztvízszint gyakorlatilag stagnál, és a rákövetkező, hatásában nagyobb beszivárgási többlet, mely a forráson árvizet okozott, lényeges vízszintváltozást nem eredményezett. A jelenség úgy is értelmezhető, hogy a közelben egy vízrekesztő, vízduzzasztó küszöb van, amely csak a maximum szint közelében engedi át könnyen, kis hidraulikai ellenállással a karsztvizet a forrás felé, egyébként a tározó nagy hidraulikai ellenálláson keresztül közel egyenletes sebességgel ürül le a forrás felé. (Összehasonlításként a (7.ábra) a Nagytohonya-forrás vízgyűjtőjén elhelyezkedő Szelcevölgyi-fúrásban regisztrált "szabályos" vízszintváltozást mutatja be.) Az eltérő viselkedés oka véleményünk szerint az, hogy a Hosszú-völgyi-fúrást végig triász korú dolomitban mélyítették, és a dolomit kőzetek finom érhálózata főleg a lassúbb vízmozgást teszi lehetővé.

A Hosszú-völgyi-fúrás vízszint regisztrátumának másik érdekessége, hogy a vízszintgörbe közel egyenes szakaszán megfigyelhető tíz-húsz centiméteres, luniszoláris hatásra jelentkező 24 órás periódusú vízmozgás. (9. ábra) A periódikus mozgásra még egyéb hatások is szuperponálódhatnak. (Hasonló árapály eredetű ingadozások a Szelcevölgyi-fúrás idősorában is jelentkeznek, de a mészkőben létesült fúrásban csak néhány centiméteresek.) A luniszoláris hatások a vízszintváltozások intenzív szakaszában is megfigyelhetők, ellentétben a forrásban tapasztalt vízhozam változásokkal, amelyek csak egy adott hozamtartományban fordulnak elő.

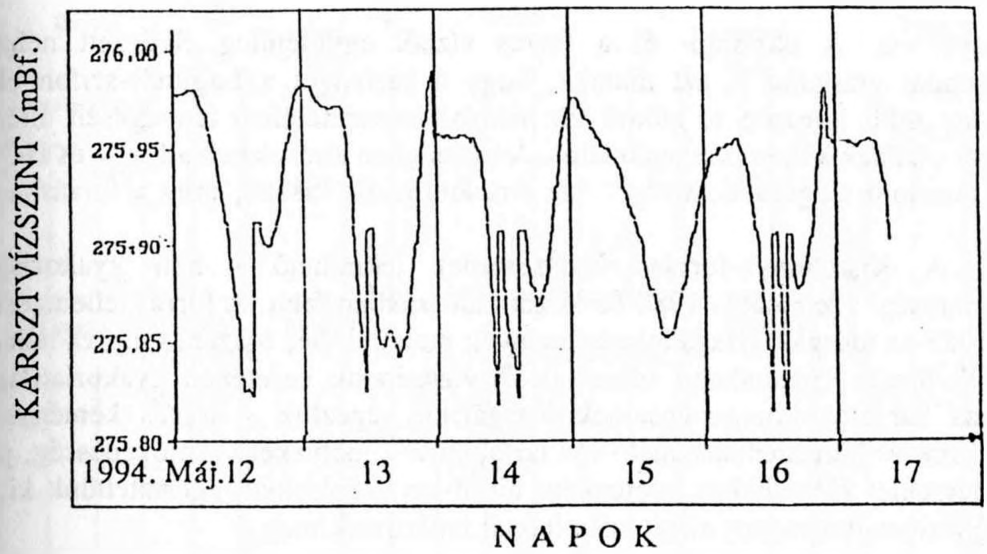
Ha a Kistohonya-forrás hozama a 7-8.000 l/min (10-12.000 m^3/d) értéket eléri, akkor a forrástól mintegy 300 m-re található Vass Imre-barlang járataiban is megjelenik a víz. A karsztvíz megjelenésének többféle formája ismeretes. Általában egy több napig tartó lassú vízszintemelkedés következtében a járat talpán, vagy kürtő-szerű járatokból föláramló karsztvíz árasztja el a barlang



7.ábra A Szelce-völgyi észlelőkút idősora.1994-95.



8.ábra A Hosszú-völgyi észlelőkút idősora.1994-95.



9.ábra.Árapály eredetű vízszint ingadozások a Hosszú-völgyi észlelőfúrás vízszint idősorában

vízszintes főágát. Ettől eltérő esetek is vannak, pl. nagyon intenzív beszivárgásból a függőleges töréseken lecsepegő vizekből is kerülhetnek víz alá rövidebb járatok, szakaszok. Nagyobb, hirtelen áradásos árvizek esetében a barlang végpontja felől, a Vizes-ágból előhömpölygő patak tölti fel a barlang alsóbb szintjeit (Fekete-ág). A nyomjelzési vizsgálatok szerint ezek a vizek az ún. Fekete-szifonon keresztül néhány óra múlva a forrás vizében is megjelennek. A barlang vízszintes járatait 2-300 m hosszban, a Rokokó-kaputól a Lagunás-szifonig, esetleg hónapokig is kitöltő pangó vízben végzett nyomjelzési vizsgálatok viszont nem vezettek eredményre, a festék nem jelent meg a Kistohonya-forrásban. Valószínűleg a közbenső agyagréteg szűrte ki a festéket, illetve a lassú leszivárgás miatti nagy hígulás miatt nem volt kimutatható a fluoreszcein, hiszen a Fekete-ág forráshoz vezető ága (Andi-ág) nem a barlang főága alatt helyezkedik el, hanem más nyomvonalon halad.

A KISTOHONYA-FORRÁS VÍZMINŐSÉGI JELLEMZŐI

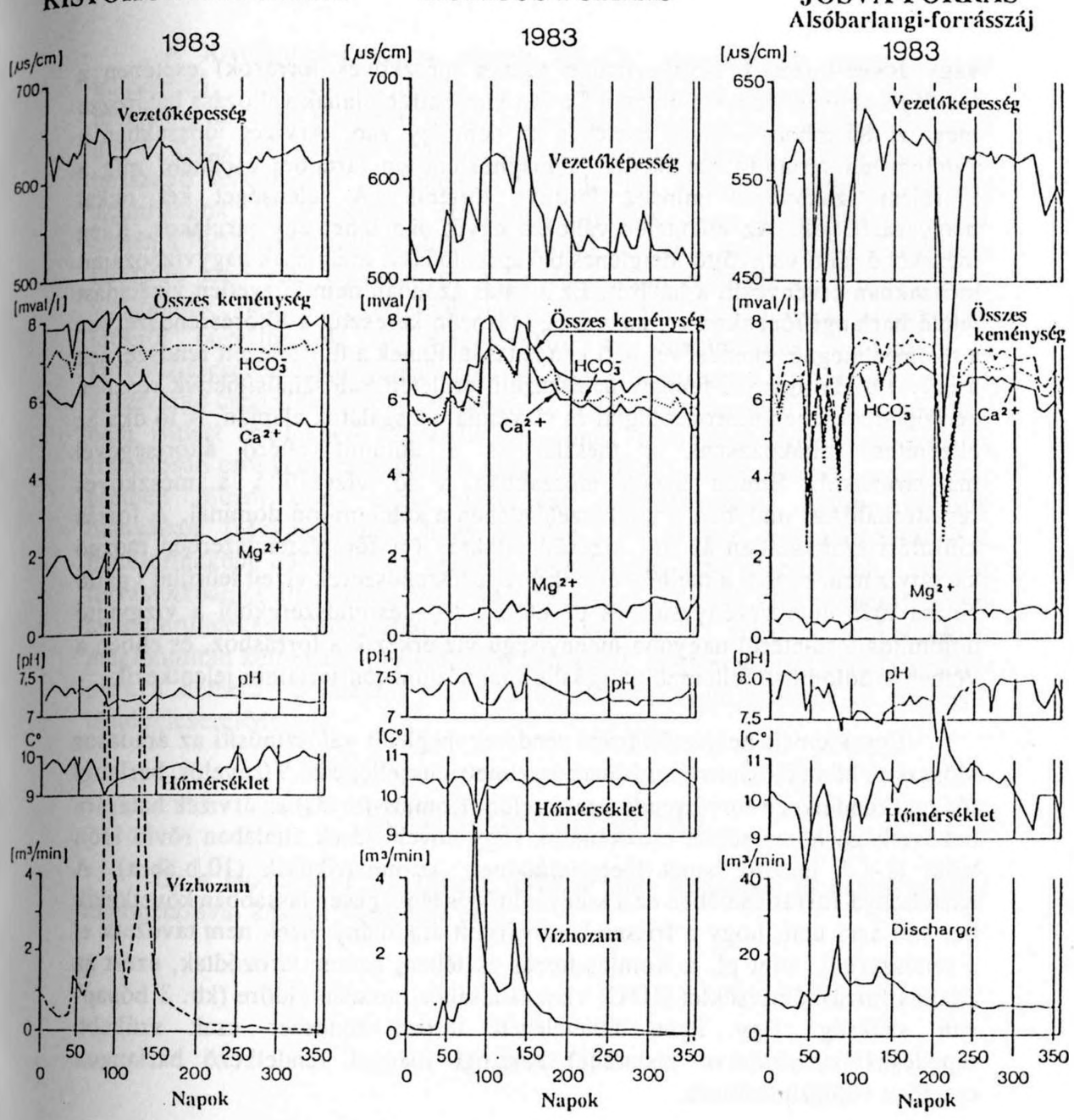
Minden kutató számára egyértelmű volt, hogy a Vass Imre-barlang és a Kistohonya-forrás között a hidraulikai kapcsolat létezik, de ez nem minden esetben jelenti azt, hogy a barlangban időszakosan található karsztvizek a forrást direkt úton táplálják, mint pl. a Komlós-forrás esetében a Béke-barlangon

átfolyó víz. A barlangi- és a forrás vízből egyidejűleg elvégzett néhány vízkémiai vizsgálat is azt mutatta, hogy a barlangot a Lagunás-szifon előtt esetleg több hónapig is elöntő víz kémiai összetételében lényegesen eltér a forrás vizének kémiai összetételétől. A barlangban álló vízben a Ca^{2+}- és HCO_3^- ion tartalom magasabb, a Mg^{2+}-ion tartalom pedig kisebb, mint a forrásban.

A Kistohonya-forrás rendszeresnek tekinthető - heti gyakoriságú vízminőségi vizsgálata - 1980-83 közötti időszakban folyt. A forrás jellemzésére az 1983-as időszak vizsgálati eredményeit mutatjuk be, összehasonlítva néhány másik forrás vízminőségi adataival. E vizsgálatok keretében gyakorlatilag a forrás karsztos komponenseinek vizsgálatát végeztük - összes keménység, kalcium- és hidrogénkarbonát - ion tartalomra -, melyeket vezetőképesség, pH, hőmérséklet mérésekkel, esetenként nitrát-ion mérésekkel egészítettünk ki. A magnézium-ion mennyiségét számítással határoztuk meg.

A vízhozamokról korábban megállapítottuk, hogy nagyon szélsőségesen változnak. A forrásvíz kémiai összetevői ezzel ellentétben meglepő módon nagyon nagy stabilitást mutatnak. Ez a stabilitás nem állandó, változatlan összetételt jelent, hanem azt, hogy nincsenek benne nagyságrendi változások. A Kistohonya-forrás éven belüli vízminőségi viszonyainak változását a (10.a. ábra) mutatja be. A koncentrációt nem a szokásos mg/l mértékegységben tüntettük fel, hanem mg-egyenérték/l-ben (mval/l), - a könnyebb összehasonlíthatóság érdekében. Az ábrából is látható, hogy a kb. ezerszeres vízhozam változás ellenére az egyes komponensek változása 10%-on belül marad. (Jelen esetben a kalcium- és magnézium-ion változásától tekintsünk el, mert ezek csak helyettesítik egymást, az egyenértéknyi összegük lényegében nem változik.) A többi forráson tapasztalható változásokhoz képest (10.b.c.ábra) a változások elhanyagolhatóak. A legszembetűnőbb az ábrákon az összeskeménység és hidrogénkarbonát tartalom párhuzamos változása. Ezt természetesnek kell tekintenünk, hiszen az igazi karsztvizek gyakorlatilag csak Ca-, Mg-, és HCO_3 ionokból állnak. Ezen ionok együttes mennyisége 14-16 mval/l értékek között ingadozik, az összes többi ion mennyisége 0.4-0.8 mval/l értékek között változik, ami öt százaléknál is kisebb. Lényeges eltérés a többi forrás összetételéhez képest, hogy amíg az egyéb, mészköves források Mg-ion tartalma az év folyamán csak kismértékben ingadozik, addig a Kistohonya-forrásban a hozam csökkenésével egyértelműen növekszik a Mg-ion koncentrációja, és az év végére a minimum érték kétszeresére nő.

A karsztforrások vizére jellemző Ca/Mg arány (egyenértékben kifejezve) a Kistohonya-forrásban 2-5 között alakul, miközben a két különböző ion koncentrációja egymással ellentétesen változik (nem mérési hiba!). A Komlós-



10.a,b,c,ábra. A Kistohonya-, Komlós- és a Jósva-forrás Alsóbarlangi-forrásszáj 1983. évi vízminőségi változásai

vagy Jósva-források (gyakorlatilag tisztán mészköves források) esetében a Ca/Mg arány változását mindig a Ca-ion koncentrációjának változása határozza meg. A Kistohonya-forrás esetében ez nem így van. Árvizes időszakban a kalcium-ion tartalom emelkedik, a magnézium-ion tartalom csökken, míg a kiürülési szakaszban mindez fordítva történik. A jelenséget két okkal magyarázhatjuk. Az ellentétes változás egyik oka lehet egy járulékos, főleg mészkőből álló vízgyűjtő ideiglenes bekapcsolódása, mely csak nagyvízhozamú időszakban érvényesíti a hatását. Ez a hatás azonban nem közvetlen vízátadást jelent barlangi főágakon át, hanem egy tározón keresztül a főtörésrendszerben a nyomás megnövekedésével fejti ki a hatását. Ennek a feltételezett rendszernek a helyét a Haragistyai-fennsík határközeli területén valószínűsíthetjük részben geológiai, részben hidrogeológiai és vízkémiai vizsgálatok alapján. A fő oka az ellentétes váltakozásnak a mészkő és a dolomit eltérő áttörtségével magyarázható. Emiatt árvízi időszakban a fő vízszállító a mészköves repedéshálózat, melyben a víz összetételében a kalcium-ion dominál. A forrás kiürülési szakaszában az ún. kizárási effektus (a főtörésrendszerben mozgó karsztvíz nem engedi a mellék- és mikrorepedésrendszerek vizeit leürülni) gátló hatása már nem érvényesül, és ez utóbbi repedésrendszerekből a vízgyűjtő dolomitos területéről nagyobb mennyiségű víz érkezik a forráshoz, és ebben a vízben a dolomitra jellemző magasabb magnézium-ion tartalom jelentkezik.

Egy kiemelt helyzetű tározó rendszer meglétét valószínűsíti az áradásos időszakok hőmérséklet változásának asszimetrikus jellege is. Víznyelős, barlangi főággal rendelkező forrásrendszerek esetén (Komlós-forrás) az árvizek hatására bekövetkező hőmérséklet csökkenések vagy növekedések általában rövid időn belül (1-1.5 hónap) ismét kiegyenlítődnek, szimmetrikusak (10.b.ábra). A Kistohonya-forrás esetében ez a kiegyenlítődés lényegesen lassabban következik be, ami arra utal, hogy a frissen beszivárgott áradmány vizek nem távoztak el a rendszerből, mint pl. a Komlós-forrás esetében, hanem tározódtak, ezért az átlagos forráshőmérséklet (10°C) visszaállásához hosszabb időre (kb. 3 hónap) van szükség. Egy ilyen feltételezett tározó rendszer csak szűkebb repedéshálózattal,illetve kisméretű barlangi főággal rendelkező barlangok esetében valószínűsíthető.

A forrásokon végzett izotóphidrológiai vizsgálatok eredményeiből az állapítható meg, hogy a forrásrendszerben gyakorlatilag a "friss" csapadékvíz dominál, néhány évnél hosszabb idejű tározódás nem valószínűsíthető. A forráson, barlangi csepegő vizeken végzett tricium vizsgálatok szerint jelenleg a csapadék és a beszivárgott vizek tricium tartalmában (kb. 20 TU) nincs különbség, a felszínalatti tartózkodási idő maximum egy-két év lehet.

A Kistohonya-forráson végzett két ^{14}C vizsgálat azt mutatta, hogy különböző vízhozamok mellett a ^{14}C koncentráció jelentősen változhat, mégpedig nagyobb vízhozam esetén magasabb a koncentráció. Ez magyarázható úgy is, hogy kis hozamok esetén olyan vízrészecskék lépnek felszínre, amelyek hosszabb felszínalatti tartózkodási idejűek. Ha a mért értékekből vízkort számítanánk, azt a meglepő eredményt kapnánk, hogy a nagyobb hozamok esetén a forráson kifolyó víz több száz évvel fiatalabb, mint a kis hozam esetén felszínre lépő víz. Ugyanakkor a forrás tricium tartalma és a nyomjelzési vizsgálatok alapján egyértelmű, hogy legfeljebb egy-két éves tartózkodási időkről beszélhetünk. A magyarázatot az ellentmondás feloldására a karbonátkicserélődés folyamata adja. A magas ^{14}C tartalmú (kb. 112-115 md%) beszivárgó csapadékvíz a kőzet zérus ^{14}C tartalmú karbonátját is oldva jelenleg nem ismert mértékben keveredik, és ennek eredményeképpen változó, és rohamosan csökkenő radiokarbon tartalom (107-90 md%) mérhető, amely sok esetben illuzórikusan nagy vízkorokat eredményezhet, egyéb mérések hiányában. (Megjegyzendő, hogy jelenleg a ^{14}C vízkor meghatározásához a háttérértékként 85 md%-ot vesznek figyelembe, ami alacsonyabb, mint a forrásunkban és általában a hideg karsztvizekben mérhető koncentráció). Ezért karsztterületeken, karbonáttartalmú kőzetekben a ^{14}C mérések értékelésében megfontoltan kell eljárni, és számolni kell azzal, hogy egy adott áramlási pálya mentén nemcsak a felezési időt kell figyelembe venni, hanem az esetleges izotópkicserélődést is.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ez a munka a T 014146 sz. OTKA téma keretében és annak anyagi támogatásával készült, köszönet érte.

IRODALOM

Deák J.-Dénes Gy.: Felszínalatti vizek környezeti izotóp vizsgálata. VITUKI témajelentés. 1981.Bp.

Izápy G.-Maucha L.: A jósvafői karsztos vízminőségi mintaterület. I-III./in "A felszínalatti vízkészletek minőségi ellenőrzési rendszerének kidolgozása" c. téma keretében. Témafelelős: Liebe P. VITUKI témajelentés. 1986.Bp.

Izápy G.-Maucha L.: Subsurface water chemical matter-transzportation values of karstic areas in Hungary. Proc. of 10. Cong. of Spel. Vol. II. Bp. 1987.aug.13-20. p. 533-535.

Jakucs László: Az aggteleki barlangok genetikája a komplex forrásvizsgálatok tükrében. Karszt-és Barlangkutatás. I.kötet. MKBT kiadvány. Bp.1955.p.37-65.

Kessler Hubert: Forrástani részletvizsgálatok az Aggteleki-karsztvidéken. Beszámoló a VITUKI 1954.évi munkásságáról. VITUKI kiadvány. Bp. 1955. p. 134-152.

Maucha László: Karst water resources research in Hungary and its significance. Karszt és Barlang. Special Issue 1989. Bp. p. 39-50.

Maucha László: Új jelenségek és törvényszerűségek kimutatása a Kossuth-barlang forrásának vízhozam változásában. Kossuth Emléknapok. MKBT kiadványa. Bp. 1992. p.73-94.

Izápy Gábor
VITUKI
Budapest
Kvassay J. u. 1.
H-1095 Hungary

YIELD AND WATER QUALITY CHARACTERISTICS OF THE KISTOHONYA SPRING AT JOSVAFÖ

by

G.Izápy

SUMMARY

The yield and water quality characteristics of the Kistohonya spring at Jósvafö differ from those of several other springs in the region, which

emerge from karst caves. The yield varies over an extremely wide range, 0 to 38 000 m3/d having been registered between 1965 and 1993. Owing to changes in rock porosity triggered by lunisolar and other physical effects, yield fluctuations unrelated to weather conditions have been observable in the 1 500 - 9 000 m3/d range. These effects cause 0.1 - 0.2 m changes in the karstwater table measured in the boreholes. The temperature (9 - 10 °C) of, and the amount of total dissolved substances (600 - 650 mg/L) in, the spring water are virtually unrelated to the yield. The Ca/Mg ratio varies in proportion to the fluctuations in yield, without changing the chemical type of the water. The hydrochemical stability implies that presently the whole recharge area is karstified and that there are no large sinks conveying surface runoff. The majority of the catchment consisting of dolomite and dolomitic limestone rocks, recharge occurs mainly by infiltration through the network of fine fissures in the karstified rock, while the main fault system conveys primarily the flood flows. Of the Isotope hydrologic studies on the spring the tritium analyses have revealed retention times shorter than one year in the tributary rocks. The radiocarbon C-14 values are close to those of the spring water, are unstable and the changes related to yield may attain up to 20% owing to isotope exchange. Values higher than the background have also been observed. For these reasons considerable circumspection is needed in evaluating these data on karst springs. The studies on the abnormal behaviour of the Kistohonya spring at Jósvafö has greatly contributed to the better understanding of the hydrogeology of karst rocks in Hungary.

A KARSZTOS ÁRAPÁLY JELENSÉG MŰKÖDÉSI MECHANIZMUSA VASS IMRE-BARLANGI VIZSGÁLATOK ALAPJÁN

Maucha László

BEVEZETÉS

Az 1965-ös év addig nem ismert uj karszthidrológiai megfigyelésekre vezetett. Ebben az évben a budapesti Épitőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Jósvafői Karsztkutató Állomásának munkája keretében árapály jelenséget mutattunk ki a karsztforrások vízhozam ingadozásában (Maucha L.1966,1968),(Bartha L.1967). A jelenséget először Tatabánya környékén karsztvízszint változásban fedezték fel (Gerber P.1965), de már korábban is feltételezték létezését (Papp F.1941).

1966-ban került sor a karsztos árapály-jelenség működésével kapcsolatban feltételezett litoklázis-fluktuáció első kimutatására a Vass Imre-barlangban (Maucha L.1966,1973,1973),(Gádoros M.1969),(Maucha L.-Sárváry I.1970, 1972,1973). A litoklázis-fluktuáció a barlangokat preformáló függőleges törések mentén szembenálló kőzetblokkok relativ dilatációs-és nyíró-mozgása.

Az 1971 évi mérések során megállapítottuk, hogy a folyosó tengelyére merőleges keresztirányú dilatációs kőzetmozgás graviméterhez hasonlóan leírja a földi gravitációs térerősség luniszoláris-ingadozását. Megfigyeltük azt is, hogy a folyosó tengelyével párhuzamos vízszintes- és függőleges-nyírómozgások időbeli változásai igen jól követik a Kis-Tohonya-forrás árvízi periódusainak csapadék és árapály-eredetű hozam-ingadozásait. Ez az eredmény döntő bizonyítéka volt a karsztos árapály-jelenség létezésének.

A Jósvafő környéki források hozamváltozásaiban szivornya-hatástól független árapály ingadozást találtunk a Kis-Tohonya-, Nagy-Tohonya- és a Vecsem-forrásnál, valamint kismértékben a Pasnyag-forrásnál is (1.ábra). A Kis-Tohonya-forrás 1970 március-júniusi vízhozam változása a logaritmikus beosztású hozam ordináta miatt jó áttekintést nyújt az árapály-ingadozás vízhozam tartományairól (2.ábra).

A PROBLÉMA FELVETÉSE

A vizsgálatok kezdeti időszakában azt tapasztaltuk, hogy a források hozam ingadozásában a leggyakoribb a közel 6 órás periódus idejű árapály- ingadozás (1.ábra). Ezt mutatta a szivornyás források kitörései kezdetének időstatisztikája is (Maucha L.1968). Később közel 12 és 24 órás periódusú ingadozásokat is találtunk fenti források hozam változásában. Azonban sokáig nem volt áttekintésünk arról, hogy mikor és hogyan jelenik meg az árapály-hatás a hozam-ingadozásban.

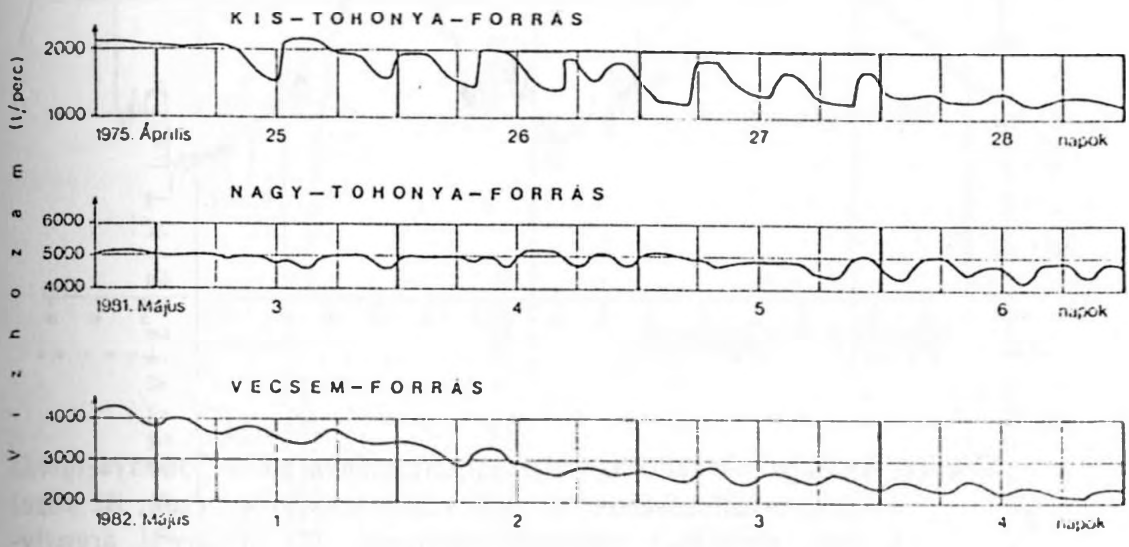
A Kis-Tohonya-forrás 1970-83 évi 23 árvízi periódusának vizsgálata megmutatta, hogy az árapály-hatás a hozam-változásban a 6.ábrán feltüntetett vízhozam-idősornak megfelelően csak árvizek leszálló ágában, három különböző időszakban jelenik meg. Sem 5900 l/p-nél nagyobb, sem 800 l/p-nél kisebb hozam időszakában nem találunk árapály eredetű ingadozást a vízhozam-idősorban az 1:5-ös áttételű bukószint mérések időszakában.

Eredetileg azt vártuk, hogy a keresztirányú dilatációs-mozgások és a hozam-ingadozások állandó jellegű, közel egyidejű változását fogjuk észlelni. E helyett azt tapasztaltuk, hogy nem a dilatációs, hanem elsősorban a vízszintes és függőleges nyíró-mozgások mutatnak szorosabb kapcsolatot a hozam-változással. Ebben az esetben sem találtunk folyamatos összefüggést kőzetmozgás és vízhozam-ingadozás között, hanem csak az árvizek leszálló ágában, rövid időszakokban találtunk egyidejű változásokat. A nyíró mozgások nemcsak a csapadékból származó áradások alakját írják le, hanem az apadási időszak második felében bekövetkező árapály eredetű, rövid periódusú vízhozam-ingadozások alakját is leképezik. Kezdettől fogva problémát jelentett a több forrás vízhozam-változásában is megfigyelt, közel 6 órás periódusú árapály ingadozások magyarázata, mivel az árapály-hatás periódus ideje közel 12 óra (ténylegesen 12 óra 25 perc).

Felmerül a kérdés, hogy a Kis-Tohonya-forrás hozam-változásában az árapály-jelenség miért jelentkezik időszakosan, ha a karsztvízszintben ezeket az ingadozásokat a mérések csaknem teljesen folyamatosnak mutatják ? Mi az oka annak, hogy nem a dilatációs-, hanem elsősorban a nyíró mozgások-vannak szorosabb kapcsolatban a vízhozam változással ? Milyen hatásnak tulajdonítható, hogy az árapály eredetű hozamváltozások gyakran éles hozam csökkenések

képében jelennek meg és előfordulásuk sok esetben véletlenszerű ? Hogyan lehetséges, hogy bizonyos időszakokban az árapály eredetű vízhozam-ingadozás több forrásnál is közel 6 órás periódussal jelenik meg, ami a jelenség alap periódusának feleződését jelenti ?

Ezekre a kérdésekre szeretnék e tanulmányban választ adni.

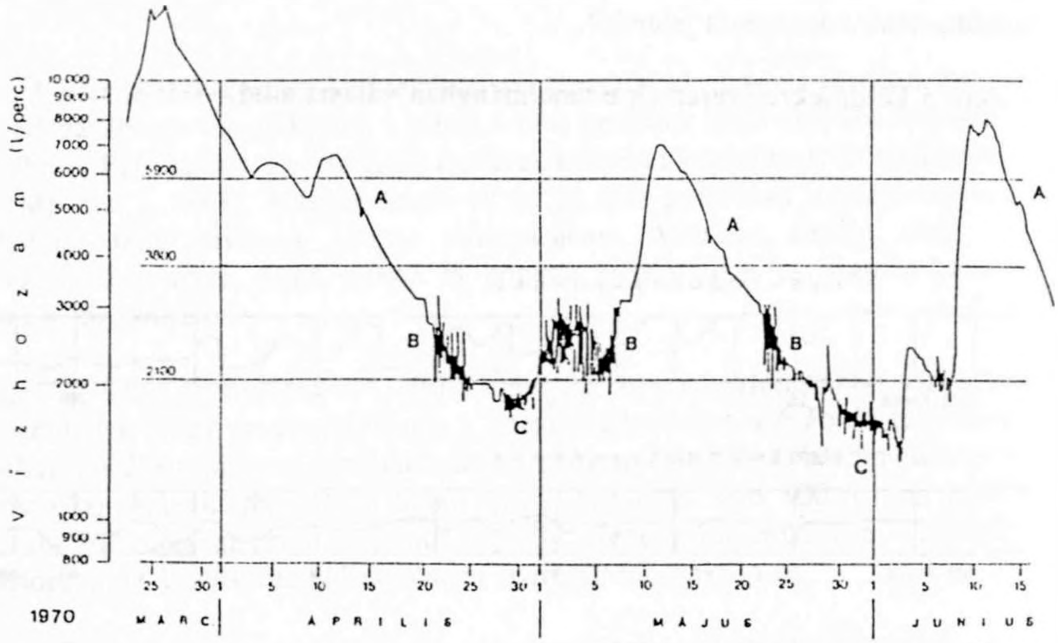


1.ábra.Közel 6 órás periódusú árapály-ingadozás a Jósvafő környéki források vízhozam-változásában.

ÁRAPÁLY-INGADOZÁS A KARSZTVÍZSZINT VÁLTOZÁSBAN

Az Aggteleki-karsztvidéken a karsztvízszint árapály-jelenségét ténylegesen csak 1993-ban lehetett először kimutatni. Az 1970-1993 évek közötti időszakban három észlelőkútban is folytattunk karsztvízszint regisztrálást (Szelce-völgyi, Hosszú-völgyi és a Pasnyag-forrás feletti kútban), de Metra-műszeres méréssel sehol nem észleltünk árapály-ingadozást. Ennek oka az 1:10, 1:2O-as áttételű, mechanikus, úszós vízszint érzékelés volt, ahol még az úszó és béléscső közötti súrlódást sem tudtuk teljesen kiküszöbölni.

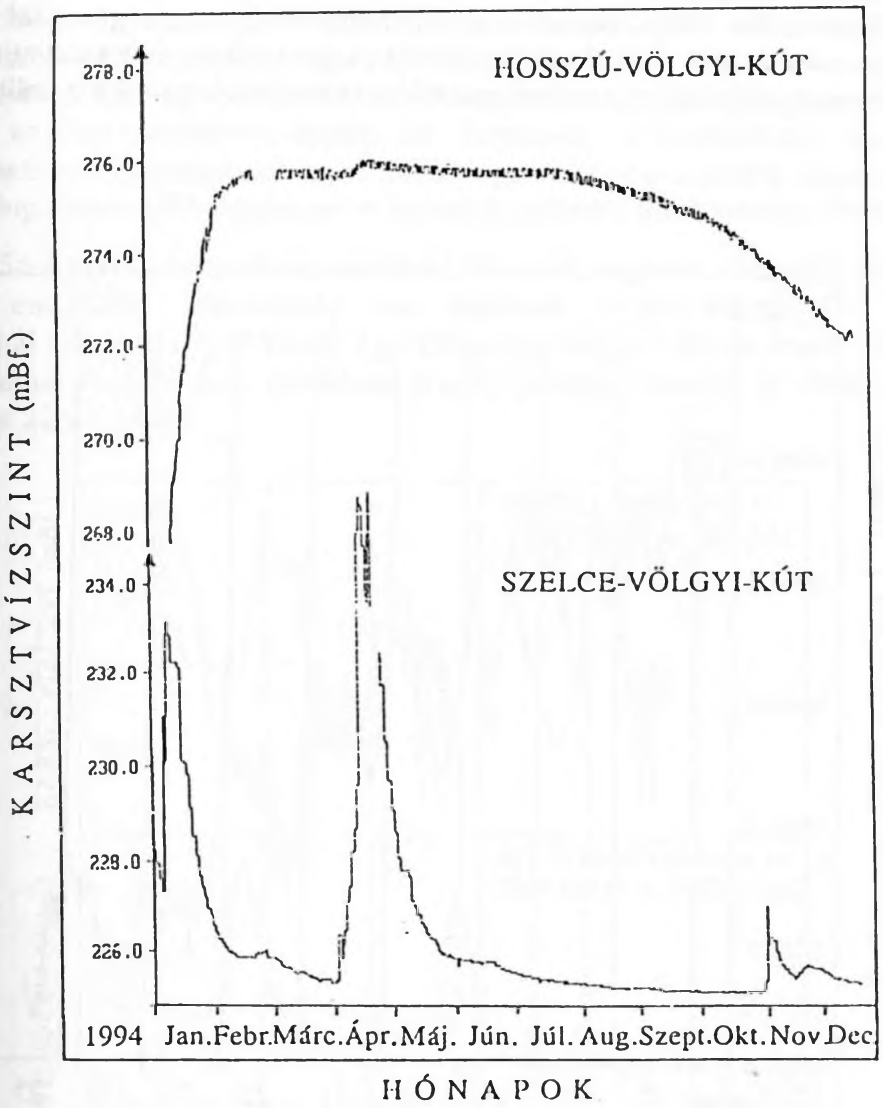
Sokáig tehát csak a Tatabánya környéki és még egy-két más dunántúli karsztvízszintészlelő fúrás mérési eredményeiből ismertük (Nyirád-13 és a



2.ábra. Az árapály-ingadozás vízhozam-tartományai a Kis-Tohonya-forrás vízhozam-változásában. A: éles vízhozam csökkenések, B: közel 6 órás periódusú vízhozam-ingadozás, C: árvízvégi árapály-ingadozás.

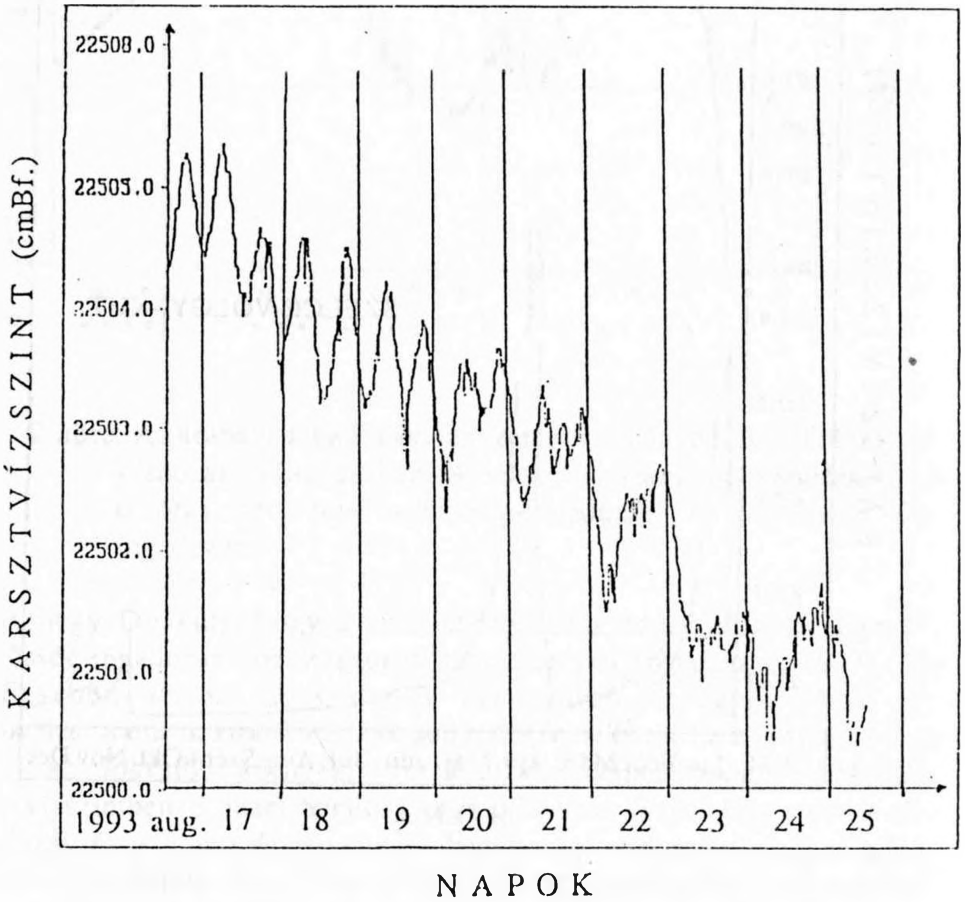
Csillaghegy D-i kút), hogy a vízszint-ingadozás és a luniszoláris gravitációs térerősség-ingadozás között szoros kapcsolat van (Maucha L.1977). Később megfigyeltük azt is, hogy dagály időszakában az egyik kútnál vízszint emelkedés, a másik kútnál vízszint süllyedés észlelhető. Ez a tény arra mutatott, hogy a Jósvafő környéki forráshozam változásokhoz hasonlóan a karsztvízszintben is lehet azonos, vagy ellentétes fázisú kapcsolat a vízszint-ingadozás és a luniszoláris-változás között. Az első számítógépes adatgyűjtő rendszer bevezetése után (Gealog-mini vízszint regisztráló) bebizonyosodott a mechanikus mérések fenti hiányossága.

Jósvafő környékén a Szelce-völgyi és a Hosszú-völgyi észlelő-kútban egyaránt csaknem folyamatos karsztvízszint ingadozást észleltünk 1994 év folyamán. A Jósvafő környéki, egymástól mintegy 2 km-távolságban lévő két észlelőkútban nagyon eltérő amplitúdójú árapály-ingadozást találtunk (3., 4.,



3.ábra. A jósvafői Kis-Tohonya-forrás feletti dolomitban fúrt Hosszú-völgyi-kútban és a Nagy-Tohonya-forrás feletti mészkőben mélyített Szelce-völgyi-kútban egyidejűleg regisztrált karsztvízszint-ingadozás 1994 év folyamán.

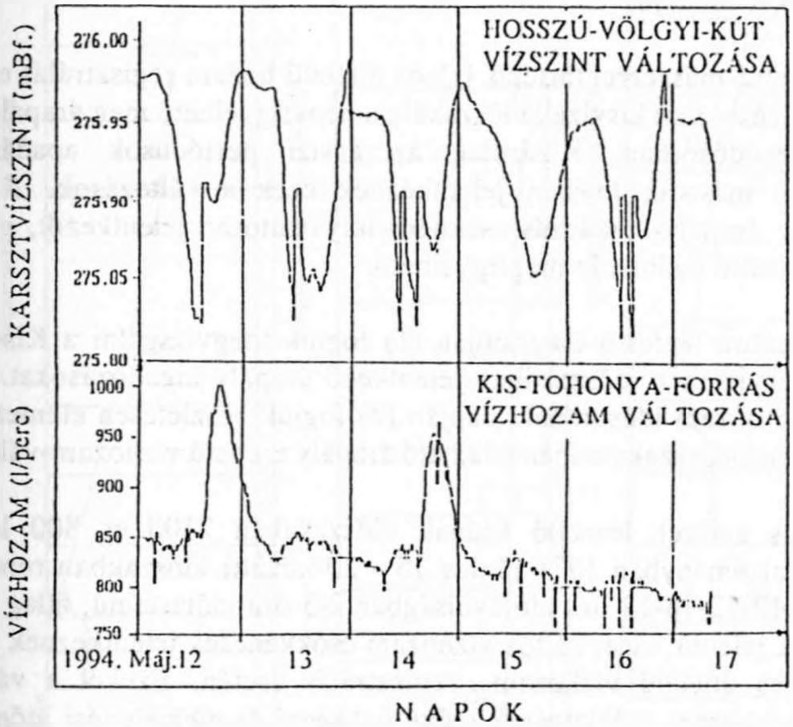
5.ábra). Jelentősen különbözött a két kút csapadéktól függő vízszint változásának lefutása is. Az átlagosan 15 cm-es folyamatos árapály ingadozást mutató Hosszú-völgyi-kútban a vízszint-ingadozás januárban erősen, áprilisban csak nagyon kismértékben követte a beszivárgás gyors változásait. Ezzel szemben a Szelce-völgyi-kút vízszint-változásában egy nagyságrenddel kisebb, azaz 2 cm-es árapály ingadozást találtunk. Ugyanakkor a kút vízszintje több, mint egy nagyságrenddel nagyobb mértékben követte a beszivárgás változását.



4.ábra. A Szelce-völgyi kútban észlelt közel 12 és 6 órás periódusú karsztvízszint-ingadozás.

Az eltérések okát a harántolt törésrendszerek különböző tulajdonságai magyarázzák. A Szelce-völgyi-kút a főtörésrendszer vízszint-változásait mutatja. A Hosszú-völgyi-kút viszont főként a közbezárt kőzetblokkok finomabb érhálózatának vízszint-ingadozásaira reagál. Mivel a kutat közvetlenül a Vass Imre-barlang végpontja utáni nagy vető mellé fúrták, ezért oldalirányból az itteni vízszint-változások is befolyásolják a kút vízállását. A vetőben a vízszint ingadozások a barlang szintje alatt jóval nagyobbak voltak 1994 januárjában, mint a barlang szintjében április hó folyamán, a horizontális áramlási keresztmetszet ugrásszerű változása miatt. Ugyanakkor a nagyobb amplitúdójú árapály-ingadozás szükségképpen a harántolt szűkebb érhálózatban alakult ki.

A Szelce-völgyi-kútnál tapasztalható 10 m-nél nagyobb, csapadék eredetű vízszint emelkedés időszakában nem találtunk árapály-ingadozást. Első alkalommal a Szelce-völgyi-kútnál figyeltük meg, hogy a vízszint-ingadozásban is kialakulhat közel 6 órás periódusú árapály eredetű változás (4.ábrán,1993 augusztus 22,23,24-én).



5.ábra. Egyidejűleg regiszrált árapály-ingadozás a Hosszú-völgyi-kút vízszint-változásában és a tárolót megcsapoló Kis-Tohonya-forrás vízhozam-változásában. A nagyobb hozamcsúcsokat a főtörésrendszer árapálya szorította ki, a kisebbeket a vízgyűjtőn lévő blokkok finom érhálózatának átlagos árapály-jelensége hozta létre a fúrás vízszint-változásával ellentétesen.

ÁRAPÁLY-INGADOZÁS A FORRÁSOK VÍZHOZAMVÁLTOZÁSÁBAN

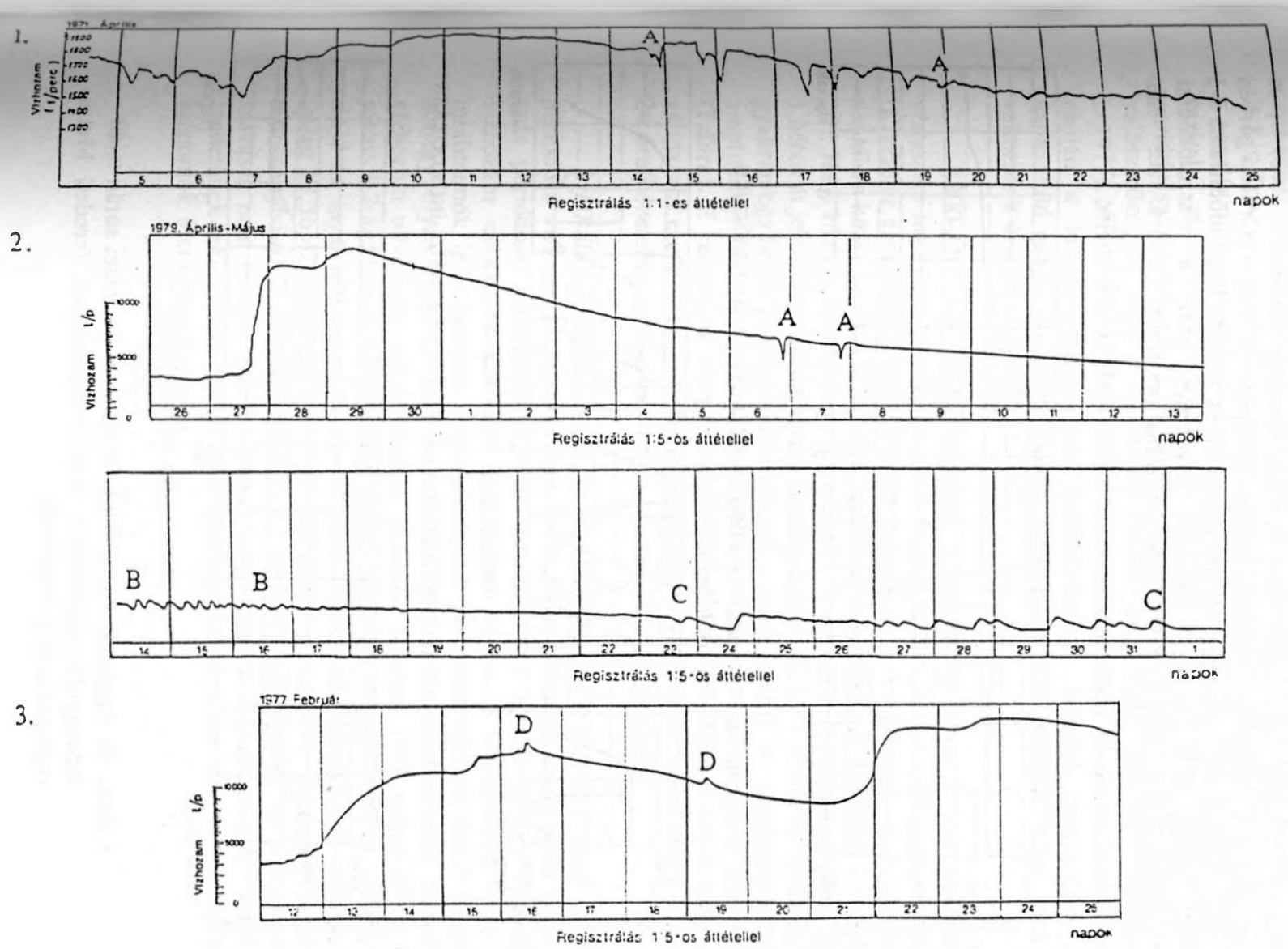
A karsztforrások vízhozam-változásában található árapály eredetű hozam-ingadozás csak árvízi periódusok időszakában jelenik meg. A 6.ábrán a Kis-Tohonya-forrás példáján mutatjuk be ezeknek a változásoknak jellemző formáit, melyek 23 vizsgált árvíz sajátosságait hordozzák. A legfelső diagramon (1) mutatjuk be a kis árvizek 1:1-es áttétellel mért árapály eredetű éles vízhozam csökkenéseit (A). A két középső diagramon (2) a nagy árvízi tetőzések után jelentkező éles vízhozam csökkenések (A), a közepes hozamnál előforduló közel 6 órás periódusú vízhozam-ingadozás (B), és egy kisebb, majd egy nagyobb hozamcsökkenéssel kezdődő árvízvégi árapály-ingadozás figyelhető meg (C). 1977-től kezdve ujabb árapály ingadozási forma jelent meg a forrás árvízi periódusában (3). Az éles vízhozam csökkenések időszakában (A) éles hozam növekedési csúcsokat lehetett megfigyelni egyre több árvízi periódusban (D). A 7.ábrán az eddig megfigyelt legnagyobb amplitúdójú A,B,C-típusú árapály ingadozásokat mutatjuk be.

A Metra-műszerrel történő 1:5-ös áttételű hozam regisztrálás esetén sem árvizek tetőzése, sem kisvizek időszakában nem figyelhető meg árapály-jelenség a vízhozam-idősorban. Kizárólag az árvízi periódusok apadási görbéi időszakának második felében jelentkeznek ezek a változások. A Vecsem-forrásnál az árapály-ingadozás csaknem folyamatosan jelentkezik, gyakran az árvizek felszálló ágában is megfigyelhető.

A 6.ábra legfelső diagramján (1) fogjuk megvizsgálni a Kis-Tohonya-forrás kis árvizeinek időszakában jelentkező árapály-ingadozásokat. A 6.ábra két középső hozam idősorának alapján (2) fogjuk részletesen elemezni a nagy áradások kiürülési szakaszában található árapály eredetű vízhozam-változásokat.

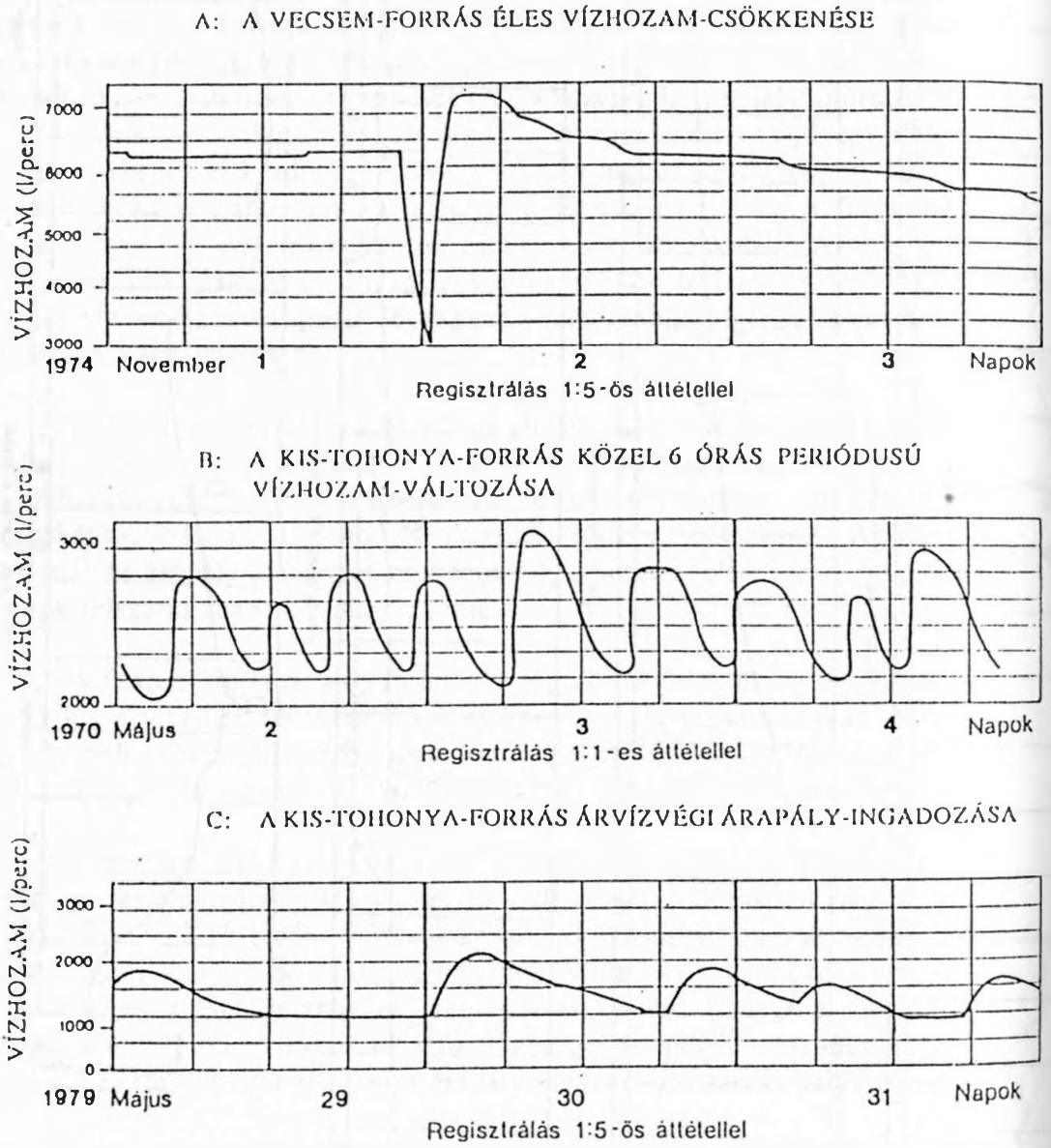
A kis árvizek leszálló ágának időszakában 2100 és 800 l/p közötti vízhozam tartományban 1971 június 15 - 20 közötti időszakban rendre közel 6-18-12-36-12-12-18-12 óra időtávolságban 2-3 óra időtartamú, átlag 120 l/p-es különbséget jelentő, éles, kettős vízhozam csökkenések jelentkeznek az apadási görbén 1:1-es áttételű vízhozam - regisztrálás esetén. Ezeket a változásokat pusztán a vízhozam csökkenések időkülönbségei és megjelenési időpontja (18, 23, 17, 01, 06, 22 óra) alapján is árapály eredetű változásnak lehet tekinteni.

A nagy árvizek időszakában az alábbiakat lehetett megfigyelni:



6.ábra. Az árapály jelenségek helye, mérete és megjelenési formái a Kis-Tohonya-forrás vízhozam változásában különböző árvizek időszakában. D: 1977 óta ismert éles hozam növekedési csúcsok.

5900-3800 l/p közötti vízhozam tartományban a korábban említettnél sokkal nagyobb, azaz 1000-1400 (Vecsem-forrásnál maximum 3300) l/p-es különbséget jelentő éles vízhozam csökkenések jelennek meg a kiürülési görbén 1:5-ös áttételű vízhozam regisztrálás esetén (6. és 7.ábra). Ezek időtartama 2-5 óra, míg az utána következő vízhozam növekedés, azaz a visszatöltődési görbeszakasz időtartama 3-5 (Vecsem-forrásnál maximum 13) óra. Az éles



7.ábra. Az Aggteleki-karsztvidék forráshozam mérései során talált legnagyobb amplitúdójú árapály-ingadozások (eredeti Metra-regisztrátumok másolatai).

vízhozam csökkenések a 6. ábrán egyetlen 24 órás periódusnak felelnek meg. A Kis-Tohonya-forrás 23 árvizének vizsgálata alapján megállapítható, hogy ezek a negatív vízhozam csúcsok az árvizek számának 50 %- ában jelennek meg és csak 1-3 alkalommal fordulnak elő, általában 18,24 ,48 órás, vagy hosszabb periódussal. Gyakran 6,12,18,vagy 24 óra közelében találhatók meg ugyanolyan valószinűséggel, mint a szivornyák kitörési kezdetének időpontja (Maucha L.1977). Mivel ezek az időpontok a hetenként egymásra következő holdfázisok napján a luniszoláris-ingadozás szélsőértékeinek közelitő (napéjegyen és napforduló napján pontos) időpontjai, ezért nem lehet kétséges, hogy ezek a változások árapály eredetűek.

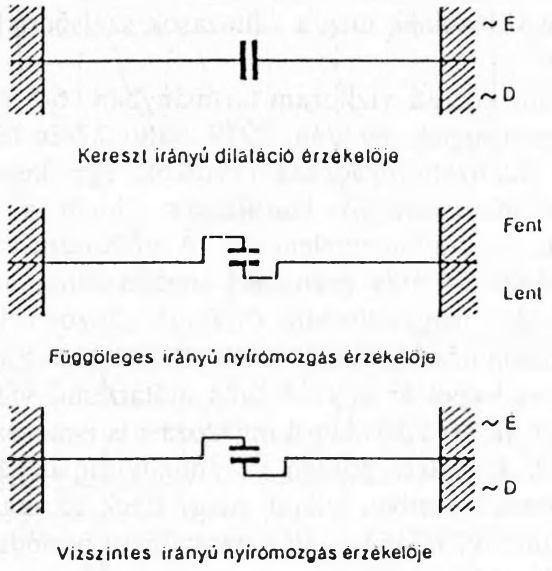
3800-2100 l/p közötti vízhozam tartományban közel 6 órás periódusú vízhozam ingadozás jelenik meg 6-8 nappal az éles hozam csökkenések után. (Kivételes esetekben e változások periódus ideje 4 óra is lehet). Ez a jelenség általában közel 12 órás periódusú ingadozással kezdődik és általában 2-4 napig tart. Ha a közben lehulló csapadék mérsékli a vízhozam csökkenés ütemét, úgy 1 héten át jelentkezhet ilyen típusú árapály-ingadozás (A Vecsem-forrásnál igen gyakran egy hétnél hosszabb időtartammal is megjelenhet). Az ingadozás átlagos amplitúdója 600 l/p, maximálisan 1000 l/p vízhozam különbségnek felel meg (7.ábra). E változások néha folyamatos amplitúdó csökkenéssel érnek véget. A változások eredete is egyértelműen a luniszoláris-ingadozás, mivel itt is 6-12-18-24 óra közelében valósulnak meg a változások szélsőértékei.

2100-800 l/p közötti vízhozam tartmányban, 6-8 nappal a közel 6 órás periódusú vízhozam-ingadozás után, 1979 május 27-én fél napig újból közel 6 órás periódusú vízhozam-ingadozás kezdődik egy kisebb és egy nagyobb vízhozam csökkenés után. (A kiürülésnek ebben a szakaszában ezek a minimumok igen gyakran megjelennek). A vízhozam-változás déltől kezdve átmegy olyan közel 24 órás periódusú ingadozásba, ahol minden második vízhozam növekedés megkettőződik (6.ábra). Közben 1979 május 29-én és június 1-2-án a hozam növekedések közötti időtartam megnyúlik 24 ill. 30 órára, majd az ingadozás véget ér egy 18 órás időtartamú vízhozam-növekedéssel (átlag 30,36,42 és 48 órás periódusú ingadozást is ismerünk ebben a vízhozam tartományban). A kiürülési görbén az árapály-ingadozásnak ez a harmadik szakasza nem minden esetben jelenik meg. Ezek az ingadozások is árapály eredetűnek tekinthetők, hiszen az itt tapasztalható periódus idők és szélsőérték időpontok fentiekhez hasonlók.

A LITOKLÁZIS-FLUKTUÁCIÓ MÉRÉSI EREDMÉNYEI

A mérőberendezések leírása

A litoklázis-fluktuációs mérések a Vass Imre-barlangban a közel É-D-i irányú Triangli-folyosóban történtek. A szuperinvarból készült mérőrúd két darabját a barlangfolyosó NY-i és K-i oldalfalába fúrt lyukba rögzitettük a folyosó tengelyére merőlegesen. A mérőrudak hőmérséklet változásból származó hossztengely menti zavaró megnyúlását nemcsak az $5 \cdot 10^{-7}$ m/m-es, kvarchoz hasonló hőtágulású mérőrúddal küszöböltük ki, hanem kedvező körülmény volt a mérőhely csaknem állandó hőmérséklete is (0.4 °C/év léghőmérséklet ingadozás a barlangi mérőhelyen). Az 1.5 m-es összes hosszúságú két mérőrud esetében 0.4 °C évi természetes hőmérséklet változás hatására egy év alatt tehát csak 0.3 mikrométeres hosszváltozásra lehetett számitani. A rúdvégek közé szereltük fel a György Péter elektromérnök által tervezett és épített elektronikus távmérő berendezés érzékelő egységét. A Kutató Állomás laboratóriumában helyeztük el a regisztráló egységet a mérőhelytől 500 m távolságban. A keresztirányú dilatációs mozgások, valamint a folyosó tengelyével párhuzamos hossz- és függőleges-irányú nyíró-mozgások érzékelőit a 8.ábrán látható elrendezés szerint készítettük el.



8.ábra. A litoklázis-fluktuációt mérő berendezés érzékelőinek felszerelési módja a Vass Imre-barlangban (elvi vázlat).

Az 8.ábra alapján nyilvánvaló, hogy a nyírómozgás érzékelők nemcsak transzlációs, mikrotektonikai mozgások kimutatására alkalmasak, hanem a szemben álló kőzetblokkok egyidejű és közel azonos mértékű rugalmas alakváltozásait is le tudják képezni. Ha a mért blokkok két szemben álló fala függőleges tengely körül azonos mértékben és azonos irányba csavarodik el, úgy felülről nézve a vízszintes nyíró-mozgásnál az egyidejű jobbra csavarodás szűkülést, az egyidejű balra csavarodás tágulást jelent a mérőfej érzékelői között azok adott elrendezése miatt (8.ábra). A mért litoklázis tényleges tágulása, vagy szűkülése attól függ, hogy a blokkok közötti törési háló a változás kezdetén egymásra merőleges törésekből áll- e, vagy a törések ettől eltérő szöget zárnak be. A merőleges állapottól való bármelyik irányba történő elcsavarodás szűküléssel jár együtt, a merőleges állapot felé való visszatérés mindig tágulást jelent. A kőzetblokkok vízszintes tengely mentén való elcsavarodása esetén hasonló változások várhatók.

A frekvencia elhangolás elve alapján működő litoklázis-fluktuáció mérő műszer igen nagy felbontású mérést tett lehetővé. Az érzékelők fazékmágnesben elhelyezett oszcillátor-tekercsek voltak, melynek frekvenciáját az ellendarabon elhelyezett fedőlemez közeledés, vagy távolodás esetén elhangolta. 1 mikrométer elmozduláshoz a regisztráló papiron 1 cm-es változás tartozott. A természetes kőzetmozgásokat a mérőberendezés tehát 10.000-szeres nagyításban tette láthatóvá.

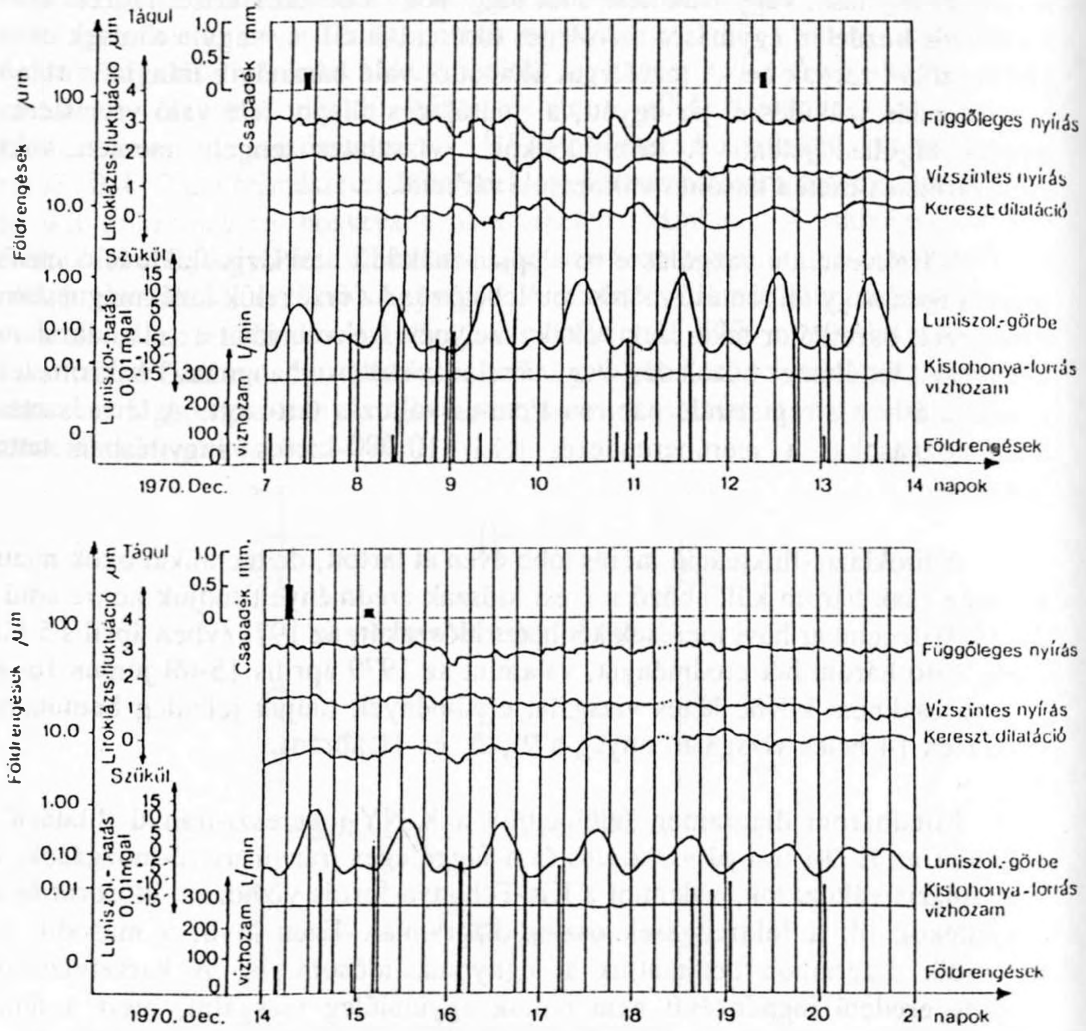
A litoklázis-fluktuáció mérés több éven át tartott, de technikai okok miatt ma még csak három különböző mérési időszak eredményeit tudjuk közre adni. Az 1970 december havi mérések két hetes időszakát, az 1971 évben április 5-től 26-ig tartó három hét eredményét, valamint az 1979 április 15-től június 16-ig terjedő csaknem kilenc hetes vizsgálat eredményeit tudjuk jelenleg bemutatni (összesen 14 hetes vizsgálati anyag a 9.,10. és 11.ábrán).

Mindhárom diagramon feltüntettük a K-NY-i kereszt-irányú dilatáció, valamint az É-D-i irányú vízszintes és a függőleges irányú nyíró-mozgások, a luniszoláris változások, valamint a Kis-Tohonya-forrás vízhozam-idősorát és a csapadékok ill. a földrengések oszlop-diagramját. Ezen kívül a második és harmadik diagramon bemutatjuk a légnyomás-idősorát is. A karsztvízszint árapály eredetű ingadozását nem tudtuk egyidejűleg vizsgálni, mert a fenti időszakokban a kis érzékenységű regisztrálás miatt még nem voltak ilyen mérési eredményeink. A luniszoláris, mintegy ± 0.1 mgal amplitudójú változások idősorát úgy ábrázoltuk, hogy a maximumok a dagály időpontjait jelentik. Mindhárom ábrán a fluktuáció-mérő berendezés mérőfejében lévő érzékelők közötti rés tágulását felfelé, szűkülését lefelé mutató nyíl jelzi.

Kapcsolat a kőzetmozgások és a vízhozam változások között

Az 1970-évi litoklázis-fluktuáció mérések

Az 1970-évi december havi litoklázis-fluktuáció mérési eredmények közül (Maucha L.1973) bemutatunk két heti idősort, mely időszakra vonatkozóan a



9.ábra. Komplex diagramm az 1970 évi december havi csapadékokról és a fluktuációs- (felül), luniszoláris- (középen) és vízhozam-változásokról (alul). Legalul tüntettük fel a földrengések idősorát.

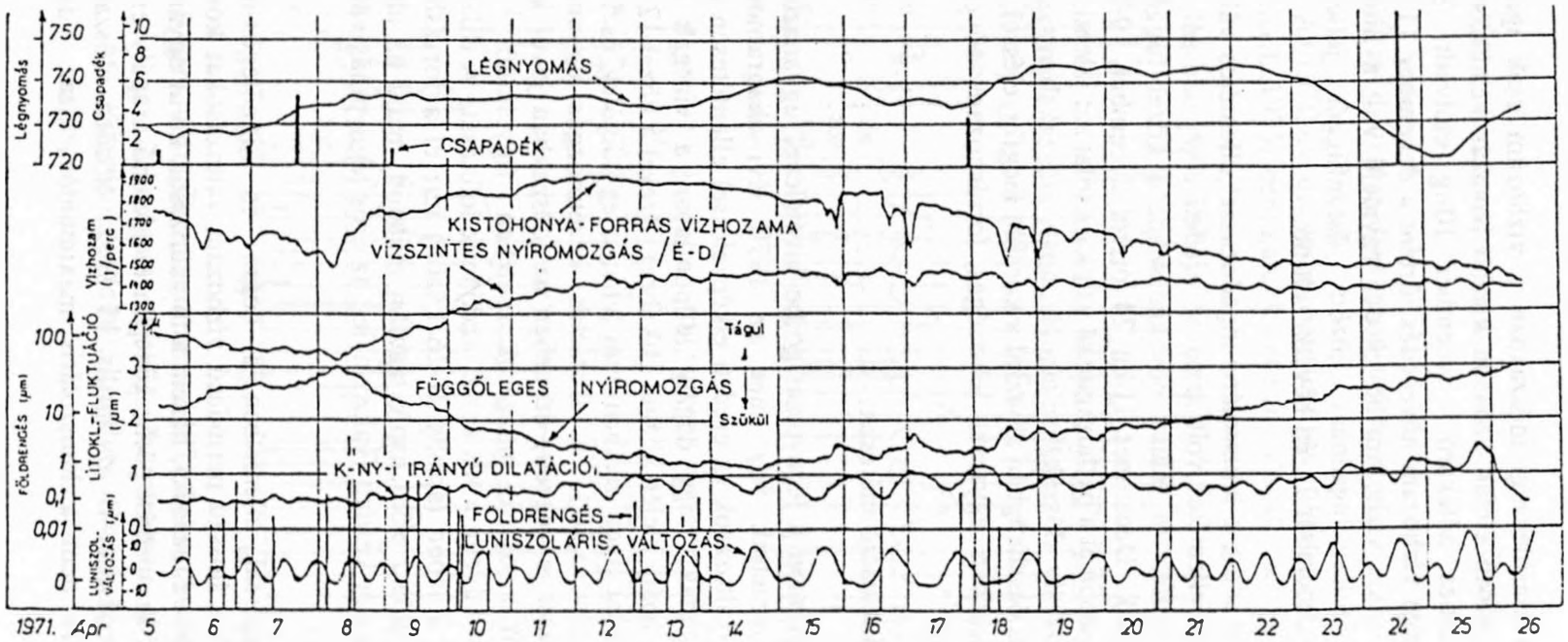
három hónap óta tartó kiürülésvégi időszakban a vízhozam csak igen kis mértékben változik. A hónap elején azonban kisebb havazás kezdődött. Az ebből származó 5 cm-es hótakaró december 10-ig elolvadt. Ennek következtében igen gyenge vízhozam növekedés történt a december 11 és 19 közötti időszakban. Ez a kis vízhozam növekedés egyidejű volt a litokázis-fluktuáció és a luniszoláris-ingadozás közötti összefüggés jellegének megváltozásával, amely december 11-én következett be.

A keresztirányú dilatáció addig a luniszoláris-ingadozással ellentétes változást mutatott, amely viszony ellentétes volt azzal az eredeti elképzeléssel, hogy dagály időszakában a földfelszín felület növekedéséhez a közel függőleges törések feltágulása tartozik. December 11-én 24 órától december 19-én 12 óráig, tehát nyolc és fél napon át a párhuzamossá vált kapcsolat azt jelenti, hogy a vizsgált törés mentén dagály időszakában tágulás, apály időszakában szűkülés történt. Ez a megfigyelés összhangban áll azzal a korábbi megfigyeléssel, hogy apály és dagály időszakában egyaránt lehetséges forráshozam növekedés (Maucha L.1973,1977).

Az 1971-évi litoklázis-fluktuáció mérések

Az 1971 évi diagramon a légnyomás-görbe kivételével ugyanazokat a mérési eredményeket tüntettük fel, mint az 1970 évi diagramon. A keresztirányú dilatációs-változások az eredeti elképzeléssel ellentétesen ebben az időszakban azt mutatták, hogy dagály időpontjában a vizsgált közel függőleges törés szűkül, apály idején kitágul (10.ábra). Ezeket a közel 12 és 24 órás periódusú változásokat ilyen alakban nem lehetett egyidejűleg észlelni a vízhozam-változásban (ápr.15,20). A dilatációs kőzetmozgás ugyanakkor hosszú periódusú változást is végzett, de ebben az időszakban jóval kisebb amplitúdóval, mint ami a nyíró - mozgások esetében figyelhető meg. Párhuzamosan tágulással követte a kis árvíz alakjának lefutását. A dilatációs mozgás csak az utólsó 6 napon (április 21-26 között) tért el a forráshozam követésétől, amikor az utólsó előtti napig tágulást mutatott, majd az időszak végén ugrásszerűen szűkülni kezdett (valószínűleg az erős légnyomás-változás következtében).

A dilatációs-mozgással ellentétben a hossz- és függőleges-irányú nyírómozgások nemcsak a hosszú periódusú vízhozam változásokat követték (párhuzamos és tükörképi változások), hanem a fő változáson kívül ugyanilyen kapcsolat szerint leírták az apadási görbe közepén megjelenő árapály eredetű kettős vízhozam csökkenéseket is az április 15 és 21 közötti időszakban. Feltűnő, hogy többnyire nem a luniszoláris maximumok, azaz dagály

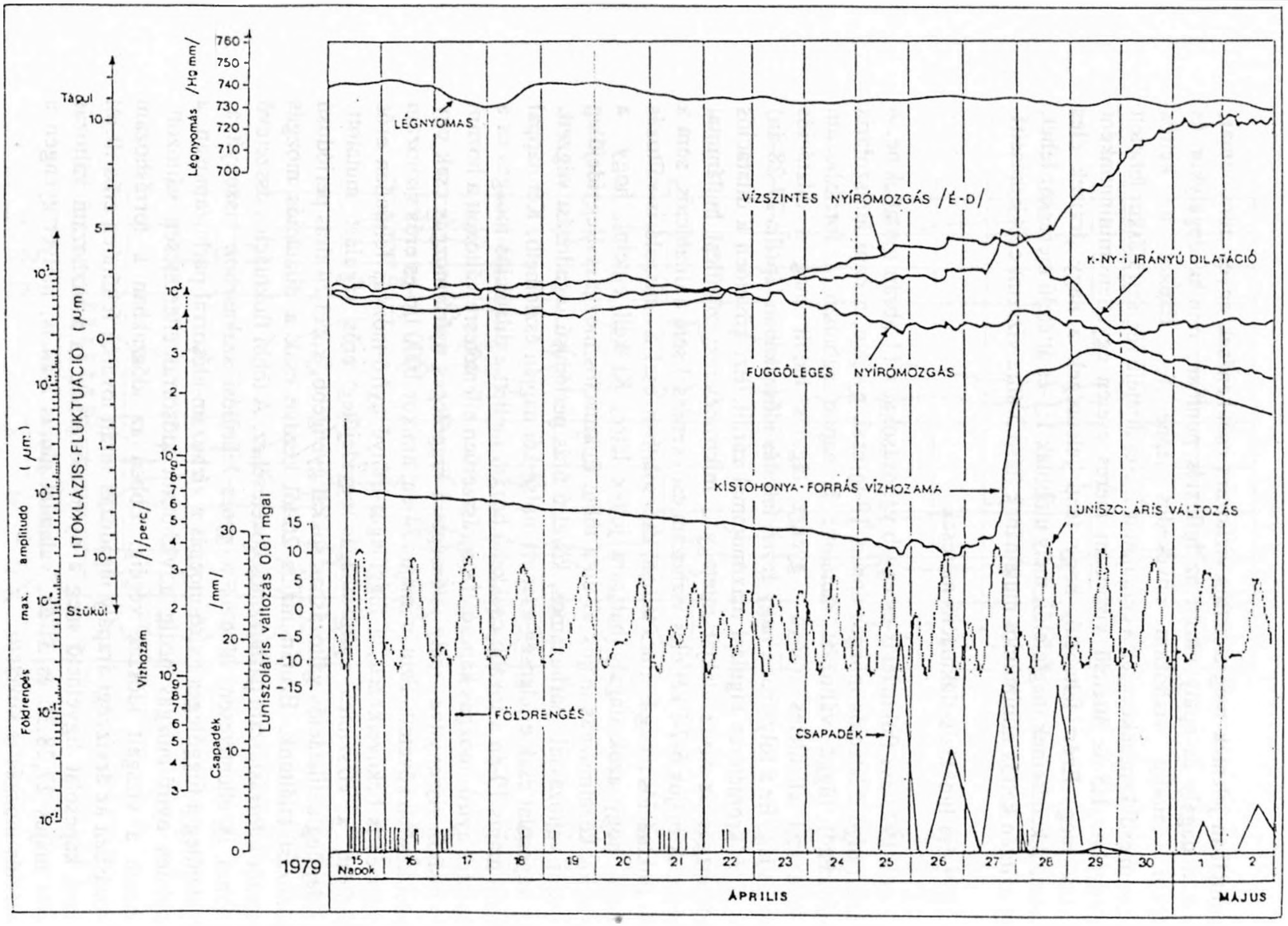


10.ábra. A Kis-Tohonya-forrás 1971 évi tavaszi árvízének időszakában végzett fluktuáció-mérések a légnyomás- és csapadék-észlelések, valamint a luniszoláris változások és a földrengés-vizsgálat eredményeinek feltüntetésével.

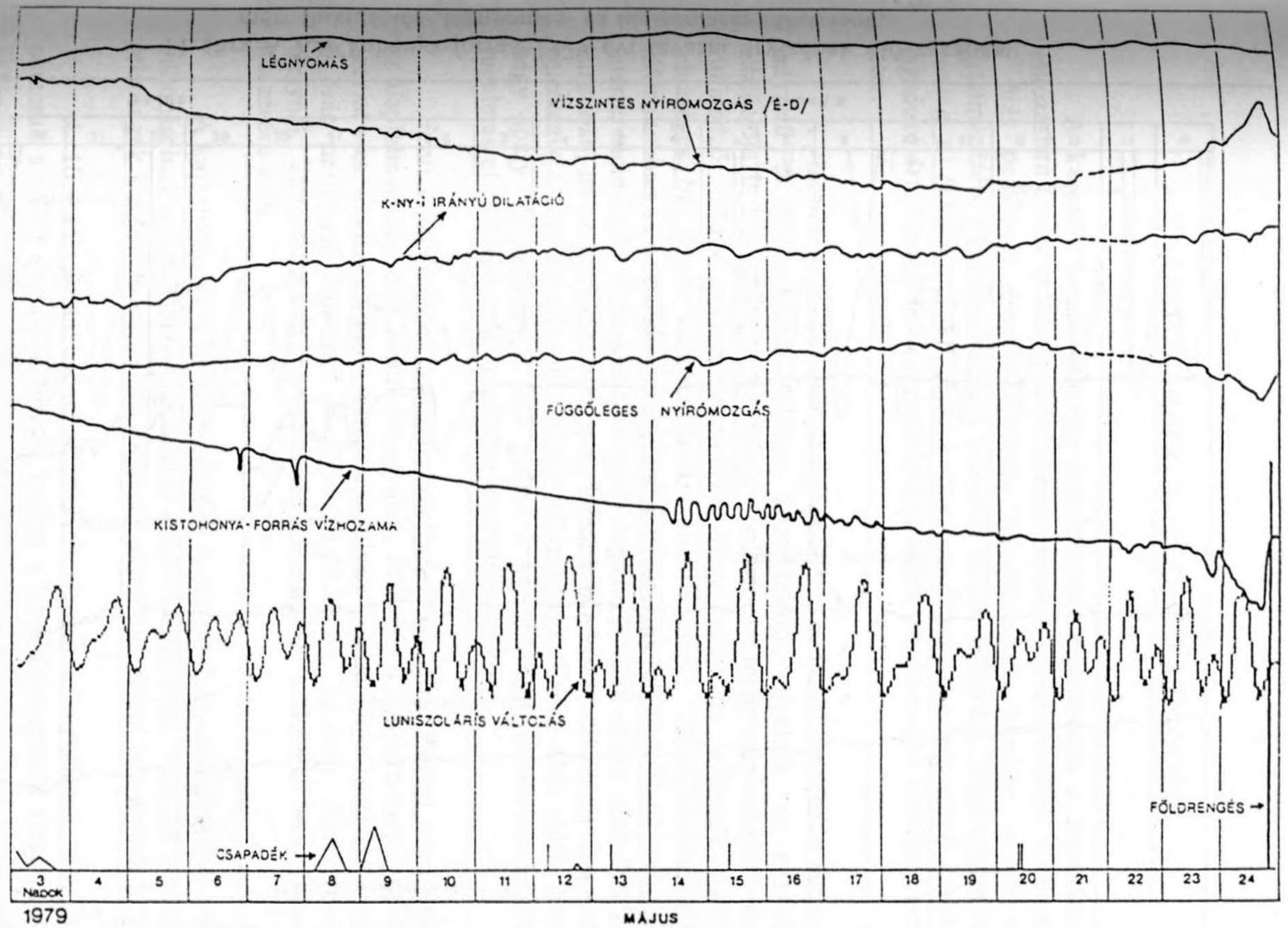
időpontjában jelentek meg a kettős vízhozam csökkenések egyes minimumai, hanem a dagály és apály között az inflexiós pontban, mintha dagálykor és apálykor mindig vízhozam növekedés lépne fel. Ezeket a kettős vízhozam csökkenéseket csak a bemutatott 1:1-es áttételű regisztráláskor lehetett megfigyelni. 1:5-ös áttételű vízhozam mérés esetén egyetlen minimumként jelentek meg. Ezért feltehető, hogy fenti jelenségek a nagy árvízek éles hozamcsökkenéseinek megfelelői, mely utóbbiak 1:1-es áttételű méréskor lehet, hogy szintén kettős minimumot mutatnának (lásd 5.ábra vízszint csökkenéseit).

Az 1979-évi litoklázis-fluktuáció mérések

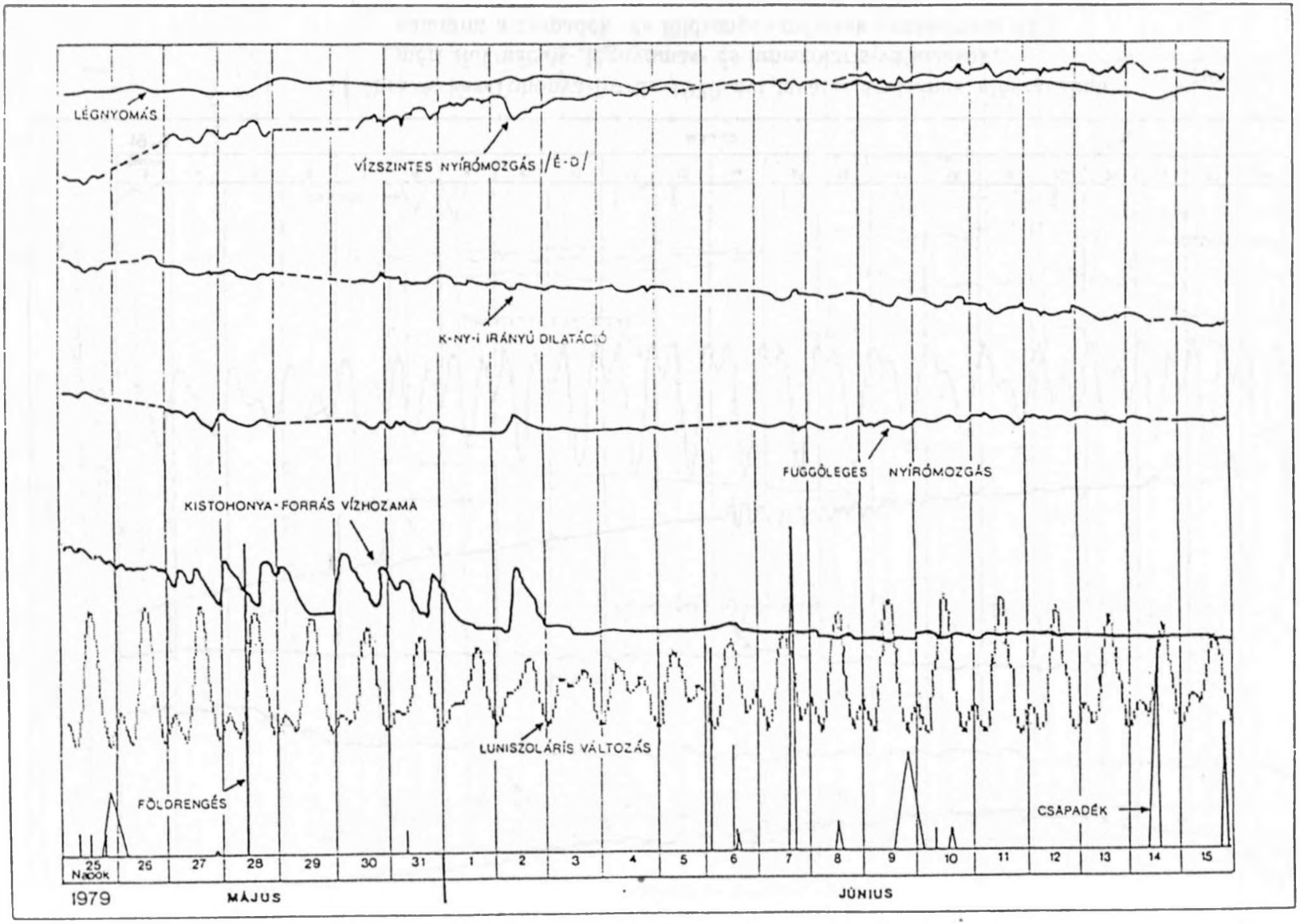
Az 1979-évi fluktuációs-és egyéb változásokat a 11.ábrán mutatjuk be. A keresztirányú dilatációs mozgás április 19-ig csak gyenge, a napi luniszoláris ingadozástól függő változást mutatott. E napon azonban a forráshozam csökkenéssel ellentétes irányú gyenge tágulás indult meg a dilatációs változásban. Ez a folyamat a nagy árvizi felfutás időszakában (április 27-28-án) erős, 2 mikrométeres tágulási maximummal zárult. Ezt követően a dilatációs kőzetmozgás az árvíz alakját mintegy 3 mikrométeres szűkülési hullámmal követte. A május 6-7-i két éles vízhozam csökkenéssel sem a dilatációs, sem a többi fluktuációs mozgás nincs látható kapcsolatban csak a luniszoláris-változás mutatja, hogy azok dagály hatására jöttek létre. Ki kell emelni, hogy a dilatációs kőzetmozgás május 17-én a többi fluktuációs mozgással egyidejűleg a hozam változással párhuzamos, közel 6 órás periódusú ingadozást végzett. Ez a kapcsolat csak e jelenség-csoport utólsó két napján észlelhető. Két nappal később május 19-én a tovább csökkenő hozam mellett a dilatációs-mozgás és a vízszintes nyíró- mozgás kapcsolata ugrásszerűen ellentétesre változott a hozam változáshoz viszonyítva, mely jelenséget a függőleges nyíró-mozgás csak egy nappal később követett. Ezután május 24-én, amikor 1000 l/p-es erős vízhozam csökkenés is bekövetkezett, a függőleges-irányú nyíró-mozgás feltűnően erős szűkülést, a vízszintes nyíró-mozgás egyidejűleg erős tágulást mutatott. Egyidejűleg a dilatációs változásban sokkal gyengébb, közel 24 órás periódusú ingadozást találtunk. Ezután május 26-tól kezdve csak a dilatációs mozgás visszatér a forráshozam párhuzamos követéséhez. A többi fluktuációs összetevő továbbra is ellentétesen változik a gyors kiürülési szakaszhoz viszonyítva. Egyidejűleg a függőleges nyíró-mozgás a vízhozam-idősorral párhuzamosan, a vízszintes nyíró-mozgás pedig a vízhozam idősorral ellentétesen változott, csaknem a vizsgált időszak végéig. Ebben az időszakban a forráshozam változásban az árvízvégi árapály ingadozás során további feltűnően erős ill.jól látható kapcsolat figyelhető meg a nyíró-mozgások és a vízhozam változás között május 27,28,30 és 31-én, valamint június 2-án is, melyet gyengén a dilatációs mozgás is követett.



11.ábra. A Kis-Tohonya-forrás 1979 évi tavaszi árvízének időszakában mért fluktuációs-, légnyomás- és luniszoláris-változások, valamint a csapadék- és földrengés-mérések eredményei (I.)



11.ábra.A Kis-Tohonya-forrás 1979 évi tavaszi árvízének időszakában mért fluktuációs-,légnyomás- és luniszoláris-változások, valamint a csapadék- és földrengés-mérések eredményei (II.).



11.ábra.A Kis-Tohonya-forrás 1979 évi tavaszi árvízének időszakában mért fluktuációs-,légnyomás- és luniszoláris-változások, valamint a csapadék- és földrengés-mérések eredményei (III.).

A KARSZTOS ÁRAPÁLY-JELENSÉG MŰKÖDÉSE

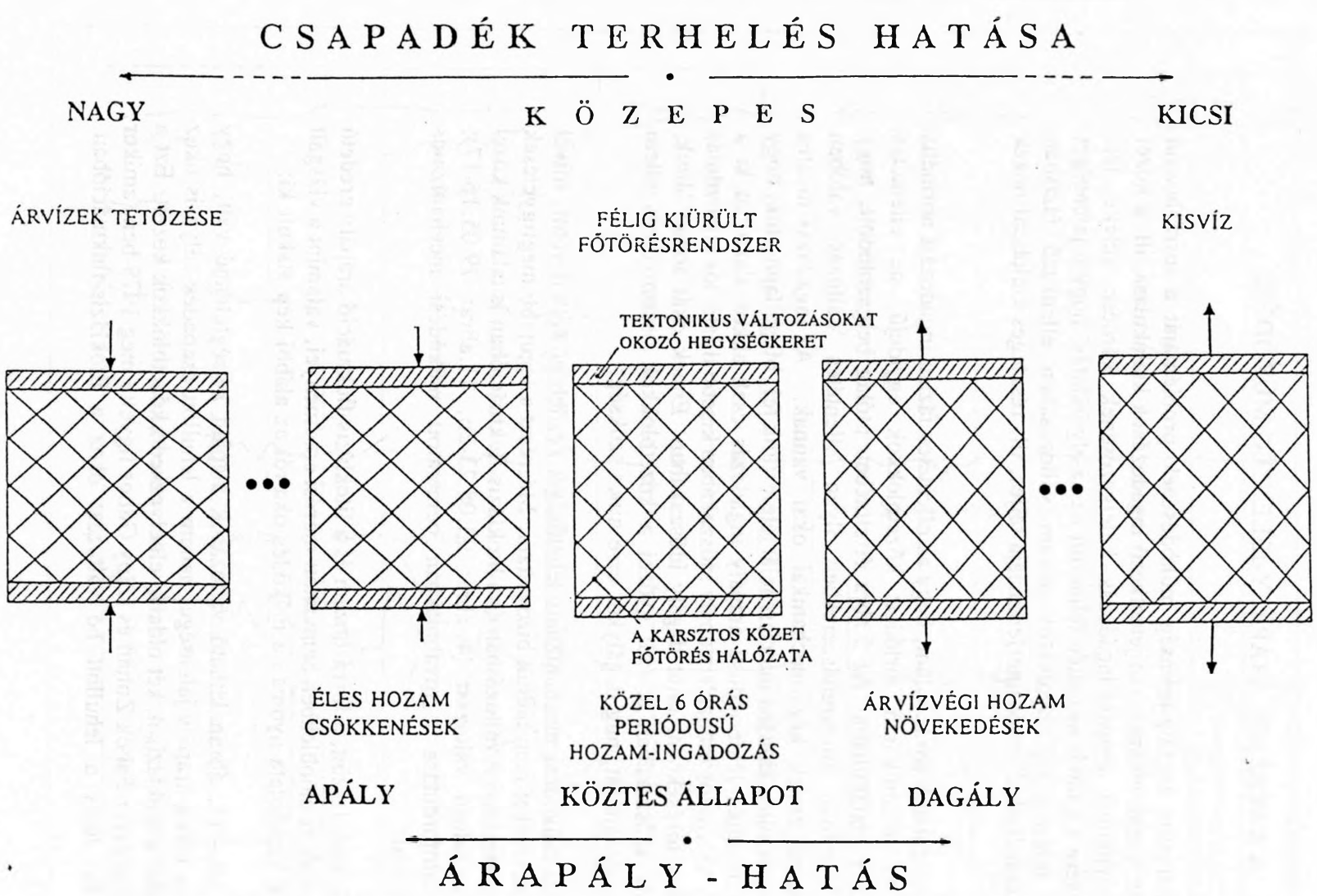
A karsztos árapály-jelenség működésének problémáját a forráshozam változásban a csak időszakosan jelentkező ingadozások kialakulása, ill. a közel 6 órás periódusú árapály-ingadozás keletkezésének kérdése vetette fel. Értelmezésére a kutatás kezdetén felmerült az az elgondolás, hogy e jelenséget esetleg a felszínalatti vízfolyások hozam változásában ellenkező fázisban ingadozó árapály-hullámok interferenciája teljes, ill. részleges kioltással hozza létre.

A vizsgálatok során kitűnt, hogy az ellentétes fázisú ingadozást normális helyzetű és tektonikusan torlódott kőzetblokkok egyidejű, de ellentétes dilatációja is kialakíthatja. Az 5.ábra értelmében utólag beigazolódott, hogy különböző irányú törésrendszerekben ilyen ellentétes változás valóban lehetséges, bár ennek kőzetmechanikai okai vannak. Az ingadozás mentes időszakokban teljes kioltású interferenciát tételeztünk fel. Megállapítottuk, hogy interferencia útján félperiódusú árapály ingadozás csak akkor alakulhat ki a karsztban, ha azonos erőhatásra apály időszakában kisebb dilatációs elmozdulás keletkezik a törésekben, mint dagály időszakában. Ennek okát abban láttuk, hogy apály időszakában le kell győzni a kőzetblokkok összenyomás elleni rugalmas ellenállását, míg dagálykor erre nincs szükség.

Fenti működési mechanizmus lehetőségét később el kellett vetni, mivel az alapfeltevéseket nem tudtuk bizonyítani. Másrészt a legujabb megfigyelések szerint a karsztvíszint változásban és a litoklázis-fluktuációban is találtunk közel 6 órás periódusú változást (4. ábra: 93.08.23-26, 11.ábra: 79.05.16-17), melynek előfordulása a továbbiakban bemutatott működési mechanizmus létezésére utalt.

A karsztvízszint, a forráshozam és a litoklázis-fluktuáció árapály eredetű változásainak az előbbiekben bemutatott mérési eredményei, valamint a vizsgált jelenségek kapcsolata nyomán a működés okairól az alábbi kép alakult ki:

A 10.– 11. ábrán látható változások alapján kétségtelenné vált, hogy nemcsak a kéreg árapály-jelensége, hanem a lehullott csapadék súlya is okoz elmozdulást a litoklázisok két oldalán elhelyezkedő kőzetblokkok között. Ezt a jelenséget először Fabók Zoltán és Izápy Gábor figyelte meg 1979-ben, amikor észrevették, hogy a lehullott hó változást okoz a litoklázis-fluktuációban.



12.ábra. A karsztos kőzet főtörés hálózatának alakváltozása a változó csapadékterhelés hatására. Ennek következtében jut érvényre közepes terhelésnél az árapály jelenség jóval kisebb hatása is a főtörésrács nyitásában és zárásában. A változásokat kísérő hidrológiai jelenségek helyét is feltüntettük.

Felmerült a kérdés, hogy milyen működési mechanizmus valósítja meg ezt a sajátos kölcsönhatást ?

Az "interferencia"-modell elvetése miatt ujra kellett gondolni az árapály-jelenség működési mechanizmusának kérdését. A kutatás kezdetén feltételeztük, hogy kéreg-dagály időszakában a földfelszín felületének megnövekedése miatt a törések minden irányban kitágulnak. Az uj meggondolás szerint ezzel szemben azt állítjuk, hogy a kéreg dagálykúpja - annak ellenére, hogy nagy térségekben izotróp tulajdonságú, hegységnyi méretekben a helyi tektonikus egység feszültség keltő mechanizmusán át meghatározott irányban fejti ki hatását. Aggtelek környékén ezt a szerepet valószinűleg a paleozoós hegységkeret tölti be.

Fentiek figyelembevételével területünkön az árapály-jelenség működését úgy értelmezzük, hogy az apály összenyomó és a dagály széthúzó hatására a helyi tektonikus egységen belül a főtöréshálóló összecsukható rácshoz hasonló mozgást végez (12.ábra). A főtöréshálóló ugyanis a vizsgált területen mintegy 50x50 m-es elemi blokkokra osztja fel a karsztos kőzetet (Izápy G.-Maucha L.1994). A mozgás során az elemi blokkok közel négyzet alakú köztes állapota dagálykor húzás, apálykor nyomás hatására egyaránt közel trapéz alakba megy át a törések egyidejű záródásával. Az a modell feltevés, hogy a karsztos törésrendszer fenti alakváltozása húzás időszakában is létrejön, csak úgy képzelhető el, ha a kőzetblokkok húzott helyzetben feszültségmentes alapállapotukra alakulnak vissza (a rendszerből kiemelve felülnézetben álló trapéz alakúak lennének). A törések együttes záródása karsztvíszint emelkedést és forráshozam növekedést okoz. E mozgás közben az egyes törések szemben álló falai szükségképpen horizontális nyíró mozgást is végeznek, mert elemei az összecsukható törésrácsnak. Könnyű belátni, hogy azonos erőhatásra a dilatációs elmozdulásnál csaknem kétszer nagyobb nyíró elmozdulás keletkezik minden rácselemben. A hozamváltozásokban található árapály-ingadozás ezért mutat szorosabb kapcsolatot a nyíró mozgásokkal, mint a dilatációs-mozgással. A nyíró-mozgások erőteljesebb változását fokozza az a tény is, hogy a törésrács elemei nem fix csuklók körül forognak. Ezért a részben mészkőből, részben dolomitból felépült vízgyűjtő-területen a mészkő és dolomit blokkok jelentősen eltérő rugalmassági modulusa miatt az összenyomáskor keletkező kisebb rácstorzulások tovább növelik a nyíró mozgások mértékét.

A litoklázis-fluktuáció nyírómozgásai azért írják le a forráshozamok árvízi idősorának alakját, mert ugyanezt a törésrács mozgást egy nagyságrenddel nagyobb mértékben a felszínre hulló csapadék, ill. a karszt kiürülési-folyamata is létrehozza. A csapadék terhelés súlya ugyanis elegendően nagy ahhoz, hogy

az izosztázia törvénye alapján a karsztos kőzettömeg néhány mm-es süllyedését és horizontális összenyomódását okozza. A süllyedés mértékére tájékoztatást nyújt az a tény, hogy a legutólsó jégkorszak alatt mintegy 3000 m vastag jégtakaró elolvadása után Skandinávia középső része 300 métert emelkedett (Báldi T. 1978). A kerekített adatok miatt nem követünk el nagy hibát, ha a jeget vízzel helyettesítve megállapítjuk, hogy területünkön 1 mm csapadék a karsztfennsík 0,1 mm körüli süllyedését hozhatja létre. Ezért reális alapja van annak, ha csapadék terhelésnek tulajdonítjuk az árvízek időszakában megfigyelhető néhány mikrométeres kőzet mozgásokat. Az izosztatikus mozgás érthetővé teszi a függőleges nyírómozgások eredetét is, bár azok a korábban említett rácstorzulások során is létrejöhetnek. Ugyanakkor a süllyedés hatására bekövetkező vízszintes összenyomódás oka az a körülmény, hogy terhelés hatására a kőzettömeg befogása megnő a tektonikus egység "satúpofái" között.

Fentiek következtében a csapadék-terhelés az alábbiak szerint tudja vezérelni az árapály ingadozás különböző fajtáinak kialakulását (6.ábra):

A nagy árvizek tetőzésének időszakában a forráshozam változásban nem találunk árapály-ingadozást, mert a felszínre hullott csapadék teljes súlya miatt összenyomott karsztban nagy belső súrlódás alakul ki a kőzetblokkok között(6. és 11. ábra). Ennek létrehozásában szerepet játszik a kőzetblokkok függőleges terhelés hatására történő rugalmas alakváltozása is (oldalirányú méretnövekedés). Ebben az állapotban a karsztos kőzettömeg egyetlen blokként végzi árapály eredetű alakváltozásait. Dagálykor a húzás irányára merőleges repedések, apálykor a nyomás irányával párhuzamos törések dilatációja azonban ebben az időszakban is lehetővé teszi a karsztvízszint árapály ingadozását a finomabb érhálózatban. Állításunkat arra a tényre alapozzuk, hogy a Hosszúvölgyi-kútban egész évben folyamatos árapály-ingadozást találtunk (3.ábra). E kútban a főtörésháló árapály-ingadozásából származó hozam változáshoz képest eltérő periódusú vízszint-ingadozás ténye további bizonyítékul szolgál a finom érhálózat árapály jelenségének önálló létezésére (5.ábra).

Az árvizek tetőzése után a kiürülés és a párolgás, valamint a lefolyás miatt csökken a karszt terhelése és belső súrlódása. A dagály a törési háló néhány órás szétnyitásával hézagtérfogat növekedést okoz. Ez a hatás hozza létre az éles vízhozam csökkenéseket (6.,7. és 10.,11. ábra). Az éles vízhozam csökkenések csak ritkán tudnak kialakulni (nem tudják követni a luniszoláris változások folyamatosságát) és az apály vízhozam növekedést okozó hatása tartósan nem jelenik meg (az összenyomással járó nyírómozgásokat fokozottabban fékezi a még mindig erős belső súrlódás hatása). A belső súrlódás mértéke nagy árvizek időszakában a főtörésháló különböző pontjain a korábban említett rácstorzulások miatt eltérő lehet. Ennek tulajdonítható, hogy a 11.(II.)

ábra diagramján bemutatott nagy árvíz két éles hozam csökkenéséhez nem tartozott látható fluktuációs elmozdulás a Vass Imre-barlangi mérőhelyen. A bemutatott kis árvíz esetében a kisebb csapadék terhelés miatt az éles hozamcsökkenések csaknem folyamatosan jelentek meg a nyíró-mozgásokkal egyidejűleg.

Éles árapály eredetű vízhozam csökkenésekeket mutatunk be a 6.ábrán (1. és 2.diagram), valamint a 10. és 11.ábrán (71.04.15-20 és 79.05.06-07.). A megvizsgált 23 áradás esetében összesen 18 alkalommal figyeltünk meg ilyen változásokat. A véletlen jelleggel előforduló változások létrejöttében jelentős szerepet játszik a földrengés-hatás, vagy a mikroszeizmikus nyugtalanság kiugró változása, amely időszakosan csökkenti az összenyomott karsztrendszer belső súrlódását. Ennek hatására a kéregdagály ill. a rugalmas erő húzása miatt felhalmozódott feszültség ugrásszerűen szabadul fel. Ez okozza a vízhozam változások élességét. A vizsgálatok szerint az eddig megfigyelt 18 éles hozamcsökkenés időszakában 7 alkalommal pattant ki egyidejű, helyszínen regisztrált földrengés (40 %). Ebből csak 3 esetet mutatunk be a 10. ábrán (71.04.16,18 és 20).

A húzott és a nyomott állapot határán (köztes állapot,amikor legnagyobb a hézagtérfogat), akár dagály, akár apály időszakában csak szűkülés jöhet létre a törésrácsban, ami szükségképpen a közel 6 órás periódusú vízhozam-ingadozás kialakulására vezet (az árapály jelenség periódusa feleződik, 1. és 7. ábra). Ezek a változások mindig folyamatosan jelennek meg, mert a legnagyobb hézagtérfogatú állapotban, vagyis a legkisebb belső súrlódás mellett játszódnak le. A Vecsem-forrás esetében ennek az időszaknak tartósabb lefolyása a kiürüléssel együttjáró kiemelkedés lassúbb ütemére vezethető vissza, amely eltérő helyi szerkezeti adottságokkal lehet öszefüggésben (1.ábra). Az a tény, hogy a közel 6 órás periódusú hozam-ingadozásnak csak az utólsó két napján találtunk hasonló periódusú fluktuációs-változásokat (11.(II.) ábra (79.05.17-18), szintén a blokkok közötti belső súrlódás mértékének eltérő jellegéből adódik. Ebből következik, hogy egyetlen mért törés mozgása nem reprezentálja folyamatosan a főtöréshálóó egészének nagyrészt egyidejűnek tekinthető mozgásait.

Az árvizek végén húzott helyzetbe került a rendszer, mert itt van a kisvízi (legkisebb feszültségű) alapállapota. A 11.(II). ábrán jól látható, hogy a közel 6 órás periódusú ingadozások után 5 nappal erős, 3 napos vízhozam csökkenés előzi meg az árvízvégi árapály-ingadozást. Feltételezzük, hogy ez a gyakori jelenség az éles hozam csökkenések kisvízi megfelelője és szintén a törésrács nyitásából származik. Ezt a változást azonban nem az árapály-jelenség működése hozta létre, hanem a terhelésből felszabadúló kőzetblokkok

árvízvégi átrendeződése. Ennek során a blokkok a beszűküléssel csökkenő belső súrlódás következtében kezdik felvenni az oldalirányú tágulás miatt deformált eredeti állapotukat. Hatására a törésrács-mozgás visszafordult és ismét áthaladt a legnagyobb hézagtérfogatú köztes állapoton, ami ebben a helyzetben szükségképpen vízhozam-csökkenésre vezetett. Állításunkat az a tény igazolja, hogy a nyírómozgások már 1979 május 19-20-án átfordulnak a nagy hozamcsökkenést okozó ellentétes változásba. Ez a meglepő esemény azért jöhetett létre, mert a változások kezdetén a törésrács állapota ekkor nagyon közel volt a köztes állapothoz, mivel a kiürülés üteme a második és a harmadik árapály-ingadozási időszak között már erősen lelassult. Ezért a blokkok igen csekély alakváltozása is elegendő volt a törésrács ellenkező irányú elmozdításához.

Az erős hozamcsökkenés május 24-én hirtelen ért végett. Ezt a szokatlanul erős mikrotektonikai változások okozták. Lehet,hogy ennek volt következménye az este 19.25-órakor kipattant földrengés is. Az ezután következő közel 6 órás periódusú vízhozam-változás (11.(III.) ábra) május 27-én átcsapott 12 órás periódusú hozam-ingadozásba, majd május 31-ig ellentétes változás figyelhető meg luniszoláris- és a hozam-ingadozás között. Ezek a tények a viszafordulás további bizonyítékai. Csak június 2-án tér vissza a karszt húzott állapotba, mivel ekkor már dagály időszakában jön létre a hozam növekedés. A május 29-én és június 1-én látható egyre növekvő időtartamú ingadozási szünetek jelzik, hogy a növekvő belső súrlódás miatt rövidesen leáll a főtörésrendszer árapály-ingadozása (az ingadozás periódus-ideje véletlen jelleggel megnyúlik). A függőleges nyíró-mozgás már június 4-én, a vízszintes nyíró-mozgás pedig csak június 14-én fordult vissza az árvizi hozamcsökkenést követő eredeti mozgás irányba. A kiürülést követő változással ellentétes irányú mozgást e periódusban a blokkok vissza-rendeződésének a törésrács csukódás üteménél jóval erősebb, ellentétes és egyidejű nyíró mozgása hozhatta létre.

Kis vizek időszakában azért nem észlelhető árapály - ingadozás a forráshozam változásban, mert szélsőségesen húzott állapotban már nemcsak a kiszorítható vízmennyiség hiányzik a főtörés rendszerből, hanem a forráshozam árapály-ingadozását működtető, érdemi hézagtérfogat változást okozó törésrács zárás és nyitás sem tud már kialakulni az ismét megnövekedett nagy belső súrlódás miatt. A karszt kisvízi állapotában ugyanis hasonló jelenségek lépnek fel, mint a nagy árvizek tetőzésének időszakában.

A forráshozam változásban az árapály-ingadozás időszakos megjelenésének oka tehát a csapadék-terhelés hatása, amely a főtöréshálló rácsának kismértékű összenyomásával és széthúzásával időben és térben is megváltoztatja a blokkrendszer belső súrlódását. Másrészt a hozam-változásban található árapály-ingadozás csak azért alakulhat ki, mert a csapadék terhelés a

főtörésrendszert olyan kis belső súrlódású állapotba tudja vinni, amely helyzetben már az árapály-jelenség jóval kisebb mértékű hatása is képes működtetni a törésrácsot. Csak ilyen, az egész karsztra kiterjedő, egyidejű törésrács mozgás tud érdemi hézagtérfogat változást előidézni a karsztban, és árapály-ingadozást okozni a forráshozam-változásban.

Az "összecsukható törésrács" modell - úgy tűnik - elfogadható mértékű valóságtartalmát az a körülmény is jelzi, hogy felhasználásával nemcsak a probléma felvetés kérdéseire lehetett reális választ kapni, hanem a tárgyalás során felmerült egyéb jelenségek okát is tisztázni lehetett.

A litoklázis-fluktuáció és a luniszoláris változás közötti (9. ábra), a karsztvízszint és a luniszoláris változás közötti (Maucha L.1973,1977), valamint a keresztirányú dilatáció és a forráshozam árvízi felfutása ill. kiürülése közötti (11.ábra: 79.04.27.,05.19) fázisváltás minden esetben azzal indokolható, hogy kisebb, vagy nagyobb csapadék felszínre jutása, vagy a kiürülés előre haladása következtében a törésrács átment a húzott és nyomott állapot határán.

Az éles vízhozam csökkenések helyett 1977-től kezdve egyre gyakrabban éles vízhozam növekedéseket találtunk az áradások tetőzésekor, vagy tetőzések után a Kis-Tohonya-forrás vízhozam regisztrátumain (6.ábra,legalsó diagram). Ugyanakkor az áradások idősorában nem jelentek meg a korábban megfigyelt közel 6 órás és árvízvégi ingadozások sem. A jelenség magyarázatára felmerült az az elgondolás, hogy az 1980-tól kezdődő erősen aszályos időszak miatt a karsztrendszer blokkokban tározott vízkészlete már kisvízi átlag alá csökkent. Ennek hatására a karsztos kőzettömeg súlycsökkenése átlagosnál nagyobb izosztatikus emelkedésére vezetett. Emiatt a rendszer alapállapota is a korábbinál húzottabb állapotba került. Ennek következtében a forrás áradásokat létrehozó nagyobb csapadék terhelések már nem tudják nyomott állapotba vinni a rendszert, hanem legfeljebb csak a legnagyobb hézagtérfogatú állapotba. Itt,- mint tudjuk -, csak vízhozam növekedés jöhet létre apálykor és dagálykor is. Ilyen helyzetben nem jöhet létre közel 6 órás periódusú ingadozás, mert folyamatosságához kis súrlódású állapotra lenne szükség. Ezzel szemben ilyenkor nagy belső súrlódást kelt a kőzetblokkok között azok oldalirányú tágulása a nagy csapadék által okozott függőleges terhelés miatt. Ez az oka annak, hogy éles vízhozam csökkenések helyet éles vízhozam növekmények alakulnak ki, és hogy ismét csak véletlen jellegű árapály-ingadozás jöhet létre. E jelenség létezésének valószinűségét alátámasztja az a megfigyelés is, hogy az éles hozam növekményekhez is tartozik földrengés tevékenység az esetek 20 %-ában.

Az "összecsukható törésrács" modell alkalmazása tehát arra az uj eredményre vezetett, hogy a karsztos árapály-jelenség közepes csapadék terhelés esetén dagálykor és apálykor is hézagtérfogat csökkenést okoz a karsztos kőzetben. A hézagtérfogat maximuma ilyenkor a luniszoláris görbe inflexiós pontjainak közelében alakul ki (10.ábra: 71.04.16.). Nagy csapadék terhelésnél apály, kis csapadék terhelésnél dagály hoz létre hézagtérfogat csökkenést (11.ábra) A csapadék-terhelés kisvíz időszakában először hézagtérfogat növekedést, utána csökkenést okoz. (11.ábra: 79.04.26-29.). Nagyobb hozamnál a terhelés csak hézagtérfogat csökkenésre vezet. Ezeket a porozitást befolyásoló aktuális mikrotektonikai változásokat a mérési eredmények minden tekintetben igazolták.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ez a munka a T O14146 nyilvántartási számú OTKA kutatási szerződés anyagi támogatásával készült, melyért köszönetemet fejezem ki. Köszönetet mondok továbbá Dr.Varga Péternének luniszoláris adatok átadásáért, valamint Ágotai Györgynek és Izápy Gábornak, akik lehetővé tették a jósvafői észlelőkutakban és forrásokban a vízszint és a vízhozam nagyfelbontású mérését Gealóg-mini műszer felhasználásával.

IRODALOM

Bartha L.ifj.(1967): Ebbe und Flut im Karstgebiet. Sterne und Weltraum. VI. évf. 8-9 sz. Mannheim. p. 216.

Báldi T.(1978): A történeti földtan alapjai. Könyv. Bp.

Gádoros M.(1969): Registrierung der Litoklasen bewegung unter den lunisolaren Einflüssen. Int. Kong. für Spelalogie. Abhandlungen. Bd. 3. Stuttgart. p. S 42/1-4.

Gerber P.(1965): Karszthidrológiai megfigyelések a tatabányai medence nyugati sasbércén. V.Bányavívédelmi Konferencia kiadványa. p.74-95.

Izápy G.(1992): A Nagy-Tohonya-forrás vízminőségi vizsgálata. Kossuth Emléknapok.MKBT kiadványa.Bp. p.95-103.

Izápy G.-
Maucha L.(1994): Hydrochemistry of the karst springs in the Jósvafő region.Karst and Cave Research in Hungary. 1972 évi Jósvafői Karsztkonf. anyaga. MKBT. kiadv. Bp. p. 91-100.

Maucha L.(1966): A litoklázis-fluktuáció első megfigyelése a Vass Imre-barlangban. Karszt és Barlang. II. Bp. p. 82.

Maucha L.(1968): A karsztvízszint árapály jelenségének kimutatása. BÁKI közl.-i. I. félév. Bp. p. 87-94.

Maucha L.(1973): A Vass Imre-barlangi litoklázis-fluktuáció mérés ujabb eredményei. Előad.ism. Karszt és Barlangkut. Táj. Bp. 2. p. 9-11.

Maucha L.(1973): A karsztvizek árapály jelenségét okozó kéregmozgások műszeres vizsgálata. MTA. X. Osztályának közl.-i. Bp. 6/1-4. p.55-83.

Maucha L.(1973): Instrumental measurements of crust deformations causing tidal phenomena of karst waters.Studies on the Material and Energy Flows of the Earth. Akadémiai Kiadó. Bp. p. 203-206.

Maucha L.(1977): Study of tidal movements of karst waters and karstic rocks. Ann.Geophys. t.33. fasc..1/2. p.151-156.

Maucha L.(1992): Uj jelenségek és törvényszerűségek kimutatása a Kossuth-barlang forrásának vízhozam változásában. Kossuth Emléknapok. MKBT kiadv. Bp. p. 73-94.

Maucha L.-Sárváry I.(1970): Tidal Phenomena in the Karstic Water Level. Bulletin of the International Assotiation of Scientific Hydrology. XV. évf.2.sz. p. 39-47.

Maucha L.-Sárváry I.(1972): Az árapály eredetű kőzetdilatáció mérése és az ehhez kapcsolódó észlelések a Jósvafői Kutató Állomáson. II.Anyag és Energiaáramlási Ankét kiadv. Könyv. Akadémiai Kiadó. Bp. p. 239-242.

Maucha L.-Sárváry I.(1972): Tidal phenomena in the karst water level. Studies on the Material and Energy Flows of the Earth. Akadémiai Kiadó. Bp. 1973. p. 207-213.

Papp F.(1941): A Dunántúl karsztvizei és a feltárás lehetőségei Budapesten. Hidrológiai Közlöny.XXI.évf.7-12. Bp.p.146-196.

Maucha László
tud.főmunkatars
VITUKI
Budapest
Kvassay J.u.1.
H-1095

STUDIES ON THE MECHANISM OF TIDAL PHENOMENA IN KARSTIFIED ROCKS IN THE VASS IMRE CAVE

by

L.Maucha

SUMMARY

Evidence of tidal fluctuation was detected in the yield changes of four springs emerging in the Aggtelek karst area. Fluctuations attributed to tidal effects were observed in the yield of the Kis-Tohonya spring at the beginning, middle and end of the recession period after storm triggered floods. Following the peak of the flood hydrograph sudden yield drops, in the middle period of recession yield fluctuations of appr. 6-hour period, while towards the end of the falling limb a succession of yield increases were registered repeatedly. Continuous 12 - 24 hour fluctuations in the karstwater level, at mean water close to 6-hour tidal fluctation were also observed. According to the most recent measurements, the amplitude of waterlevel changes caused by tidel effects was 15 cm in dolomite and 2 cm in limestone.

For exploring the mechanism of the phenomenon, a measuring station on lithoclase fluctuation was established in a passage developed along one of the main faults in the Vass Imre cave. The instruments were set up to enable expansion between the opposite cave walls, further horizontal-vertical shear displacements to be measured with 0.1 micrometer accuracy. The expansion movements were found to describe in a manner similar to gravimeters the time serices of lunisolar fluctuations in identical and opposite phases as well. The shear displacements, on the other hand, were found to change parallel and opposite to the yield time series of the Kis-Tohonya spring which drains the cave. The relative rock movements along the cave varied from 0.5 to 5 micrometers. The measurement data provided clear evidence that relative movements of the rock masses situated on the two sides of the lithoclase were caused not only by the tidal phenomenon of the crust, but also by the weight of precipitation. It was of interest to clear the mechanisms by which this particular interaction is realized.

The main fault network dissects the Aggtelek karst into elementary rock blocks of rd. 50 by 50 m area in plan. Compression at low tide and expansion at high tide causes the fault network to perform movements resembling those of a collapsible grid. In the course thereof the approximately square basic pattern of the elementary blocks is changed to a trapezoidal form both by tension during high tides and by compression during low tides. The reason why the shear displacements of the lithoclase fluctuations follow the shape of the hydrograph of spring yields is that the same movement of the fault network is caused also by precipitation falling on, and infiltrating from, the surface, and subsequently by the depletion of the karst. These latter movements are, however, larger by one order of magnitude than the former. The weight of precipitation is sufficiently large to cause, under the principle of isostatics, 1-2 mm depression and horizontal compression of the karstified rock mass. As a consequence thereof, the precipitation load is capable of controlling the development of the different kinds of tidal fluctuation.

After the passage of the hydrograph peak, the tide causes an increase of the pore volume by expanding the fault network for a few hours. This results in the sudden yield drops. However, the compressed system has a higher internal friction, and for this reason these changes appear in a random manner in periods, when internal friction is reduced by seizmic effects. On the boundary of the tensioned-compressed states (where the pore volume is largest), the fault network is contracted in high- and low tide periods alike, which leads necessarily to the development of the rd. 6 hour period in yield fluctuation (the tidal period is halved). At the end of the hydrograph the system is in a tensioned state (this being the normal state). Under such conditions high tides can and do cause yield increases of 12 hour or longer period alone.

The "collapsing fault grid" model has thus provided an explanation for the phenomenon that in the case of a normal precipitation load the karst tidal phenomenon results in a decrease of rock porosity at high- and low tides alike. In such periods maximum pore volume occurs around the point of counterflexure on the lunisolar curve. At high precipitation loads it is the low tide, whereas at low loads the high tide, which cause the pore volume to drop. In low-water periods a precipitation load will cause first an increase, then a decrease in pore volume, while at high loads the porosity is decreased only. The influence of these actual microtectonic changes on pore volume was verified in all respects by the measurement data.

A RADONTRANSZPORT DINAMIKÁJA A VASS IMRE-BARLANGBAN

Dr.Hakl József

ÖSSZEFOGLALÁS

A radon töredezett porózus közegen belüli transzportját leíró konvencionális egyenletekben a diffúzió és a nyomáskülönbség által hajtott makroszkopikus áramlás felelős a radon mozgásáért. A porózus közegen belüli repedések rendkívül alkalmasak az áramlás kialakulására, de a makroszkopikus áramlás irányára merőleges laterális radondiffúzió kompetitív hatása is jelentős lehet. Ezen két fizikai folyamatot vizsgálom a Vass Imre-barlang példáján.

A RADON TULAJDONSÁGAI, A TRANSZPORTJÁT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

A földkéreg több-kevesebb mértékben tartalmaz valamennyit a természetben előforduló radioaktív 238U, 232Th és 235U családok tagjaiból. Ezen családok tagjai a 222Rn (radon), 220Rn (toron) és 219Rn (aktinon) radonizotópok is, melyek közül vizsgálatunk tárgyát a 222Rn (továbbiakban radon) transzportja képezi. A radon legfontosabb fizikai tulajdonsága, hogy radioaktív: alfa-rész kibocsátása útján bomlik. Emiatt jól detektálható, hiszen az alfa részek megfelelő eszközök segítségével akár egyenként megszámlálhatók. Az anyaelemektől a rádiumig a bomlástermékek a kőzetekben ill. a talajban maradnak, amin belül azonban geológiai időskálát tekintve vándorolhatnak. Mozgékonyság szempontjából minőségi különbséget jelentenek a többi bomlástermékhez képest a bomlási sorok nemesgáz tagjai, amelyek (nemesgázok lévén) kémiailag semlegesek. Nagyobb mozgékonyságuk révén rövidebb idő alatt kijuthatnak és elvándorolhatnak keletkezési helyükről, vándorlásuk során nyomjelezve a szállító kőzegeket. E folyamatban a három radonizotóp közül a radon szerepe a legjelentősebb a többiekénél lényegesen nagyobb felezési ideje miatt (a felezési idők a radon, toron és aktinon izotópokra rendre 3.8 nap, 55.6 sec, 3.9 sec).

KÍSÉRLETI ELŐZMÉNYEK

A földalatti radontranszport két komponensű keverék (radon és vivő gáz vagy folyadék) heterogén közegen keresztüli háromdimemziós mozgása, ahol a diffúzió és az áramlás egyaránt jelentős lehet. Ezen folyamatok általános kvantitatív leírása az üregformációk széles skálájának megfelelő ismeretlen és diszperz határfeltételek miatt aligha lehetséges. Ez a nyilvánvaló heterogenitás szerencsére nem tükröződik a megfigyelt radon idősorokban (Hakl J. et al. 1992). Az idézett közleményben feldolgoztt 34 eset mintegy 80%-ban jellegzetes szezonális változást találunk nyári (60%) vagy téli (20%) maximumokkal. A megfigyelt szezonális változások egy részének magyarázatára egy kvalitatív un. légcirkulációs modell került kidolgozásra (Géczy G. et al. 1988, Csige I. et al. 1990). A modell a barlangi levegő radontartalmának változását a felszíni és a felszínalatti levegő hőmérsékletkülönbségeiből adódó sűrűségkülönbséggel hozza kapcsolatba. Ez a sűrűségkülönbség a barlangot fedő karsztos rétegen keresztül légmozgást indukál. A modell szerint ez az áramlás szezonálisan változó irányban mossa ki a levegőt a karsztos területek radonban dús repedéseiből. A Hajnóczy- barlang feletti repedésekben és a barlangban mért radon idősorok ellenütemű működése szolgáltatta a legjobb bizonyítékot erre e modellre (Hakl J. et al. 1992). A felszíni hőmérséklet és a Szemlőhegyi-barlangban mért radonkoncentráció jó korrelációja hasonlóan jó bizonyíték (Géczy G. et al. 1993).

ELMÉLETI MEGFONTOLÁSOK

A légcirkulációs modell, ugyanúgy mint Atkinson T.C. et al. (1983) meggondolásai, a transzportot vezérlő fő fizikai folyamatként az áramlást sugallja. Ez a következtetés egyáltalán nem nyilvánvaló, ugyanis a repedések mérete és sűrűsége jelentős szerepet játszik a bennük kialakuló folyamatok dinamikájában ugyanúgy, mint a kialakuló lehetséges telítési radonkoncentrációkban (Hakl J.1993). A különböző paraméterek hatása jól becsülhető a porózus közegbe ágyazott három dimenziós hengeres üreg modelljén keresztül. A henger méretétől függően azt egyaránt tekinthetjük repedésnek vagy barlangi járatnak. Az üreg hossztengelye menti radontranszportot jellemző paraméter a relaxációs hossz (z), amely távolság megtétele során az áramló levegő és a porózus környezete között meglévő radonkoncentráció különbség 1/e-ad részére csökken. A három dimenziós transzportegyenletekből következő relaxációs hossz figyelemreméltó tulajdonsága, hogy egyaránt függ az áramlási sebességtől és az üreg (járat) geometriai méretétől. A számítások szerint a relaxációs hossz és az effektív radon diffúziós hossz (zd) viszonya két szélső jelenséget tükröz:

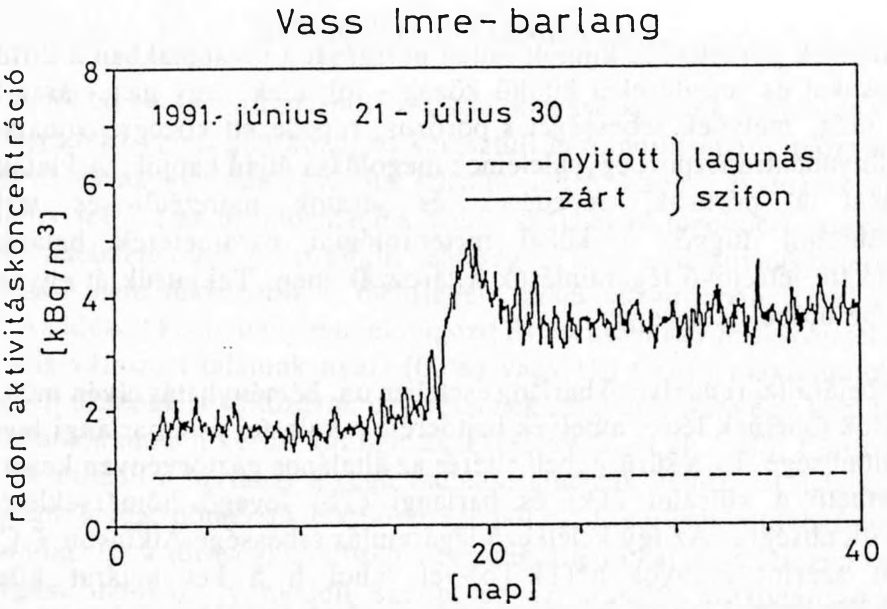
A kőzetek pórusterébe kijutott radon mozgását a továbbiakban a diffúzió ill. a pórusokat és repedéseket kitöltő közeg - folyadék vagy gáz - áramlása határozza meg, melynek sebességét a porózus, repedezett közegre vonatkozó gáz vagy folyadéktranszport egyenleteinek megoldása útján kapjuk. A kialakuló folyamatokat a pórusok, repedések és járatok méretétől és térbeli elhelyezkedésétől függő, a külső meteorológiai paraméterek hatásának eredményeként létrejövő légáramlások határozzák meg. Tekintsük át egyszerű esetekben az utóbbi jelenséget!

Két bejárattal rendelkező barlang esetében un. kéményhatás elvén működő légáramlások jöhetnek létre, amelyek hajtóereje a külszíni és a barlangi levegő sűrűségkülönbsége. Ez a sűrűségbeli eltérés az általános gáztörvényen keresztül visszavezethető a külszíni (Tk) és barlangi (Tb) levegő hőmérsékletében meglévő különbségre. Az így keletkező légáramlás sebessége Atkinson T.C. et al. (1983) szerint arányos h*(Tk-Tb)-vel, ahol h a két bejárat közötti magasságkülönbség. Látható, hogy nagyobb hőmérsékletkülönbséghez nagyobb áramlási sebességek tartoznak. Megjegyezem, hogy a fenti két bejárat egyike nem feltétlenül bejárat az ember számára is. Hasonló elven működő légáramlások alakulhatnak ki három vagy több bejáratú rendszerek esetében.

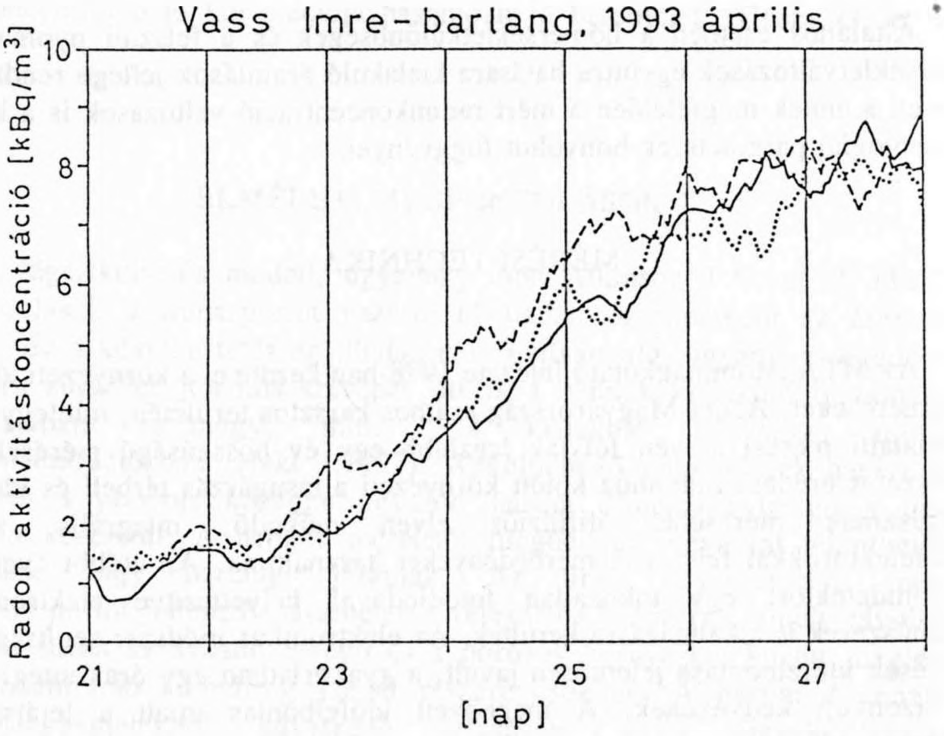
Általános esetben a hőmérsékletkülönbségek és a felszíni nyomás és hőmérsékletváltozások együttes hatására kialakuló áramlások jellege rendkívül összetett s ennek megfelelően a mért radonkoncentráció változások is a külső meteorológiai paraméterek bonyolult függvényei.

MÉRÉSI TECHNIKA

Az MTA Atommagkutató Intézete 1978-ban kezdte el a környezeti in situ radonméréseket. Azóta Magyarország számos karsztos területén, mintegy 150 felszinalatti mérési helyen folytak legalább egy év hosszúságú mérések. A természetes eredetű radonhoz kötött környezeti alfasugárzás térbeli és időbeli változásainak méréséhez diffúziós elven működő, integrális, főleg nyomdetektorokkal felszerelt mérőedényeket használtunk. Az utóbbi években a nyomdetektort egy tokozatlan fotodiódával helyettesítve elektronikus mérőműszerek is alkalmazásra kerültek. Az elektronikus módszer segítségével a mérések időfelbontása jelentősen javult, a gyakorlatban egy órás integrálási idő bizonyult kedvezőnek. A megnövelt időfelbontás miatt a lejátszódó folyamatok időbeliségét sokkal részletesebben tudjuk követni. Mivel a diffúziós folyamatot jellemző időállandó a radon felezési idejéből következően néhány nap körüli, ez a megnövekedett időfelbontás teszi elvileg lehetővé, hogy különbséget tegyünk az áramlásos és diffúziós folyamatok között.



1. ábra. A szifon nyitása után megfigyelt radonkoncentráció változás a bejárattól 300 m-re lévő mérési ponton.



2. ábra. A tavaszi radonszintek emelkedése a Vass Imre- barlang bejárattól 10 m-re (folytonos vonal), 300 m-re (pöttyözött vonal) és 600 m-re (szaggatott vonal) lévő mérési pontokon.

a. abban az esetben, ha z< <zd, a diffúzió dominál és a mozgó közeg radonkoncentrációja a domináns laterális transzport miatt nagyon gyorsan alkalmazkodik környezetéhez.

b. ha z> >zd, akkor az áramlás dominál, a radon a diffúzió sebességénél sokkal gyorsabban mozog.

EREDMÉNYEK

Általánosítva ezeket a következtetéseket valódi barlangrendszerekre vizsgáljuk meg a fenti meggondolások érvényességét a Vass Imre-barlangban mért radon idősorok alapján. A barlangnak közel 600 m hosszú vízszintes járata van, amelyben egy barlangi szifon található. A bejárati ajtó felett lévő kb. 100 cm^2-es felületű, a légáramlás sebességének mérésére kialakított nyíláson a levegő nyáron kifelé, télen befelé áramlik. Az áramlás maximális sebessége 2 ms-1, átlagosan 0.1 ms-1 (Holl B. 1992). Ha a szifon zárva van, mérhető áramlás nem mutatható ki.

A radonkoncentrációt a barlang főjárata mentén többé-kevésbé egyenletesen elhelyezkedő 12 ponton 1987 óta nyomdetektorral, valamint három folyamatos radonmérővel 1991-93-ban mértük.

A havonta cserélt nyomdetektorok magas nyári és alacsonyabb téli értékeket mutattak, lassú szinuszszerű időbeli változással. A barlangi főjárat mentén az eloszlások egyenletesek voltak. Az egyes szakaszokra és időszakokra jellemző radonértékeket foglaltuk össze az 1. táblázatban.

1.táblázat. A Vass Imre-barlangban mért átlagos radon aktivitáskoncentrációk (kBq/m^3) (1987-93)

I.táblázat

Szifon állapot	szifon előtt		szifon után		éves átlag
	tél	nyár	tél	nyár	
nyitva (légáramlás van)	1.2	8.5	1.2	8.5	4.8
zárva (légáramlás nincs)	2.5	4.0	3.5	3.1	3.3

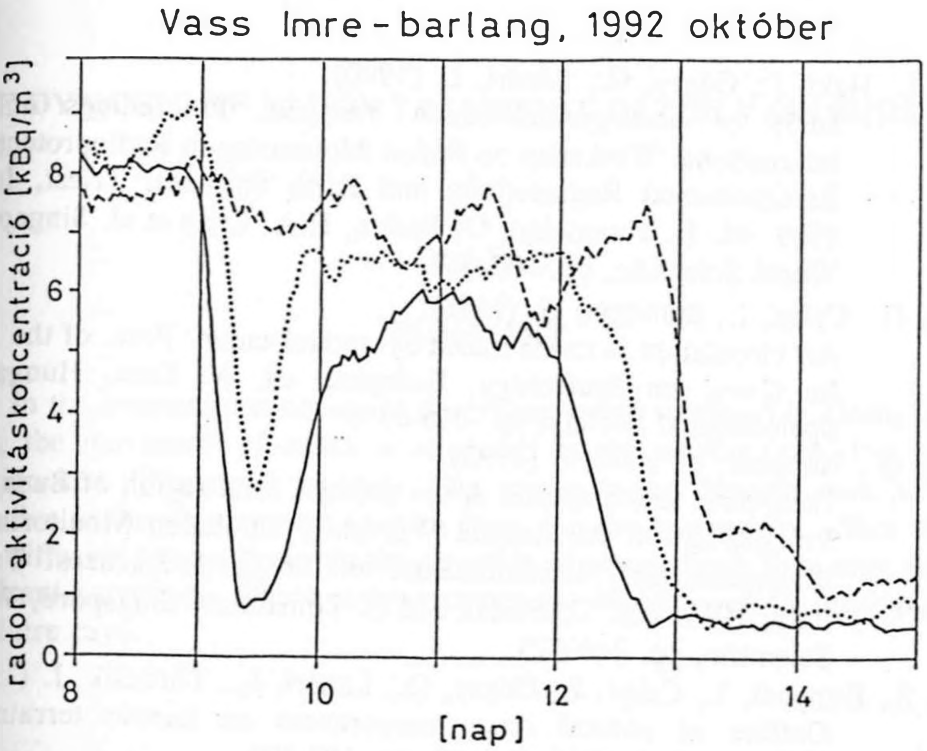
Szerencsés lehetőséget kínál a modell paramétereinek a becsléséhez a szifon mögötti barlangszakasz időnkénti természetes lezáródása. Az utóbbi

években ez egyaránt előfordult a nyári és téli időszakban is. Az 1. táblázatban látható, hogy zárt szifon esetén a téli értékek a szifon előtt mintegy 20%-al kisebbek, a nyáriak pedig mintegy 20%-al nagyobbak a szifon mögötti értékekehez képest. Nyitott szifon esetén a nyári értékek magasabbak, a téliek pedig alacsonyabbak egy további kettes faktorral. Ha átlagértéknek elfogadjuk a zárt szifon mögötti nyugalmi szintet, akkor nyitott szifon esetén a barlangot fedő rétegen keresztüli le és feláramlások egy asszimetrikus hatást eredményeznek, mintegy 40%-al megnövelve a barlangi főjáratban kialakuló évi átlagos radonkoncentrációt. A jelenség jól értelmezhető a légcirkulációs modellel, amely szerint nyáron a külső levegő a fedő kőzetet átjárva benyomja a radont a főjáratban, télen pedig a bejárat felől érkezve hígít.

A transzportfolyamat finomabb részletei a folyamatos radonmérővel kapott idősorokból következtethetők ki. Az 1991-es nyári szifonnyitás után észlelt átmenet jelzi, hogy a radon nem közvetlenül a repedésrendszerből mosódott ki. A görbe alakja (1. ábra), összevetve azt a porózus közegek radon-exhalációját vizsgáló numerikus számítások eredményével (Jansenn A. et al. 1984), hirtelen nyomásesést jelez, aminek hatására azonnali légáramlás alakult ki. Az átmenet a radon bomlási időállandójával jellemezhető, azaz a repedésrendszerből a főjárat felé kiürülő radon transzportját a diffúzió irányítja. A radonkoncentráció regisztrátumokban hiányzanak a napi légáramlás fluktuációknak (Holl B. 1992) megfelelő erős napi változások,ami szintén a fenti következtetést támasztja alá. Ugyanerre a diffúziós kontrollra egy másik példa a radonszintek tavaszi emelkedése: a barlang csak 4-5 nap után éri el magas radonkoncentráció állapotát (2.ábra). E látszólagos ellentmondások (jön a légáramlás, de nem jön vele a radon) feloldása a transzportfolyamatok háromdimenziós jellegében rejlik.A radon először ugyanis esetünkben a főjárat falában, annak a repedésekhez közeli részein épül fel. Ezt a folyamatot pedig a diffúzió irányítja és így keletkezik késleltetés a folyamatban.

E jelenségekkel szemben a barlangi légáramlások megfordulását kísérő őszi radonszintek leesésése áramlásos folyamatokkal magyarázható. Egy rövid ideig tartó szeptemberi hidegfront hatása jól látható a 3. ábrán. A megfordult légáramlás az első és a második mérési ponton lecsökkentette a radonszintet, de a hatása nem ért el a harmadik pontig (ui. a légáramlás a front elvonulása miatt újból megfordult). A magas radonszintek a front elvonulása után újból visszaálltak.

Stabilan alacsony radon értékek csak a következő, tartósabb külső lehülés után álltak be. Az ábráról jól látható, hogy határozott időkülönbség van az egyes görbék leesése között. Figyelembe véve a mérési helyek távolságát, ez mintegy 50 m/h légáramlási sebességnek felel meg a barlang főága mentén.



3. ábra. A Vass Imre-barlangban mért folyamatos radon idősorok őszi részlete. A görbék jelölése megegyezik a 3. ábránál használtakkal.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ez a munka a 3005 sz. OTKA valamint a Papp Ferenc Barlangkutató Csoport önzetlen támogatásával készült. Ezúton is szeretnék köszönetet mondani nekik.

IRODALOM

Atkinson, T.C., Smart, P.L., Wigley T.M.L. (1983): Climate and natural radon levels in Castleguard cave, Columbia icefields, Alberta, Canada. Arctic and Alpine Research, 15, pp. 487-502.

Csige, I., Hakl, J., Géczy, G., Lénárt, L. (1990):
Study of underground radon transport. Proceedings of the International Workshop on Radon Monitoring in Radioprotection, Environmental Radioactivity and Earth Sciences. Triest, Italy, 1989. ed. L. Tomassino, G. Furlan, H.A. Khan et al. Singapore, World Scientific, pp. 435-455.

Géczy, G., Csige, I., Somogyi, G. (1988):
Air circulation in caves traced by natural radon. Proc. of the 10th Int Cong. on Speleology, Budapest, ed. A. Kosa, Hungarian Speleological Society, pp. 615-617.

Géczy, G., Hunyadi, I., Hakl, J. (1993):
Long-term radon studies at the thermal karst region of Budapest. Proceedings of the Second Workshop on Radon Monitoring in Radioprotection, Environmental and/or Earth Sciences. Triest, Italy, 1989. eds. G. Furlan and L. Tomassino. Singapore, World Scientific, pp. 269-273.

Hakl, J., Hunyadi, I., Csige, I., Géczy, G., Lénárt, L., Töröcsik, I. (1992):
Outline of natural radon occurrences on karstic terrains of Hungary. Rad. Prot. Dos.45, pp. 183-186.

Hakl, J. (1993):Radontranszport vizsgálatok. Egyetemi doktori értekezés, Debrecen

Holl, B. (1992):Szóbeli közlés

Janssens, A., Raes, F. Poffijn, A. (1984):
Transients in the exhalation of radon caused by changes in ventilation and atmospheric pressure. Rad. Prot.Dos. 7, pp.81-86.

Dr.Hakl József
ATOMKI
Debrecen
H-4001 Hungary

THE DYNAMIC OF RADON TRANSPORT IN THE VASS IMRE CAVE

by

Dr.J.Hakl

SUMMARY

In the conventional equations describing radon transport in clastic, fissured rocks, the movement of radon is attributed to the macroscopic flow drive by diffusion and differencial pressure. The cracks in the fissured rock are highly conducive to the development of such flow, but the competitive effect of lateral radon diffusion perpendicular to the direction of macroscopic flow may also be of significant magnitude. These two processes are studie using the example of the Vass Imre cave.

ADATOK NÉHÁNY JÓSVAFŐ KÖRNYÉKI BARLANG AGYAGKITÖLTÉSEIRŐL

Szablyár Péter

KUTATÁSI ELŐZMÉNYEK

A barlangi **agyagkitöltések** - mint a barlangokban történő közlekedés egyik nehezítő körülménye - valószínűleg már a Baradlába látogató őskori ember figyelmét is felkeltették.
Az őket követő közép- és újkori kutatók és barlangjárók hasonló okokból szintén említést tesznek ezekről, később pedig - a szervezett barlangjárás megkönnyítésére - már ásót is ragadtak eleink, hogy a járatok aljába árkokat mélyítsenek.

Vass Imre (1831) "Az Aggteleki barlang leírása ...." c. klasszikus művében több helyen utal a barlangban felhalmozódott **agyagüledékekre,** helyenként azok eredetét is magyarázni próbálja:
"Itt véltem a' barlangnak és fürkézésemnek véghatárát elérve lenni, - azonban egy kis nyugvás után , a' víznek tulsó jobb partján felvonuló **sáros hegy,** azon gondolatra szolgáltatott okot, ha valljon nem kívülről nyomul e' be az a' **fekete föld?**"

Az agyagkitöltések első érdemi szemrevételezésére az első régészeti ásatások alkalmával került sor a Baradla-barlangban és annak előterében. Báró Nyári Jenő (1881) "Az Aggteleki barlang mint őskori temető" c. művében az "Első kirándulás" leírásánál a következőket írja:

"Az általam később elnevezett temetkezési folyosón jutván be a Csontházba, elsőbben annak alantabb fekvő részét akartam átkutatni. Fölül, mintegy másfél méter magasságban culturföldre akadtunk. E föld felületét 0,31 méter iszap födte. Alatta fekete könnyű állományú föld 0,63 méternyi magasságban volt, a melyben cserépdarabok, bronzkori tárgyak és állatcsontok fordultak elő"

Siegmeth Károly (1910) "Az Aggteleki barlang" c műve II. fejezetében azt írja:

"A barlang képződések korszakában az üregeken hatalmas víztömegek rohantak át; a víz chémiai, feloldó képességével párosult a mechanikai erő, amelyek együttes munkájának eredménye a barlangüregek tetemes kitágítása. Csak a víztömeg apadása után kezdődhetett a barlangalakulás második korszaka, a barlangüregek lassú betöltése, földíszítése...."
A barlangok agyagkitöltéseivel kapcsolatos megfigyeléseket Kessler H.(1940) és Jakucs L. (1953, 1962, 1971) - vizsgált területtel kapcsolatos műveiben is találunk.

Az első komplex vizsgálatot Bidló Gábor és Maucha László végezte (1964), melynek eredményeit a "Jósvafő környéki karsztüledékek vizsgálata" c. dolgozatukban foglalták össze. A Haragistya-fennsík területén végzett kutatási program során felszíni talajminták, dolinakitöltések és a terület alatt húzódó Vass Imre-barlangból vett kitöltésminták összehasonlító vizsgálatát végezték el a gyűjtött minták ásványtani-, kémiai-, spektroszkópiai és mechanikai elemzése alapján.

A vizsgálat kettős célja a karsztüledékekből történő bauxitképződés lehetőségének vizsgálata, valamint a karszton kialakuló talajok genetikája volt. A 12 különböző helyről vett minta elemzési eredményei igen értékes adatokat eredményeztek, de a szerzők átfogó genetikai következtetések levonására ezek alapján még nem vállalkozhattak.

A nyolcvanas évek elején a Baradla Barlangkutató Csoport a Baradla-barlang kitöltéseit vizsgálta (Piros O. 1982), melynek eredményeit "Hordalék vizsgálat a Baradla-barlangban" címmel 1982-évi csoportjelentésükben adták közre. Már a dolgozat idézett címe is arra a nevezéktani rendezetlenségre utal, amely a barlangi kitöltések vizsgálata során tapasztalható (üledékek, kitöltések, hordalékok). Alapvetően repedéskitöltő agyagokat vizsgált, megállapítva, hogy ezek nem szivárgó vizekből származnak, hanem az árvizek nyomására préselődtek a rétegekbe. A szemcseeloszlási és derivatográfos vizsgálatok alapján jól elkülöníthető volt a szivárgás útján jelenlegi helyére került agyag típusa (kaolinit tartalma magas, 80 %-a a kolloid méretheatár alatt van).

A szerző a Kossuth-barlang továbbfeltárására szervezett 1988-as társulati tábor kapcsán vizsgálta a barlang emeleti szakaszát, ill. annak agyagkitöltéseit (SZABLYÁR 1990), ezt követően a Béke-barlang agyagkitöltéseit, ill. "agyag-képződményeit" tanulmányozta.

FELSZINI ÉS BARLANGI ÜLEDÉKEK KÉMIAI ÖSSZETÉTELE 1.tábl.

Minta sorszáma	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	Fe_2O_3	izz.veszt.
1.	50,6	10,5	6,3	8,5	2,3	19,0
2.	40,9	15,6	13,9	9,1	0,6	22,6
3.	51,4	3,2	0,7	28,0	1,3	14,0
4.	63,3	1,2	3,6	18,6	1,4	10,1
5.	65,8	1,2	2,7	19,4	2,1	8,0
6.	69,8	11,0	3,9	17,9	2,2	4,2
7.	60,0	2,2	0,8	23,2	3,6	7,1
8.	64,9	2,3	0,7	18,2	5,0	6,1
9.	56,6	2,8	1,2	25,1	4,8	6,6
10.	47,6	5,2	0,7	20,1	1,6	23,2
11.	26,7	6,8	1,0	28,8	4,0	29,4
12.	31,2	5,4	1,1	29,8	2,9	26,0
13.	67,5			13,0	4,13	
14.	68,7			11,0	3,89	
15.	67,9			12,9	3,95	
16.	65,1			11,2	3,68	
17.	74,7			11,5	3,45	
18.	70,2			11,7	3,7	
19.	69,0			13,0	3,86	
20.	65,9	2,6	0,57	13,0	< 5	5,77
21.	64,0	3,7	0,58	14,2	< 5	6,69
22.	66,6	1,1	0,59	15,0	< 5	4,89
23.	69,3	0,53	0,56	13,6	< 5	4,1
24.	67,8	0,50	0,60	13,8	< 5	4,11
25.	66,3	0,53	0,6	14,7	< 5	4,52
26.	66,7	0,62	0,6	15,0	< 5	4,64
27.	40,2	1,8	0,49	29,5	7,1	11,7
28.	67,2	0,71	0,65	14,7	< 5	4,44
29.	64,1	1,5	1,2	15,1	5,9	6,6
30.	63,2	1,5	1,2	14,1	5,7	6,4

1 - Vass I.-bg. Norma-terem, 2- Vass I.-bg.főág, 3 - Vass I.-bg Korall-terem, 4 - 9 - dolinakitöltés, 10 - 12 - barlang feletti talajminta és oldási maradék, 13 - 28 - Béke-barlang, Főág, 29 - 30 - Kossuth-barlang, "Emelet".

Utóbbiakról a Béke-barlang feltárásának 40. évfordulóján rendezett emlékülés során számolt be (Szablyár 1992).

BARLANGI ÜLEDÉKEK VIZSGÁLATA, MORFOGENETIKAI INTERPRETÁLÁSA A NEMZETKÖZI IRODALOMBAN

A barlangok kialakulásának, fejlődésének és a vizsgálat időpontjában történő állapot rögzítésének egyik kézenfekvő tényezői a barlangi üledékek, bár mobilitásuk és áthalmozódásra való hajlamuk óvatosságra int a gyors következtetések levonásánál. A morfogenetikai kutatások nemzetközi gyakorlatában olyan komplex megközelítési mód vált általánossá, amely a társtudományok (szedimentológia, ásványtan, alkalmazott földtan, kőzettan, paleontológia, stb) eszköztárát igénybe véve a barlangi üledékek információ tartalmát mind relatív (egy üregrendszeren, egy karsztterületen belül), mind abszolút (kontinentális, globális) értelemben a genetika "léptékének" tekinti. A számtalan lehetséges irodalmi hivatkozás közül csak néhányra utalok (BÖGLI 1978, Ryszard K.Borowka et. al. 1983, 1985, S. White 1989, A.Kranjc 1989,) megjegyezve, hogy e témakörben a publikációk száma évről-évre nő.

A hivatkozott publikációk alapján a morfogenetikai célú komplex üledékvizsgálatok a következő alappillérekre épülnek:

- szükséges pontosságú barlangtérképek (alaprajzok, hossz- és keresztmetszetek, térbeli ábrázolások) az üledékek térbeli, szintbeli- és egy adott szelvényen belüli elhelyezkedésének pontos definiálásához,

- megfelelő (szükséges) számú üledékminta vétel a barlangi kitöltésből, ill. az üledékmentes szakaszok és szintek regisztrálása,

- megfelelő (szükséges) számú mintavétel a vízgyüjtő területről és a vízgyűjtők közvetlen környezetéből,

- az üledékek teljes körű vizsgálata (azonos mintavételezés és feldolgozás módszerek mellett),

= **Fizikai sajátosságok**

alaktani sajátosságok,
szemcseszerkezet,
konzisztencia jellemzők.

= Kémiai sajátosságok

kémiai összetétel (ennek meghatározása: klasszikus analitikai,RTG diffrakciós, mikroszondás módszerekkel)

nyomelemtartalom

ásványtani jellemzők (DTA, DTG).

- az eredmények összevetése és illesztése a terület (környezet) korábbi vizsgálati eredményeinek összegzésébe.

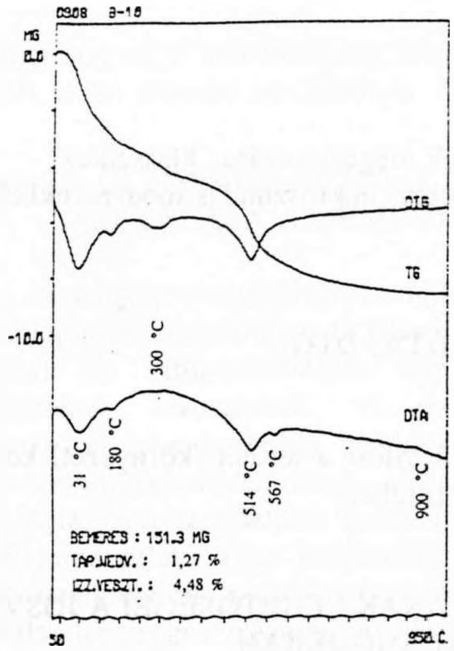
BARLANGI ÜLEDÉKEK VIZSGÁLATÁNAK LEHETŐSÉGEI A JÓSVAFŐ KÖRNYÉKI BARLANGOKBAN

A barlangi üledékeknek meghatározó szerepük van a Jósvafő környéki barlangok jelenlegi arculatában. Megjelenésük térbeli heterogenitása folytán fokozott esély van arra, hogy átfogó vizsgálatukkal olyan - eddig nem ismert - információkhoz juthatunk, amely ezen üregrendszerek morfogenetikai képét tovább árnyalhatja, pontosíthatja, ill. a viszonylag szűk területen, de mégis eltérő hidrogeológiai viszonyok között kialakult üregek fejlődési fázisainak kapcsolata tisztázható.

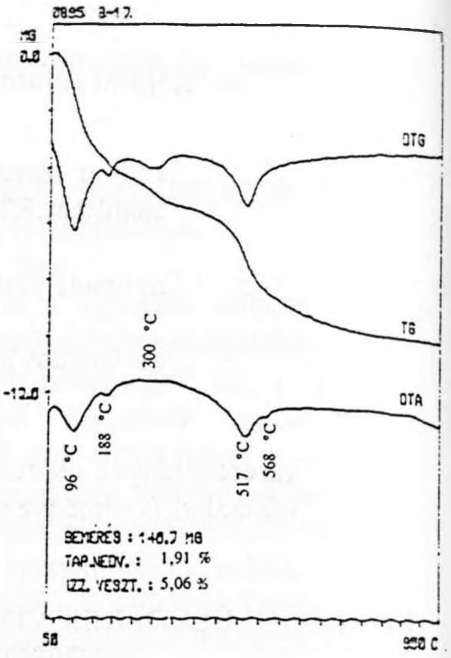
E vizsgálatok megkezdése a négy nagy barlang alábbi szakaszaiban javasolható:

Baradla-barlang
= elagyagosodott oldalágak (Róka-ág, Törökmecset-ág, Meseország, Retek ág felső szintjei),
= elagyagosodott emeleti járatok (Viaszutca),
= teljesen agyagmentes főági szakaszok.

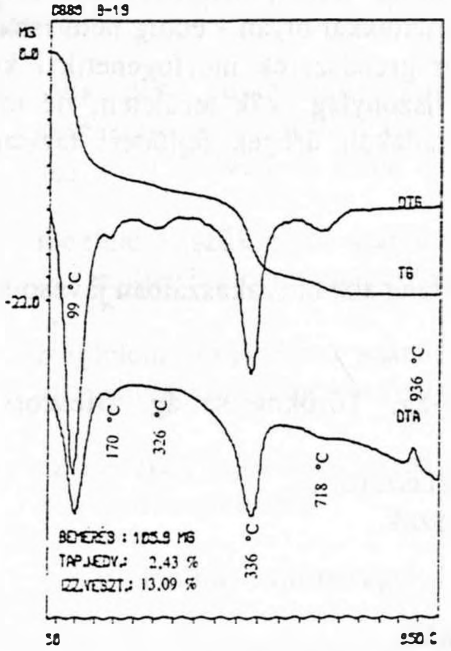
Béke-barlang
= nyelők környéki agyagos szakaszok,
= főági nagy omlások és szifonok előterei,
= agyagmentes főági szakaszok,
= főági szakaszok felső szinti agyaglerakódásai.



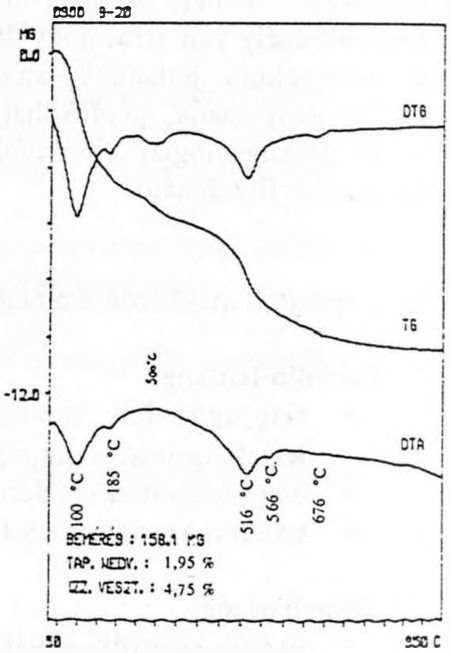
B-16 minta:



B- 17 minta:



B-19 minta:



B-20 minta:

1.ábra. Néhány Béke-barlangból származó agyagminta agyagásvány összetételét reprezentáló DTA-DTG-görbe (B-16 - a "6"-os pont felett, B-17 a "90"-es pont felett, B-19 a "Kötélhágcsós-szifon" előtere, vörös agyag, B-20 a"Kötélhágcsós-szifon előtere, sárga agyag).

Kossuth-barlang
= eltömődött forrásdelta előtti agyaglerakódások,
= az "Emelet" agyaglerakódásai,
= a Reménytelen-szifon" mögötti "Kuszoda" agyagösszlete,

Vass Imre-barlang
= a forrás előtti szakasz agyagfelhalmozódásai (Hosszú-folyosó),
= a szifonok "felvízi" előterében lévő agyagfelhalmozódások,
= emeleti szakaszok agyagfelhalmozódásai.

A kutatási előzményekben ismertetett eddigi szórványos mintavételek és ezek vizsgálati eredményei inkább csak egy szélesebb körű adatgyűjtés megkezdéséhez szolgálhatnak támpontul.

Az 1.számú táblázatban néhány jellegzetes felszíni és barlangi üledékminta kémiai összetételét mutatjuk be. Bár az egyes alkotók mérőszámai egy-egy barlangon belül is szórnak, mégis jellemző jegyeket mutatnak.

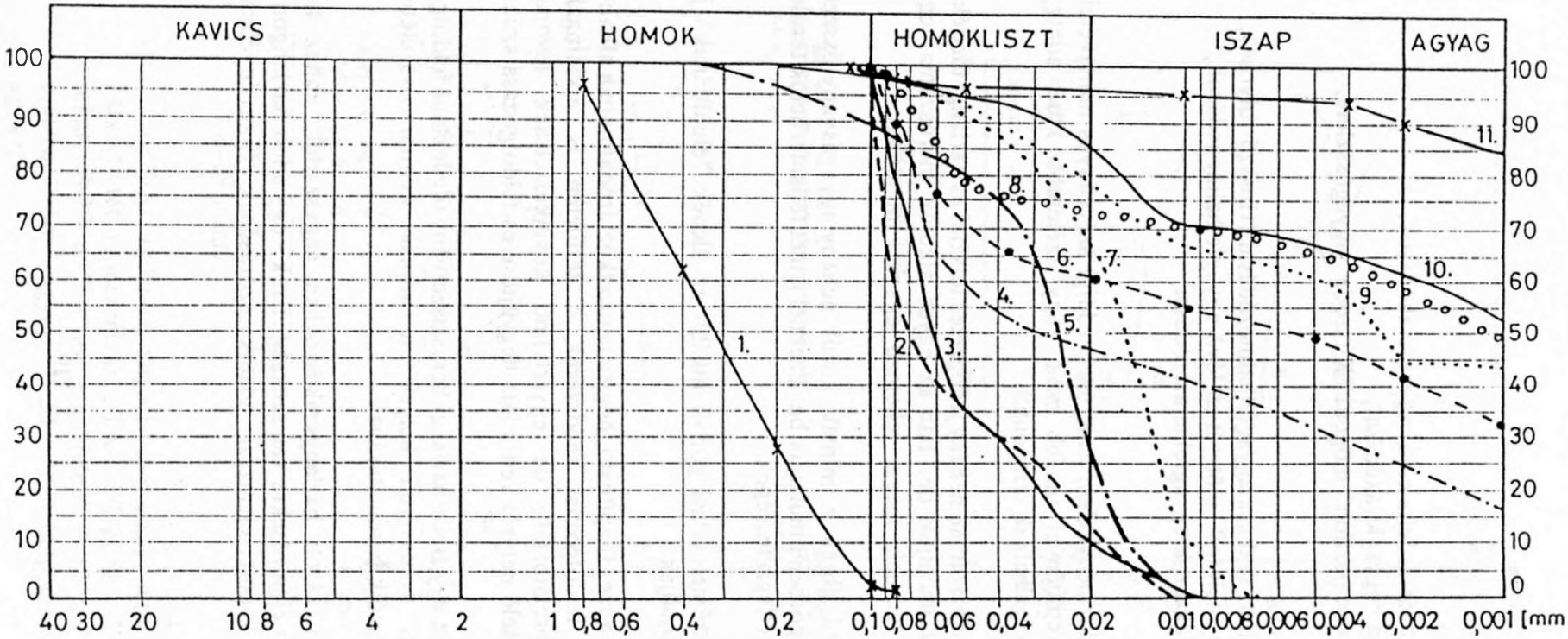
Az 1. számú ábrán e minták közül néhány agyagásvány összetételét reprezentáló DTA görbéjét mutatjuk be. Ezeknél ismét felismerhetők terület- ill. barlangspecifikus jellegzetességek.

A 2. ábra szemeloszlási görbéi inkább az üledék "életútjának" jellegzetességeit reprezentálják.

Összefoglalva megállapítható, hogy a nemzetközi irodalomban alkalmazott mintagyüjtési és feldolgozási módszerek e területen is alkalmazhatók, eredményei interpretálhatók, de egyértelmű következtetések levonásához nagyszámú, megfelelő helyről vett minta begyűjtése és feldolgozása szükséges.

A 3 .számú ábra egy Béke-barlangi keresztszelvény üledéktani feldolgozását mutatja az egyes mintavételi helyek, a minták kémiai összetétele és agyagásvány-jellemzőik bemutatásával.

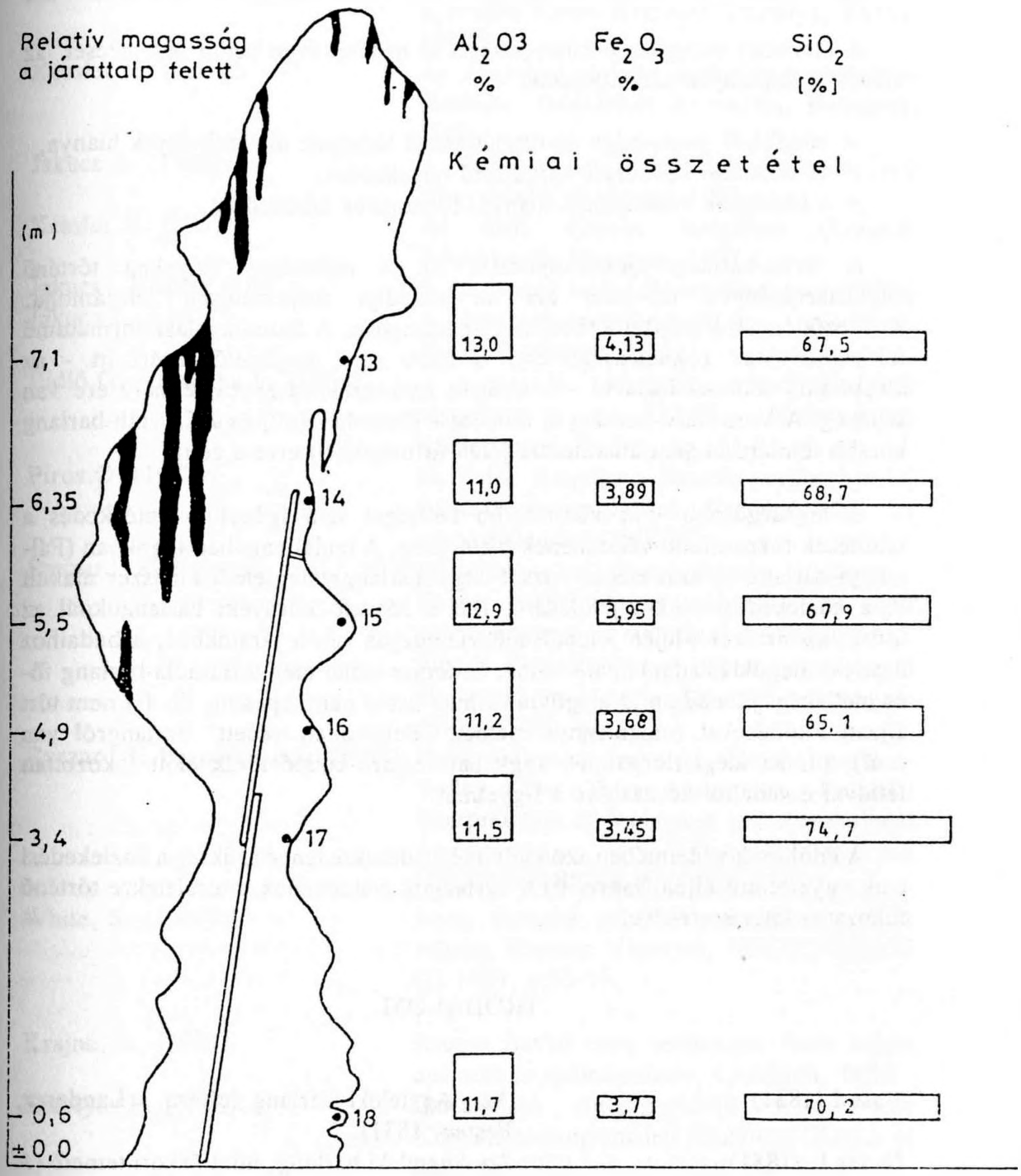
Az előzőekben vázolt barlangszakaszokban nagyszámú, ehhez hasonló mintavételezésre és elemzésekre van szükség. Ezek - egy adott barlangon belüli - "sűrítését" a kapott elemzési adatok szórásának függvényében kell meghatározni.



2.ábra. Barlangi üledékek szemcseösszetételi görbéi:

1 - Béke-barlang, Főág, 34-es szelvény, 2 - Vass Imre-barlang, Korall-terem, 3 - Kossuth-barlang, Emelet, 4 - Baradla, 1100 m-es szelvény, 5 - Vass Imre-barlang, felszín a Korall-terem felett, 6 - Baradla, 800 m-es szelvény, 7 - Kossuth-barlang, Emelet, 8 - Kis-Baradla-tároó, 9 - Baradla, Főág, "Mozdony" mellett, 10 - Baradla, Vetődéses-terem előtt 300 m-el, 11 - Baradla, Csipke-terem utáni tároó

1 - (SZABLYÁR 1992), 2, 5 - (BIDLÓ-MAUCHA 1964), 3, 7 - (SZABLYÁR 1990), 4, 6, 8, 9, 10, 11 - (PIROS O. 1982)



3.ábra. Üledékminta vételi helyek a Béke-barlangi főág 40. szelvényénél.

• mintavételi hely •13 mintaszám az I. táblázat szerint

A TERVEZETT VIZSGÁLATOK VÉGZÉSÉT NEHEZÍTŐ KÖRÜLMÉNYEK

A tervezett vizsgálatok kiterjesztését és néhány éven belüli befejezését az alábbi körülmények akadályozzák:

= megfelelő pontosságú és részletességű térképek ill. szelvények hiánya,
= az elemzési költségek ugrásszerű növekedése,
= a kitöltések védelmének hiánya, folyamatos károsodása.

A Béke-barlang újratérképezése, ill. a szükséges helyeken történő keresztszelvények felvétele ezt az akadályt folyamatosan felszámolja. Kedvezőtlenebb a helyzet a többi nagy-barlangban. A Baradla atlasz-formátumú feldolgozásának részletessége erre a célra nem megfelelő, ezért itt - az alappontok felhasználásával - a vizsgált szakaszok részletes felmérésére van szükség. A Vass Imre-barlang új felmérése (Szenthe-Holl) és a Kossuth-barlang korább felmérései sem alkalmasak jelen formájukban erre a célra.

A legsürgősebb - és különösebb költséget sem igénylő - intézkedés a kitöltések fokozottabb védelmének biztosítása. A budai nagybarlangokban (Pál-völgyi-barlang új szakaszok, József-hegyi-barlang) megfelelő módszer alakult ki a közlekedési utak kijelölésére. Bár a Jósvafő környéki barlangoknál az időszakos árvizek idején jelentősebb vízmozgás van a járatokban, a budaihoz hasonló megoldás adaptálható lenne. Érdemes lenne még a Baradla-barlang fő- és mellékági járataiban is megóvni a még össze nem taposott, ill. fel nem túrt aljzati kitöltéseket (valamennyi esetben "Fokozottan védett" barlangról van szó!), ill. az idegenforgalmi-, vagy barlangjáró-kutató túrák előtt fokozottan felhívni e védelmi kérdésekre a figyelmet.

A kitöltések védelmében azonnali intézkedésekre lenne szükség a közlekedési utak egyértelmű kijelölésével és a barlangok védelmének e területekre történő fokozatos kiterjesztésével.

IRODALOM

Vass I.(1831): Az Aggteleki barlang leírása, (Landerer, Pesten, 1831).

Nyári J. (1881): Az Aggteleki barlang, mint őskori temető (A Magyar Tudományos Akadémia Könyvkiadó Hivatala, Budapest, 1881).

Siegmeth K.(1910): Az Aggteleki barlang (A M. O. Kárpát-egyesület Keleti Kárpátok Osztálya, Kassa, 1910).

Kessler H. (1940): Az Aggteleki barlang leírása és feltárásának története (Mérnökök Nyomdája, Budapest, 1940).

Jakucs L. (1953): A Békebarlang felfedezése (Művelt Nép Könyvkiadó, Budapest, 1953.).

Kessler H. (1957): Az örök éjszaka világában (Kossuth Könyvkiadó, Budapest, 1957).

Jakucs - Kessler (1962): A barlangok világa (Sport, Budapest, 1962.)

Jakucs L. (1971): A karsztok morfogenetikája (Akadémiai Kiadó, Budapest, 1971).

Bidló G. - Maucha L. (1964): A Jósvafő környéki karsztüledékek vizsgálata - Az ÉKME Tudományos Közleményei X. 1.sz. pp. 71-83.

Piros O. (1982): Hordalék vizsgálat a Baradla-barlangban (A Baradla Barlangkutató Csoport 1981 i csoportjelentése - MKBT).

Ryszard K.Borowka, et.al.(1983): Morphology of Chocholowska Valley Caves, origin of cave deposits and their paleogeographical significance - Tatra Mts., Poland (Atti Convegna Int. le sul carso di alta montagna Imperia, 30. april - 4. maggio 1982) (1983), pp 1-12.

Ryszard K.Borowka, et.al.(1985): Cave sediments from the Chocholowska Valley (The Tatra Mountains, Poland): Interpretation of sequences and depositional processes, - QUAESTIONES GEOGREPHICAE 9. (1983) (1985).

White, S. (1989): Karst features in Pleistocen dunes, Bats ridges, Western Victoria), HELICTITE 27 (2) 1989, p:53-71..

Krajnc, A. (1989): Recent fluvial cave sediments, their origin and role in speleogenesis, Ljubljana, 1989.

Szablyár P. (1990): Barlangtani megfigyelések a jósvafői Kossuth-barlang emeleti járataiban (Karszt és Barlang, 1990.évf., 1.füzet, pp.9-12).

Szablyár P. (1992): Agyag "képződmények" a Béke-barlangban (kézirat), (a Béke-barlang feltárásának 40.évfordulója alkalmából rendezett emlékülésen elhangzott előadás, Jósvafő, 1992. november)

Szablyár Péter
Budapest
Váralja u. 15.
H-1013 Hungary

DATA ON CLAY FILLS IN SOME CAVES AROUND JÓSVAFÖ

by

P.Szablyár

SUMMARY

Clay fills contain a wealth of information on the history of caverns and caves. Nevertheless, except for a few archaeological and palaeontological explorations, these have received little attention in morphogenetic investigations. Most of the damage is inflicted by the cave explorers themselves, who excavate these fills to penetrate deeper into the cave, or just tread on these sediments covering the the bottom and side-walls of the cavities. Attention is called to the protection of these fills and an exploration program is outlined.

AZ AGGTELEKI-KARSZTON FOLYÓ ÉSZLELÉSEK ÉS MÉRÉSEK

Dr.Váncsa András Lajos

Az Aggteleki-hegység viszonylagos zavartalansága miatt hazánkban szinte csak itt tanulmányozhatók a közvetlen emberi befolyástól gyakorlatilag mentes, természetes állapotú karsztfolyamatok. Ezért az Aggteleki-hegységet referencia területnek lehet és kell tekinteni a jövőben is, és ennek megfelelően kell a karszthidrológiai méréseket és egyéb kutatásokat végezni.

Tekintettel arra, hogy az Aggteleki-karsztvidék átnyúlik a Szlovák Köztársaság területére, az észlelések-mérések, a kutatómunka határvizi kérdést is érint, minőségi-mennyiségi téren egyaránt.

Az Aggteleki-karszton létesített jósvafői Karsztvízkutató Állomás megépítését, az állomáshálózat kialakítását a Budapesti Műszaki Egyetem kezdte meg Papp Ferenc egyetemi tanár szervező munkájának köszönhetően, Reischl Antal egyetemi tanár tervei szerint, 1957-ben.

A hidrometeorológiai észlelőhálózat kiépítésében és üzemeltetésében az első lépést a meteorológiai klímaállomás felállítása jelentette. Ezt követően az észlelési elemek és az állomások száma évről-évre nőtt.

A kutatóállomást 1968-ban a Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet vette át üzemeltetésre és jelentős mértékben kibővítette a karszthidrográfiai észlelések körét.

A vízrajzi észlelőhálózat decentralizálása kapcsán - főhatósági rendelkezésnek megfelelően - 1985. április 1-től az Északmagyarországi Vízügyi Igazgatóság vette át a kutatóállomás és a mérőhálózat üzemeltetését. Igazgatóságunk szervezeti keretében a vonatkozó üzemelési feladatokat a Vízgazdálkodási Osztály Vízrajzi Csoportja látja el.

Az átadás-átvétel alkalmával az észlelések és a mérések körei az alábbiakban lettek meghatározva:

12 forrás folyamatos hozamregisztrálása, hetenkénti hőmérséklet mérése
3 forrás naponkénti vízhozam- és hőmérséklet-mérése
2 karsztkút vízszint-regisztrálása
4 víznyelőnél hozamregisztrálás
2 barlangi pataknál hozamregisztrálás és hetenkénti hőmérséklet-mérés
5 állomáson napi csapadék- és hóvastagság mérés
9 állomáson csapadékösszeg-mérés
a jósvafői műszerkert üzemeltetése (párolgás- és hőmérés).

A felsorolt üzemeltetési feladatoknak azóta is folyamatosan eleget teszünk. A hálózat működtetésére évente 2.0-2.2 millió forintot fordítunk, de számos egyéb módon is hozzájárulunk a működtetéshez. Így pl. a Vízrajzi csoportunk külön biztosítja az észlelési segédanyagokat, a szükséges műszerek pótlását, alkatrészeket. A jósvafői karsztkút felújítása 1992-ben történt meg 1 millió forint ráfordításssal. Az észlelőhálózaton Igazgatóságunk és a VITUKI rendszeresen végez műszerhitelesítéseket és ellenőrző vizsgálatokat. A mérési adatokat ellenőrizzük, azok elsődleges feldolgozását elvégezzük és az így nyert adatokat évente egy alkalommal a VITUKI Vízrajzi Adattára rendelkezésére bocsátjuk. (Lévén az észlelőhálózat egy része törzsállomás, azok részei az országos törzshálózatnak is).

A területen végzett észlelések eredményei és ezek elsődleges feldolgozási adatai hozzáférhetőek és nyíltak, azokat kérésre mind az Aggteleki Nemzeti Park Igazgatósága, mind a területileg illetékes önkormányzatnak bármikor kézséggel bocsátjuk rendelkezésére. Igazgatóságunk az Aggteleki Nemzeti Park munkáját eddig is segítette és ezután is segíteni szándékozik.

A Jósvafői Karsztvízkutató Állomás és észlelőhálózat tehát az átvételt követően beépült Igazgatóságunk vízrajzi észlelőhálózatába, vízgazdálkodási tevékenységébe és feladatkörébe. A munkálatok költségeit azóta is Igazgatóságunk fedezte, illetve fedezi egyre nehezedő gazdálkodási körülmények között. (Itt kell megemlíteni, hogy a vízügyi ágazat 1965-től kezdődően számos kisérleti és tájjellemző területet hozott létre, melyeket anyagi okokból az 1980-as évek óta sorra megszüntettek!) Véleményünk szerint Igazgatóságunk az üzemelési feladatokat szakszerűen és eredményesen látja el, ami garanciát jelent e mérések-vizsgálatok folytatásához. Ez természetesen nem zárja ki, hogy ott

mások, pl. az Aggteleki Nemzeti Park érdekeltségi körükbe eső kutatásokat folytassanak, felhasználva a vízgazdálkodási észleléseket-méréseket.

A területen folyó karszthidrológiai vizsgálatok mellett - hacsak röviden is, de - utalnunk kell:

az ELTE karszthidrológiai vizsgálataira
a KLTE növény - és állattani kutatásaira
a GGKI földrengés-vizsgálataira, valamint
a kutatóállomás kutatóbázis jellegére is,

hiszen a kutatóállomás a karsztvíz megfigyelése-tanulmányozása mellett számos egyéb kutatásnak is színtere.

A KLTE munkatársai a terület biológiai értékeinek feltárásakor a kutatóállomást használták bázisul. A kutatóállomásnak fontos szerepe van a szakmai utánpótlás-képzésben is, mivel már eddig is sok középiskolai diák és egyetemi hallgató szakmai gyakorlatának adott otthont. A KLTE tavasztól őszig terjedően végzi karsztvidék-kutatásait, a nyári időszakban nagyobb hallgatói létszám részvételével. Munkájukat segítendő - minimális térítési díj ellenében - szállást, tisztálkodási lehetőséget, feldolgozó-értékelő lehetőséget biztosítunk. Kutatási célból igénybe veszik még a kutatóállomást barlangkutatók, rovar- és lepkegyüjtők és más intézmények is.

A területen az Országos Meteorológiai Szolgálattal közösen meteorológiai állomást is működtetünk. Összetett munka folyik tehát a területen, amely legjelentősebb életelemünknek, a még tiszta víznek egyik hazai lelőhelye.

A karsztvízkészletek iránti egyre növekvő érdeklődés gyakorlati alapja azoknak egyre fokozódó gazdasági jelentősége, hiszen:

felszini vizeink nagy szennyezettségnek kitettek,
lassú utánpótlódású vizeink túlzott mértékű kitermelése káros vízminőségi következményekkel jár,
parti szűrésű vízkészletünk nincs minden folyónk mellett, ezért az évente megújuló - még jó minőségű - karsztos ivó- és fürdővizek a vízellátás fontos alapját képezik. Tudomásunk szerint a jósvafői hálózat az egyetlen az országban, amely karsztos terület ilyen részletes mérési eredményeivel adatokat szolgáltat más karsztos területek vízgazdálkodási vizsgálataihoz.

Ezen a hálózaton végzett észlelések eredményei emberi hatásoktól még csak kis mértékben befolyásoltak, a területen a közel természetes állapotok

vizsgálhatóak.

Az Aggteleki-karszton kialakított jósvafői Karsztvízkutató Állomás és a hozzátartozó hidrometeorológiai mérőhálózat hazánk egyik olyan referenciaterülete, amely 30 évre kiterjedő folyamatos forrásmérései következtében az országos karsztvízkészlet-becslés pontosításának alapjául szolgál. Az elmúlt évtizedekben folytatott tevékenység egyik kiemelkedő eredménye éppen annak megállapítása volt, hogy az antropogén hatásoktól mentes karsztterületeken is jelentős forráshozam-csökkenések következtek be az elmúlt húsz évben. Az évszázad legnagyobb aszályának időszakában olyan szélső értékeket jelentő adatok birtokába juthattunk, melynek ismerete a vízgazdálkodás egyik alappillére. Az aszályos időszak, majd az azt követő feltöltődési időszak egyébként is megismételhetetlen és rendkívül fontos a karszthidrológiai kutatásokban. Joggal remélhetjük tehát, hogy a jövő kutatásai is hoznak új eredményeket a vízgazdálkodás e sajátos és Igazgatóságunk részéről továbbra is kiemelten kezelendő szakterületén.

Dr. Váncsa András Lajos
osztályvezető helyettes,
főtanácsos
Északmagyarországi VIZIG
MISKOLC
H-3500

A JÓSVAFŐI TÁJHÁZ BARLANGTANI KIÁLLÍTÁSÁNAK MEGNYITÓ BESZÉDE

Dr.Szunyogh Gábor

Szeretettel üdvözlöm Önöket a jósvafői tájház újabb egységének megnyitóján. Ünnepélyes pillanat ez, mert valamennyiünk kimondott--kimondatlan vágya vált valóra Szablyár Péter keze munkája által, amidőn létrehozta ezt a kis múzeumot.

E múzeum mind célkitűzésében, mind kialakításában sajátos. Engedjék meg, hogy megnyitó beszédemben kissé részletesebben szóljak erről a sajátosságról.

Sajátos azért, mert nem a Baradla-barlang bejáratánál, egy külön erre a célra készült épületben található, hanem egy jósvafői tájházban kapott helyet. Talán első pillanatban ez az elhelyezés különösnek tűnhet, hiszen a tájházak általában néprajzi kiállításokat foglalnak magukba. Jósvafő és vidéke azonban annyira elválaszthatatlan a karsztjelenségektől és barlangoktól, hogy az idelátogatók csak akkor kapnak teljes képet e környékről, ha megtudják: a környéken nem csak a Baradla, hanem sok egyéb barlang is található. Nyilvánvaló ezért, hogy e kiállítás --a kis hely szabta korlátokon belül-- bemutatja a Vass Imre-, a Szabadság-, a Kossuth- és a Béke-barlangokat, valamint a szpeleológiai kuriózumoknak tekinthető többi, kisebb barlangunkat.

Nem maradt el természetesen a terület jeles kutatóinak bemutatása sem. Kegyeletet őrző, de szomorú dolog, hogy bizony már múzeumi tablóra került mindnyájunk által oly jól ismert és szeretett tudósaink életútjának összefoglalása, mint Papp Ferencé és Kessler Huberté.

Sajátos e múzeum azért is, mert kilép a természettudományi múzeumok szokásos keretei közül, és nem csak az objektív logikát befogadó bal agyféltekénket hozza működésbe, hanem szubjektív érzéseinkért, érzelmeinkért felelős jobb oldali féltekénket is "megcsiklandozza". Péter ugyanis vette a bátorságot --szembe nézve a szakbarbár muzeológusok támadásaival-- és pompás gyűjteményt rendezett be különböző mértékben karrosodott kőzetdarabokból, de

nem korrodálódásuk menetét, hanem alakjuk szépségét, fantázia-dússágát bemutatandó. Ez a -- Péter által karsztkisplasztikának nevezett -- kiállítás tudomásom szerint egyedülálló.

A kiállítás negyedik, nem kevésbé meglepő részét barlangi bélyegek és képeslapok gyűjteménye teszi ki. A rendezők (Szablyár Péteren kívül Dr.Lénárt László) azt húzták alá ezzel a kiállítás-részlettel, hogy a táj, a szpeleológia tudománya és e tájban élő ember a maga kedvteléseivel, hobbyjaival együtt alkotja azt az egységet, amely meghatározza a Jósvafő-környéki világot.

A kiállítás gyűjteménye több forrásból állt össze. A fényképek Borzsák Péter felvételei. A karsztkisplasztikák Szablyár Péter gyűjteményéből valók. A bélyeg és képkiállítás anyagát Dr.Lénárt László nyújtotta, míg az ásványok a Barlangtani Intézetből származnak.

Tisztelt barátaim, kedves vendégek! Mielőtt elindulnának, hogy részletesen megismerjék a kiállított tárgyakat, hadd szóljak néhány szót e múzeum jelentőségéről. Hadd idézzem néhai iskolám névadójának, Apáczai Csere Jánosnak mondását, melyet zászlajára tűzött: "Serkenj fel, és állíts iskolákat!" Mondta ezt azért, mert tudta: csak akkor válik a magyar nép nemzetté, ha tanul, ha megismeri a világot, önmagát és hazáját. Nos, úgy érzem Szablyár Péter e tájházzal és barlangtani múzeummal Apáczai zászlaját viszi tovább, mert megtanítja az erre tévedő turistáknak, hogy Jósvafő nem csak egyszerűen egyik falu a sok ezer közül, hanem országunk sokszínűségét gazdagító, egyéni arculattal rendelkező település ill. táj.

Ezzel a kiállítást megnyitom.

Dr.Szunyogh Gábor
Berzsenyi Dániel Tanárképző Főiskola
Szombathely
H-9700 Hungary

AZ ÉGERSZÖGI SZABADSÁG-BARLANG FELFEDEZÉSE

Csekő Árpád

BEVEZETÉS

A résztvevők mindannyian megkapták Balázs Dénes legújabb könyvét, amely az eredeti naplók alapján minden lényeges eseményt igen színesen összefoglal a barlang felfedezéséről. A szerző, érezve egészségi állapotának folyamatos leromlását, ezt a könyvet küldi Nektek, hogy a barlangkutatás hőskorába beleélhessétek magatokat. Egyvalamit szerényen elhallgatott: a felfedezés első számú kulcsembere maga a szerző.

A kettes számú kulcsember az ő unokabátyja, Balázs Lajos egészségi állapota miatt szintén nem lehet közöttünk, bár néhány kilóméterre él Égerszögön pontosan azért, mert életének nagyobbik felét erre a barlangra tette fel. Ő már tősgyökeres égerszögi. A Fővárosból idevonzotta a barlang, a hegyek, mert ez benne van az erdélyiek élettérigényében. Szülőföldjéről menekülnie kellett magyarsága miatt, mikor azt másodszor kiszakították hazánkból, szélsőséges román nacionalisták vadásztak rá, a székelyek ügyes találékonysága mentette meg az életét.

Stefanik Gyuszi szintén betegeskedik, nem vállalhatta az utazást. Az aktív barlangozásból egy érdekes területen folytatja a munkát: ő lett Balázs Dénes egyik fő segítője, főleg az érdi múzeumi munkákban, a kiállításon sokfelé az ő keze munkáját látjátok, de annyira szerény, hogy eltitkolta előletek.

Ők mindhárman életük gyökeres fordulópontját köszönhetik e barlang-felfedezésnek. Számos barátunkat lelkileg is megtörte a tartós betegeskedés, ez az ő esetükben ellentétesen igaz: őket a barlangozás tette immúnissá minden ilyen pszichoszomatikus ártalom ellen. Azt hiszem, ez törvényszerû a közösen vállalt

életveszélyek után, hiszen ez életük nagy sikerélménye volt, ezért is lett fordulópont.

Ezután gondban voltunk a felfedezők elérésében. Csupor Pistáról annyit tudunk, hogy Ózdra került és itt már megszakad minden nyom. Őróla csak annyit, hogy nemcsak az életét veszélyeztette, hanem karrierjét is, amikor a diktatúra apparátusában a barlangászok mellé állt.

A felfedezők kényszerű távolléte indította arra a szervezőket, hogy egy szép könyvet adjunk a kezetekbe. Ez sokkal több, mint amit egy előadásban el lehet mondani. Nekem itt inkább csak az lehet a feladatom, hogy elmondjam a mai fiataloknak olyasmiket is, ami a diktatura idejének barlangos konspirációját sértette volna - miután Dénes barátom a most megjelent könyvével feloldozott a titoktartás alól. Mentségünkre szolgáljon, hogy nem szeretjük a börtönt, bár ezt még egy cellában is kipróbáltuk. Ha ez itthon következett volna be, egyszersmindenkorra bevonták volna az útleveleinket is.

ELŐZMÉNYEK

A csoport magját a két Balázs unokatestvér alkotta. Akkoriban minden egyesület csak felügyeleti hatóság alatt működhetett. Ez Dénes munkahelyének sportköre, a Kinizsi SE szakosztályaként alakult meg. Amint kinőtte magát ez sok előnyt hozott: kedvezményes élelmiszert, utiköltség- téritést, közös felszerelést, később még autóbusz használatot is. A minisztérium jó gazdánk volt, és főleg nagyvonalú. A barlangnál a kis és nagy épület finanszírozása mögött a minisztérium pénzügyi osztályán dolgozó szürke eminenciás állt Dénes személyében. Persze a feltárási munka kezdetben csak szerény keretek közt indult. Akkoriban járták be először a karsztvidéket, amikor a Béke-barlang sikerescsapata győzött. Ekkor a környék szegény falvai lázbajöttek: lesz villany, munkahely, jólét, autóbuszjáratok a vasúthoz. A barlangászokat messiásként várták.

Az a tény, hogy a mélyben barlangok vannak, Vass Imre írásában is szerepel, ennek hidrológiai összefüggéseit világosan látta. A pontosítást Kessler Hubert tette meg. Jakucs László rengeteg vízfestésének eredménye akkor kezdett ismertté válni, de csak viszonylag szűk körben. Ő már 1952-ben kutatóaknát létesített a Dász-töbörben. Ezt az omlások miatt fel kellett hagyni. Két kutatóakna is volt: egyiket a helyi erdész a falusiakkal ásta ki, a másikat

Jakucsék. Mindössze nyolc méterre egymástól mindkettő 13 méter mélységben omlásossá vált.

Természetes volt tehát az akkor már sikeremberhez, Jakucs Lászlóhoz fordulni, így tették Dénesék is. A fogadtatás igen segítőkész volt, Jakucs Laci később rendszeresen látogatta a munkahelyeket és mindig újabb bontási helyeket ajánlott.

ÉGERSZÖG SEGÍTSÉGE

Más csoportok tevékenységével utólag összehasonlítva csoportunk igen sok segítséget kapott Égerszög falutól. A falu valósággal összefogott. Kulcsemberünk Csupor István tanácstitkár volt. A barlangász szellem az elvtársból igazi jóbarátot csinált, aki minden szabadidejét bontással töltötte, hamarosan a hivatali időt sem kímélte.

Az első alkalommal a táborelőkészítőket nagy ív papírral várta: ezen voltak a falu természetbeni felajánlásai. Az akkori szegény időkben ez óriási segítség volt. Rengeteg krumpli, tej, mégtöbb aludttej, tejföl, túró - hiszen se villany, se hűtő a faluban - tojás, csirke folyamatosan a tábor ideje alatt. Szilvalekvár, liszt, zsír, szárazbab. Zöldbab, tök, uborka, zöldségfélék folyamatosan, a falu fiataljai nekünk termeltek egy kis területen, sőt az utánpótlást ki is hordták a táborba. Birkahúst vágáskor szükség szerint kaptunk. A táborban legnagyobb vetélkedés a tejcsarnokba menésért volt - nem is annyira a tejért -, sokkal inkább a csínos kiszolgálásért.

A faluval való barátság komoly támaszt adott későbbiekben is főleg amikor a reményeinket egy - egy omlás szétrombolta. Egyszerű tábori ételeink voltak, de bőven ehettünk, az éhséget csak más barlangásztáborok elbeszéléseiből ismertük. Ha ilyen jólétbe cseppentünk bele, akkor viszont igyekeztünk is, hogy minél előbb meglegyen a barlang. Igazából csak kevés elképzelésünk volt a barlangról, sokkal inkább álom volt, amiért bontottunk.

Később már a barátság odáig fejlődött, hogy Pista neje finom főztjeivel kényeztetett: különleges képessége volt a finom ételekhez tábori mennyiségben is. Csúcsidőkben a pestiekkel együttesen főztek. Otthonában is rendszeres vendégek voltunk.

KISKALAPÁCS ÉS ÜRGEHÚS

A kutatótábor még egy óriási segítséget kapott Égerszögről. Pozsgai Pista bácsi, látta a kínlódást a kövekkel, és titokban ellátott minket ipari lőszerrel. Mint nagy gyakorlattal rendelkező lőmester természetesen minden lényegesre meg is tanított.

A szakmai tanítás mellett akkoriban még egy igen fontos dolgot kellett tőle megtanulnunk: a szigorú titoktartást. (Aki ezt az ötvenes évek elején nem vette komolyan, hamarosan zárkába kerülhetett barátaival együtt).

A robbanóanyag a "kiskalapács" fedőnevet kapta. Egy kopott és sáros oldaltáskában hordtuk ki a munkahelyre. A tábor újoncai is jóval később tudták meg, mit is vittek ki a bontás vezetőjének. Ez teljesen veszélytelen volt, hiszen a gyutacs természetesen nem ebben volt, elkülönítve jutott ki.

A tábor ügyeletes figyelői éberen figyelték nem jön-e idegen, főleg hatósági közeg. Ekkor kiadták az "ürgehús" jelszót, amit továbbítottak a munkahelyek legaljára is. Bányavidéken megszokott dolog egy-egy távoli dörrenés , lényeg, hogy ne az illetéktelen közelében robbanjon a töltet. Egy rutinos lőmester a kőtörmelékből még másnap is kiszagol mindent, de az ilyen öreg rókáktól nem kellett félnünk.

A tapasztalat bebizonyította: csak kis adagokkal érdemes dolgozni. Legtöbb esetben a normál 10 dkg-os adag fele is elég volt. Inkább többször kell lőni. Egy kisszelvényű kutatójáratban a nagy töltet több kárt okozhat, mint hasznot. A későbbiekben annyira növekedett a felhasználás, hogy legalizálni kellett a robbantási tevékenységet. A paxittal és ammondinamittal jóbalettünk, de féltünk a lebukástól. A Szabadság - barlang tárója eleve lőszertároló kamrával épült, az ÁRBSZ előírásoknak megfelelően.

Bármilyen furcsán hangzik, de 1956 december végén kénytelenek voltunk egy nagy robbantássorozattal látszatfelhasználást produkálni. A régi hatósági felügyelet ekkor már nem létezett az új még nem állt fel. Egy hosszabbítási kérelem a következő évre csak reflektorfénybe hozta volna mindazt, amiről egyszerűen megfeledkeztek államigazgatási szinten. Mi megfeledkeztünk a hatóságokról és tovább konspiráltunk. Ha mégis előkerült volna a papírunk, akkor robbantási felületek bizonyították volna a mi szabályszerű felhasználásunkat. Aki nem hiszi, járjon utána ...

VERSENGÉSBEN

A több munkahelyes bontás egészséges versenyszellemet eredményezett. Mindkét munkahelyen szépen haladt a feltárás. Az eredményeket és tapasztalatokat naponta lehetett megbeszélni a táborban.
A kolbász másik végéről sokáig nem volt hír.

Augusztus 15-én reggel Holly Sanyiék az ígérettel ellentétben a felszínen érkeztek. Dénes szemrehányást tett : "... ígértétek, hogy pár nap múlva meglátogattok a barlangon át. Azóta figyeljük a lyukat, de senki sem jött. Talán eltévedtetek a szerteágazó labirintusban?" Válasz: " ... félúton elakadtunk ... úgy 15 - 20 métert haladtunk ... leeresztettük a szifon vizét ... felfedeztük a Jóreménység-termét ... aztán elakadtunk a köves, agyagos hordalékban ..."

Akkor senki nem látott kiutat, de élt a lelkesedés: " ... meghagyjuk nektek a kolbászt! Mi átmegyünk Jósvafőre, és megpiszkáljuk a Kis-Tohonya-forrást" (A folytatást Holly Pisti előadása foglalja össze).

A kolbász teresztenyei végén a táborbontó csapat tett egy látogatást augusztus 29-én. A későbbi években itt is több táborunk volt, a lelkesedés odáig fokozódott, hogy még kőépületet is építettünk a forráshoz (az egykori Bíróportán, sőt ezt még telekkönyvbe is bejegyeztettük).

Ami a Vizetest illeti, a későbbiekben kiderült, hogy az is Teresztenye határához tartozik, ezért az égerszögiek nem támogatják az onnan való bejutást. A csoport ekkor már nagyon elkötelezte magát Égerszögnek, és vállalta a feltárást a falu közigazgatási területéről. A versengés a falvak között tehát ugyancsak beleszólt a barlangkutatás történetébe ...

AZ ŐSZI FOLYTATÁS

A nyári szabadságok elfogytak, a tanév elkezdődött, szinte előre látható volt a munkahelyek pusztulása. Csupor Pista szerzett pénzt. Most már az 1-es munkahely 45 méteres tárója volt a tét. A huzat bíztató. A tavaszi hóolvadás előtt komolyan kell a tárót kiácsolni.

Ettől kezdve egy rátermett ember kell a helyszínen. A rengeteg omlás: a "guillotinok" az előzetes válogatást megtették. A megmaradt aktív embereknek a kemény munkán és veszélyen felül saját munkahelyükön kellett úgy helytállniok, hogy eltűrjék a távolmaradásukat. Akinek az ötvenes években nem volt munkaviszonya negyedéven túl KMK (közveszélyes munkakerülő) kategóriába került, igazoltatásnál a rendőr el is vezethette. Kétségtelenül a Csíki Havasok szülötte, Lajos volt a legesélyesebb jelölt erre a feladatra, a szíve ide húzott. Ekkor kötelezte el magát a barlang ügye mellett, átmeneti időre. A munkahelyét feladja egy időre a szent cél érdekében. Családos ember létére a "legfőbb főhatóság", az asszony jóváhagyása ment a legnehezebben. Amikor az igen mellett döntött Erzsike, maga sem tudta, hogy ezzel életük leghosszabb szakaszáról döntött. Döntött egyben a barlang sorsáról is, amely már nem soká váratott magára. Cherchez la femme, mondják a gallok Északborsodban.

Ettől kezdve kis létszámmal, de hatékonyan folytatódott a munka az 1-es aknában. Lajos - immár főhivatásként - a helyszínen, Csupor Pista a községi tanácsban , Dénes a minisztériumban, - az utóbbi két személy esetében ezt a tényt a jelenléti ívek bizonyítják. Amikor ténylegesen is látni lehetett őket az irodában, akkor a feltárás valamilyen szervezőmunkáján ügyködtek. Aki tudott időp szakítani, rendszeresen feljárt. Annakidején nem mondhattunk nyilvános köszönetet az egészségügynek, ezt csak most tehetjük meg - negyven év után, azokért a betegállomány papírokért, amelyeket tulajdonképpen a szpeleoterápia javára állítottak ki.

Balázs Lajos vezetésével még Pozsgai Sándor és Oláh Zoltán vállalkoztak a munkára (mindketten falusi fiatalok). Szeptember közepére a munkahely nagyon omlásossá vált.

A SZÉL-YUK BONTÁSA

A Keserű-tó melletti szomszédos töbörben a bontás Jakucs László javaslatára kezdődött: ez volt a 3.számú munkahely. A Szél-lyuk nevében sokatígérő volt. A hajdani öregek itt hűtötték ivóvizüket és élelmüket, nyáron hideg levegő áramlott ki a lyukból. (Az idősebb falusiak sokat dolgoztak errefelé, mert korábban ez megművelt terület volt). A töbröt alakja miatt stadionnak neveztük. A hajdani tulajdonos (aki földjét "önként" vitte a tsz-be) megmutatta a Szél-lyuk helyét, amelyet akkor már agyagos kitöltés takart.

Az aknamélyítés három napig tartott, huzat sehol. Ennél bíztatóbb helyet kerestünk.

A NEGYEDIK MUNKAHELY

A tüzéreknél illendő a találat három lövésen belül, a karszton negyedik munkahelyen barlangot találni nem rossz. A falu ujabb pénzt gyüjtött, most már becsületbeli ügy volt a feltárás. Mindegy, csak barlang legyen. Az ígéret földjét az öregek Koller néven emlegették. Ez a Dász-töbör, azaz "Dáz-teber".

Senkit nem tartott vissza a két év előtti két beomlott akna. Szeptember 21-én beindult az aknamélyítés. Most Lajos bizonyított: lehet masszív ácsolatot építeni ebben az omladékos anyagban is. Jakucs Laci ismét érdeklődött a feltárásról, telefonált Csupor Pistának a tanácsra. Már tizenöt méter mélyen vagyunk, hangzott a megnyugtató válasz. Az örömhír mellbevágó része ezután következett: ... de nem a Szél-lyukban, hanem a Dász-töbörben. A korábbi két akna balsikere után Jakucs leghatározottabban a munka abbahagyását ajánlotta. Lehetetlennek tartotta, hogy azon a ramaty kőgörgetegen ember átjusson.

A mindenre elszánt barlangász ilyenkor azt mondja: ...nincs lehetetlenség, csak tehetetlenség. A hazaindulók ilyenkor maradnak, hogy foggal körömmel kiássák a barlangot. Negyven év távlatából nézve Jakucs Laci magatartása egy felelős vezető józan megítélését tükrözte. Volt benne egy rutinos előrelátás is, hiszen tényleg komoly sérülések történtek az ezt követő szakaszban (amelyeket könnyen egy vezető nyakába varrhatnak...). Volt talán benne egy prófétai előrelátás is, már ami a barlangászok lelkivilágát illeti.

Ami ezután következett, az nemcsak harc a barlangért, hanem sokszor harc volt a túlélésért is. Meg kellett gondolni minden kő megpiszkálásának lehetséges következményeit is. Október második felétől egyre bíztatóbb is lett a feltárás. Természetesen egyre veszélyesebb is. November elején Lajos és Pista súlyosan megsérültek, segítséget is kértek Pestről. Természetesen nem mentőt kértek, hanem barlangászokat, akik a sérültek helyett bontanak. Azért nem részletezem, mert a kiosztott könyvet úgysem tudjátok majd letenni, ha kinyitjátok.

LEDŐL AZ "UENKÁ"

1954. november 14., vasárnap

Jóbalettünk a karszttal, főleg annak omlékony üregeivel. Az "uenká"-t pedig pórázra kötve szeretjük, tiszteljük és kirángatjuk (mert útban van. Nekünk minden "uenká" útban van.)

A barlang omladékos patakmederrel kezdődött, majd magasabbá vált. Az első cseppkő mintegy félméteres volt. Ez a szakasz ma már nem járható, a kutatótáró már a következő év nyarára beomlott. Az első nagyobb terem, a Mágnes-terem, ebbe csatlakozik be a bejárati lejtakna. A három és fél hónapos küzdelem után Dénes ezen a helyen eszmélt rá, hogy bejutott a barlangba.

- "Gyertek fiúk, megvan a barlang" ...kiabált vissza, bele az omladékhalmazba. Itt már régóta gyakorlattá vált, hogy szétoszolva mozog a csapat, akár egy aknamezőn: tartózkodni kellett minden felesleges mozdulattól. A hátrébb levők mentenek, segítséget hoznak, ha omlás van. Az elővájár és segítője teljesen rábízta életét a többiekre, mert nélkülük esetleg soha sincs visszaút. Csoportunk sorrendje kifelé: Balázs Lajos, Stefanik Gyuszi, Pozsgai Sanyi, Csupor Pista (ez utóbbi barátunk friss piros vér formájában volt jelen a köveken, a szpeleokrimi részleteit a kiosztott könyv 97 - 102 oldalain találjátok). Tehát a felfedezőcsapat négytagú volt.

A Meseország és a Sörösüvegek elhagyása után a barlangkutatás történetének egyedülálló eseménye következett: volt egy szűz barlang, voltak felfedezők, valamint karbidlámpák dugig tele karbidmésszel valami csodálatos félhomályban. Tapasztalat és helyismeret hiányában most is ott lennének a sötétben. Csupor Pista biztosan állított volna egy emléktáblát - négy névvel, ő maga ugyanis - sérülése miatt - a mentésre teljesen alkalmatlan volt.

A sötétből előkúszókat természetesen a bepólyált sérült várta. Ekkor bekövetkezett a szpeleoterápia csodája: Pistát nem lehetett többé visszatartani. A barlangba vetett hite felülkerekedett fájdalmain. Sziszegve, fogát összeszorítva átmászott a mai Létrás-termen. A következő zászló- erdőnél, maga kérte barátait, siessenek tovább, nem akarja lassítani a felfedezést. Egy belső hang figyelmeztette, "eddig és ne tovább"... mintha érezné a közeledést a Kuszodához (aki nem ismerné: 64 méter laposkúszás vízben + friss fej- és kéz-sérülés).

Természetesen az emléktáblán ötük nevét találjátok, mert nálunk a csapattól elválaszthatatlan a velük lélekben száguldó sérült társ. A "csak a teste" (Gárdonyi-féle definíció) kategóriában a felfedezők száma 4 és 5 közötti, de ezt az aritmetikát élő emberekre sohasem alkalmazzuk.

A felfedezők első bejárása a Pokolig nagyjából azonos a kapcsolódó túrán bemutatottakkal (Felfedező-ágat, Meseországot kivéve). A felső ágak, Gyöngyfolyó, Kis-Kuszoda bejárása hamarosan megtörtént.

A barlang felfedező-ága és a korábbi munkahelyek rengeteg súlyos balesete megtanította óvatosságra a csoportunkat: az utolsó nagy kővel, az "uenká"-val tisztelettel kell bánni, sőt tisztes távolságból szabad csak vele foglalkozni. Ez ennek a felfedezésnek különlegessége. Dénes kötéllel körülhurkolta, mindenkit hátraküldött, ő maga is tisztelettel hátrajött. A követ egyszerűen ki kellett rángatni a helyéről. Nyár közepe óta a csoport minden kitartó tagja egészen közelről ismerkedhetett a "Guillotin" karsztos változatával, a gyengébb idegzetűek már az elején elmenekültek. A megmaradt legkitartóbbak sikere ezen az óvatosságon múlott.

Csekő Árpád
okl. fizikus
Budapest
Böszörményi u. 3/a
H-1126

THE EXPLORATION OF THE ÉGERSZÖG SZABADSÁG CAVE

by

Á.K. Csekő

SUMMARY

The newborn Kinizsi Speleoclub focussed all his efforts in order to explore a cave in the Égerszög karst region. Recently this site forms part of the Aggtelek National Park (North-East Hungary). The exploration lasted 3 and half months, and on the 14-th of November, 1954. the cave was discovered at

site No 4. The exploration finish required professional approach and full day manpower provided by the speleoclub. The cave became the third largest one of the region.The head of the club, Dénes Balázs presented a book of 128 pages on the topic in order to celebrate the 40-th Anniversary.

A SZABADSÁG-BARLANGBAN VÉGZETT TUDOMÁNYOS KUTATÁSOK ÖSSZEFOGLALÁSA

Dr.Szunyogh Gábor

A KUTATÁSOK ÁLTALÁNOS JELLEMZÉSE

A Szabadság-barlanggal kapcsolatos tudományos vizsgálatok három fejezetbe sorolhatók.

A barlang komplex szpeleológiai értékelése

A tudományos feldolgozás e szakasza közvetlenül a barlang felfedezése után, az ötvenes évek második felében történt. Célja egy, a Szabadság-barlanggal kapcsolatos, a szpeleológia minden főbb területére kiterjedő, átfogó tudományos megalapozottságú kép kialakítása, részben a csoport saját kutatóinak, részben a munkálatokba bevont "külső" szakemberek vizsgálatai nyomán. A munkálatok főbb eredményeiről összefoglaló tanulmány jelent meg.

Egy-egy speciális témakör részletes kutatása

Miután kialakult egy általános kép a Szabadság-barlangról, aktuálissá vált egy-egy részletkérdés alapos vizsgálata, mely elsősorban a hatvanas évek időszakára tehető. Ezek eredményei is nyilvánosságot kaptak a Karszt és Barlang hasábjain.

Kisebb kutatások, szórvány-adatok gyűjtése

Az elmúlt negyven év alatt számos kis volumenű szórvány-kutatásnak mondható vizsgálat is kapcsolódott a Szabadság-barlanghoz, jelentőségük azonban eltörpül az előző kettő mellett. Eredményeik kiegészíthetnék barlangtani ismereteinket, de sajnos vagy nem kerültek publikálásra (csak szerzőik jegyzőkönyveiben találhatók meg), vagy a széles szakközönség számára gyakorlatilag elérhetetlen éves jelentésekben ill. a Karszt és Barlangkutatási Tájékoztatóban jelentek meg.

A SZABADSÁG-BARLANG KOMPLEX SZPELEOLÓGIAI ÉRTÉKELÉSE

A barlang geológiai feltárása

A barlang bejárathoz közeli, mintegy 900 méter hosszú, **Megvalósult-álmok barlangág** nevű szakasza a Baradla-és a Béke-barlang zömét is magába foglaló, jól karsztosodó, vastagpados, wettersteini mészkőben alakult ki. A további szakaszok a barlangképződésre kevésbé alkalmas kőzetekben találhatók. Pl. a **Kuszoda** guttensteini sötét dolomitban, a **Csőfolyosó** és az **Óriás-terem** alsó-triász lemezes mészkőben ill. agyagpalában, a **Pokol** pedig sötét, palás szerkezetű, kalcit-erekkel sűrűn átjárt, omladékos guttensteini mészkőben jött létre. A barlang jelenlegi végpontja és a **Kecske-kút** (azaz a Szabadság-barlang földalatti vízrendszerének forrása) között alsó-triász (kampili) lemezes agyagpalák és mészkövek találhatók.

A barlang fejlődéstörténete

A korabeli vizsgálatok szerint a Szabadság-barlangot befoglaló kőzet a pliocén végén vált nyílt-karszttá, a terület epirogenetikus kiemelkedése révén. Ebben az időben kezdődött el a Jósva-patak völgyének hátravágódása ill. e völgyhöz kapcsolódó felszín alatti vízhálózatok kialakulása. A Szabadság-barlang felett elhelyezkedő Pitics-hegy környékén megindult a töbrök besüllyedése, a víznyelők kialakulása és a földalatti (korróziós eredetű) vízvezető-járatok kialakulása.

Később a víznyelők fejlődésével, a vízrendszer déli oldalán található, fedett karsztos területről az időközben fejlettebbé vált víznyelőkön át pannon-kavics sodródott a barlangba, lehetővé téve a földalatti vízfolyások eróziós munkáját. Ennek eredményeképpen a barlang arculatában egy kettősség jelent meg: az eróziós úton fejlődő **Megvalósult-álmok-barlangág** viszonylag tágas lett, míg az egyébként nagyobb, de kavics-elborítástól mentes karszt-terület vizét szállító **Gyöngy-folyosó** szűk, ember számára nehezen járható oldalág maradt.

A Szabadság-barlang fejlődésének további szakaszában a befoglaló kőzettömeggel együtt megbillent, és az észak-felé nyúló járatai korábbi helyzetükhöz képest valamivel mélyebbre kerültek. Ezt a feltételezett mozgást ékesen bizonyítja a **Megvalósult-álmok-barlangágon** végig megfigyelhető

színlőnek a járat jelenlegi talpszintjéhez viszonyított fokozatos süllyedése, ill. a mederágyat kitöltő üledék ezzel párhuzamos kivastagodása.

Hidrológiai kutatások

A Szabadság-barlangon átfolyó időszakos patak a **Kecske-kút** nevű karsztforrásban lát napvilágot. Vízgyűjtő területe 2,3 km^2. A hatvanas években végzett mérések szerint a forrás vízhozam-ingadozása a környék többi karsztforrásáéhoz képest kicsi $Q_{max}/Q_{min}=20$. (Összehasonlításként: a Béke-barlang esetében $Q_{max}/Q_{min}=400$). Ez a kicsiny vízhozam-ingadozás arra utal, hogy a földalatti vízvezető járat valószínűleg szűk, az akadálytalan vízáramlást fékezi.

Kémiai elemzések szerint a forrásban megjelenő víz keménysége 22,5 Nk fok, az oldott kalcium--magnézium arány négy. A víz hőmérséklete átlagosan $9,8^{o}$.

Bár a **Kecske-kút** állandóan szolgáltat vizet, a Szabadság-barlangban mégis csak időszakosan, éspedig évente 30--60 napig folyik víz.

A barlang morfológiája

Morfológiai szempontból a Szabadság-barlang öt szakaszra bontható.

Megvalósult-álmok-barlangág

E járat alaprajzának jellegét a tektonikus preformáltság és a későbbi eróziós tevékenység határozza meg. Ez utóbbi megnyilvánul az egymás felett elhelyezkedő színlők sorában, valamint (különösen a barlang felső szakaszában előforduló) meanderszerű-kanyarulatokban. Járatszelvénye viszonylag tágas, bár elsősorban a vertikális kiterjedése jelentős; szélessége egy méter körül mozog. A **Megvalósult álmok** több szintes, emeletes barlangág, mely cseppkövekben és más barlangi ásványokban igen gazdag.

Kuszoda

A **Kuszodában** hirtelen szelvényalak-változás mutatkozik a megelőző szakaszhoz viszonyítva: a járat 30-50 cm magasságúra alacsonyodik, szélessége viszont jóval meghaladja a **Megvalósult álmok barlangágét**. Fötéje teljesen

cseppkő-mentes, talpa pedig vastag, keményen összecementálódott kaviccsal borított.

Csőfolyosó

A Kuszodát követő járat valamivel tágasabb, jellegzetes ovális szelvényérők kapta nevét. A **Csőfolyosó** is cseppkő-mentes, mindössze a **Gyöngyfolyosó** nevű oldalág becsatlakozásánál alakult ki jelentősebb mérvű ásvány-kiválás.

Óriás-terem

Ez a barlang egyéb termeinél nagyságrendekkel nagyobb földalatti üreg omlékony, lemezes szerkezetű, kis szilárdságú kőzetben fejlődött ki, ezért formakincsének jellegét elsősorban az omladék-felhalmozódás szabja meg. Itt jelenik meg a (további szakaszokra oly jellemző), mindent belepő, híg agyag-kitöltés.

Pokol

E morfológiailag elkülönülő folyosóban a barlang ismét több szintessé válik. Felső szintje tágas, jellegzetes "kulcslyuk-szelvényű", azaz a jó közelítéssel ovális metszetű járat alján több méter mély, 20-50 cm széles kanyon meanderez. E kanyon alján ember számára igen nehezen járható alsó szint alakult ki, jelenleg is állandó vízfolyással. E két szinten kívül egyes részeken egy harmadik szint is elkülöníthető.

Feltehető, hogy a **Pokol** időről-időre víz alá kerül, és a lassan apadó vízből üledék rakódik ki, u.i. jelenleg a teljes szabad (cseppköveket is magába foglaló) kőzetfelületet vastag agyagréteggel borított.

Barlang-biológiai vizsgálatok

A Szabadság-barlangból összesen 23, azon belül három egyedi, csak ott előforduló állatfajt sikerült kimutatni. Különösen érdekes a Magyarországon korábban ismeretlen **Koenenia vágvölgyi** nevet viselő szálfarkú. Számarányát tekintve ebből a 23 fajból 8 igazi barlanglakó, 12 barlang-kedvelő és 2 barlang-idegen.

Az ismertetett kutatások szerzői: Balázs Dénes, Ernst Lajos, Neppel Ferenc, Loksa Imre és Szalay László.

EGY-EGY SPECIÁLIS TÉMAKÖR RÉSZLETES KUTATÁSA

A barlang légáramlás vizsgálata

A barlangi légáramlás kutatását az serkentette, hogy az ötvenes évek közepén-végén még viszonylag kevés in-situ mérési adat állt a kutatók rendelkezésére (elsősorban elméleti számításokkal közelítették ezt a problémakört). A tényleges (barlangi) mérések elvégzése azért is aktuális volt, mert csak így lehetett ítéletet mondani arról a feltételezésről, hogy a légáramlást mindenek előtt a barlangi és külszíni levegő hőmérséklet-különbsége gerjeszti. E kérdések tisztázására a Szabadság-barlang bejáratánál légsebesség-mérő állomást építettek ki, és egy teljes év valamennyi évszakában egy-egy hetes megfigyelés-sorozatot hajtottak végre.

A méréseket a barlang (légmentesen lezárt) ajtaján kivágott, gyorsító szélcsatornával ellátott kanalas anemométerrel végezték. A mérési időszakban folyamatosan regisztrálták a felszíni főbb meteorológiai paramétereit (hőmérséklet, páratartalom, légnyomás, szélsebesség, stb.), így lehetővé vált a különböző paraméterek és a huzat iránya ill. nagysága közötti kapcsolat feltárása.

Kiderült, hogy a hőmérséklet mellett döntő tényező a légnyomás és a levegő páratartalma is. Ennek magyarázata elég nyilvánvaló (bár korábban ennek alárendelt szerepet adtak): a huzat irányát a barlangi és a külszíni levegő sűrűségének különbsége indukálja, ami viszont nem csak a hőmérséklettől, hanem a levegő említett további állapotjelzőitől is függ.

A mérések bebizonyították, hogy a légáramlás sokkal gyakrabban vált irányt, mint azt a külszíni hőmérséklet alakulásának ill. a szóban forgó napszak meteorológiai jellege alapján várni lehetett volna. Ez a látszólag rendszertelen ingadozás azonban a fenti felismerések birtokában magyarázható lett: a légnyomás ill. nedvességtartalom változása nem követi egyértelműen a hőmérséklet változását, így együttes hatásukra a levegő sűrűsége is bonyolultabb függvény szerint változik, mintha csak a hőmérséklet határozta volna meg értékét. A légáramlás irányában mutatkozó rendszertelenség felismerhető a huzat irányának mind a napi, mind az évi változásaiban is, azaz

nem mondható egyértelműen, hogy nyáron csak kifelé, télen csak befelé húz a levegő.

Bár az alkalmazott méréstechnika pontos légmennyiség-mérésre nem volt megfelelő, de nagyságrendi becslésre mégis lehetőséget nyújtott. Ebből az a meglepő eredmény adódott, hogy sokkal kevesebb levegő áramlott át a bejárati ajtó mérőnyílásán, mint az a barlang térfogatának és a levegő sűrűség-különbségének ismeretében várni lehetett volna. Bebizonyosodott tehát, hogy a barlangok légcseréjének csupán egy kicsiny hányadát teszi ki a bejáraton át áramló levegő. A nagyobb rész --nyilvánvalóan-- a kőzet repedésein át jut az üregrendszerbe.

E kutatások résztvevői Balázs Dénes, Frecska József, Garamszegi Péter, Antal László, Szondi Egon, Szondi Egonné és Mészáros Kálmán voltak.

Barlangi meanderek képződése

A korabeli elfogadott (Cholnoky Jenőtől származó) nézet szerint meander-szerű kanyarok csak a közép és alsószakasz jellegű vízfolyásokon alakulhatnak ki, a felső szakasz jellegű folyók legfeljebb átöröklés (antecedens völgyek kialakulása) révén viselhetik magukon a meanderek formakincsét. Minthogy barlangjáratok kivésése mindenképpen felsőszakasz-jellegű patakok munkájának eredménye, így barlangokban (e felfogás szerint) meanderek nem is képződhetnek. A szpeleológiai tapasztalat azonban ezt nem támasztja alá: sok patakos barlangunk rendelkezik meanderező járatszakaszokkal. Mivel a Szabadság-barlangban is előfordulnak meanderek, ezért kézenfekvőnek látszott az ilyen, sokszor önmagába visszakanyarodó hurkokat alkotó patakmedrek tanulmányozása.

A vizsgálatok az alábbi főbb kérdések megválaszolására irányultak: milyen struktúrával rendelkeznek a barlangi meanderek; található-e analógia a földalatti és a felszíni vízfolyások hasonló kanyarulatainak szerkezete között; lehet-e a barlangi patakok munkavégző-képessége és az általuk kialakított formakincs között összefüggést találni; milyen számszerű adatokkal lehet jellemezni a barlangi meandereket.

Kiderült, hogy a látszólagos hasonlóság ellenére jelentős különbségek vannak a felszíni ill. földalatti meanderek között. A földalatti meanderek kialakulásánál u.i. nem csak a laterális (oldalazó mozgást előidéző), hanem a vertikális (a meder mélyülését is kiváltó) erózió is szerepet játszik. A kanyarulatok helyzetét

(a közép- és alsószakasz-jellegű folyókéval ellentétben) nem csak a véletlen, hanem a befoglaló kőzet töredezettsége, tektonikai szerkezete is befolyásolja. További különbséget jelent az is, hogy míg a felszíni meanderek teljesen eróziós képződmények, addig a barlangiak kialakulásában a korróziónak is jelentős szerepe van.

A meanderes-járatok felmérése nyomán kiderült, hogy a Szabadság-barlang meanderei igen fejlettek: a vízfolyás középvonalának ill. a kanyarulatba illeszthető félkör-ív hosszának hányadosa 1,4--2,4. Elhelyezkedésükre jellemző, hogy ott mutatkoznak, ahol a viszonylag nagy esésű (a Dász-töböri víznyelő alá nyúló) járatok esése hirtelen lecsökken (azaz lecsökken a befolyó víz munkavégző-képessége) és felveszi a Megvalósult-álmok barlangág esésére jellemző 1,3 %-os értéket.

Közismert, hogy a felszíni meanderező folyók völgye általában igen széles, mert medrük oldalazó mozgásával nagy területet pásztáznak. (Kivételt ezalól az u.n. szorított meanderek jelentenek). Ezzel szemben a barlangi meanderek viszonylag kevéssé távolodnak el a patak eredeti nyomvonalától.

Felfedezhetők a föld alatt a lefűződött kanyarulatok nyomai is, azonban nem a felszíni folyók holt-ágaiként, hanem a jelenlegi patak-szintnél magasabban, inaktív felső járatok formájában. E felső járatok alkotják a Jakucs-féle szifonkerülő-járatokat.

A barlangi meanderek további érdekessége, hogy az egyes (néhai) kanyarulatok jelenleg színlő-szerű bemélyedésekként mind a mai napig felismerhetők (szemben a felszíni vízfolyások meandereivel, amelyek önmagukat állandóan újra és újra elpusztítják). Az egyes színlőkben kavicslerakódások láthatók, amelyek korábbi mederszint teraszaiként értelmezhetők. E vizsgálatokat Balázs Dénes végezte.

A Szabadság-barlang részletes feltérképezése

Az ötvenes évek végére Horváth János munkája révén kialakult az a (mindmáig legtöbb információt szolgáltató) térképezési mód, mely lehetővé tette, hogy a barlangban ne csupán vázlatok készüljenek, hanem a térképet bár piszkozati formában, de teljes részletességgel a helyszínen lehessen elkészíteni. Ezzel a módszerrel készült a hatvanas évek elején a Szemlő-hegyi-barlang, majd később a Szabadság-barlang térképe.

A térképrajzok bázisát a mérőszalaggal, függőkompasszal és lejtszögmérővel bemért helyzetű poligon-zsinór adta. Az alaprajzot hosszmetszetet és keresztmetszeteket e zsinórtól mérve, 1:100 méretarányban, milliméter-papíron rögzítették. A végleges térkép atlasz-formában került (kis példányszámban) publikálásra.

A Szabadság-barlang térképe (igen nagy részletessége révén) a maga korában kuriózumnak számított, mert több kilométer hosszú, patakos barlangokról akkoriban nagyléptékű (1:100 méretarányú) térképek nem álltak a kutatók rendelkezésére.

A térkép készítésében Bártfay Pál, Szentiday Klára, Ernst Lajos és Szunyogh Gábor vettek részt.

KISEBB KUTATÁSOK

Meteorológiai adatgyűjtések

1960 és 70 között Neppel Ferenc szokásos meteorológiai paraméterekre, Balázs Dénes pedig a szabadfelszínű vizek párolgására vonatkozóan végzett szórványadat-gyűjtést. Kiderült, hogy a 9-9,5° hőmérsékletű, 95-98% relatív páratartalmú barlangi levegőben a próba-edények felületéről évente átlag 0,8 milliméter víz párolgott el.

Barlangterápiai kisérletek

1963-ban egy súlyos asztmában szenvedő 10 éves gyerek néhány hétig rendszeresen járt le a Szabadság-barlangba. Asztmája hosszú időre elmúlt (mígnem egy súlyos lelki megrázkódtatás ki nem újította betegségét). Megállapítható volt, hogy a Szabadság-cseppkőbarlang a Béke-barlanghoz hasonlóan kedvez a légúti betegségben szenvedők gyógyulásához. További terápiai kutatások nem történtek.

Hidrológiai megfigyelések

Ernst Lajos és Balázs Dénes karsztvíz-elemzéseket folytattak, egyebek közt a mérsékelt övi és trópusi karsztvizek kémiai összetételében mutatkozó különbségek kimutatására.

Kőzet-és üledékminta-vizsgálatok

A 80-as évek során Kraus Sándor geológiai szempontból értékelt néhány, a Szabadság-barlangból származó kőzet-és üledékmintát.

E kutatások készítői Balázs Dénes, Ernst Lajos, Frecska József, Garamszegi Péter, Antal László, Szondi Egon, Szondi Egonné, Mészáros Kálmán, Neppel Ferenc és Kraus Sándor voltak, míg a térkép készítésében Bártfay Pál, Szentiday Klára, Ernst Lajos és Szunyogh Gábor vett részt.

IRODALOM

Veress,M.,Péntek,K.(1990): Kisérlet a karsztos felszínek denudációjának kvantitatív leírására. Karszt és Barlang I.p. 19-28.

Veress,M. Péntek,K.(1992): Felszini karsztos formák vizsgálata matematikai módszerekkel. Oktatási intézmények karszt és barlangkutató tevékenységének II. országos konferenciája, Szombathely. p. 21-29.

Zámbó, L. (1987): A beszivárgó víz oldóképességének alakulása a talaj és a kőzet határfelületén. Oktatási intézmények karszt és barlangkutató tevékenységének II. országos konferenciája, Szombathely, p.13-19.

Dubljanszkij, J. V.(1989): A víztükör alatti gönbfülke-képződés elméleti vizsgálata. Karszt és Barlang I-II.p.29-31.

Dr.Szunyogh Gábor
Berzsenyi Dániel Tanárképző Főiskola
Szombathely
H-9700 Hungary

REVIEW OF THE STUDIES PERFORMED IN THE SZABADSÁG CAVE

by

Dr.G.Szunyogh

SUMMARY

The scientific work related to the Szabadság cave is reviewed under three headings:

1. Complex speleology of the cave: geological exploration, historical development, hydrologic, morphologic and biologic studies;
2. Detailed research on special topics: air flows, the development of meanders, detailed mapping of the cave;
3. Minor projects, collection of scattered data: meteorological data, cave-therapeutic experiments, hydrologic observatins, analyses on rock and sediment samples.

The persons involed in these studies were D.Balázs, L.Ernst, J.Frecska. P.Garamszegi, L.Antal, Mr. and Mrs. Szondi, K.Mészáros, F.Neppel and S.Kraus, while mapping work was performed by P.Bártfai, K.Szentiday, L.Ernst and G.Szunyogh.

A SZABADSÁG-BARLANG FEJLŐDÉSTÖRTÉNETE

Kraus Sándor

BEVEZETÉS

Az önként végzett tudományos kutatás főként két módon történhet:

a. kitalálhatunk elméleteket és ehhez bizonyítékokat keresünk
b. a barlangok sokszori bejárásával és minden apró részletének megfigyelésével próbálunk véleményt alkotni a barlangjáratok és képződményeinek kialakulásáról az "anyag-alak-folyamat" elv figyelembevételével.

Nem szeretnék magasröptű elméleteket gyártani és szabályos publikációt írni. Elsősorban a tényekből kivánok kiindulni. Ezek alapján szeretném felhívni a figyelmet a Szabadság-barlang fejlődéstörténetének legfontosabb problémáira és megoldandó feladataira. A továbbiakban felsorolok néhány dolgot, amit láttam --vagy látni véltem-- és megpróbálok következtetni az azokat létrehozó folyamatokra. Azután úgy-ahogy szeretném sorrendbe rakni a folyamatokat és a történéseket.

Próbáljuk meg tehát a most is látható pillanatnyi állapotból visszafelé következtetni a Szabadság-barlang fejlődését!

A FELSZIN VIZSGÁLATA

Megfigyelések és következtetések

Szabályos víznyelős töbörből indul a barlang →
jelentős méretű vízzárós terület volt.

Jelenleg nem kap felszini vízfolyást → erős felszin-változás történt (vagy éghajlatváltozás?).
A barlang száraz, de a forrás állandó → alsóbarlang, vagy (és) más járatok vannak.
Forrás vízhozama és kémiája
→ ehhez sajnos még nem értek.
Nagyjából 5 m vastag forrásmészkő van a völgyben a Kecske-kúttól lefelé
→ a barlang kijárata feltöltődve erősen és hosszan → kutatás (feltárás) innen reménytelen.

Feladat

Megállapítandó a forrásmészkő kora és az, hogy melyik fázisban alakult ki.

A FORMÁK VIZSGÁLATA
(morfológia)

Megfigyelések és következtetések

Főtén oldott hasadék
→ kezdeti üregesedés víz alatt
Gyakori a kulcslyuk-szelvény
→ kezdeti üregesedés víz alatt
Szakaszonként erős szelvényváltozás
→ kőzettani különbségek jelentősek.
Járatszakaszok egyenesek
→ tektonikus meghatározottság
Néhol magasba nyúló termek
→ tektonikus irányok kereszteződése

Feladat

A barlang tektonikai feldolgozása.

Megfigyelés és következtetés

Keskeny, magas járat a jellemző
→ a hegy emelkedett, vagy a völgy vágódott be.

Feladat

Megvizsgálandó, hogy a hegy emelkedett-e, vagy a völgy vágódott be?

Megfigyelés és következtetés

A járatszelvény is meanderezik
→ mélyülés közben nyílt víztükör volt (ez a kulcslyuk-szelvény alja).

Feladat

Feltétlenül szükséges néhány szelvény pontos felmérése.

Megfigyelések és következtetések

Meanderező járatok nagy mennyisége
→ patakos időszak hosszan tartott, (időszakosan?) erős vízmozgás volt.
Meanderek szélesek, teljesek
→ nem volt eredeti üreg.
Pokol kulcslyuk-szelvényének alja nagyon keskeny
→ gyors bevágódás (vagy kőzettani ok?).

Feladat

Mérést kell végezni annak megállapítására, hogy a Pokol főtéje vízszintes sík-e?

Megfigyelések és következtetések

Néhol vízszintes főtesík, oldásos színlővájuk (?)
→ a vízszint időnként tartósan azonos volt.
Szűk szakasz (Kuszoda)
→ az előtte levő rész majdnem teljesen feltöltődött, ez kevésbé.

A KIVÁLÁSOK VIZSGÁLATA

Megfigyelések és következtetések

Sok cseppkő, egyes részeken borsókő
→ régóta légteres, jól szellőző barlang.

Bejárati részen sok borsókő
→ erős bejövő huzat (volt?), jelentős párolgás
CO_2 a Kuszodában és a további részeken
→ más kőzet,gyenge légcsere.
Cseppköveken felsőbb szinten néhol agyaglepedék
→ árvíz magas szinten. (kora ismeretlen, meghatározhatatlan?)
Emeleti járatban (+2.5m) cseppkő medencék
→ a feltöltődött időszakban (?) jól cseppkövesedett

Feladat

Meg kell határozni a medencék abszolút korát!

Megfigyelések és következtetések

Emeleti medencék mindenhol szárazak
→ vízmennyiség csökkent, vagy lejjebb jut be a barlangba, vagy az alsóbarlangba jut le.
Emeleti medencékben szegfűkalcit helyett borsókövek alkotják a cseppkövek "bocskorát"
→ a medence aktív időszakában gyakori áradások agyagot hoztak.
Vastag cseppkövek a kitöltés maradványain
→ hosszú ideig volt cseppkövesedés a kitöltött időszakban, vagy azóta is fejlődnek.

Feladat

Mintavételek és izotópvizsgálatok alapján a cseppkő lámpások abszolút korának meghatározása.
Cseppkő lámpások +0.5 m magasság körül vannak, a cseppkő mdencék kb. +2.5 m-en.
→ különböző kiválások más időben képződtek, vagy egy időben, csak más szinten.

A FELTÖLTŐDÉS ÉS KIMOSÓDÁS VIZSGÁLATA

Megfigyelések és következtetések

Egyes szakaszokon agyag és kavics kitöltésnyomok a teljes szelvényben

→ néhol szinte teljesen feltöltődött az üreg.
A kitöltésben kavics is van
→ behordódásnál nagy erejű víz volt, nyitott víznyelő.
A kitöltésben agyag, homok, kavics váltakozva található
→ a bejövő víz ereje (hozama) változott, vagy a patak sodorvonala változott, vagy a felszin fedettsége (növényzet) változott.

Feladat

A szelvényekben szemcseméret vizsgálatokkal-meg kell állapítani a vízsebesség változását.

Megfigyelések és következtetések

Néhol cseppkő eltemetve az agyagban
→ a feltöltődés már egy légteres időszak után történt.

Feladatok

A régi cseppkövek abszolút korát meg kell határozni. Megállapítandó, hogy van-e kitöltő anyag a Meseország cseppkőmedencéinek szintjén? Agyagot az árvizek felvihettek, de kavics van-e?

Megfigyelés és következtetés

Kitöltésteraszok magasan a jelenlegi talpszint fölött
→ jelenleg kimosódás történik (vagy történt).

Feladat

Megvizsgálandó, hogy hová lett a sok kitöltő anyag?

Megfigyelések és következtetések

Cseppkő lámpások
→ régi kitöltés szintje
→ régi kitöltés kimosódása
Hullámkagylók néhol a kitöltő agyagba, sőt az eltemetett cseppkőbe is

belevágódtak

→ felerősödő kihordó vízmozgás, koptatás (erózió).

Jelenleg jól járható szelvényméret

→ kihordódás jelenleg is tart, de legalább is nem régi.

Jelenleg légteres járat van

→ a kitöltés a Pokol még ismeretlen folytatásában (vagy az alsóbarlangba) hordódott el. Esetleg kiment a felszinre?

Feladat

Meg kell állapítani, hogy a forrás utáni forrásmészkő-tömegben van-e barlangból kihordott szilárd anyag?

ÖSSZEFOGLALÁS

Összefoglalva a Szabadság-barlang fejlődésének fázisait, feltételezem az alábbiakat. (1.ábra).

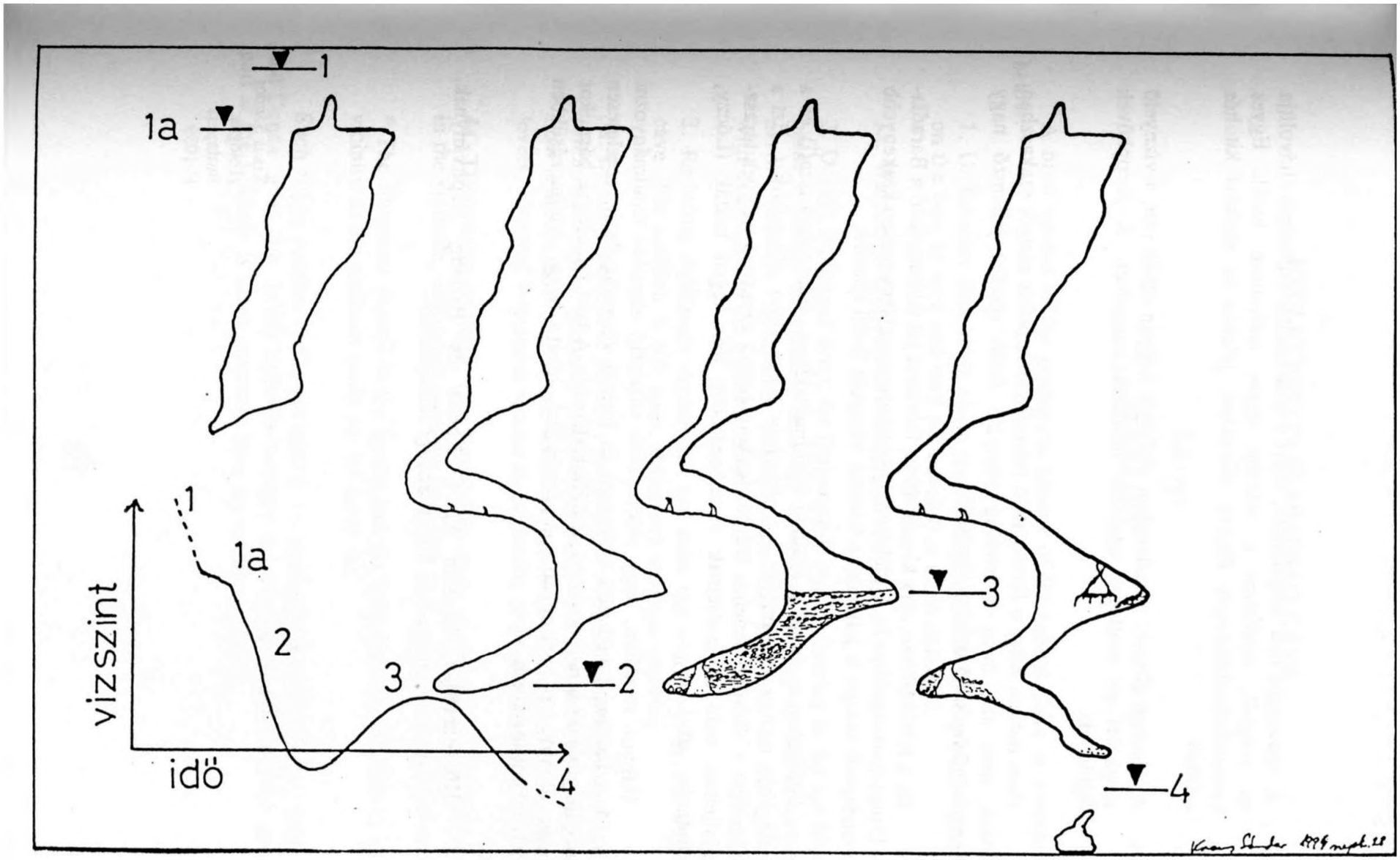
1. A víz alatti oldódás a tektonikusan meghatározott irányok mentén történik. A szelvény a különböző kőzetekben más és más méretű lesz, a dolomitban esetleg nem is képződik számottevő üreg (Kuszoda).

1.a. Vízszintcsökkenés, az üreg felső síkjában vízszintes főtesík alakul ki.

2. Erős vízszintcsökkenés, a légteres üregben folyó (időszakos?) patak erősen mélyíti a medret, jól fejlett meanderek lesznek a viszonylag keskeny járatban. Összefüggő járat alakul ki a víznyelőktől a forrásig. A magasabb részeken cseppkövesedés jön létre.

3. Vízhozamcsökkenés, ami erős feltöltődést, és ennek következtében vízszintemelkedést okoz az egész barlangban. A víznyelő még nyitva van. Közben a cseppkövesedés tovább tart.

3.a. A járatban hosszú ideig nem folyik víz, cseppkő fedi be néhol a kitöltést. A víznyelő valószínűleg eltömődik.



1.ábra A Szabadság-barlang elvi fejlődésmenete

4. A vízmozgás újra megélénkül, ezért a laza kitöltés többségét eltávolítja az üregből, miközben a vízszint egyre mélyebbre kerül. Egyes cseppkőképződmények függve maradnak, jelezve az egykori kitöltés szintjét.

4.a. A jelenlegi állapot: a barlangban vízfolyás nagyon ritkán van, a víznyelő megszűri az esetleges nagyobb hordalékszemcséket. A cseppkövek fejlődnek.

Nem tudom, hogy a forrás utáni felszini mészkiválás melyik szakaszban történt, sem azt, hogy a barlang víznyelő felőli részére jellemző nagy mennyiségű borsókő mikor képződött.

Ez a feltöltődéses, újra kimosódásos folyamat jól felismerhető a Baradla- és Danca-barlangokban is. Utóbbiban a járatszelvénynél lényegesen keskenyebb meanderező csorga is jellemző a barlang víznyelő felőli részére.

Feltételezem, hogy a földtani közelmúlt jeges, száraz szakasza(i) és a melegebb, nedves szakasz(ok) egymásutánja idézte elő a változásokat. Ezt a jelenséget a Kárpát-medence számos barlangjának a környező völgyek teraszszintjeihez való kapcsolatának vonatkozásában már régen leírták (Lóczy, Cholnoky, stb.).

Nagyon remélem, hogy előbb-utóbb valaki(k) alaposan tanulmányozni fogják a barlangokon belüli kitöltések és formák összefüggéseit, részletesen megállapítva az üregrendszerek fejlődéstörténetét. A leírt jelenségek bármikor megtalálhatók a barlangban, mindazonáltal lehet, hogy értelmezésükben helyenként tévedtem.

Köszönetemet fejezem ki a Karszt és Barlang alapítványnak, tanulmányutaim költségeihez kapott anyagi támogatásért.

Kraus Sándor
geológus
Budapest
H-1039

EVOLUTION ON SZABADSÁG CAVE

by

S.Kraus

SUMMARY

A brief review of the geological history of Szabadság Cave is presented below:

1. Underwater dissolution along tectonically set lines. Cavity size depends on the type of rock and may not develop at all in dolomite.

1a. Waterlevel drop leaves a horizontal crown.

2. Drastic waterlevel drop; the (ephemeral) stream flowing in the air-filled passage erodes its channel heavilty, meanders develop in the relatively narrow passage. Continuous passage from the sinkholes to the spring with dripstones in the higher sections.

3. Reducing discharges deposit silt and raise the waterlevel in the whole cave. The sinkhole is still open, dripstones continue growing.

3a. Extended periods of no flow, some fills are covered with dripstone. The sinkholes become probably blocked.Repeated wet period. The returning flow removes most of the loose sediment, erode the channel and lower water levels. Hanging dripstones remain as evidences of former stages.

4a. The present situation; rare flow in the cave, coarse debris filtered out in the sinkhole, dripstones continue growing.

* The limestone deposit at the spring and the large mass of pisolith in the vicinity of the sinkhole could not be dated yet.

Such filling-erosion cycles are clearly recognizable in the Baradla-, Béke- and Danca caves, too. In the latter the strongly meandering trough over the cave part at the sinkhole is much narrower than the entrance section.

These changes were presumably caused by the succession of dry spells during the glaciation periods and warmer, wet climates in the recent geological past and were described repeatedly (Lóczy, Cholnoky, etc.), in attempts to relate caves to the terrace elevations of the surrounding valleys in the Carpathian Basin.

A SZABADSÁG-BARLANG KARBONÁTOS KIVÁLÁSAI

Kraus Sándor

A kiválásokkal foglalkozó anyagom szorosan kapcsolódik a barlang fejlődéstörténetéhez, kölcsönösen alátámasztják illetve megvilágítják egymást.

A CSEPPKÖVEK VIZSGÁLATA

A Szabadság-barlang cseppkövei nem különböznek az Aggtelekikarsztvidék többi patakos barlangjának kiválásaitól. Néhány szép, helyi nevezetességű cseppkő természetesen található a barlangban. A "cseppkő-leltár" még nem készült el, de a jelenleg elkülönített kb. 40 féle cseppkőkiválás többsége megtalálható a barlangban.

Említést érdemel a foltokban levő **heliktitek** viszonylag gyakori előfordulása.

Cseppkőmedencék találhatók a felső szintű járatok egyes részein. Ezekben szegfükalcit helyett borsókövek alkotják a bocskoros cseppkövek "lábbelijét". Valószinűleg a medencét gyakran elborító áradmányvíz lebegtetett hordaléka okozta ezt az elváltozást; ennnek bizonyítása azonban még vizsgálatot igényel.

A barlang fejlődéstörténetéhez adnak fontos ismereteket a gyakori **cseppkőbaldachinok** és **cseppkőlámpások**. Ezek jelentős mennyiségű vizi hordalék felhalmozódását majd kimosódását bizonyítják.

A cseppkövek kisebb hányada (?) élő, fejlődő. A nagyok között sok az erősen csillogó (átkristályosodott), tehát már nem fejlődő képződmény.

Általában elkülöníthetők agyagos (régi) és tiszta (többnyire fehér) példányok, gyakran egymás mellett, egy magasságban. Ebből arra lehet

következtetni, hogy az elöntéses, majd az árvizes kimosási időszak óta hosszú idő telt el, miközben nagy tömegű cseppkő fejlődhetett. Ezeknek tényleges koradatai (abszolút kor) értékes ismereteket nyújthatnának a kitöltődés idejéről. Néhol jelenkori visszaoldódás látható a csepegések alatt.

A BORSÓKÖVEK TANULMÁNYOZÁSA

A terület patakos parlangjai közül a Szabadság-barlang kitünik a bejárati szakaszon (víznyelő felőli részen) található nagyon sok **borsókő**-kiválásával. A gömbök változatos méretűek, a gombostű-fejnyitől a 6-8 mm átmérőig. Többnyire irányítottan, foltokban helyezkednek el és a bejárat felé emelkednek ki a felületről. Gyakran a cseppkövek egyik oldalát borítják. A kanyarodó járatrészeken a befelé áramló levegő mozgásának megfelelő az elhelyezkedésük. Jól észlelhetően a Létrás-teremig lehet megtalálni ezeket a képződményeket.

A borsóköveket Magyarországon először a Szemlő-hegyi-barlang 1930-ban történt felfedezése során ismerte meg a barlangtan. Egyértelmű volt a véleménny ezeknek melegvizes eredetéről. A Budai-hegység többi barlangjának megismerése is alátámasztotta ezt az elméletet. Hogy miért nem így van, illetve miért olyan sok a borsókő a melegvizes eredetű barlangokban, az egy másik előadás témája lehetne.

A Szabadság-barlang feltárása után nem tudtak magyarázatot adni az első rész dús borsókövességére, ezért nem is nagyon foglakoztak vele a továbbiakban. A melegvizes borsókő-képződési elmélet (Gánti T. 1962) után a légmozgás hatására létrejött kiválásokról először Rónaki írt (Rónaki L. 1980). Szerinte a levegő aeroszol-tartalmából csapódik ki az állandó légmozgású helyeken a huzatborsókő.

Döntő fordulatot 1992. évi tanulmányutunk hozott borsókő-ügyben (Kraus S. 1992). Az USA néhány barlangjában látottak megkérdőjelezték a szép és világos hévizes borsókő-elméletet. Ezután több nagybejáratú barlangban is láttam a Bükk-hegységben cseppkőlefolyásokat amiket határozott kifejlődésű borsókő-gallér vett körül. Itt meggyőző volt, hogy a nedves folt szélén, ahol a párolgás erősebb a víz szivárgásánál, ott borsókő válik ki. Azaz **légteres, párolgásos jelenségről** van szó, ami a Szabadság-barlangra is könnyen érvényes lehet!

A földtani szakirodalom említi a **réti-cseppkő** (réti-borsókő) képződését. Gyakori a Budai-hegységben is, hogy a mészkő-darabok alsó oldalán a fentről

lecsorgó esővíz oldott mészanyagának bepárlódása apró borsókat eredményez. Ezeknek alakja, szerkezete erősen hasonlít az "igazi" barlangi borsókéra.

Hogyan képződött tehát a sok borsókő a Szabadság-barlangban, és miért csak abban? A második kérdésre könnyebb a válasz: nem csak itt van borsókő, hanem az Alsó-hegy sok zsombolyában is található "**zsomboly-borsókő**", illetve "**huzat-borsókő**". A terület többi patakos barlangjában is előfordul kisebb foltokban enyhe borsósodás.

Marad a hogyan kérdése. Feltételezésem szerint a kőzetből elszivárgó víz az idők folyamán különböző kiválásokat hozott létre. A barlang erős kitöltődése előtti időszak kiválásairól keveset tudunk. A cseppkőbaldachinok és lámpások már a feltöltődött folyosó aljzati szintjét jelzik. Ezután az üledékkimosás következett, ami nagy vízmozgást igényelt. Ekkor a víznyelő nyitott lehetett, amin a téli időszakban (?) erős levegőbeáramlás feltételezhető. Ez a bejárat közelében szárította a nedves felületeket, ahol ezért a cseppköveken is borsókő képződött. A falak egyes repedései mentén az előbukkanó nedvesség nem csordult le, hanem helyben elpárolgott, létrehozva a barlangra néhol jellemző 2-5 cm átmérőjű "gombócokat" is. Egyes falfelületeken beljebb is ugyanez a folyamat történt, miközben az erősebb szivárgású helyeken továbbra is cseppkő képződött.

Az éghajlat további változása miatt eltömődött a víznyelő, és erősen lecsökkent a barlang légmozgása, ami a borsósodást is csökkentette. Azóta egyes szakaszokon a cseppkő több centiméter vastagon betakarta a borsókat, ami az időpont megállapításánál lényeges. Abszolút-kor adatok hiányában csak feltételezhető, hogy a borsókő képződése legalább a legutolsó "jeges" időszakba tehető.

A LÉGÁRAMLÁSI VISZONYOK FIGYELEMBEVÉTELE

A párolgásos borsókőképződési elmélet legfontosabb tényezője a barlang légáramlási rendszere, ezért ezzel külön is foglalkozni kell.

A Szabadság-barlang szellőzése jelenleg gyenge, amit a Pokol-szakaszban, illetve a végponti részen érezhető mértékű CO_2-feldúsulás is mutat. A mesterséges bejáraton (tárón) végzett mérési sorozatok nagyon kis légmozgást észleltek (Balázs D. 1969). Saját tapasztalatom: 1994 márciusában, szeles időben a denevér-röpnyílás fedőlapjának kinyitása után kb. 1 órával a Létrás-terem közelében friss levegő áramlást lehetett érezni.

A járatok jégkori (?) feltöltődése valószínűleg eltömte a légvezetésre is alkalmas repedések jelentős részét, amihez csatlakozik a víznyelő eltömődése is; a jelenlegi állapot erősen különbözik a "borsós időszaktól".

A borsók bejárati, víznyelő felé néző elhelyezkedése mutatja a szárító légmozgás irányát. Fordított légáramlás esetén a barlang belseje felől vízpárával telített levegő jön, amit radon-detektorok mérésével lehetne kimutatni.

A bejárat környékén általában nagyok a borsók, átmérőjük 6-8 mm, bár foltokban itt is vannak aprók. Befelé mennyiségük erősen csökken, csak egyes éleken fordulnak elő, és egyre kisebbek lesznek. Mindebből arra lehet következtetni, hogy a légáramlás szárító hatása elég hamar lecsökken, de legalább a Létrás-teremig megmarad; valószínűleg csak erős huzat tudja létrehozni kevesebb "üzemórával".

TOVÁBBI VIZSGÁLATI FELADATOK

kiválások, cseppkőtípusok számbavétele:
- cseppkőtípusok előfordulási térképének elkészítése
- cseppkőlámpások, baldachinok szintjének meghatározása
- cseppkövek abszolút korának meghatározása
- a képződmények szerkezetének vizsgálata csiszolatban
- közbetelepülő agyagrétegek vizsgálata
- bocskoros cseppkövek borsóinak tanulmányozása
- cseppkő-borsókő átmenetek vizsgálata
- visszaoldódások megfigyelése
- bemaródások keresése és felmérése a régi kiválásokon, a jelenlegi csepegések alatt.

légáramlás vizsgálata:
- radonmérések
- párolgás mérése
- huzatmérés

tektonika: nagy keresztörések vizsgálata

Köszönetemet kell kifejezni a Karszt és Barlang Alapítványnak, ahonnan tanulmányutaim költségeihez anyagi támogatást kaptam.

IRODALOM

Gánti T. (1962): A borsókőszerű képződményekről. Karszt és Barlang.

Balázs D. (1969): Adalékok a barlangi légáramlás tanulmányozásához Karszt és Barlang.

Rónaki L. (1980): A borsókő, mint huzatindikátor. Karszt és Barlang.

Kraus S. (1992): Beszámoló. Kézirat. MKBT. Adattár Bp.

Kraus Sándor
geológus
Budapest
H-1039

CARBONATE PRECIPITATIONS IN SZABADSÁG CAVE

by

S.Kraus

SUMMARY

Virtually all types of dripstone, including helictites, dripstone lamps and basins occur in Szabadság Cave. Dripstones are classified into two broad categories, the bare and the clay-covered ones. Between the main entrance and the Létrás Hallpisolith abound in the vicinity of the sinkholes, mostly on the walls facing the entrance. Domestic and foreign (USA) researchers question the formerly presumed thermal origin of pisolith and attribute these to evaporation, in that they developed where the rate of evaporation is higher than that of seepage. Inflow of cold air in winter through open sinkholes may reduce humidity and intensify evaporation in the cave. Further research is advocated on these.

ÜNNEPI MEGEMLÉKEZÉS A SZABADSÁG-BARLANG FELFEDEZÉSÉNEK NEGYVENEDIK ÉVFORDULÓJA ALKALMÁBÓL

Dr.Szunyogh Gábor

Születésnapra gyűltünk össze, az égerszögi Szabadság-barlang negyvenedik születésnapjára. Lassan vége felé közelednek eme jeles évforduló rendezvényei, de csak most került sor arra, hogy eljöjjünk az ünnepelthez és gratuláljunk neki.

Talán meglepően hangzik, hogy egy élettelen, sőt, sokak számára visszataszítónak tűnő sötét, nyirkos, földalatti világot tiszteletre méltóként megszemélyesítek, de a mi barlangkutató életünkhöz léte szorosabban kapcsolódik, mint nem egy munkahelyi kollégánk vagy ismerősünk "úgynevezett" barátsága. Sokunk gondolatait húzta maga felé és sokunkat csábított arra, hogy téli és nyári szabadságait, április negyedikéit és november hetedikéit ne otthonában, hanem itt, e titokzatos birodalomban töltse. Álljunk meg hát egy percre, és visszaemlékezve villantsunk fel néhány dolgot azok közül, amit számunkra e Dász-töböri kedves jelentett.

Tisztelt barátaim! Engedjék meg, hogy e visszaemlékezésnél saját élményeimből induljak ki. Magam sok sok évvel ezelőtt, még kisdiákként kapcsolódtam a Szabadság-barlangot kutató, akkoriban FTC-barlangász csoportként számon tartott közösséghez. Dénesünk, a csoportot alapító és összefogó Balázs Dénes akkoriban éppen afrikai tanulmányait folytatta, így helyettese, Stefanik György, egyik legkiválóbb tanárom vezette a kutatásokat. Rajta keresztül ismertem meg azt a szellemet, melynek akkoriban már mély gyökerei voltak a Szabadság-barlang kutatói körében. Megtanultam a közösségi élet alapszabályait, a csapatmunkában elengedhetetlen fegyelmet és önfegyelmet, megismertem a barlangfeltárás és barlangtérképezés elemeit. De mindezeknél sokkal lényegesebb, és későbbi életemre meghatározóbb volt az a lecke amit Gyuszi bácsitól kaptam: saját példamutatásával tudatosította bennem a különbséget a *szeretnék* és az *akarok* szavak jelentése között. Ha azt mondom: **szeretnék** valamit, akkor ezzel azt fejeztem ki, hogy örülnék, ha úgy alakulnának a dolgok, ahogy nekem tetszene, de ezért nem sokat teszek. Ha

azonban azt mondom: **akarok**, akkor ezzel azt fejeztem ki, hogy testestől-lelkestől mindent bedobok azért, hogy vágyamat teljesítsem.

Nos, a Szabadság-barlangot kutató kicsiny csapatnak szinte valamennyi tagja magáévá tette ezt a gondolatot, és buldog módjára harapott az előtte álló feladatok megoldásába. Ez a jó értelemben vett buldog-természet indította csoportvezetőnket, Balázs Dénest innen a Dász-töbörből föld körüli karsztológiai utazásaira; ez az állhatatosság kötötte ide unokaöccsét Lajos-bácsit, aki nyugdíjazásáig gondozta-felügyelte a Szabadság-barlangot, és ennek a céltudatosságnak köszönhető, hogy sok, akkoriban csak a barlangokért lelkesedő ifjú később szakmájának kiváló mestere lett. Bizony elcsodálkoznának a barlangkutatás szépségeit nem értő "kívülállók", hogy hogyan lettek azokból a kissé félnótásnak tartott, szabad idejükben állandóan a föld alatt bujkáló, sárban hempergő fiatalemberekből kandidátusi, doktori fokozatokkal rendelkező híres vegyészek, matematikusok, geográfusok, mérnökök, akik ma tudomány-területük elismert személyei. A válasz pedig egyszerű: csak annyit mondtak: *akarom*, és terveik megvalósultak.

Ez az akarat tükröződött a Szabadság-barlang kutatásában is. Újra és újra ostromolták a barlang továbbjutással kecsegtető végpontjait, hol itt-hol ott bontottak meg egy-egy víznyelőt annak reményében, hogy sikerül bejutni a jelenlegi végponttól a Kecske-kútig terjedő, egyelőre még ismeretlen járatba, de a nagy, várva várt felfedezés még nem következett be. Hiszem, nem hiába idéztük oly sokszor vidám tábortüzeink mellett a Pitics-hegy szellemét kérve, legyen jó időnk, ne érjen minket baleset és találjuk meg e hegy gyomrában rejtőzködő, ember nem járta barlang bejáratát.

Kedves barátaim! Használjuk ki az időt, és most a Szabadság-barlang felfedezésének negyvenedik évfordulóján, akár a barlangtúra alatt, akár a környéken tett séta során gondoljunk vissza itt töltött barlangkutató éveinkre. És gondoljunk azokra, akik számára a Pitics-hegy további titkainak megismerése már csak örök remény marad, mert vagy már nincsenek az élők sorában, vagy hajlott koruk, egészségi állapotuk ideutazásukat nem teszi lehetővé. De ne csak hátrafelé nézzünk, hanem tekintsünk előre, sok sikert kívánva fiataljainknak, akik újra és újra segítségül hívva a Pitics-hegy (átvitt értelemben is vett) szellemét, talán egyszer felfedezik a Szabadság-barlang folytatását.

Dr.Szunyogh Gábor
Berzsenyi Dániel Tanárképző Főiskola
Szombathely
H-9700 Hungary

A FELSZÍN KÖZELI KORRÓZIÓS FOLYAMATOK JELLEMZŐ ÉRTÉKEI AZ AGGTELEKI-KARSZTON

Dr.Zámbó László

BEVEZETÉS-

A talajoldat számos vegyületet tartalmaz különböző koncentrációban, ezért szinte nincs két azonos összetételű szivárgó víz a talajban, amelyek kémiai hatása tökéletesen megegyező volna. Mégis, amint White,W.B. (1977) hangsúlyozza, a felszín alatt szivárgó víz összetétele hozzávetőlegesen mindíg reprezentálja annak a talajnak az összetételét, amelyen átszivárog és amelynek mállásából az oldott ionok származnak. Ennek megfelelően a vörösföld alapú rendzina talajok szivárgó vizeinek kémiája az oldott anyagok koncentrációja tekintetében bizonyos határok között közös jellemvonásokat kell, hogy viseljen. A mállási környezetből kilúgozott vegyületek közül, témánk szerint elsősorban a karbonát oldódást előidéző anyagok érdemelnek figyelmet. Folyamatos elemzéseket végeztünk az észlelőhelyeken nyert minták azon kiválasztott agresszív vegyületeinek koncentrációjára vonatkozóan, amelyek a vörösföld és vörösföldes rendzina talajok mészagresszivitásában jelentőséggel bírnak. Ezeket az anyagokat a karsztkémiában ismert nagyszámú vegyület közül jelöltük ki. A laboratóriumi hatásmechanizmusuk szerint többnyire jól ismert, de felszínalatti együttes hatásukat tekintve alig vizsgált agressziváló vegyületek közül az előkísérleteink során kiválasztottuk a mennyiségi korrozió legfontosabb oldat-komponenseit amelyek a következők voltak:

-- a humuszsavak közül a fulvosavak mennyisége alárendelt, a huminsavak mennyisége jelentős, de tapasztalatunk szerint a vörösföld szelvényekben, különösen pedig a vastag felhalmozódásokban hatásuk a talaj alatt mélyen, már nem vehető számításba. A korróziót mennyiségileg csak a vékony szelvényű vörösföldes rendzináknál befolyásolhatják. Mennyiségi kimutatásuk munkaigényessége lehetetlenné tette volna az ismétlődő nagyszámú sorozatmérések elvégzését, ezért és a jelentéktelen mennyiségi hatásuk miatt elhanyagolhatónak tarottuk vizsgálatukat.

-- a szerves savak mennyisége (a szénsav kivételével) tapasztalatunk szerint a vizsgált oldatokban jelentéktelen. A vörösfölddek nagy ferri-hidroxid tartalma megakadályozza a szerves savak és a kalcium kapcsolódását, mert a vas szerves komplexképző affinitása erősen meghaladja a kalciumét. Ebből következően korróziós hatásuk csak $Fe(OH)_3$-ban szegény talajban lehet jelentős. (Gunn,J.-Trudgill, S.T.1977) a legfontosabb szerves savaknak a közömbösítési pontig hozzárendelhető mészkőoldó képességét vizsgálva: az oxálsavét, tejsavét, és az ecetsavét mennyiségileg jelentéktelennek minősítette, a közepes oldóképességű citromsavét, szalicilsavét csak esetenként találta számításba veendőnek. Az egyedül fontos borkősav a szelvények szivárgásában nem volt kimutatható. A szerves savak főként mint komplexképzők működhetnek közre az oldásban; ezt figyelembe véve, mennyiségüket a kötött CO_2-tartalomban tüntettük fel.

-- a nitrátvegyületek - amelyeknek Birot, P. (1954) szerint csak a nyíltkarsztokon van jelentősége, a szelvények alatt nem jelentek meg a vízben.

-- a foszfátos korrózió lehetőségét cáfolja a talajoldatok elemzésénél tapasztalt kimutatási határ körüli foszfát tartalom.

-- a szulfátos korrózió lehetőségére utalt az a tény, hogy az előzetes kisérletek egyes mintáiban $BaSO_4$ kicsapódást tapasztaltunk a báriumhidroxid hozzáadásakor, ezért mennyiségét a vizsgálatok során a korróziós képességbe "belemértük". Néhány észlelőhelyen a minták 8, máshol 10%-ában tapasztaltuk a szulfátos oldás lehetőségét. Kimutatásainkban ez az oldásforma a hidrogénkarbonátos oldóképesség mennyiségében szerepel.

-- a szénsavas (hidrogénkarbonátos) oldóképesség a szivárgó vizekben mindenütt uralkodónak és egyedül jelentősnek mutatkozott. Birot, P. meghatározása szerint a szénsav az egyetlen, a talajszelvényekben mélyrehatoló "gyökérsav". A fentiek alapján a folyamatos vízgyűjtés mintáinak elemzésében a CO_2 oldott formáinak meghatározására helyeztük a súlyt, de a minták 30%-ában a többi jelentős mennyiségű összetevőt is kvantitatíve meghatároztuk.

JELLEMZŐ CO_2 MENNYISÉGEK

A talajoldatban (szivárgó vízben) lévő összes széndioxid mennyiség gyakorlatilag három didaktikusan elkülöníthető CO_2 formában létezik. A talajban a szénsavas vízzel érintkező $CaCO_3$ az érintkezés idejétől és az oldás feltételeitől függő mértékben oldódik, és kötött széndioxid formájában (mint

kalcium-hidrogénkarbonát) a víz CO_2-tartalmának egy részét alkotja. A vízben lévő maradék CO_2-mennyiség, mint szabad széndioxid, részben a kötött CO_2 oldatban tartására szolgál, mint tartozékos (egyensúlyi) széndioxid, részben mint további mészoldásra képes agresszív széndioxid. A vízben egymás mellett létező (telítettség esetén), 2 vagy 3 CO_2-forma ismert egyensúlyi összefüggéseit itt nem tárgyalva, az észlelési talajszelvények 1205 mérési adat alapján áttekinthető oldott széndioxid formáinak alakulását elemeztük. A nagyszámú mérési adat átlagait a talajszelvényekben és felhalmozódásokban a szelvényekre jellemző változatos értékek fejezik ki. Az egész talajtakaró - az összes mérés alapján számított - összes CO_2 (2.54 mmol/l), kötött CO_2 (0.7 mmol/l) és agresszív CO_2 (1.32 mmol/l) koncentrációjának arányaitól az egyes talajszintek CO_2-formáinak arányai és mennyiségei jellemzően különbözők, mert azok az oldás oldaláról a talajok sajátosságait fejezik ki.

A talajban számos - részben egymást elfedő - folyamat eredményeképpen alakul ki a szivárgó víz talajra jellemző mészoldó (korróziós) képessége. A mészoldó képesség szintje egységnyi vízmennyiségre számítva is jellemző a talajra: összehasonlítva a csapadékvíz mészoldó képességével általában azt magasan meghaladja. A csapadékvíz és a talajban mozgó víz konkrét összehasonlítására az észlelés ideje alatt folyamatosan csapadékvíz mintákat gyűjtöttünk - majd azokat azonos módszerrel analizálva - megkaptuk azok agresszív CO_2-tartalmát és kiszámítottuk a mészoldó képességet. A részeredményeket elhagyva: a kutatási területen lehullt csapadékvíz átlagos agresszív CO_2-tartalma: 0.278 mmol/l. A beszivárgott víz mészoldás előtti átlagos agresszív CO_2-tartalma: 2.092 mmol/l. A két jellemző érték közötti arány: 7,5.

JELLEMZŐ MÉSZOLDÓ KÉPESSÉG ÉRTÉKEK

A mészoldó képesség - értelmezésünk szerint - a területegységre átszámított agresszívitás, figyelembe véve az oldásban résztvevő víz mennyiségét (ez utóbbi a csapadékvíz mészkővel kapcsolatba lépő része: a hatásos csapadék, illetve a beszivárgott és a mészkőig eljutott víz mennyisége). A csapadék hatásos mennyisége területünkön nagykiterjedésű, tökéletesen talajmentes sziklafelszín hiányában csak becsülhető (a szabadon lefolyó víznek csak egy hányada kerül molekuláris szinten érintkezésbe a mészkőfelszínnel, agresszivitásának érvényesítésére): 30%. Ez 200 l/m^2/év mennyiséget jelent,

ami az összehasonlítás okából mészoldó képességre átszámítva: 5.5 g/m^2/év.

A talajba jutott víz oldás előtti átlagos mészoldó képessége (az összes adat összegzésével): 26.65 g/m^2/év. A két alapadat aránya: 4.84.

A talajban és alatta bekövetkező mészagresszívitás kerekítve 5-szöröse lehet a szabad sziklafelszín korróziójának.

A beszivárgó víz magában a talajtakaróban mészoldás révén elveszti oldóképességének egy részét (kötött CO_2), átlagosan 8.918 g/m^2/év meszet oldva. Ez a vörösföld és vörösföldes rendzina talajok évi mészvesztesége területegységenként (g/m^2).

Az evapotranspirációval csökkent mennyiségű szivárgó víz megmaradó agresszivitása átlagosan 12.71 g/m^2/év mészkő oldását teszi lehetővé. Ezt a feltételesen érvényesülő mészoldó képességet nevezzük potenciális mészoldó képességnek. A potenciális mészoldó képesség, a talaj alatti katsztkorrózió átlagos területi értéke: 12.71 g/m^2/év nagyszámú (379), többéves mérés ellenőrzött értékei évi átlagainak összegzéséből adódott. A karsztkorrózió fenti mérete a recens valódi felszíni és felszínközeli oldásos mészkőlepusztulás átlagos mennyiségét fejezi ki a kutatási területen.

Az egyes talajok és felhalmozódási szintek mészkőoldási képessége jelentős, a talaj tulajdonságaiból és folyamataiból következő törvényszerű különbségeket mutat. A változatosságban érvényesülő szabályosság úgy fogalmazható meg helytállóbban, ha azt nem csak egy-egy talajszelvény - a szabály érvényesülésben is differenciákat okozó extremitása, sajátosságai - alapján tesszük, hanem a tulajdonságbeli hasonlóságok szerint csoportosított talajszelvények közös jellegzetességei alapján (I-V. csop.) is.

Az érvényesülő legfontosabb szabályosságok a következők:

1. A vékony talajok (I.csop.) alatt a karsztosodás mai jellemző nagysága 10.71 g/m^2/év. A vékony, területi értelemben "normális" vagy átlagos talajtakaró alatt, az évi korróziós oldás és anyageltávolítás átlagosan 10 g évenként: ez az anyagvándorlás a felszínt és a felszínközeli korrodálódó (mintegy 5-10 m vastag) mészkőréteget érinti, amelyen a kis formák (karrok) kialakulnak.

2. A 100 cm talaj vastagságú, (II.csop.) vörösföldes, vörösföld-rendzinás mészkőfelszinek korróziós lepusztulási sebessége az átlagtól a talaj minősége, a felszin lejtése és kitettsége szerint szabályosan érvényesülő pozitív és negatív eltéréseket mutat:

-- a meredek lejtőn fekvő talajok alatt a lepusztulás és formálódás lényegesen lassúbb, ez hosszabb idő után a karsztformákban és a lejtő alakjában is szemmel látható,

-- a K-i és É-i kitettségű lejtők lealacsonyodása a mai viszonyok között általánosságban kisebb sebességű, mint az É-i és Ny-i expozíciójú lejtőké. Ez a lejtők (elsősorban töbörlejtők) szimmetria viszonyaiban is megnyilvánul, amennyiben a mai oldási viszonyok hosszú idő óta változatlanok,

-- az általános karszt-denudációs sebesség intervallumon (7-11 g/m^2/év)belül a karsztosodás mikroterei eltéréseket okoznak, ami a mikroformák fejlődésének különbségeit eredményezi,

-- a gyengén lejtő felszinen a talajalatti oldódás a területi átlagot meghaladja, elsősorban beszivárgás, kisebb mértékben a valamivel nagyobb CO_2-termelés miatt. A jellemző évi oldás 11-15 g/m^2,

-- a töbör talajfelhalmozódásának elvékonyodó peremein a talajalatti oldás jelentősen magas értékeket ér el, ennek következtében hosszabb idő múltával a talajkitöltés pereme alatt kifelé meredek lejtőjű, alján meneteles, körkörös oldási padka vagy terasz jön létre. A folyamat hozzájárul a töböraljzat laterális fejlődéséhez, a töbörfenék planációjához és csak egyes helyeken való helyi fellépése esetén a töbör asszimetriához. A jellemző évi oldás 14-25 g/m^2.

3.A vastag talajfelhalmozódások (főleg dolinák, ritkábban völgytalpak) talajzónáiban a potenciális mészkőoldás nagy különbségeket mutat:

-- a legnagyobb lehetséges oldódás a felső zónában (1-2 m) fejlődik ki, de ennek realizálódására ritkán van lehetőség, mivel nem érintkezik közvetlenül mészkővel. Meredek töbörfalak esetén a zóna a mészkőfalig terjed és ott korróziós színlőt, vályulatot korrodál oldalirányban. Hasonló formaképző hatás figyelhető meg a trópusi kúpkarsztok vörösfölddel érintkező szintjében. A kiemelkedően nagy korróziós képesség (20-40 g/m^2/év) a lefolyással növelt nagy beszivárgás, az intenzív mállás és nagyon aktív talajélet együttes következménye. A zóna esetenként 2-3 m mélységig terjedhet,

-- a 2-4 m közötti zóna a területi átlagos oldóképességet mutatja (III.csop.), létrejöttében a talajszerkezeti sajátosságok a döntők. Az átlagosnál valamivel kisebb méretű beszivárgás, vízmozgás és magas biogén CO_2-produkció alakítja ki itt a jellemző oldóképességet. Kifejlődésében a szomszédos zónák rovására kiterjedhet. Időszakosan, nagy csapadékok idején vízzel telítődhet és kétfázisú zónává alakulhat, benne gyenge oldalirányú szivárgás mehet végbe,

-- a 3-5 m mélységben kifejlődött zóna (IV.csop.) oldóképessége gyenge (9-11 g/m^2 év), benne a vízmozgás nagyon korlátozott, de a CO_2-felhalmozódás nagyon jelentős. Gyakran vízzáróvá válik, benne a mészkőtörmelék nagyon hosszú ideig konzerválódhat, ezért gyakoriak a nagyméretű legömbölyített, beágyazott mészkőblokkok. Ha a zóna töböraljzatig terjed az alapkőzetet többé-kevésbé kizárja a korróziós fejlődésből.

-- az alsó, gyakran 5-8 m mély zóna a töböralji oldással teret nyer és lazább talajszerkezetű lesz. A potenciális oldóképesség legnagyobb értékei alakulhatnak itt ki, mert az oldalirányú szivárgásból sok vizet kap, a biológiai CO_2-termelés egész évben folyamatos és magasszintű. Ha a zóna gyengébb vízvezető képességű, az oldódás oldalirányban terjed és erősödik (aljzat-elegyengetődés), ha az oldalirányú (és esetleg a függőleges) szivárgás jelentős, a vízlevezetés gyors; a zóna korróziós "fúrópajzs"-szerűen mélyíti az aljzatot (V. csop.). Főleg töbrökben jellemző, de a völgytalpi utólagos töbrösödés előidézője is lehet. Az oldóképesség értékei a 25-40 g/m^2/év kategóriában gyakoriak.

A talajzóna időszakonként - erős; tartós beszivárgás hatására kétfázisúvá alakulhat, hosszantartó, száraz periódusban viszonylag kiszáradhat.

AZ OLDÁSOS LEPUSZTULÁS JELLEMZŐ ÉRTÉKEI

A három éven át folytatott mérések eredményeinek összesítése alapján a kutatási területen a talajban és talaj alatt évente átlagosan 26.65 g/m^2 mész oldódik fel és távozik el az oldás környezetéből.

Ez a mészmennyiség egészében nem kerül a karsztos területen kívülre, mert a járatrendszerek összetett és lépésről-lépésre változó viszonyai szerint részben kiválik, másrészt a járatrendszerben, újabb oldódások lépnek fel. A talaj-hatás egészében és tisztán - méréseink szerint - a mészkőfelszíntől számított 5 m mélységig, megváltozott formában 10-15 m mélységig érvényesül a karsztoldódásban. Feltehető, hogy a tág járatrendszerekben gyorsan mélybefutó víz ennél vastagabb mészkőzónában is magával hordozza a talajban nyert oldóképesség egy részét kedvező körülmények esetén és a mélyben is kifejtheti hatását a felszíni talaj. A járatrendszerek belsejében helyet foglaló, bemosott talajszármazékokban további agresszivitás kifejlődése tételezhető fel. Kísérleti tapasztalatainkból következő analógiák alapján ennek értéke leginkább a 7.5 m-es mélységben elhelyezkedő zónáénak felelhet meg a hasonló adottságok következtében (27-30 g/m^2/év). Ez azt jelentené, hogy egészen a barlangban való kibukkanásig a szivárgó víz oldóképessége többször megújjul. A talajhatás

méretének ismeretében, a barlangi csepegő víz mésztartalmának mérése alapján lehetséges olyan összehasonlítás, amely a járatokban jellemző korróziós értékek meghatározására ad módot.

A teljes, átlagos mészkőoldó képesség értéke mészkőlepusztulásra átszámítva 0.01065 mm/év (kerekítve 10 mm/ezer év).

A teljes oldásos felszíndenudáció oldásvastagságából 0.0035 mm/év már a talajban oldásra kerül. Végső soron a talaj is részben a mészkőből nyeri ideiglenes mésztartalmát (mésztartalmú vizek szivárgása), másrészt a talaj maga is bizonyos hányadban az alapkőzet oldási terméke. Nem követünk el lényeges hibát, ha a teljes korróziós-denudáció értékét a mészkőfelszín átlagos alacsonyodásához számítjuk, mint annak részét. Megkülönböztetése a bizonyíthatóan talaj alatt bekövetkező felszínalacsonyodástól; arra ad lehetőséget, hogy a minimális korróziós-denudáció mértékét megadjuk. A minimális talajalatti korróziós lealacsonyodás a kutatási területen: 0.00715 mm/év (7.2 mm/1000 év).

Méréseink lehetővé tették a lepusztulási átlagtól eltérő, a talajvastagságokra jellemző korróziós denudáció vastagságának meghatározását:

a talajtakaró vastagsága	teljes korróziós denudáció	minimális korróziós denudáció
m	mm/ezer év	mm/ezer év
0.2 - 0.5	7	4
0.5 - 1.5	9	6.5
1.5 - 4.5	7.4	4.4
4.5 - 5.5	6.9	3.9
7.5 (5.5-)+	13.5	1.0

+feltétel:a talajfelhalmozódás valamely olyan mélyedésben települjön, amelyhez a lejtők oldalszivárgása eljut (völgytalp, töböraljzat, stb.).

Adott forma mai oldásos fejlődése is kielégítő pontossággal meghatározható a talajtakaró vastagságának ismeretében és az egyes formákhoz

kötődő oldási értékek szerint a fenti jellemző lepusztulási értékek figyelembevételével. Ilyen számítások átlagai szerint a karsztlejtők és néhány forma oldásos denudációja az alábbiak szerint alakul:

platófelszínek: 7 mm/1000 év
meredek lejtők oldásos hátrálása: 7 mm/1000 év
közepes dőlésű lejtők hátrálása: 6.5 mm/1000 év
menteles lejtők hátrálása: 6 mm/1000 év
töbrök aljzatának peremi része: 10 mm/1000 év
vizet jól vezető töbörfenék: 13-16 mm/1000 év
eltömődött (mindig csak viszonylag) töbörfenék: 1-2 mm/1000 év

A talajban már lejátszódó oldódás mérése a karszttalajokra jellemző talajkilúgozás átlagos mértékét adja: 8.91 g/m^2/év.

A Szilicei-platón Jakál, J. (1975) becslése szerint 10-12 mm/1000 év a mészkő lehordódása.Becslésének helyességét adataink bizonyítják.Az átlagos lepusztulási sebességet illetően Bauer, F. (1965) teljesen megegyező eredményre jutott. Bögli, A. (1960) néhány mérése szerint a karsztos felszínlepusztulás az Alpokban 0.01 mm/év.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ez a munka a 2169 nyilvántartási számú OTKA Kutatási szerződés anyagi támogatásával készült, melyért köszönetemet fejezem ki.

IRODALOM

Balázs D. 1964. Korróziós problémák. Dokt.Dissz.Bp. p.1-144.

Bauer, F. 1964. Kalkabtragungsmessungen in den österreichischen Kalkhofalpen. Erdkunde 18, 95-102

Gunn, J. 1986. Solute processes and karst landforms. (in: solute processes, ed. Trudgill, ST) London. p 363-426.

Bögli, A. 1960. Kalklösung und Karrenbildung. Internationale Beitrage zu Karstmorphologie. Zeischtr. Geomorphol. Suppl. 4-21.

Izápy G.-Maucha L. 1989.: Subsurface water chemical mattertransportation values of karstic areas on Hungary. Proc. of 10. Int. Cong. of Spel. Vol. II. Budapest. p.533-535.

Jakál, J. Kras Silickej Planini. Liptovskom Mikulasi.

Trudgill, S.T.1986.: Solute Processes and landforms: an assesment (in solute processes). London. p.448-509.

White, W.B. 1977.: Characterization of karst soils by near infrared spectroscopy. Natl. Speleol.Soc.Bull. 39. p.27-31.

Zámbó L. 1986.: Karsztvörösagyagok CO_2-termelése és a karsztkorrózió összefüggése. M.N.E. Közleményei 1, Bányászat 3-4 füzet.

Zámbó L. 1986.: A talaj-hatás jelentősége a karszt korróziós fejlődésében. Kand.dissz. Budapest. p.1-145.

Dr.Zámbó László
ELTE Természetföldrajz Tanszék
Budapest
Ludovika tér 2.
H-1083 Hungary

CHARACTERISTIC VALUES OF NEAR-SURFACE CORROSION PROCESSES IN THE AGGTELEK KARST AREA

by

Dr. L. Zámbó

SUMMARY

The composition of infiltrating water under the surface can in a way represent the composition of the soil through which the water infiltrates and from which the solution obtains its ions. Therefore, the chemical composition of infiltrating water of terra rossa and rendzina karst soils based on terra rossa must be more or less identical in respect of the concentration of solved materials.

The lime solution (or corrosion) capacity of infiltrating water, characteristic of the soil itself, its formed by several soil processes. The limestone solution capacity (corrosion capacity) can also describe the soil, when it is expressed in relation to the amount of infiltrated water: this figure is normally much higher than that of the solution capacity of rainwater.

Infiltrating water - due to lime solution - loses a part of its solution capacity in the soil cover (fixed CO2), by solving 8.918 g/m^2/year lime in average. This figure expresses the annual loss of lime per area unit (m^2) for terra rossa and terra rossa-rendzina soils.

The agressivity of the remaining part of infiltrating water is able to solve 12.71 g/m^2/year limestone. This conditional lime solution capacity is defined as potential lime solution capacity.The potential lime solution capacity,or the average regional value of sub-soil corrosion in 12.71g/ m^2/year, which was calculated from the annual mean values of a large number (379) of controlled data through several years. This figure for karstic corrosion represents the average quantity of limestone loss in the research area by solution processes near the sub-surface.

RADONMÉRÉSEK AZ ISTVÁN-LÁPAI-BARLANGBAN.

Dr.Hunyadi Ilona - Kertész Zsuzsa - Maucha Gergely

1992 novemberétől mérjük a radon aktivitáskoncentráció eloszlását az István-lápai-barlangban és környékén, 23 barlangi és 5 felszíni kis méretű nyomdetektoros radonmérő eszközzel. Összehasonlítás céljából hasonló mérőeszközöket helyeztünk el a Szent István-barlangban már több éve létesített radon mérőhelyeken. Az átlagos radon koncentráció 600-800 Bq/m^3 csaknem az egész barlangban, és csekély évszakos változás volt észlelhető.

BEVEZETÉS

A MTA Atommagkutató Intézetének Nyomdetektor Csoportja már 1978 óta végez folyamatos radon aktivitás-koncentráció méréseket Magyarország különböző karszt barlangjaiban barlangász csoportok aktív közreműködésével. A 3.8 nap felezési idejű radon-222, amely alfa sugárzó nemesgáz, a minden kőzetben kisebb nagyobb koncentrációban előforduló uránium-238 anyaelemből kiinduló rádióaktív bomlási sor tagja. A porózus kőzetekből könnyen kijutó radon a barlangi mikroklíma természetes rádioaktív nyomjelzője lehet, mert felezési ideje rendkívül előnyös a geológiai változásokhoz képest nagyon gyors transzportfolyamatok, légáramlások megfigyelésére.

A Szent István-barlang, az István-lápai-barlang, a Létrás-tetői-(Szepesi)-barlang és a Létrási Vizes-barlang része annak a feltételezett nagy bükki barlangrendszernek, amelyet a Jávorkút-Létrástető-Lillafüred vonalban húzódó földtani nagyszerkezet határoz meg (Kordos L.1984.). Az ún. anizuszi (újabb kutatások szerint ennél fiatalabb) jól karsztosodó és számos karsztobjektumot tartalmazó mészkő sávot északról porfirit és dolomit, délről agyagpala, szaruköves mészkő és diabáz határolja. A Szent István- barlang, az

István-lápai-barlang és a Szepesi-barlang fő járatainak irányát az a KNy-i törésvonal határozza meg, amely Létrás-tetőn és István-lápán húzódik át, metszi a Szinva-völgyet, utána folytatódik a Fehérkő-lápán át egészen a diósgyőri Várhegyig. Ezek alapján sokan azt gondolják, hogy a fenti barlangok nemcsak egységes rendszert alkotnak, de közöttük remélhetőleg megvan a még feltáratlan, járható összeköttetés. Ezt a reményt erősíti az, hogy 1993-ban a miskolci kutatók felfedezték a Szepesi és a Láner Olivér barlangok közti összeköttetést.

Az István-lápai- és a Szepesi-barlangokban 1984-ben 337 illetve 422 napig folytak nyomdetektoros radonmérések a barlangok egyes helyein levegőben, vízben és a talajfelszínen. A Szepesi-barlangban 1991-ben újraindult egy teljes vertikumot felölelő méréssorozat, amely a cserék nehézségei miatt azonban 2 éven belül abbamaradt.

A Szent István-barlangban 1988 óta a barlangterápia előkészítése, beindítása, majd később ellenőrzése céljából a barlangi klímaparaméterek (hőmérséklet, csepegéshozam, huzatviszonyok, radon aktivitás-koncentráció) mérése mind a mai napig rendszeresen folyik.

Az István-lápai-barlangban az 1980-as években elvégzett új térképezési munkák (Szenthe I., Nagymihály Z. 1979-86.) után 1988-tól Nagymihály Zoltán vezetésével több csoport kutatói rendszeres vízméréseket végeznek (Maucha G., Nagymihály Z. 1993.), és 1992-től felvállalták a radon detektorok 27 mérőhelyen való rendszeres cserélését is.

Ebben a munkában elsősorban az István-lápai-barlangban végzett folyamatos mérések főbb eredményeit mutatjuk be.

RADON (Rn-222), A BARLANGI KLÍMA TERMÉSZETES NYOMJELZŐJE

A barlangot magába foglaló kőzetekből kiszabaduló radon (222Rn) diffúziós hossza levegőben csak méter nagyságrendű, viszont áramlással több száz méterre is eljuthat keletkezési helyétől mielőtt elbomlik. A radon nagyon jól oldódik vízben is, így nemcsak a levegő mozgásával terjed, hanem a vizek is szállítják.

Egy barlang falából és talajából kilépő radon fluxust elsősorban az adott

kőzet urán-238 (ill. rádium-226) tartalma, valamint a kőzet porozitása határozza meg. Másodsorban viszont ezt az értéket jelentősen befolyásolja a kőzet nedvességtartalma. Különböző laboratóriumi kísérletek azt mutatták, hogy a radonfluxus a nedves kőzetek esetében a legnagyobb. Száraz és vizzel teljesen átitatott kőzetek esetében a radonfluxus értéke alacsonyabb.

Ha a barlangok zártak lennének, akkor néhány felezési idő elteltével (15-20 nap) kialakulna a rádioaktív egyensúly, s a radon koncentrációja telítési értéket érne el. A barlangok azonban nem zártak, kapcsolatban vannak a felszínnel a járatokon és a repedésrendszeren keresztül, így az atmoszférából bejutó alacsony aktivitású levegő befolyásolja a barlangi Rn koncentrációt, és ez időnként gyors változásokat okoz, de időnként dinamikus egyensúlyi állapotok alakulhatnak ki. Ilyen módon a barlangi radonmérések lehetővé teszik a barlangi légmozgások nyomonkövetését.

A barlangi levegő radontartalmát más tényezők is befolyásolhatják, nevezetesen a barlangi vizek. A patakokban és a tavakban történő vízmozgásoknak jelentős hatásuk lehet a légtér radonkoncentrációjára. Egyrészt a vizeknek és az általuk behordott hordaléknak lehet akár lényegesen nagyobb is a radon- illetve rádiumtartalma, mint a barlangi kőzeté, másrészt a szifonok zárulása és nyílása befolyásolja az összefüggő légterek nagyságát s ezáltal a légáramlási viszonyokat is.

SZEMELVÉNYEK A SZENT ISTVÁN-BARLANGBAN VÉGZETT KLIMATOLÓGIAI MÉRÉSEKBŐL

Az 1992-ben Jósvafőn a Kossuth Emléknapokon tartott konferencián már bemutatásra kerültek az addigi mérési eredmények (Lénárt L., Hakl J., Hunyadi I.,Balla B-né. 1992.).

Most a radontranszport szempontjából legfontosabb adatok átlagértékeit mutatjuk be a mért radon aktivitás-koncentrációk teljes idősorával együtt (1.ábra). Látható, hogy a külszíni hőmérsékletváltozások hatása a barlangba befelé haladva csökkenő mértékben jelentkezik, és egészen a Fekete-teremig megfigyelhető. A hőmérséklet gradiensek hatására kialakuló légmozgások a radonkoncentrációt a barlang teljes hosszán azonos jelleggel és mértékben változtatják (nyáron maximumot, télen minimumot eredményeznek). Ez a kép éves periodicitással változik.

A terápiás célokra használt Fekete-terem és a belőle nyíló Pokol

bejáratain különböző magasságokban és évszakokban mért huzaterősség értékek a bejáraton keresztül kiegyenlítődő szezonálisan változó irányú légkörzések kialakulására utalnak. Az eredményeket jól magyarázza a Géczy Gábor et. al. által felállított légkörzési modell [5]. A barlangok bejáratánál nyáron erős kifelé tartó huzat tapasztalható, télen viszont a légmozgás iránya megfordul, így befelé tartó huzat érzékelhető. A bejáraton ki- és beáramló levegőnek a repedésrendszeren keresztül kell kiegyenlítődnie. Télen a repedésrendszeren keresztül a meleg barlangi levegő kiáramlik, és helyébe a bejáraton hideg, alacsony aktivitású levegő zúdul be. Ha a felszíni hőmérséklet a barlangi fölé emelkedik, megfordul a légkörzés iránya, és a bejáraton keresztül kiömlő hideg levegő helyére a repedésrendszeren keresztül magasabb radontartalmú meleg levegő érkezik. Ez a modell a hegyláb típusú barlangokra érvényes; a külső hőmérséklettel erősen korreláló leghosszabb adatsorokat a Szemlő-hegyi-, a Hajnóczy-barlangokban, és a Létrási Vizes-barlang bejárati szakaszán mérték. A légkörzési modell helyességét bizonyítja pl. a Hajnóczy-barlang felett felszíni repedésekben végzett radonmérések. A felszíni detektorokon ugyanis egy határozott téli maximum, és nyári minimum jelent meg (Hakl I., et.al. 1992.).

A lillafüredi Szent István-barlang az 1. ábrán látható több éves adatsor alapján szintén ebbe a csoportba tartozik. Bár szerettünk volna felszíni méréssel erre vonatkozó direkt bizonyítékot szerezni, még nem sikerült jól megközelíthető, alkalmas mérőhelyet találni a barlang felett.

MÉRÉSEK AZ ISTVÁN-LÁPAI-BARLANGBAN

Nagyobb részletességgel foglalkozunk az István-lápai-barlangban folytatott mérésekkel, mivel az 1992 ősze óta itt gyűjtött új és megbízható adatok alapján (figyelembe véve a régebbi szórványos méréseket is), új gondolatmenetekkel kísérletezhetünk egy, a bükkfennsíki barlangokra vonatkozó általános és átfogóbb légmozgási kép kialakításában. A radon térbeli és időbeli viselkedéséből esetleg új bejáratok, vagy ismert barlangrendszerek közötti levegőmozgások indikációjára kerülhet sor.

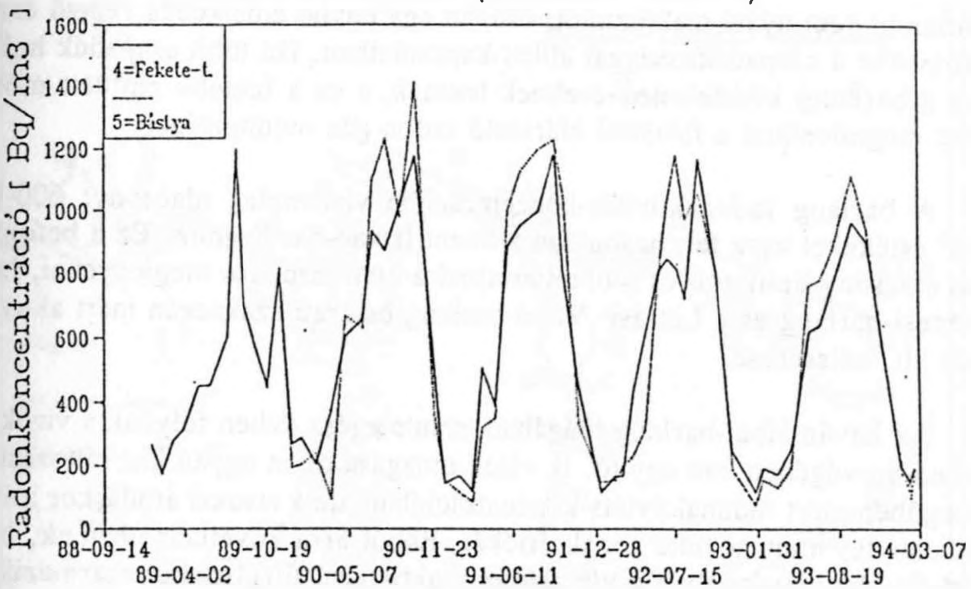
A detektorok elhelyezkedése a 2. ábrán látható. Összesen 28 detektort helyeztünk ki, öt a felszínen és 23-at a barlangban.

A több, mint 500 napos mérési időre vonatkozó átlagot a barlang vízszsintes ágában elhelyezett 6-22 számú detektorokra számítottuk ki. A barlangi átlagot minden ábrán feltüntettük: vastag folytonos vonal jelöli.

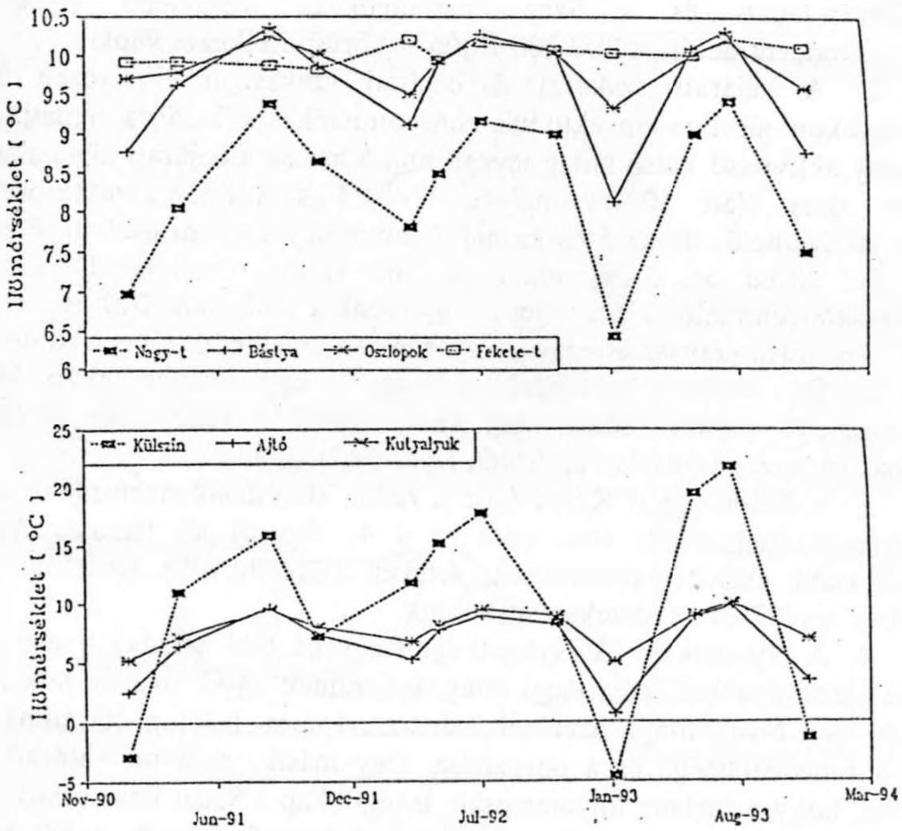
1. A barlangi átlag: Mint látható, a barlangi átlag nem mutat sem téli

Szent István-barlang

Radonkoncentráció (1988.okt.-93.nov.)



Hőmérsékleti átlagok (1991-1993)



1. ábra

minimumot sem nyári maximumot, csupán egy enyhe emelkedés vehető észre. Ez közvetve a csapadékossággal állhat kapcsolatban. Ha több csapadék hullik, akkor a barlangi kőzetek nedvesebbek lesznek, s ez a fentebb említett módon eleinte megnövelheti a falakból kiáramló radon gáz mennyiségét.

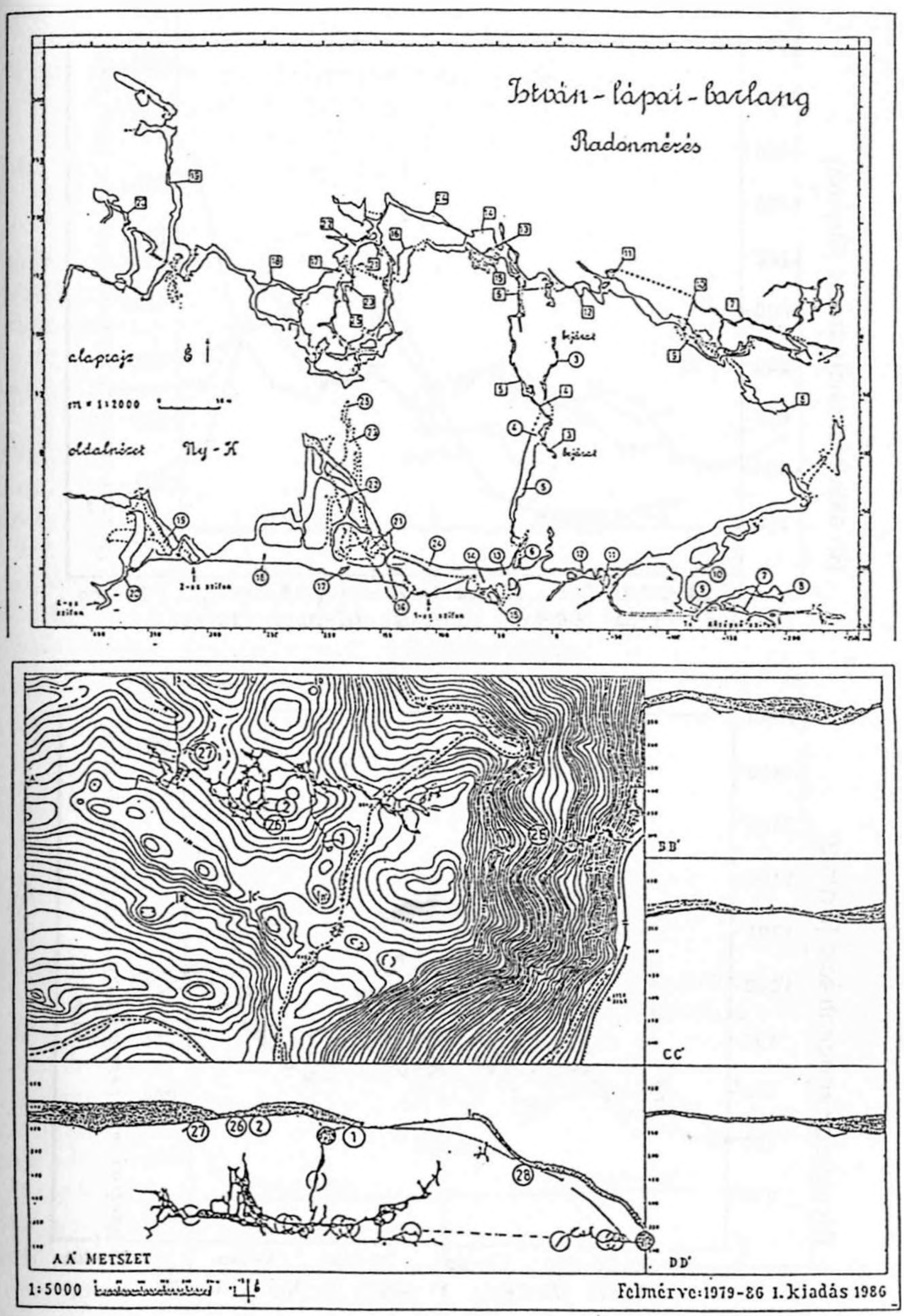
A barlang radonaktivitás-koncentrációja viszonylag alacsony: 600-800 Bq/m^3 értékeket vesz fel, hasonlóan a Szent István-barlanghoz. Ez a befoglaló kőzet alacsony uránium- és rádiumtartalmára utal. Érdekes megjegyezni, hogy a Szepesi-barlang és a Létrási- Vizes-barlang bejárati szakaszán mért aktivitás ennek kb. kétszerese.

Az István-lápai-barlang főágában szinte egész évben folynak a vizek, és a Keleti-ág végében van egy tó. A vizek mozgása okoz ugyan kis változásokat a levegőben mért radonaktivitás-koncentrációban, de a tavaszi áradáskor inkább csökkentette, mint növelte annak értékét. Ebből arra következtethetünk, hogy az István-lápai-barlangban a víz alacsony aktivitású forrásokból származik, és útja során nem folyik keresztül magas uránium- és rádiumtartalmú kőzeteken. Ezt alátámasztják az 1984-ben végzett radonmérések, amikor is a Szent István-, az István-lápai- és a Szepesi-barlangokban megjelenő vizek radon aktivitáskoncentrációjára 200-300 Bq/m^3-t körüli értékeket kaptak.

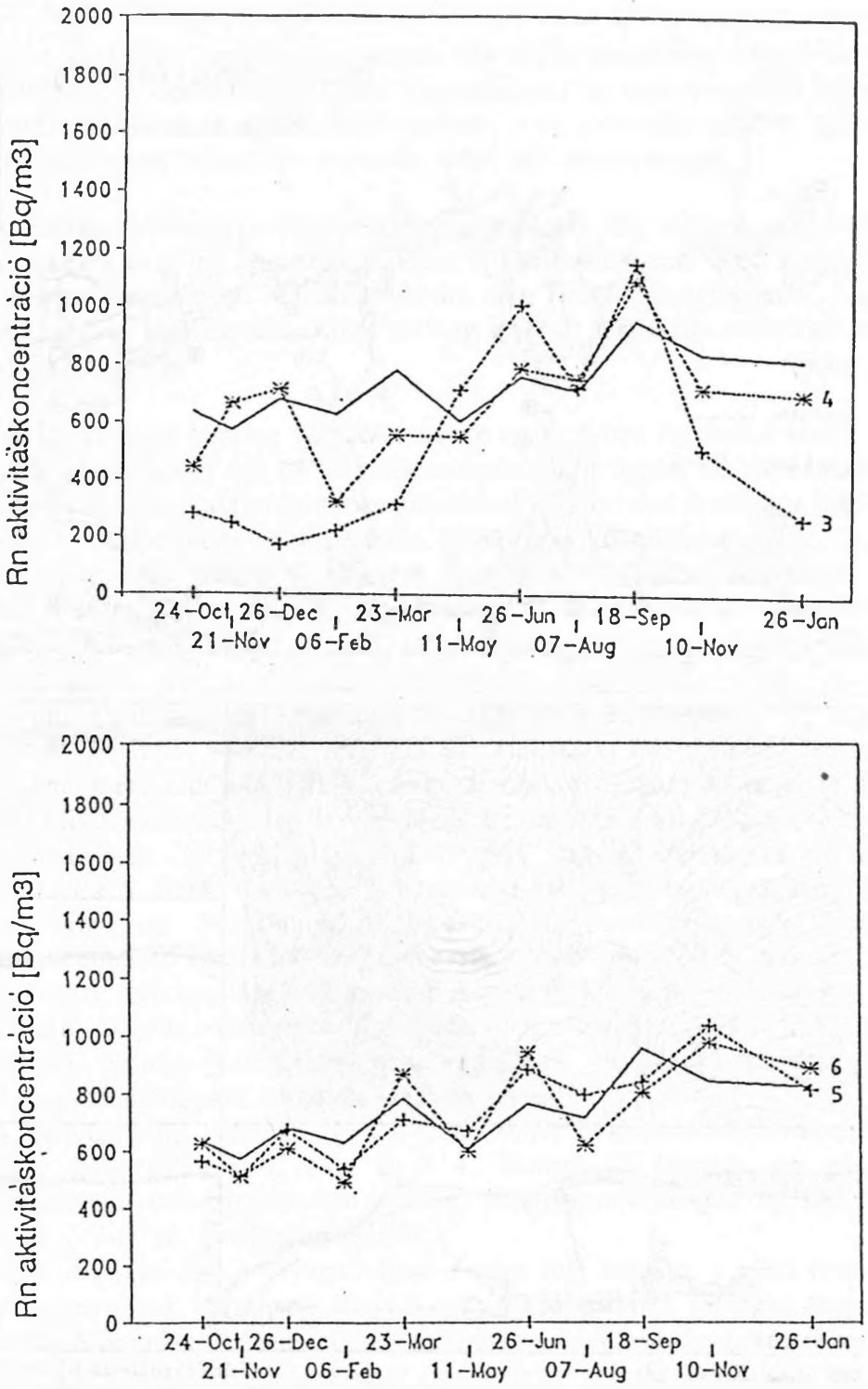
2. A bejárati szakasz: A bejárati szakaszon elhelyezett 3-6 sz. detektorokon mért radon aktivitás-koncentrációkat a 3. ábra mutatja. A téli alacsony aktivitású külső hideg levegő hígító hatása a bejárati akna alatti 3-as, és az akna alatt 50 m mélyen lévő 4-es számú detektoron még nyomonkövethető, de az 5-ös számú detektoron már nem észlelhető lényeges változás. Mind az 5-ös, mind a 6-os számú detektorral mért radon aktivitáskoncentráció szinte teljesen egybeesik a több mint 200 m mélységben lévő vízszintes szakasz átlagával. Nyáron megemelkedik a bejárati detektoron mért 222Rn aktivitás-koncentráció, amely egy gyenge nyári kifújással értelmezhető. Sajnos, eddig még nem végeztünk rendszeres hőmérséklet, nyomás és huzatméréseket az István-lápai-barlangban.

3. A Keleti-ág: A Keleti-ágon a radon aktivitás-koncentráció valamivel a barlangi átlag fölött van, mint az a 4. ábráról jól látható. Az eddigi legmagasabb aktivitás-koncentráció értéket, 1832 Bq/m^3-t, ennek az ágnak a végében lévő 7-es sz. detektoron mértük.

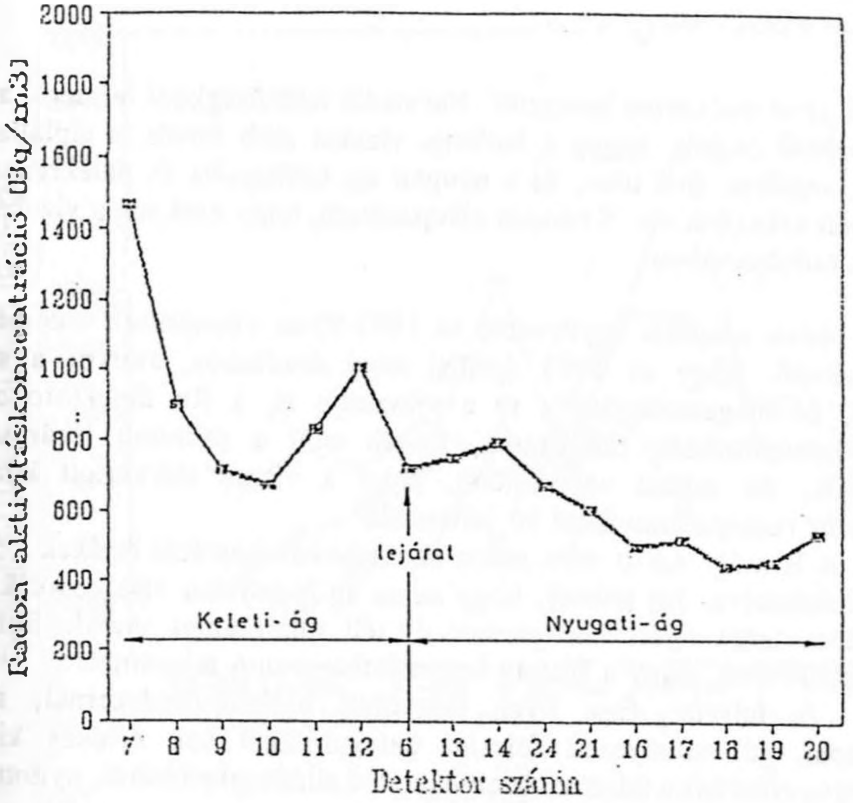
4. A Nyugati-ág: A Nyugati-ágon a vége felé haladva a mért értékek egyre alacsonyabbak a barlangi átlagnál. Ennek egyik oka az lehet, hogy a Keleti- és a Nyugati-ág kőzetének más az uránium- (rádium-)tartalma, esetleg más a repedezettsége és a porozitása. Egy másik, nem túl valószínű ok az lehetne, hogy a barlang folyamatosan levegőt kap a Szent István-barlang felől, így a Keleti-ágra magasabb radontartalmú levegő érkezik a két barlangot

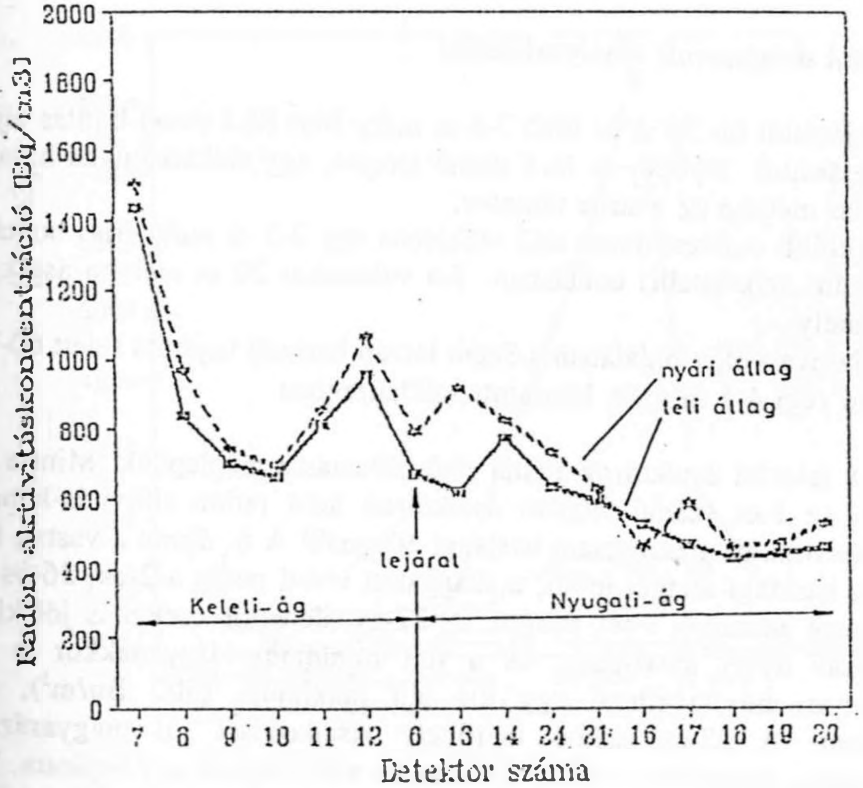

István-lápai-barlang
Radonmérés
alaprajz
m = 1:2000
oldalnézet Ny-K
AA' METSZET
BB'
CC'
DD'
1:5000
Felmérve:1979-86 I.kiadás 1986

2. ábra


Rn aktivitáskoncentráció [Bq/m3]
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
24-Oct
21-Nov
26-Dec
06-Feb
23-Mar
11-May
26-Jun
07-Aug
18-Sep
10-Nov
26-Jan
4
3
Rn aktivitáskoncentráció [Bq/m3]
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
24-Oct
21-Nov
26-Dec
06-Feb
23-Mar
11-May
26-Jun
07-Aug
18-Sep
10-Nov
26-Jan
6
5

3. ábra


Radon aktivitáskoncentráció [Bq/m3]
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
lejárat
Keleti-ág
Nyugati-ág
7 8 9 10 11 12 6 13 14 24 21 16 17 18 19 20
Detektor száma


Radon aktivitáskoncentráció [Bq/m3]
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
nyári átlag
téli átlag
lejárat
Keleti-ág
Nyugati-ág
7 8 9 10 11 12 6 13 14 24 21 16 17 18 19 20
Detektor száma

4. ábra

összekötő járatrendszeren keresztül. Harmadik lehetőségként felmerül a víz. A vízmérésekből tudjuk, hogyy a barlangi vizeket több forrás is táplálja, így a keleti ág végében lévő tóba, és a nyugati ág szifonjaiba és patakrendszerébe máshonnan érkezik a víz. Könnyen elképzelhető, hogy ezeknek a vizeknek más és más a radontartalma.

A radon adatokat egybevetve az 1992-93-as vízmérések eredményeivel megfigyelhető, hogy az 1993 áprilisi nagy áradáskor, amikor a szifonok bezártak, és megemelkedett a tó a vízszintje is, a Rn detektorokon mért aktivitás-koncentrációk csökkentek. Ennek okát a szifonok lezárásában is kereshetjük, de sokkal valószínűbb, hogy a vízzel elárasztott kőzetekből kibocsájtott radon mennyisége is kevesebb.

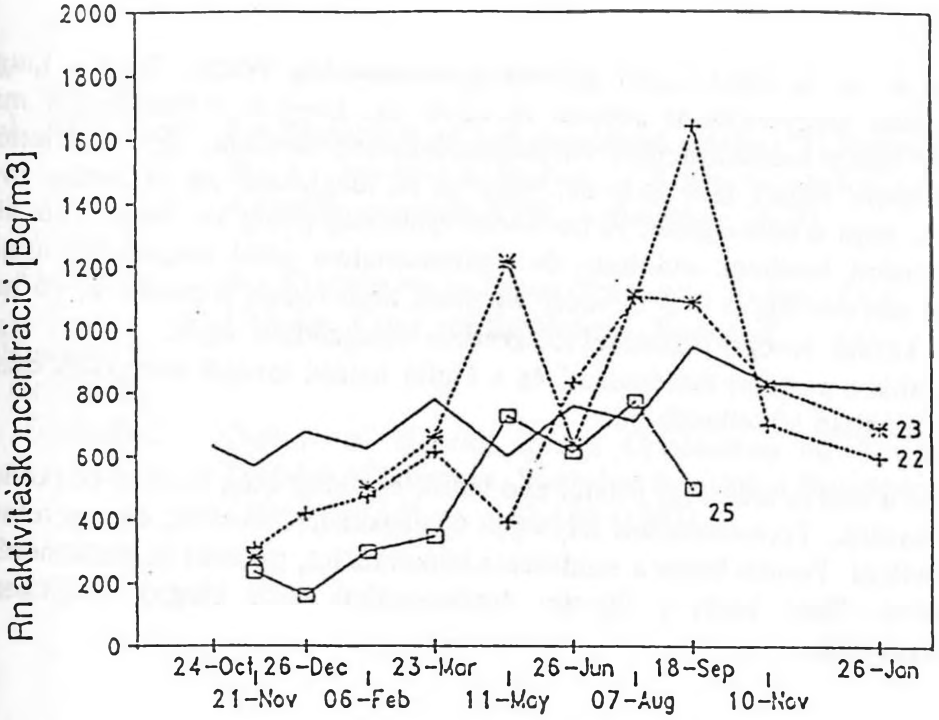
5. A Bea ág: Az itt mért radon aktivitás-koncentráció értékek a 5. ábrán vannak feltüntetve. Jól látható, hogy ez az ág hasonlóan viselkedik a bejárati szakaszhoz, tehát nyári maximumot és téli minimumot mutat. Ebből arra következtethetünk, hogy a Bea-ág kapcsolatban van a felszínnel.

6. A felszín: Egy ilyen bonyolult barlang-rendszernél, mint az István-lápai, jól elhelyezett felszíni detektorokkal sok értékes kiegészítő ismeretet nyerhetünk a felszínt közelítő járatok elhelyezkedéséről, nyitottságáról.

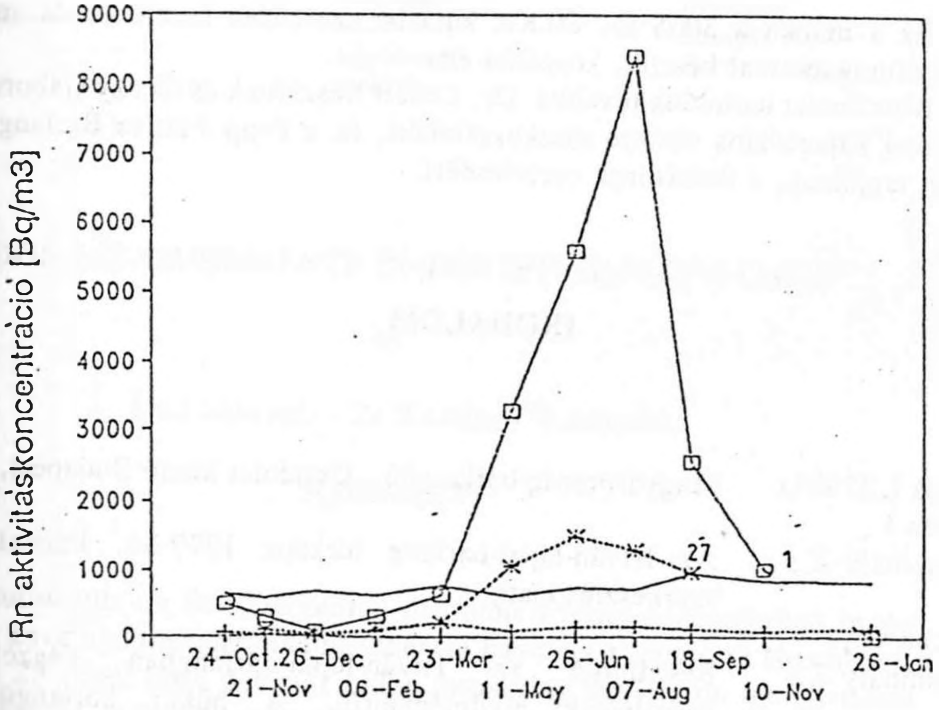
A felszíni detektorok elhelyezkedése

1. A bejárattól kb 50 m-re lévő 7-8 m mély friss (2-3 éves) bontás alján.
2. A bejárattól NyÉNy-ra lévő domb tetején, egy sziklakibúvás hasadékában 10-15 cm mélyen az avarba temetve.
26. Az előbb említett domb déli oldalában egy 2-3 m mély friss bontásban.
27. Az ún. sziklástebri bontásban. Ezt valamikor 20 m mélyen ásták ki, ma 2-3 m mély.
28. A Szinva-völgy oldalában a Szent István-barlang bejárata felett 60-70 m-rel található régi 4-5 m mély kibontott sziklaüregben.

A felszíni detektorok adatai első pillantásra meglepőek. Mint a 6. ábrán látható, az 1-es számú felszíni detektoron mért radon aktivitás-koncentráció nyári maximuma tízszerese a barlangi átlagnak! A 6. ábrán a vastag folytonos vonal a barlangi átlagot jelöli, a szaggatott vonal pedig a 2-es, 26-os és 28-as detektorok adataiból vont átlagot. A 27-es detektor esetén is jól kivehető a határozott nyári maximum, és a téli minimum. Ugyanakkor a 2-es sz. detektoron megfigyelhető egy kis téli maximum (300 Bq/m^3), és nyári minimum. A 27-es számú mérőhely viselkedését jól magyarázza az a feltételezés, miszerint a sziklástebri-bontás a barlangnak egy bejárata. Ugyanezt mondhatnánk a 1-es sz. mérőhelyről is, ha nem lenne ekkora különbség a


Rn aktivitáskoncentráció [Bq/m3]
2000
1800
1600
1400
1200
1000
800
600
400
200
0
24-Oct
21-Nov
26-Dec
06-Feb
23-Mar
11-May
26-Jun
07-Aug
18-Sep
10-Nov
26-Jan
23
22
25

5. ábra


Rn aktivitáskoncentráció [Bq/m3]
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
24-Oct
21-Nov
26-Dec
06-Feb
23-Mar
11-May
26-Jun
07-Aug
18-Sep
10-Nov
26-Jan
27
1

6. ábra

barlangi és az itt mért radon aktivitás-koncentrációk között. Erre a kiugró értékre több magyarázat is adódik: az egyik az, hogy ez a bontás egy más, nagyobb radon-koncentrációjú barlangrendszerhez tartozik, de ez felettébb valószínűtlen. Másik lehetőség az, hogy az itt megjelenő víz aktivitása jóval nagyobb, mint a barlangban. A harmadik eshetőség pedig az, hogy a víz által ide behordott hordalék uránium- és rádiumtartalma jóval magasabb, mint a barlangi kőzeté. Így a 7-8 m mély aknában több radon termelődik, és ha a bontást kitöltő levegő hőmérséklet szerinti rétegződése egész nyáron stabil marad, akkor a radon feldúsulhat, és a hígító hatású levegő keveredés csak a téli hónapokban következik be.

Ez a mérés még alig másfél éve indult el, tehát ezek az első értékelhető eredményeink. Természetesen folytatjuk a megkezdett munkát, de szeretnénk ki is bővíteni. Fontos lenne a rendszeres hőmérséklet, nyomás és huzatmérések bevezetése. Ezen kívül a felszíni detektorokkal mért kiugró értékeket is ellenőrizni kell.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ez a munka a 3005 sz. OTKA kutatási szerződés keretében és annak anyagi támogatásával készült, köszönet érte.

Köszönetet mondunk továbbá Dr. Lénárt Lászlónak és Géczy Gábornak, a témával kapcsolatos értékes diszkussziókért, és a Papp Ferenc Barlangászcsoport tagjainak, a detektorok cseréléséért.

IRODALOM

Kordos L.(1984): Magyarország barlangjai. Gondolat kiadó Budapest,

Szenthe I., Nagymihály Z.: Az István-lápai-barlang térképe 1979-86, kézirat, szerkesztés alatt.

Maucha G., Nagymihály Z.: Beszámoló az István-lápai-barlangban végzett vízmérések eredményeiről, A bükki barlangok kutatásának, védelmének és hasznosításának legújabb eredményei, Miskolc, 1993. november 11-13.

Lénárt L., Hakl J., Hunyadi I.,Balla B.né: Barlangterápia célú klimatológiai mérések a lillafüredi Szent István -barlangban, Kossuth-emléknapok, Aggtelek -Jósvafő, 1992. szeptember 18-20.

Géczy G., Csige I., Somogyi, G.(1989): Air Circulation in Caves Traced by Radon, Proc. of 10th Int. Cong. of Speleology, Budapest.

Hakl J., Hunyadi I., Csige I., Géczy G., Lénárt L.,Törőcsik I.: (1992) Outline of Natural Radon Occurences on Karstic Terrains of Hungary,-Radiation Protection Dosimetry, Vol.45 No 1/4 pp. 183-186 (1992).

Hunyadi I.
MTA Atommagkutató Intézet
Debrecen
H-4001 Hungary

Kertész Zsófia
Fizikus hallgató
Debrecen
KLTE.
Egyetem tér 1.
H-4010

Maucha G.
FÖMI Távérzékelési O.
Budapest
Bosnyák tér 5.
H-1149 Hungary

RADON MEASUREMENTS IN THE ISTVÁN-LÁPA CAVE

by

Dr.I.Hunyadi - Zs.Kertész - G.Maucha

SUMMARY

Measurements on the distribution of radon activity concentration in the István-Lápa cave and the surroundings thereof have been started in November, 1992, using 23 small trace detector radon measuring devices on the cave and 5 on the surface. For the purposes of comparison similar devices were mounted in the Szent István cave at the radon sites established several years ago. The mean radon concentration was 600-800 Bq/m^3 virtually in the entire cave with slight seasonal variations.

A FERENC-HEGYI VONULAT BARLANGJAINAK GEOLÓGIÁJA

Benkovics László - Dr.Török Ákos - Dr.Nádor Annamária

BEVEZETÉS

A Budai - hegység mintegy 34 km^2-nyi területén a megismert barlangjáratokhossza már meghaladja a 25 km-t. Az egymástól néhányszáz méterre lévő barlangok közelségük és hasonló genetikájuk ellenére igen változatos geológiai és szpeleológiai bélyegeket mutatnak. Ezért különösen jelentős részletes vizsgálatunk, mely tisztázhatja a helyi földtani viszonyok szerepét a hasonló hidrológiai rendszerben kialakuló, de eltérő morfológiájú barlangoknál. Ezen barlangok közül a jelen cikkben a Ferenc-hegyi vonulat barlangjainak földtani felépítését ismertetjük. A zónába a "nagy" barlangok közül a Ferenc-hegyi és Szemlő-hegyi tartozik, míg a kisebb méretűeket a Zsindely-utca barlangjai, illetve kisebb barlangi üregek (pl. Balogh-sziklák) képviselik. A legújabban felfedezett barlangi üreg a Ferenc-hegyi kőfejtő mellett található (Leél-Őssy Sz. szóbeli közlése).

A Ferenc-hegyi zóna két nagy barlangjáról felfedezésük óta, a 30-as évektől több geológiai munka született. A Szemlő-hegyi-barlangról már a felfedezését közvetlenül követő évben Kessler (1931) közöl leírást és szintén az Ő nevéhez fűződik a Ferenc-hegyi-barlang első ismertetése is (Kessler 1934 a és b). Ezt követte Kadic (1933, 1937) és Jaskó (1936) leírása.

A budai hévizes források tevékenységét már régóta ismerik és az ásványkiválásokkal (Schafarzik, 1928), valamint a barlangképződéssel hozták kapcsolatba (Schréter, 1912). A barlangok képződésének hidrogeológiai magyarázatát Müller (1974), Kovács - Müller (1980) keveredési korrózióban látja, mely modell a felszálló termál és leszálló hideg karsztvizek által alkotott áramlási modellbe illeszkedik (Müller - Sárváry 1977, Vendel-Kisházi 1964, Alföldi 1979).

A kilencvenes évek vizsgálatai alapján azonban úgy tűnik, hogy a hideg karsztvizeknek csak alárendelt szerepe volt a barlangképződésben, s így a

barlangjáratok többsége uralkodóan termálkarszt eredetű (Ford - Takácsné Bolner 1991, Nádor 1994).

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

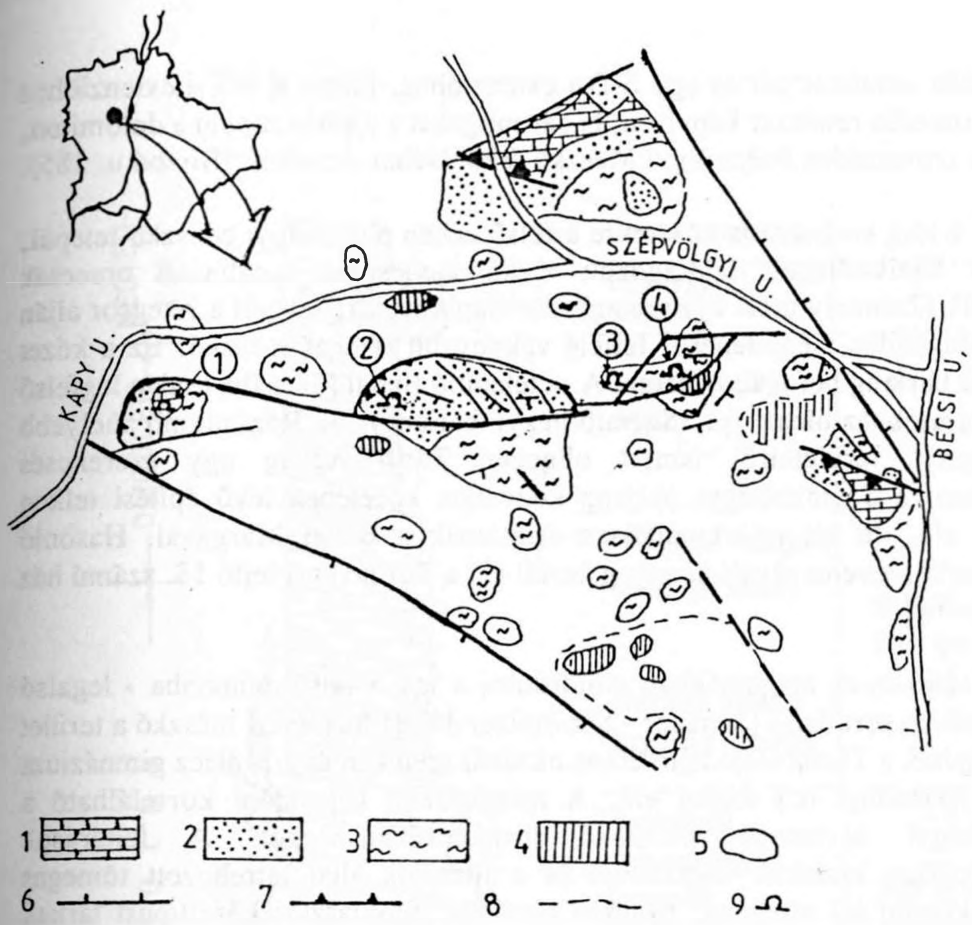
A Ferenc-hegyi zóna barlangjainak jobb földtani megismerése érdekében a makroszkópos kőzettani, szpeleológiai leírás mellett vékonycsiszolatos vizsgálatok is készültek. Több kiválás ásványi összetételét röntgen diffrakcióval és derivatográffal határoztuk meg, valamint néhány esetben a kiválások genetikáját tisztázandó, katódlumineszcens mikroszkópos és ^{13}C-^{18}O stabil izotóposvizsgálatokat végeztünk. A rétegzés és tektonika barlangképződésben játszott szerepének megismerése céljából tektonikai méréseket végeztünk. Mértük a különböző ásványkiválások irányait, a vetőkarcokat és különböző mikrotektonikai jelenségeket. Ezt Angelier 1975-1991 között kifejlesztett számítógépes programjával kiértékeltük és meghatároztuk a különböző paleofeszültség tereket.

A vizsgálatok fő célja az volt, hogy a zóna barlangjainak kialakulását és komplex földtani viszonyait tisztázzuk és felhívjuk a figyelmet a barlangokra, mint három dimenziós, felszín alatti, földtani feltárásokra.

A TERÜLET FÖLDTANI FELÉPÍTÉSE

A terület NY-K-i irányban megnyúlt, kiemelt morfológiájú térszín, melynek fő tömegét a Szépvölgyi Mészkő adja, amely szigetként emelkedik ki a környező Budai Márgával borított térszínből. NY-i határán a Balogh sziklák természetes kibúvásai találhatók, míg K-i határát a Szemlő-hegyi barlangnál vontuk meg. A Ferenc-hegyi zóna elkülönítése azért is indokolt, mert egy markáns oldalelmozdulás és a hozzá kapcsolódó kiemelkedéses szerkezet jellemzi (1. ábra).

A legidősebb képződmény a felső triász Mátyáshegyi Mészkő csak a felszín alatti régiókban fordul elő, a Balogh-sziklák viszont természetes feltárásai a felső triász Fődolomitnak. A dolomit erősen porlódó, helyenként vastagpados kifejlődésű. A breccsás áthalmozást mutató rétegszerinti zónák is jellemzőek. A dolomitban kisebb méretű üregek is megfigyelhetők, de igazi barlang nem található. A törésrendszereket egy K-NY-i kompresszióhoz



1.) Felső triász karbonátok

2.) Eocén mészkő (Szépvölgyi Mészkő Formáció)

3.) Eocén márga (Budai Márga Formáció)

4.) Oligocén agyag

5.) Felszíni előfordulások határa

6.) Normál vető

7.) Feltolódás

8.) Budai Márga felszínközeli elterjedésének déli határa

9.) A barlangok elhelyezkedése

1.) Balogh sziklák üregei

2.) Ferenc-hegyi barlang

3.) Zsindely utcai barlangok

4.) Szemlő-hegyi barlang

1.ábra. A Ferenc-hegyi zóna fedetlen földtani térképe a vizsgált barlangi üregek helyzetével (alaptérkép Wein után módosítva).

kapcsolódó eltolódás pár és egy É-D-i extenzióhoz, illetve K-NY-i extenzióhoz köthető repedés rendszer képviseli, habár magukat a töréseket nem a dolomiton, hanem a szomszédos Szépvölgyi Mészkő feltárásában észleltük (Bimbó u. 185).

A triász karbonátos kőzetekre a felső eocén Szépvölgyi Mészkő települ, melynek bázis-rétegeit feldolgozott tűzkő kavicsokat tartalmazó breccsák képviselik (Zsindely utcai új barlang). Az alapbreccsára települ a rétegsor alján még vastagpados megjelenésű, felfelé vékonyabb réteges mészkő. Ez a kőzet a legtöbb barlang befogadó kőzete. A rá települő Budai Márgába csak a legfelső barlangjáratok hatolnak (pl. Szemlő-hegyi-barlang). A Rózsadomb mélyebb morfológiájú területeiről ismert oligocén Tardi Agyag egy szerencsés feltárásban, a Szemlő-hegyi barlang közvetlen közelében lévő építési telken bukkant elő, de ott is tektonikusan érintkezik a Budai Márgával. Hasonló középszürke, leveles elválású agyag került elő a Törökvészi-lejtő 18. számú ház építkezésénél.

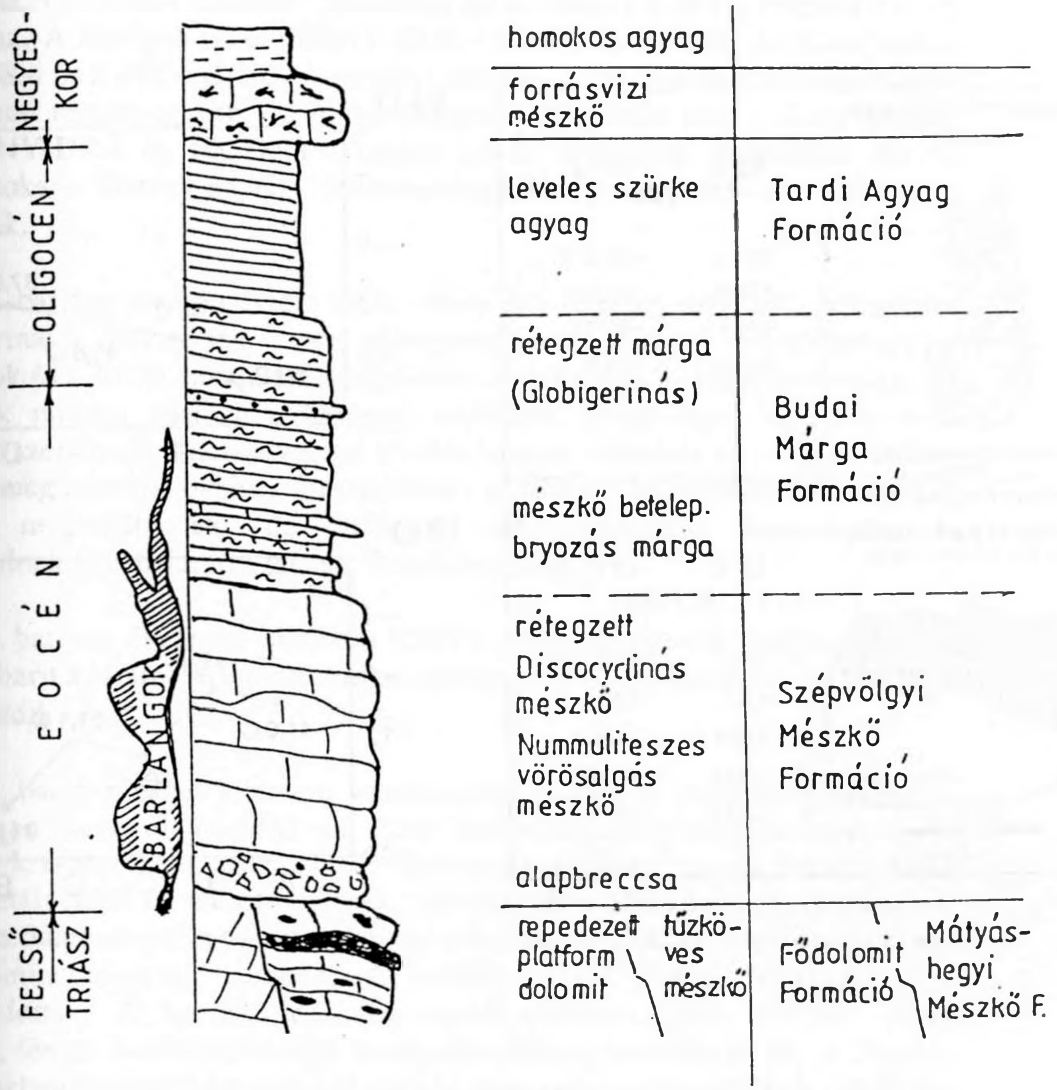
A 240 m-es magasságban előforduló, s így a felső pannonba - legalsó pleisztocénbe sorolható (Scheuer - Schweitzer 1988) forrásvizi mészkő a terület NY-i végénél a Törökvészi lejtő 20-as házával szemben és a Móricz gimnázium mögött (Gárdonyi u.) fordul elő. A mészkőszint képződése korrelálható a Ferenc-hegyi barlangot létrehozó forrástevékenységgel. A feltárások forráskürtőben kialakult mészkövet és a források által létrehozott tömeges mészkő közötti jól rétegzett, gyakran pizoidos, fitoklasztos kőzettípust tárnak fel.

A talajtakaró alatti legfiatalabb képződmény a felső pleisztocén homokos, kőzetlisztes agyag. A Ferenc-hegy térségének elvi rétegsorát és a barlangokat is tartalmazó kőzettípusokat a 2. ábra mutatja.

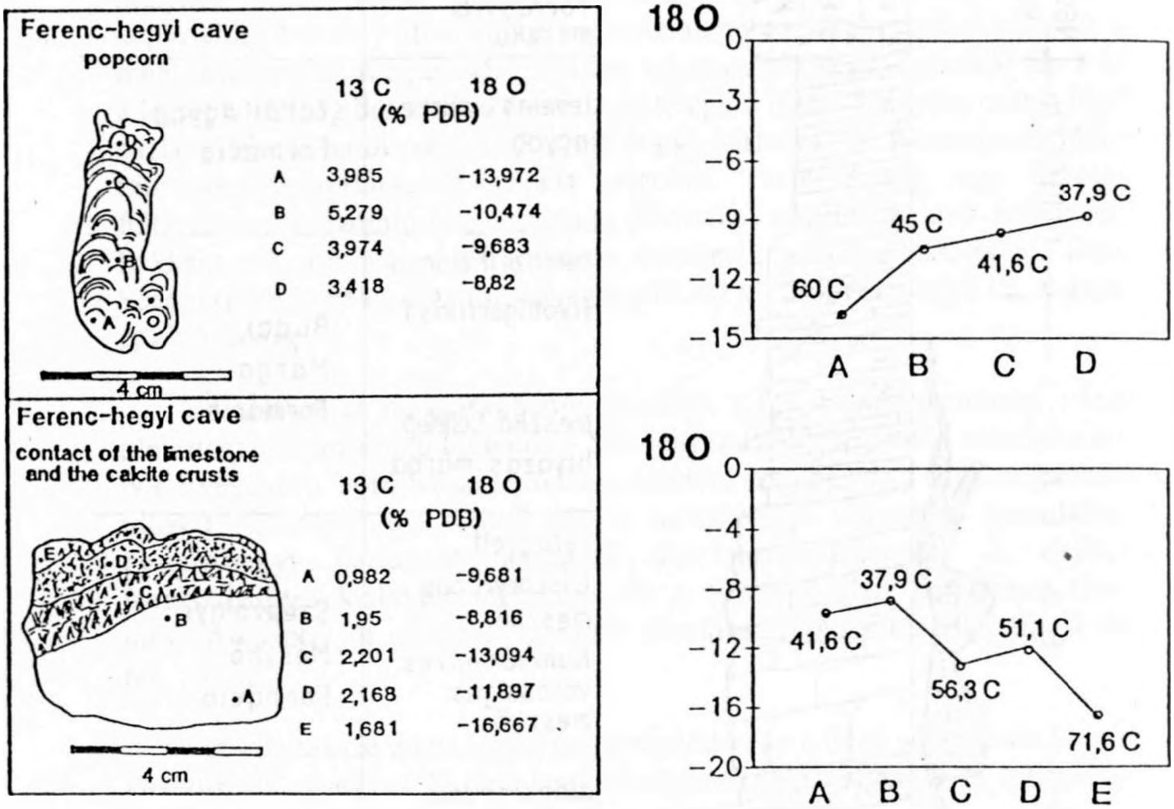
FERENC-HEGYI BARLANG

Kis területen elhelyezkedő labirintus rendszer, amelynek alapkőzete a 30-35°-os délies rétegdőlésű felső-eocén Szépvölgyi Mészkő. A járatelrendeződés és a Szépvölgyi Mészkő dőlése - a többi rózsadombi nagybarlanggal ellentétben-kevéssé hozható összefüggésbe. A fő járatok talpszintje közel egységesen 240 m tszf magasságban helyezkedik el, ebből a szintből csak néhány szűk 10-15 m mély kürtő nyúlik le.

A járatrendszer a barittal és korai kalcittal bélelt hasadékok ÉNY-DK-i,



2.ábra. A Ferenc-hegy térségének elvi rétegsora a barlangi járatok elhelyezkedésével.



3.ábra. A Ferenc-hegyi-barlang kiválásainak stabil izotópos vizsgálati eredményei.

ÉÉNY-DDK-i, illetve K-NY-i irányát követik. A járatelrendeződés alapján a barlangrendszer 3 részre osztható. A NY-i rész ÉNY-DK-i csapású főhasadékokból és néhány ÉÉK-DDNY-i összekötő folyosókból áll. A K-i rész, amely ÉÉNY-DDK-i csapású folyosókból áll és néhány K-NY-i csapású elemet tartalmaz. A középső részen ÉÉNY-DDK-i járatok találhatók, de alárendelten ÉNY-DK-i és K-NY-i járatok is megfigyelhetők. A keleti és nyugati rész között a központi részen egy kb. 15 fokos elfordulás figyelhető meg. A barlangban több ÉNY-DK-i és ÉK-DNY-i irányú cm-es elvetődést észleltünk. Kovás hasadékokat, illetve egyéb, járatelrendeződést preformáló tényezőt nem ismerünk.

A barlang járatrendszere szűk, oldott falú hasadékokból áll. Jellegzetes oldásformái a csak innen ismert ujjbegyhez hasonló ovális bemélyedések, a scallopok és a 30-70 cm átmérőjű ágyúcsőre emlékeztető feláramlási csövek. Ez utóbbiak minden esetben a barlangi anyakőzet (Szépvölgyi Mészkő) és a porózus szerkezetű kalcitszivacsos kiválás határán oldódtak ki. A gömbfülkék szintén meghatározó oldásos formaelemek, amelyek a feláramlási csövek felett mindig megtalálhatóak, de önállóan, vagy egymásba kapcsolódva is előfordulnak (pl. bejárati szakasz, Bocskai-terem).

A barlang ásványos kiválásai közül a rostos szerkezetű kalcitszivacs és a sárga barit a járatok központi törészónájában, illetve egyéb telérek formájában helyezkedik el.

A barlang falait több cm vastagságban gazdagon borítják korallszerű, oszloposan megnyúlt borsókövek. Ezek belső szerkezete szálas-rostos seprűs kioltású kristálytűk halmazából áll. Ugyancsak gyakori típus a lándzsa alakú kacitkristályokból és mikrites kérgek váltakozásából álló ritmikus szerkezetek, amely katódlumineszcens mikroszkópban nem lumineszkáltak, illetve néha kékes fakó lumineszcenciát mutattak. A kalcitkristályok csúcsai gyakran kissé visszaoldottak. A borsókő csúcsára tapadó mikrites belső üledéket késői izopach, fényes lumineszcenciájú kalcitcement kéreg burkolhatja be. A Ferenc-hegyi-barlangban található borsókő kora U bomlási sor alapján (Ford-Takácsné-Bolner 1991) 300000\59000 év. A borsókövek ^{13}C-^{18}O stabil izotóp adatait a 3. ábra mutatja.

A Ferenc-hegyi-barlangból kalcitlemezeket nem ismerünk, ugyanakkor gyakran láthatók borsókövekbe bevágódó oldásos üstök, feláramlási csövek.

Jelenlegi ismereteink alapján a repedéskitöltések és kiválások az alábbi sorrendet mutatják a legidősebb fázistól a legfiatalabb felé:

áttetsző (néhol füstszínű) farkasfog jellegű kalcit szkalenoéderek
sárga, nagytáblás barit
fehér kalcit
fehéressárga, aprókristályos barit
kalcit
sötétszürke, fekete kiválás, amely szervesanyag, limonit, illit és kalcit keverékéből álló mangános kéreg
borsókő

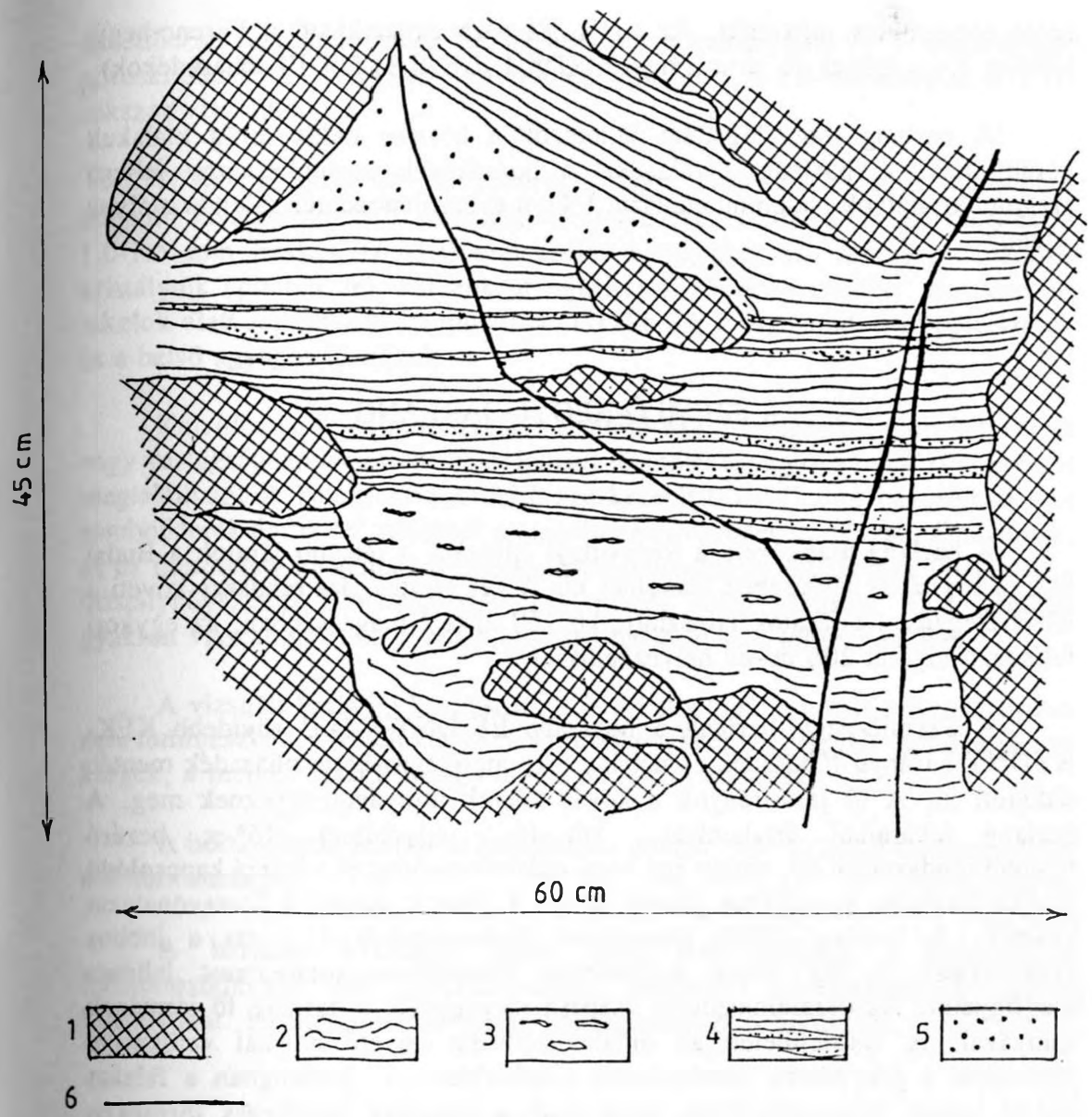
Kvarckavicsos patakhordalék a barlangban több helyen figyelhető meg, ahol hévizes oldásformákkal tagolt folyosórészleteket tölt ki.

A ZSINDELY UTCAI ÚJ BARLANG

A barlangot építkezés során találták meg a Zsindely u.24. sz. alatt. Ez a néhány méter hosszú barlang a Szépvölgyi Mészkőben található s legalsó szintjében az eocén bázisrétegeit tárja fel. A barlang rétegsorának legidősebb tagját egy tűzkő és mészkő kavicsokat tartalmazó breccsa képviseli. A klasztok anyaga szürke, barnás árnyalatú, szögletes tűzkő kavics (1-20 cm), világos krémszínű, tömött, jól cementált mészkő és sötétszürke cementált mészkő. A befogadó kőzetanyag mikrites bioklasztos felső-eocén mészkő. A barlang eddig feltárt részének fő tömegét az eocén Szépvölgyi Mészkő Discocyclinás és Nummuliteszes fáciese alkotja.

A barlang oldalfalán látható üregeket, amelyek max. mérete 1 m, homok-kőzetliszt-agyag szemcseméretű laminált zónák váltakozásából álló üledék tölti ki. Néhány kitöltés esetében csúszásos jelenségek is megfigyelhetők, főképp az agyagos, vastagabb rétegekben. A kitöltésekben jellegzetes kőzettípus az erősen porózus, szivacsos, fehéres vagy limonitos elszíneződés esetén barnás-okkeres, forrásvizi mészkőhöz hasonló közbetelepülés. A laminált zónák vastagsága pár centiméter (4.ábra).

Az egyes kitöltésekben megjelenő forrásvizi jellegű mésztufás szintek (lencsék) és a közel vizszintes kitöltések az átlagosan 30-os délies rétegdőlésű mészkőben találhatók. A kitöltések egy része tektonikusan elvetett, nagyobb részüknél azonban a tektonikai sík csak a kitöltés határát képezi. Ezek a síkok nem mint a kitöltésben vetődést létrehozó síkok, hanem mint a kitöltéssel együtt élő szerkezetek jelentkeznek. A barlangban mért irányok és vetőkarcok alapján a járatok egy ÉÉNY-DDK-i tektonikai sík mentén alakultak ki, amely mint



1.) Discocyclinás, Nummuliteszes eocén mészkő (befogadó kőzet)

2.) Plasztikusan deformált kőzetliszt és agyag

3.) Porózus forrásvizi mészkő jellegű réteg

4.) Laminált, agyagos kőzetliszt homok lencsékkel, betelepülésekkel

5.) Belső szerkezet nélküli homokos kitöltés

6.) Litoklázis.

4.ábra. Laminált, közel vízszintes kitöltés a Zsindely-utcai barlangban

balos elmozdulás működött. Ez a sík jól párhuzamosítható a Ferenc-hegyi barlang K-i végének fő járat irányával (DK-I, DK-II és DK-III főhasadékok)

A barlang morfológiájára jellemzők a hévizes oldás során kialakult gömbfülkék. A barlangi kiválásokat a borsókövek és lepkeszárny jellegű aragonit kristályok, valamint víztiszta 3-4 cm-es szkalenoéderes kalcit kristályok jelentik.

A SZEMLŐ-HEGYI-BARLANG

A barlang alapkőzete a Szépvölgyi Mészkő, a felsőbb járatok a Budai Márga bryozoás fáciesében alakultak ki. A két szintes járatrendszer követi a kőzetrétegzést. A járatok talpszintje kb 160 m tszf magasságban, az egykori felfedező bejárat 206 m-en helyezkedik el.

A Szemlő-hegyi-barlang 3 hosszabb ÉK-DNY-i és 3 rövidebb KÉK-NYDNY-i irányú főhasadék és néhány erre merőleges kereszthasadék mentén oldódott ki. A fő járatirányok a kovás telérek irányával egyeznek meg. A barlang tektonikai értelemben két fő, egymással 15°-ot bezáró hasadékrendszerből áll, amely egy nagy oldalelmozdulás és a hozzá kapcsolódó Riedel töréspár formájában jelenik meg. A járatok ezeket a törésvonalakat követik. A barlang feletti feltárásban (Pusztaszeri-út 41.) ezt a jobbos elmozdulást, s egy ehhez kapcsolódó feltolódásos komponenst lehetett megfigyelni. Az oldalelmozdulás csapása megegyezik a barlang fő járatának irányával. A vetőfelületen az oldalelmozdulást követő normál vetőkarcot észleltünk a gravitációs lecsúszásnak megfelelően. A barlangban a falakat borító vastag ásványkiválások miatt csak a járatokra merőleges töréseken sikerült vetőkarcokat találni (pl.Ferencvárosi-terem), ami egy KÉK-NYDNY-i extenziót mutat.

Az oldásos formakincs a gazdag ásványos kiválások miatt kevésbé jól tanulmányozható. A járatok falai oldásos üstökkel tagoltak, a felső zónában több m átmérőjű gömbfülkék figyelhetők meg.

A barlang falait helyenként a 10 cm vastagságot is elérő dús és változatos morfológiájú szpeleotémák borítják. A szőlőfürt szerűen elhelyezkedő borsókő finom szerkezetében kalcitrétegek, mikrites kérgek, és apró kristálytűk ritmikus

ismétlődése figyelhető meg. A mikrites anyag kristályközi belső üledékként, póruskitöltésként is gyakori. A borsókövön belül a kalcitkristályok csúcsai sokszor visszaoldottak.

A karfiol több tíz cm átmérőjű, nagy, ívelt, párhuzamos kérgekből felépülő kiválás, amely a védettebb falmélyedéseket borítja. Belső szerkezete 1.0-1.5 mm hosszú, 0.8-1.0 mm széles kötegekből áll, amelyet hajladozó kristálytűk építenek fel, helyenként mikrites közberétegzésekkel, keresztezett nikolok alatt seprűs kioltást mutatnak. Gyakoriak a visszaoldott rétegfelszínek és a belső agyagos üledékek.

Kalcitlemez felhalmozódások a Szemlő-hegyi-barlangból több helyről és nagy vastagságban ismertek. Feldolgozott törmelékanyaguk a borsókövekben is megtalálható. A kalcitlemezek belső szerkezetét 0.8-1.0 mm nagyságú kalcit romboéderek építik fel, amelyek c-tengelye a növekedés irányával párhuzamos, és ez merőleges az alatta elhelyezkedő kristályrétegre. Gyakoriak (10-15%) a kristálynövekedés által közbezárt 1-3 mm-es belső pórusok. Ezek felülete gyakran visszaoldott, és részben mikrites belső üledék töltheti ki őket.

A vizsgált barlangi kiválások zöme a katódlumineszcens mikroszkópban nem lumineszkált, kivételt képeztek a borsókövekben megfigyelt vastag mikrites kérgek, a melyek fakó kékeslila lumineszcenciát mutattak.

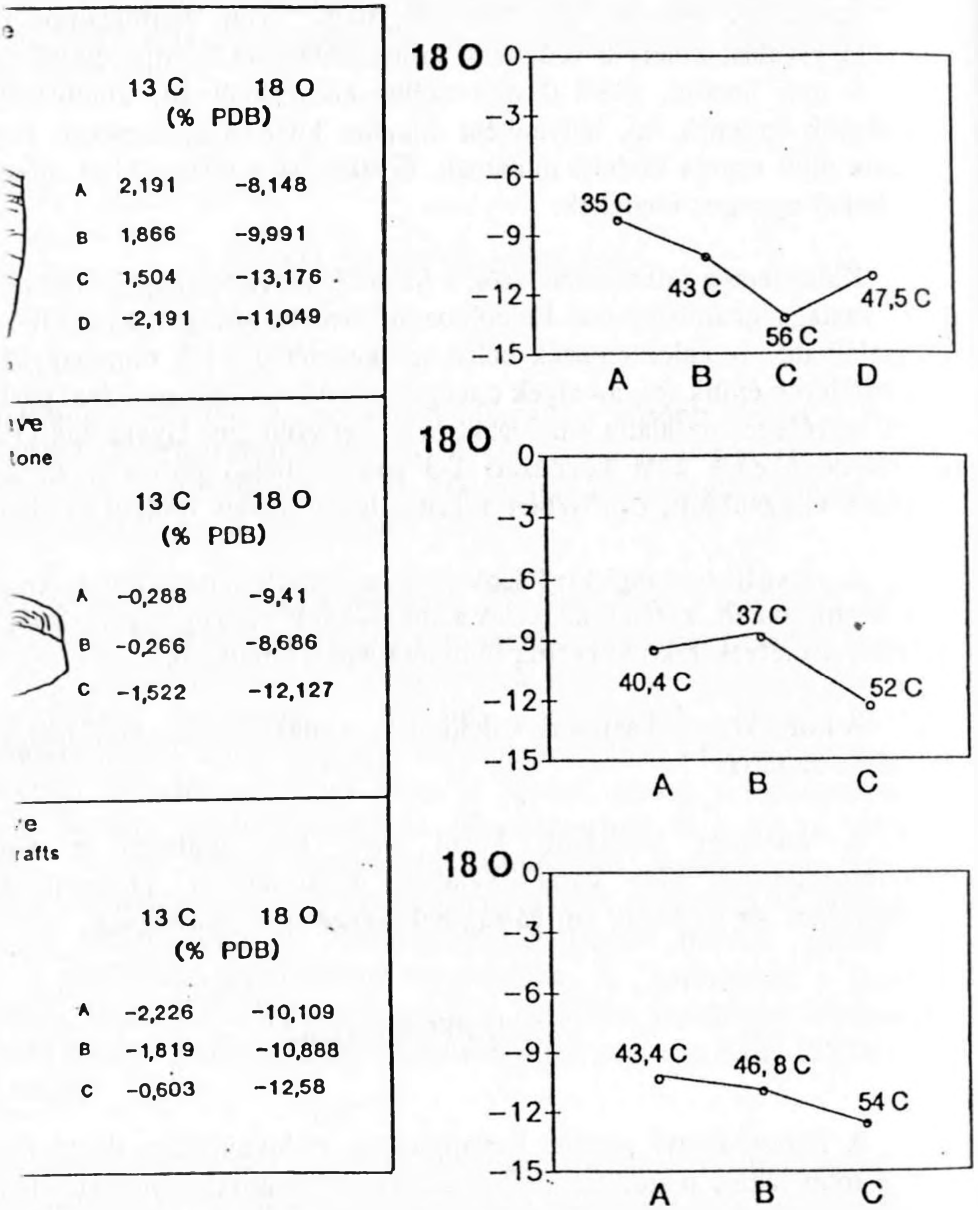
A borsókövek, karfiol és kalcitlemez minták ^{13}C-^{18}O stabil izotóp értékeit a 5.ábra mutatja.

A barlangi kiválások közül meg kell említeni a kalcitlemez felhalmozódásból álló karácsonyfákat, valamint az aragonit és gipsz kristályokat. Ez utóbbiak cm vastag bekérgezéseket is alkotnak.

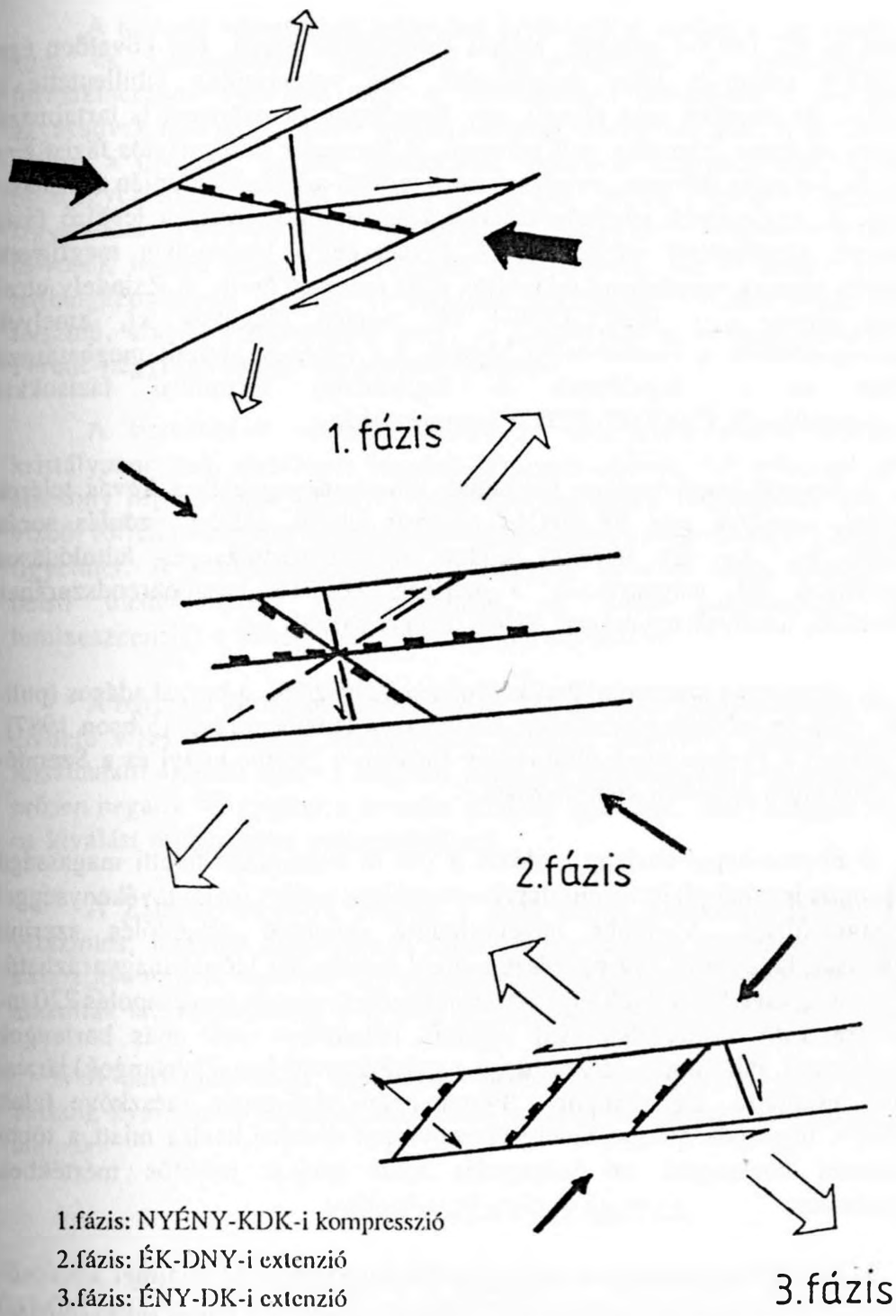
ÖSSZEFOGLALÁS

A Ferenc-hegyi vonulat barlangjainak kialakulásában döntő jelentősége volt a több fázisú tektonikai deformációknak (6. ábra), amelyet a barlangi és felszíni mérések alapján tudtunk kimutatni.

A Ferenc-hegyi-barlang esetében a baritos telérek egy NYÉNY-KDK-i kompresszióhoz köthetők. Ebben a nagy kompressziós fázisban jött létre a Ferenc-hegyi oldalelmozdulásos zóna a késő eocén - korai miocén után, ami a Ferenc-hegyi vonulat fő tektonikai eleme. Ez a zóna a Szemlő-hegyi barlangnál



ra. A Szemlő-hegyi-barlang kiválásainak stabil izotópos vizsgálati eredményei.



1.fázis: NYÉNY-KDK-i kompresszió
2.fázis: ÉK-DNY-i extenzió
3.fázis: ÉNY-DK-i extenzió

6.ábra. A Ferenc-hegyi-barlangban megfigyelt főbb tektonikai fázisok.

elfordul és ÉK-DNY-i csapású jobbos elmozdulást mutat. Ezt követően egy ÉK-DNY-i extenziót lehet megfigyelni, ami valószínüleg kibillentette a rétegeket, de emellett még mindíg egy függőleges komponenst is tartalmazó oldalelmozdulásos tektonika volt jellemző. A harmadik deformációs fázist egy ÉNY-DK-i tágulás jellemzi, amelynek kora területi analógiák alapján szarmata-pannon. A legfiatalabb negyedidőszaki tektonikai fázis pedig a legelső fázis töréseinek újraéledését idézte elő. A Ferenc-hegyi barlangban megfigyelt szerkezeti elemek mindhárom tektonikai fázis nyomait őrzik. A Zsindely utcai barlang járatai egy ÉÉNY-DDK-i sík mentén alakultak ki, amelyek párhuzamosíthatók a Ferenc-hegyi barlang K-i végének járatait meghatározó síkokkal és a legidősebb és legfiatalabb tektonikai fázisokkal párhuzamosíthatók (NYÉNY-KDK-i kompresszió).

A Szemlő-hegyi-barlang járatainak iránya megegyezik a kovás telérek irányával, amelyek egy ÉK-DNY-i csapású jobbos oldalelmozdulás során alakultak ki. Az így létrejött jobbos oldalelmozdulás és feltolódásos komponensei jól magyarázzák a barlang két fő hasadékrendszerének kialakulását, amelyek egymással 15°-os szöget zárnak be.

A vízmozgás szempontjából különösen kedvezőek a beszakadásos (pull-apart), vagy en-echelon szerkezetek, illetve azok tenziós törései (Sibson 1987). Ez a modell a Ferenc-hegyi-eltolódásos zónában a Ferenc-hegyi és a Szemlő-hegyi barlangra egyaránt alkalmazható.

A Ferenc-hegyi-barlang kioldása a 240 m tengerszint feletti magasságú felső-pannon legalsó-pleisztocén édesvízi-mészkövet lerakó forrástevékenységgel párhuzamosítható. A többi nagybarlangra jellemző rétegdőlés szerinti irányítottság hiányának oka egyrészt a rövid kialakulási idővel magyarázható. A hegység emelkedésével párhuzamosan süllyedő karsztvíz megcsapolás 220 m-es szintre való áthelyeződésével ugyanis feltehetően már más barlangok (Mátyás-hegyi, Pál-völgyi, József-hegyi, esetleg Szemlő-hegyi-barlangok) járatai kezdtek kioldódni. Ugyanakkor a Ferenc-hegy felső-eocén mészköve felett hiányzik a bryozoás márga, amely viszonylagos vízzáró hatása miatt a többi rózsadombi barlangnál az üregesedés felső határát jelentős mértékben meghatározta.

A Szemlő-hegyi barlang kis vertikális kiterjedése és zömmel középső-pleisztocén édesvizi mészkövekkel azonos tengerszint feletti magassága (140-160 m tszf) azt valószínűsíti, hogy az üregesedés itt sem követte nyomon az egyre mélyebb szintre helyeződő forrástevékenységet, hanem viszonylag rövid idő alatt, az alsó-középső-pleisztocén határán alakulhatott ki.

A hasonló kőzettani és tektonikai preformáció mellett a barlangok eltérő kora és keletkezésük hidraulikai különbözőségei a barlangok eltérő formakincsében nyilvánul meg. A Ferenc-hegyi-barlangban a scallopok és ágyúcsövek feláramló, illetve gyorsan áramló vizekre utalnak. A kalcitlemezek hiánya a nyugodt, szabad vízfelszinek hiányával magyarázható, amely jól összeegyeztethető az oldásos formakincs által jelzett intenzív vízmozgással. Ugyanakkor a Szemlő-hegyi-barlangban a nagy, üstös oldásformákkal tagolt folyosók hosszú ideig tartó nyugodt vízáramlásra, illetve tisztán korróziós barlangképződésre utalnak. A tömeges kalcitlemez felhalmozódás nyugodt felszínű, szabad vízfelületeket jelez. A Zsindely-utcai-barlang oldásformái a Ferenc-hegyi-barlanggal párhuzamosíthatók.

A borsókövek vékonycsiszolataiban megfigyelt seprűs kioltású tűs kristálypamacsok elsődleges aragonit kiválásra utalnak, bár jelenlegi anyaguk alacsony Mg tartalmú kalcit. A borsóköveken belüli visszoldásos felszínek a vízből történő karbonát-kicsapódás--visszaoldódás szakaszosságára hívják fel a figyelmet. A katódlumineszcencia változásai: borsókő (nem lumineszcens), belső üledék (fakó lumineszcencia), és késői kalcitcement (fényes lumineszcencia) a közeg redox viszonyaira utalnak.

A barlangi kiválások erősen pozitív ^{13}C értékei a képződmények mélységi eredetű vizekből történt keletkezésére utalnak, amelyet a hosszú ideig tartó felszínalatti áramlás során a nagyobb kőzet-víz kölcsönhatás eredményezett. Az erősen negatív ^{18}O értékek a termális eredetet igazolják, mely alapján 35-70 C-os kiválási hőmérséklet valószínűsíthető.

A Zsindely-utcai-barlangban a felső eocén mészkőben található közel vízszintes, laminált kitöltések és mésztufához hasonló közberétegzések fiatal karszt jelenségek, amelyek mindenképpen a mészkőtest 30°-os kibillenése után alakultak ki, valószínűleg a barlang képződésével közel egyidőben.

A barlangrendszer legfiatalabb üledékeinek tekinthetők a Ferenc-hegyi-barlang kvarc kavicsos patakhordalékai, melyek közvetlen felszíni kapcsolatra utalnak.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A barlangokban nyújtott segítségükért köszönettel tartozunk Bajna Bálintnak, Gulyás Ágnesnek, Leél-Őssy Szabolcsnak és Takácsné Bolner Katalinnak. Technikai segítségükért hálásak vagyunk Kovács S. Bélánénak és Saskői Erzsébetnek.

IRODALOM

Alföldi L.(1979): Budapesti hévizek. VITUKI Közlemények (20)

Ford,C.D.- Abszolút kormeghatározás és stabil izotóp

Takácsné B.K. (1991) Vizsgálatok budai barlangi kalcitmintákon. Karszt és Barlang, (I-II)

Jaskó S.(1936): A Ferenc-hegyi barlang. Földrajzi Értesítő. I.

Kadic O.(1933): A Szemlőhegyi barlang kutatásának eredményei. Barlangvilág. 3(3-4)

Kadic O.(1937): Budapest a barlangok városa. Földtani Értesítő

Kessler H.(1931): A szemlőhegyi cseppkőbarlang. Túristák Lapja, 43

Kessler H.(1934a): A Ferenc-hegyi aragonit barlang Budapest székesfőváros határában. Barlangvilág, 4(2)

Kessler H.(1934b): Az új ferenchegyi aragonit barlang. Túristák Lapja.

Kovács J.-Müller P. (1980) A budai hegyek hévizes tevékenységének kialakulása és nyomai. Karszt és Barlang.(II).

Müller P.(1974): A melegforrás-barlangok és a gömbfülkék keletkezéséről. Karszt és Barlang.(I).

Müller P.- Sárváry I.(1977): Some aspects of development in Hungarian Speleology Theories during the last 10 years. Karszt és Barlang. Special Issue.

Nádor A. (1994): Palaeokarstic features in Triassic-Eocene carbonates: multiple unconformities of a 200 million year karst evolution, Buda Mountain, Hungary. Zbl.Geol.Paläont. 1992/I.

Schafarzik F.(1928): Visszapillantás a budai hévforrások fejlődés történetére. Hidrológiai Közlöny. 1 (1921)

Scheuer GY.: Schweitzer F. (1988) A Gerecse- és a Budai-hegység édesvizi mészkőösszletei. Földrajzi Tanulmányok 20. Akadémiai Kiadó. Budapest

Schréter Z.(1912): Harmadkori és pleisztocén hévforrások tevékenységeinek nyomai a Budai-hegységben. Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve. 19(5).

Vendel M.- Kisházi P. (1964) Összefüggések melegforrások és karsztvizek között a Dunántúli-középhegységben megfigyelt viszonyok alapján. MTA Műszaki Tudományos Osztályának Közleményei.

Sibson,R.H. (1987) Earthquake rupturing as mineralizing agent in hydrothermal systems. Geology, 15 pp 701-704.

Vendel M.-
Kisházi P.(1964) Összefüggések melegforrások és karsztvizek között a Dunántúli-középhegységben megfigyelt viszonyok alapján. MTA Műszaki Tudományos Osztályának Közleményei, pp 97-119

Benkovics László, Török Ákos
Budapest Müszaki Egyetem.
Budapest.
Müegyetem rpt.
H-1521 Hungary.

Nádor Annamária
Magyar Állami Földtani Intézet.
Budapest.
Stefánia u.14.
H-1142 Hungary.

THE GEOLOGY OF THE CAVES OF FERENC-HEGY ZONE

by

L.Benkovics - Dr.Á.Török - Dr.A.Nádor

SUMMARY

The formation of the caves of Ferenc-hegy zone (Buda Mts.) are related to ascending thermal waters. Most of the cave passages are in Upper Eocene carbonates, although some of the deepest ones descend to the underlying Triassic cherty limestone (Zsindely caves). The Eocene limestone is the host rock of the major passages while the uppermost, and usually narrower ones may extend into the covering Eocene marl (bryozoan marl).

Multiphase tectonic deformations had the key role in preformation of cave passages in this zone. The two longest caves (Ferenc-hegy cave, Szemlő-hegy cave) and the shorter ones (Zsindely caves and cavities of Balogh cliffs) are located in an elevated lateral displacement zone being the elements of a push up

structure. The structural evolution of the area is characterised by a Late Eocene - Early Miocene compression (WNW-ESE), which was followed by an extension (NE-SW). The third deformation phase, the Sarmatian-Pannonian, was also an extension (NW-SE), while the final one (WNW-ESE) only resulted in the rejuvenation of the structures of the first deformation phase.

The formation of Ferenc-hegy cave is related to the Latest Pannonian - Early Pleistocene spring activity of 240 m asl. The Szemlő-hegy cave, Zsindely caves are situated at a lower altitude being younger and having the sign of lowering of spring zone. Besides the similarities in geological and structural geological setting of the caves the different hydraulics are documented in the differences of morphology, solution forms and speleothems of caves.

In Ferenc-hegy cave partly because of the relative shorter formation time and partly because of the lack of thicker covering Eocene marl the scallops, "gun barrels" are indicators of rapidly ascending thermal waters. The lack of floating rafts also suggests intense turbulent flow related dissolutional origin of the cave. To the contrary in Szemlő-hegy cave the larger dissolution forms, spherical niches refer to a corrosional origin. The speleothems as float rafts, botryoids and clouds are also frequent indicating the open and quiet water surfaces and intense precipitation.

The thermal origin of the caves is evidenced both from their morphology and from stable isotope analyses. The oxygen isotopes indicate a 35-70 °C formation temperature for speleothems.

A BUDAI VÁRBARLANGOK HIDROLÓGIÁJA

"Kessler Hubert nyomdokain"

Hajnal Géza

BEVEZETÉS

A múlt század közepe óta számos kutató foglalkozott a Várhegy kialakulásával, földtani felépítésével és a hegy gyomrában képződött üregrendszerrel. A terület átfogó hidrogeológiai vizsgálatának megkezdésére azonban csak Kessler Hubert vállalkozott 1971-ben, felismerve a természetes- és mesterséges eredetű vizek jelenlétének sokrétű problémakörét (Kessler H., 1971, a továbbiakban mindig erre a tanulmányra hivatkozom). Az Alagút vágatainak vizesedése, a Várlejtők csúszásveszélye, az üregrendszerben megfigyelt vízbetörések mind azt indokolják, hogy szükséges folytatni Kessler kutatásait, melynek -az eddigi ismeretek rövid összefoglalása után- első lépéseiről igyekszik beszámolni ez a tanulmány.

FÖLDTANI ÁTTEKINTÉS

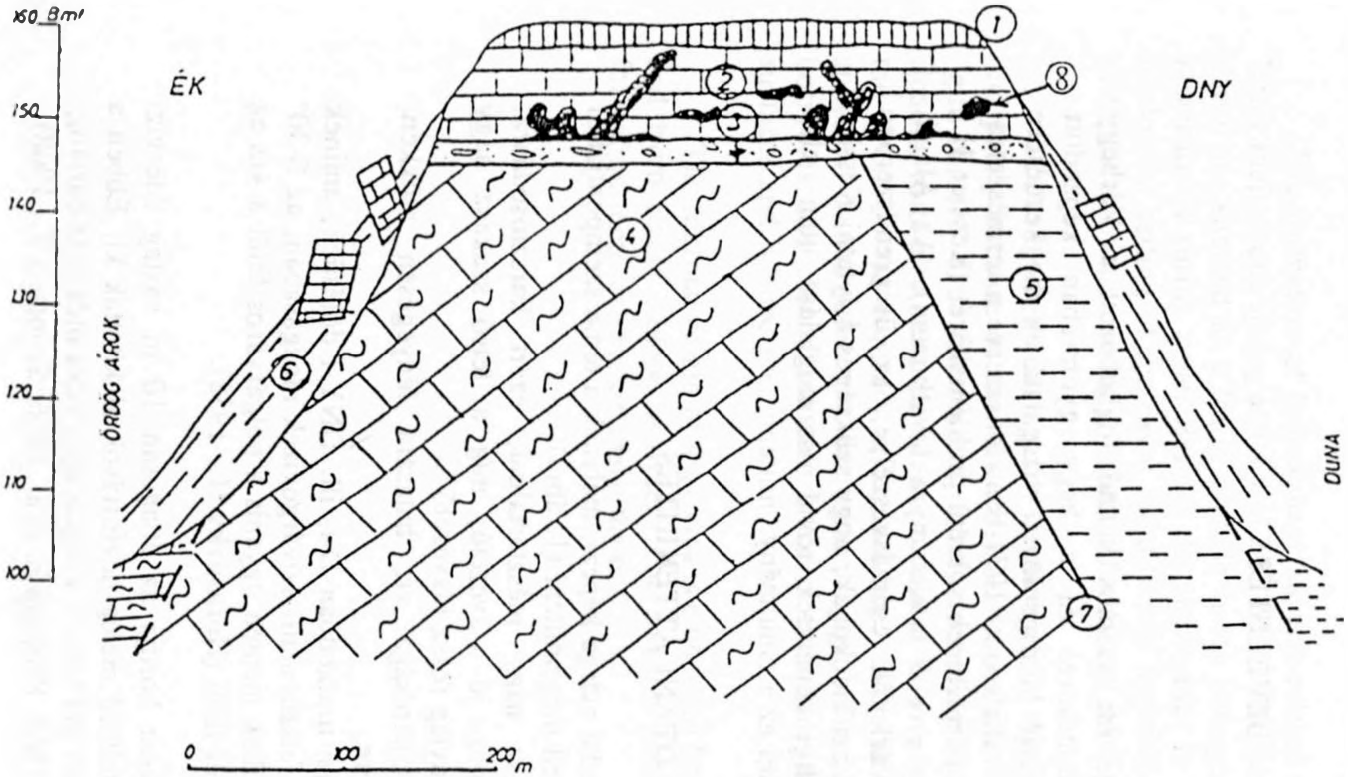
A hegy fő tömegét a budai márga képezi, melynek a téma szempontjából három fontos tulajdonságát kell megemlíteni (1. ábra):

a. az alsó összletrész nagy mésztartalmú, ezért karsztosodásra, üregképződésre hajlamos, jó vízvezető, míg a felső szakasz nagy agyagtartalmú és viszonylag rossz vízvezető

b. a márga nyomószilárdsága víz hatására lényegesen csökken, egyharmad-egynegyedére

c. a márgaösszlet padjai uralkodóan D-i, ill. DNY-i dőlésűek, aminek kiemelt szerepe van a felszín alatti szivárgóvizek mozgásában, az 5-30° között változó dőlési síkok mentén ugyanis a polgárváros felől a víz az Alagút felé áramlik (Dél felé) (Horusitzky H., 1938).

A hegy tetejét sapkaként borítja az átlagosan 10 m vastag édesvízi mészkő, melyet a területen feltörő meleg hévforrások alakítottak ki. Ebben a kőzetben és ennek alsó határán jött létre a világon igen ritka mésztufa barlang- és üregrendszer (Kordos L., 1969; Krolopp E. et al, 1976; Szontagh T., 1908).



1.) feltöltés 2.) Középső pleisztocén (felső biharium) édesvizi mészkő 3.) Kavics terasz 4.)felső eocén budai márga

5.) alsó oligocén kiscelli agyag 6.) lejtőtörmelék lecsúszott édesvizi mészkő blokkokkal 7.) vetők

8.) természetes barlang és üregrendszerek

1.ábra A Budai-Várhegy általánosított keresztszelvénye

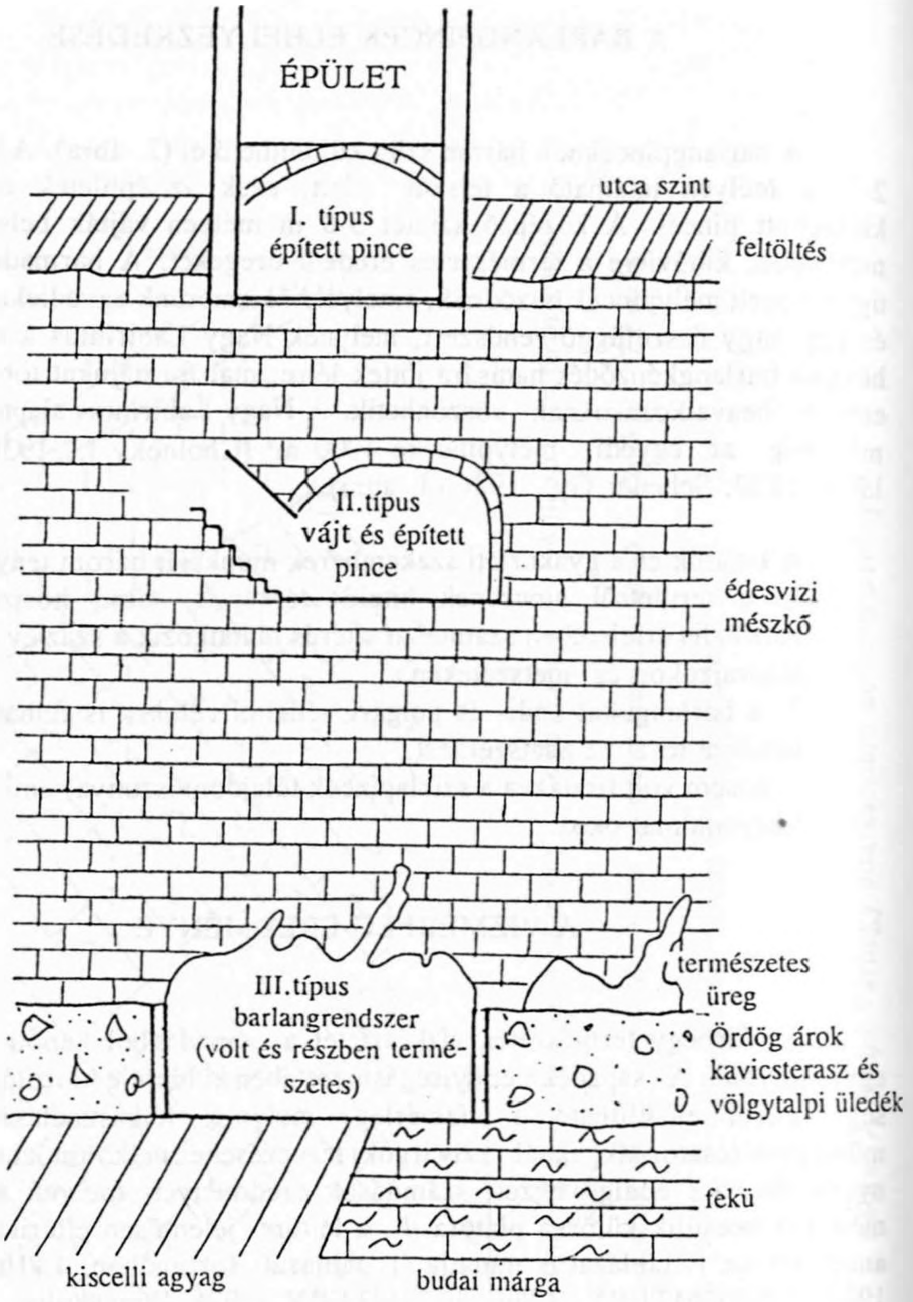
A BARLANGPINCÉK ELHELYEZKEDÉSE

A barlangpincéknél három szint különíthető el (2. ábra). A legfelső szint 2-3 m mélyen található a felszín alatt, ezek az épületek mesterségesen kialakított pincéi. A középső szintet 5-8 m mélyen vájták bele az édesvízi mészkőbe, kibővítve a természetes eredetű üregeket. A harmadik szinten az úgynevezett mélypincék húzódnak, amelyekből ismerünk egyedieket (kb. 60 db) és egy nagy összefüggő rendszert, melynek Nagy Labirintus a neve. Ezek a hévizes barlangképződés hatására jöttek létre, mai formájukat több évszázados emberi beavatkozásoknak köszönhetik. A Nagy Labirintus alapterülete 18000 m^2, míg az egyedi mélypincéké 4000 m^2 (Cholnoky I., 1936; Kadic O., 1933, 1939; Scheuer Gy., 1986)(3. ábra)

A kutatók és a gyakorlati szakemberek munkáját három tényező nehezíti:
1. a területről nincsenek hiteles térképek, mind horizontális, mind vertikális értelemben számtalan eltérés mutatkozik a száz év alatt készített alaprajzokon és metszeteken.
2. a barlangokat hadi- és polgári védelmi célokra is felhasználták, ami nehézzé teszi az adatszerzést.
3. sosem volt tisztázva a sziklapincék tulajdonviszonya, ami rengeteg jogi bonyodalmat okoz.

A VÍZMÉRLEG EREDMÉNYE

A Várhegy természetes vízkészletét a csapadékból kapott vizek tartják egyensúlyban. A csapadékmennyiség ismeretében különféle hidrológiai modellek segítségével előállítható a vízmérleg, melynek felhasználásával a vizes műtárgyak (csatornák, aknák, szivárgók) tervezéséhez nélkülönözhetetlen adatok nyerhetők. Az eddig végzett számítások eredményei- melyek a beszivárgás mértékét becsülik külön a platóra ill. a lejtőre- jelentősen eltérnek egymástól, amint azt az 1. táblázat is mutatja (1. táblázat; sorrendben: 1./Horusitzky H., 1937. 2-3/FŐMTERV, 1984. 4/FŐMTERV 1992). Ennek okai: a különböző területméretek alapulvétele, ill. a különféle számítási módok (párolgás figyelembevétele, lefolyási tényezők stb.)



2.ábra A vári pince-és barlang-rendszerek típus szelvénye

1. táblázat

Beszivárgás m^3/év		
Sorrend	plató felszinen	lejtő felszinen
1		241477
2	72102	91500
3		66000
4	244OO,ill.14600	

Kessler Hubert kétféle, nagyságrendileg is óriási eltérést mutató eredménye úgy született, hogy Kessler az üregekben talált vízmennyiségből visszafelé is kiszámolta a beszivárgás lehetséges mértékét. Eredményei azt bizonyítják, hogy a barlangpincékben lényegesen több víz van, mint amennyi a csapadékból lejuthatna. Ezt a víztöbbletet egyértelműen a hibás közműhálózat okozza, ám ennek bizonyítása nem túl egyszerű feladat.

A KÖZMŰVEK ÁLLAPOTA

A Fővárosi Vízművek 1985 óta végez rendszeresen időszakos vízveszteség méréseket a területen. Erre azért van szükség, mert egy kis hibahelyen lényegesen több víz szivároghat el, mint egy nagyobb csőtörés alkalmával (pl. 5 mm-es lyukon 24 l/perc). Ezek a hibahelyek főleg az illesztéseknél és a bekötéseknél jelentkeznek. 1990-es adatok szerint a Várnegyedben 7,7 m^3/h volt a veszteség, ami 110 mm/év csapadéknak felel meg (Somos É., 1988). Ez évi 70.000 m^3 vizet jelent, ami jórészt lefedi a Kessler által feltárt különbséget. Fontos megemlíteni, hogy a Fővárosi Vízművek, csakúgy mint a Csatornázási Művek csak a közterületeken felelős a vezetékeiért, azok üzemeltetéséért és karbantartásáért. A házi bekötő vezetékek állapota még rosszab, mint a közterületeken lévőké, bár ezek rekonstrukcióját folyamatosan végzik. Rövidesen beépítik a folyamatos vízveszteség-mérő műszereket a Vár platóján, ami nagyban hozzájárul a hibahelyek gyors kiszűréséhez. A Fővárosi Távfűtő Művek az idén végzi vezetékeinek cseréjét.

A Csatornázási Művek 1993-ban készített részletes állapotfelvételt a vári

csatornahálózatról, mely 5000 fm.hosszú, és egyesített rendszerű (FŐMTERV, 1992). Túlnyomó részüket az 1800-as évek végén fektették, ennek köszönhetően hidraulikai szempontból megfelelőek, sőt túlméretezettek. Viszont a statikai és vízzárósági követelményeknek nem felelnek meg, korrodálódtak, kiüregelődtek. A különféle műtárgyak, aknák állapota katasztrófális. A csatornákból elszivárgó vízmennyiséget csak nagyságrendileg lehet megbecsülni, amiben a kémiai és a biológiai vizsgálatok is nagy szerepet játszanak.

A KUTAK ÁLLAPOTA

Távlati célunk egy sok paramétert figyelembe vevő, az eddigieknél pontosabb vízmérleg készítése, melynek első lépcsőfoka a hidrológiai észlelőhálózat kiépítése. Ennek keretében egy éve működtetünk egy csapadékmérő műszert a Táncsics Mihály utcában (3. ábra), felkutatjuk a Várlejtőn található forrásokat (későbbi vízhozammérés), ill. begyűjtjük a közműhálózattal kapcsolatos adatokat. A legtöbb hasznos információ a kutak vizsgálatából nyerhető, az eddigi eredményeket a következőkben foglalom össze.

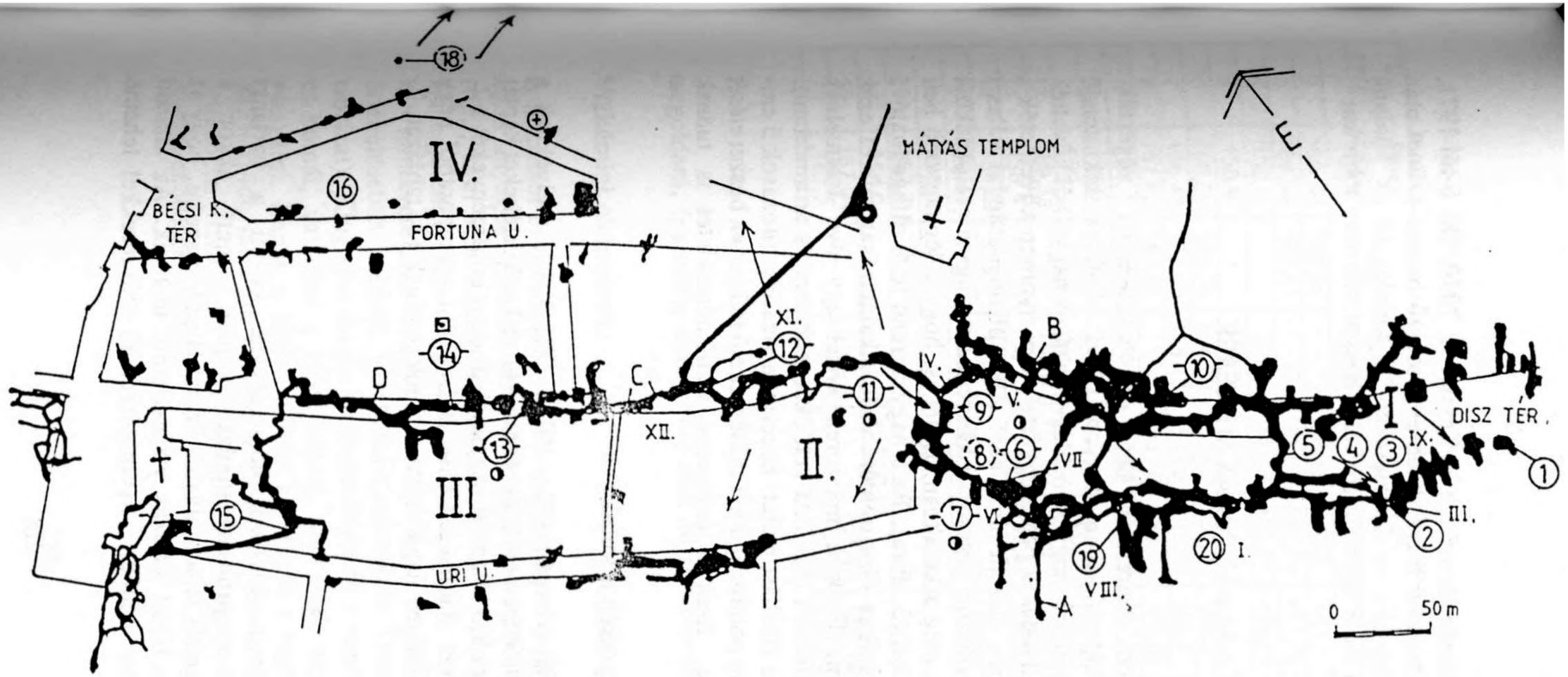
Az eredetileg létrejött mésztufa üregrendszer a csapadékból beszivárgó vizeknek természetes ciszternája volt, melyekből a XVII. században a korabeli leírások szerint 170 db. működött. Ezen ciszternák megcsapolására mélyítettek kutakat a mészkőbe, illetve a kisvízű üregek aljából a márgába. Míg az 1700-as években 75 kutat ismertek, addig az elfalazások, tömedékelések következtében napjainkra csak 20 vízadó kút maradt (3. ábra). A kutaknak 3 típusát lehet megkülönböztetni:

1. Sekély vízmerítő helyek, melyek csak a márgaréteget borító kavicsteraszig vannak lemélyítve (pl. Táncsics Mihály u. 5. alatti kút)
2. Közepesen mély kutak, melyek a márga feszínéig, vagy abba 1 m-ig vannak lemélyítve (pl. Dísz-tér 15.)
3. Mélykutak, melyek a márgába mélyen be vannak ásva (pl. Dísz-tér 10.) (Debreceni Búvárklub, 1994.)

A kútvizsgálatoknál a következő paramétereket kell megfigyelni:

vízállásváltozás, lehetőleg a csapadék függvényében
visszatöltődési idő (vízadóképesség)
vízhőmérséklet, léghőmérséklet
kémiai vizsgálatok
kutak közti kommunikáció (áramlások).

Ezeken kívül fontos megfigyelni a csepegési helyeket, az itt betörő vizek kemizmusát, kiterjedését, valamint csepegési intenzitását.



A-D csepegési helyek

kutak

mintavételi helyek mindkét alkalommal

mintavételi helyek egy alkalommal

vízszintmérő műszerek

automata búvárszivattyú

csapadékmérő műszer

IX. Kessler H. által vizsgált kutak

áramlási irány

Kessler H. által feltételezett áramlási irány

3.ábra. A Budai-Várhegy pince - és barlangrendszereinek alaprajza a mérési helyek feltüntetésével

A felsorolt megfigyeléseket és méréseket Kessler H. 1970. IX. 6-tól 1971. V. 30-ig végezte, míg a Debreceni Búvár Klub és a szerző hosszú szünet után 1993. V. 29-én kezdte meg újra az észleléseket. A Kessler és az általunk vizsgált kutak csak részben fedik egymást, mivel a hosszú idő alatt több kút hozzáférhetetlenné vált.

VÍZÁLLÁSVÁLTOZÁS MÉRÉSEK

A hetvenes évekbeli méréseket heti egy alkalommal végezték, mm-es pontossággal. A hidrológiában nagyon rövid idejűnek tekintendő észlelésekből annyi megállapítható, hogy a vízállásváltozások nagyjából követték a csapadék eloszlását, a hóolvadások pedig egyértelműen nyomon követhetők a vízszintadatok tükrében. Arra viszont nem lehet teljes bizonyossággal választ adni, hogy a csapadék és a vízszint kapcsolata közvetlen-e, vagy a csatornákból lejutott vízmennyiség jelent meg a kutakban. Érdekes, hogy a legnagyobb heti változás 170 mm volt (IX. kút)(3. ábra). Ez a nagyságrend tette elfogadhatóvá az általunk felszerelt mechanikus vízszintmérő órák alkalmazását, mivel ezek maximális holtjátéka 5 cm. Ezek a műszerek közel egy éve üzemelnek folyamatos regisztrációt biztosítva (havonta kell őket leolvasni és újraindítani), és eddig mindegyik konstans vízállást mutat. Eszerint a vízállásváltozások 5 cm-en belül mozognak, ezért mm pontosságú nyomásérzékelő műszerek beszerelését tervezzük kb. 7 db kútba. Ezek a műszerek vízhőmérsékletet is tudnak regisztrálni.

Visszatöltődés - vízadó képesség a kutakban

Kessler H. négy kutat vizsgált (III., VIII., IX., XII.), melyeknek a leszivattyúzás utáni visszatöltődési idejükből rendre a következő értékeket kapta: 3,9 l/nap\ 43 l/nap\ 16 l/nap\ 9,3 l/nap. A napjainkban mért eredményeket a 2. táblázat tartalmazza, melynek alapján a terület hidrológiai szempontból négy részre osztható, melyet a térképen nagy római számok jelölnek (2. táblázat, 3. ábra).

A vizek hőmérséklete

Megállapítható, hogy a kútvizek hőmérséklete követi a barlangi léghőmérsékletet, kivéve a próbaszivattyúzások után, mert akkor a visszatöltődéseknél felmelegedés tapasztalható. Ez azt látszik igazolni, hogy az utánpótlódás a réteghatáron tárolt statikus vízkészletből történik. Az állandó vízhőmérséklet mérést a fent említett nyomásérzékelő műszerekkel lehetne

2. táblázat

Kút s.szám	Pince p.szint	Nyugalmi vízszint 1994	1993	1984	1971	1970	mAf 1908	Közet h. mAf	Kút f. mAf	Vízadó kép. l/ó
1	158,2		157,8					156,5	155,5	400
2	160,49	156,84		156,13	156,9	157,1	153,7	158,0	144,84	0,16
3	158,56	157,41		157,03	157,79	157,75		158,0	154,61	0,6
4	158,9		158,6	157,77	158,77	158,78		158,0	157,6	
5	158,9		158,5					158,5	158,5	
6	158,59	154,79	154,79	153,92	155,26	155,27		155,40	151,49	1,8
7	156,48	155,43	155,13	154,62	156,79	156,67	156,34	155,40	153,83	
8	157,92	154,37		153,78	155,71	155,67		155,5	153,57	
9	158,1	156,6	156,4	156,84	157,79	157,96		155,0	155,3	
10	158,9	158,3						156,7	156,7	31
11	159,0	157,5	157,5		159,35	159,41	158,92	157,5	155,64	20
12	159,38	158	158,0	157,89	159,38	159,38	159,38	158,0	155,3	1,6
13	158,5	158,37	158,13		158,12	158,01	158,49	152,0	151,5	0,38
14	154,4	156,0	156,0					154,4	154,4	22
15	Száraz,	törme-	lékkel	feltöl-	tött					
16	153,0	153,0						152,0	152,0	60
17	153,7	153,7						153,2	153,2	420
18	164,0			151,66				153,0	148,01	90
19	157,94				156,88	157,14	157,94		156,58	1,8
20	157,2				156,95	157,06	157,2		155,3	

megoldani, így eddig csak kevés adat áll rendelkezésünkre.

Vízkémiai elemzések

A huszonöt évvel ezelõtti vegyi vizsgálatok a víz SO_4 és NO_3 tartalmát mérték. Ezen anyagok jelenléte ott volt kiugróan magas (600 mg/l SO_4 és 940 mg/l NO_3), ahol nem lehetett kapcsolatot találni a csapadékvizekkel. Néhol az NH_4 is megjelent. A mai vizsgálatok eredményeit a 3. táblázat tartalmazza. Az eddigi két mintavételezés alapján (1994. VII. 5 és 1994. IX. 21. a vizsgálatok értékelésében a BME Vízellátás-Csatornázás Tanszéke volt segítségemre)(3. táblázat). Kiugróan magas értékeket kaptunk a vezetőképességre a 7-es és a 12-es kútnál, valamint a 10-es kútnál, amit csak egy alkalommal volt módunk vizsgálni. Ennek a három kútnak a vízében a legmagasabb a klorid-ion- és a nátrium-ion tartalom is, ami a szennyvíz jelenlétét igazolja. A 9-es kút vize jelentősen tisztult az első alkalomhoz képest, de most sem zárható ki a szennyeződések jelenléte.

Vízminták vizsgálata

3. táblázat

1994. VII.6.

Mintaszám	pH	Vezetőképesség µS	Oxigénfogy. ps. mg/L	Na mg/L
6	8,50	1280	2,80	81,49
7	8,55	2080	2,00	315,70
9	8,77	1420	3,44	107,3
11	8,52	1330	2,72	68,3
12	8,31	3800	2,48	386,6
13	8,40	900	1,92	73,83
14	8,57	690	1,84	25,33
A+	8,68	650	2,40	11,42
B+	8,70	520	2,72	11,85
C+	8,50	530	1,52	11,72

1994.IX.21.

Mintaszám:	pH	Vezetőképesség µS	Oxigénfogy. ps	Klorid ion mg/L	Na
6	7,84	1080	3,04	148	78,14
7	8,03	2050	2,08	580	364,6
8	7,45	1700	2,8	208	109,5
9	7,69	670	2,96	50	35,12
10	7,78	1800	2,48	438	197,2
11	7,65	1190	2,80	134	66,38
12	7,64	3380	1,68	1076	415,00
13	7,79	800	1,60	72	79,29
14	7,69	530	1,04	36	19,02
18•	7,60	1260	12,8	270	99,03
A+	8,21	465	1,12	28	11,92
B+	7,91	520	2,32	32	25,74
D+	8,22	960	3,92	186	128,10

• Fluoreszceines volt a minta

+ csepegési hely, vízkitörés

Áramlási viszonyok

Kessler nem is próbálkozott a kútvizek megfestésével, mivel az áramlás sebessége rendkívül kicsi, hanem a vízszintekből próbált következtetni az áramlási irányokra (3. ábra). Néhány helyen próbálkoztunk a vízfestéssel, de ez a Nagy Labirintus területén nem járt eredménnyel, viszont a mi vízállásadataink alapján semmiféle áramlás nem regisztrálható. Külön érdekesség, hogy az egymáshoz nagyon közel lévő 6-os és 7-es kút között sem tapasztaltunk semmi kapcsolatot, amit a jelentősen eltérő vegyi paraméterek is bizonyítanak. Ezzel szemben a IV-es jelű területről a kútvizek egyértelműen a Várlejtő felé szivárognak, amit a vízfestések is igazoltak. (Pl. a Táncsics M. u. 15. alatti kút vize a Kagyló lépcső mellett szivárog ki, ami ÉNY-DK-i irányú áramlásnak felel meg. 3. ábra). Ez a támfalak megrongálódását, sőt megcsúszását is okozhatja, amire az elmúlt időszakban többször is akadt példa (pl. Halászbástya).

Csepegési helyek

Ahol magas a minta elektromos ellenállása és kicsi az ionkoncentráció, ott a csepegés valószínűleg vezetéki vízből származik, ahol ez a reláció fordított, ott szennyvíz jelenlétére kell gyanakodnunk. Ezeken a helyeken erre az elviselhetetlen szagokból is következtethetünk. A főtén a vizesedések 1-től 40 m^2-ig terjedtek el, a csepegések intenzitását a közeljövőben kezdjük mérni. Kessler helyenként 6000 l/nap értéket is észlelt m^2-ként. Mi a csepegési és vízbetörési helyeknél ugyanazokat a kémiai paramétereket vizsgáltuk, mint a kútvizeknél (3. ábra, 3. táblázat).
Az "A"-val jelölt részen mindkétszer tiszta vizet találtunk, ami azért érdekes, mert májusban állították helyre a pont felett húzódó vízvezetéket, ami addig el volt törve. Ennyi ideig nem tározódhatott a kőzetben az addigi hibából származó víz és így nincs magyarázat a folyamatos utánpótlódásra. A "B" pont közvetlen kapcsolatban van a csapadékkal. Az első mintavétel előtti két napon összesen 57 mm csapadék esett, ami elöntötte a környező üregeket. A második alkalomra az intenzitás jelentősen lecsökkent, a víz minősége alig változott. A "C" pontbeli csepegésnél a vegyi paraméterek ivóvíz minőséget mutatnak, pedig az egész Labirintusban itt van a legkellemetlenebb szaghatás. Lehet, hogy a mészkő kiszűrte a szennyezőanyagok egy részét, vagy a helyi körülmények teszik lehetővé a baktériumok elszaporodását. A "D" vizsgálati pontnál több helyen a falakból dől a víz. Valószínűleg az Országház utcai közműépítések következtében sérült meg valamelyik vezeték, lehet, hogy fűtővezeték, de a kemizmusa alapján szennyvíz is lehet.

EREDMÉNYEK

A Várhegyről, mint önálló hidrológiai egységről kevés ismeret áll rendelkezésünkre. A legtöbb hasznos információ a barlangi kutak vizsgálatából nyerhető, melyek alapján a következő megállapításokat tehetjük:
A kutak vízszintje nem változott az 1 éves megfigyelés alatt az időnkénti kiugróan magas csapadék hatására sem. Néhány kút vize erősen szennyezett.
A Nagy Labirintus kútjai között nincs kommunikáció, amit a vízfestések és a vegyi vizsgálatok is igazoltak.
A különálló üregek néhány kútjából ÉNY-DK-i irányú áramlás figyelhető meg, ami komoly műszaki problémákat okozhat.
A megkezdett hidrológiai kutatások folytatásához elengedhetetlen a barlangpincék precíz feltérképezése, korszerű műszerek beszerzése, az elfalazott kutak feltárása.
Ezen feltételek teljesülésével pontos képet adhatnánk a Várhegy vízháztartásáról, amivel a most folyó veszélyelhárítási munkálatokat is segíthetnénk.

IRODALOM

Cholnoky J.: A budai várhegyi barlangok. Barlangvilág. 1936

Debreceni Búvárklub: Összefoglaló jelentés a budai Várbarlang 1993. május 29. - 1994. január 28. között vizsgált és tisztított kútjainak hidrogeológiai megfigyeléseiről. Kézirat. 1994.

FŐMTERV: Mérnökgeológiai adatszolgáltatás a budai vári pincék anyagához. Kézirat 1984

FŐMTERV: Tanulmány a csatornahálózat állapotáról. Kézirat 1992.

Horusitzky H.: A budai Várhegy csuszamlási okairól új megvilágításban. Földtani Közlöny, 1937.

Horusitzky H.: Budapest Duna-jobbparti részének geológiai viszonyai. Hidrológiai Közlöny, 1938.

Kadic O.: Beszámoló a várbeli pincebarlangok kutatásáról. Barlangvilág, 1933.

Kessler H.: A budai Várbarlangban végzett hidrológiai mérések értékelése. Kézirat, 1971.

Kordos L.: A budai Várhegy és a Várbarlang földtani viszonyai. Karszt és Barlang, 1969.

Krolopp E. et al.: Budai Várhegy negyedkori képződményei. Földtani Közlöny, 1976.

Scheuer Gy.: A budai Várbarlang geológiai vizsgálata, geológiai állapotfelvétel. Kézirat 1986.

Somos É.: Vízveszteség elemzés a Fővárosi Vízműveknél. FVM Műszaki Közleményei, 1988.

Szontagh T.: A budai várhegyi Alagút hidrogeológiai viszonyai. Kézirat 1908.

Hajnal Géza
doktorandusz
Budapesti Műszaki Egyetem
Mérnökgeológiai Tanszék
Budapest
Stoczek u. 2.
H-1521

HYDROLOGY OF THE CASTLE HILL CAVES IN BUDA

by

G. Hajnal

SUMMARY

Castle Hill of Buda is a relatively small elevated block in Budapest which is mainly composed of Eocene marls, Oligocene clays and covering fluvial sediments and travertine. In this area an extended three-level cellar system is found. The upper two cellar levels are artificial ones while the lowest one is an artificially extended dissolutional cave system. The natural caves were formed within the travertine or in the basal beds of travertine in the terrace gravels. The most extended cellar system is approx. 4.4 km long and called "Labyrinth".

Because of the location and building cover of the Castle Hill the available hydrological data sources are very limited. The most useful information on the hydrogeology is provided by the analyses of wells of the Labyrinth and of individual cellars.

The studies demonstrated that the water level of wells did not changed in the last year despite of the extreme high precipitation rate. Some of the wells are polluted with sodium, chloride.

The chemical analyses and water dyeing showed that there is no direct communication between the individual wells of the Labyrinth although there are individual wells where a NW-SE flow was recorded. This water seepage can cause severe stability problems (retaining walls, house foundations etc.).

Further tasks include the detailed mapping of cellar system, the recording of hidden wells and analyses of hydrological data. These would provide further information for the water balance of Castle Hill and would serve as a basis for hazard minimizing works.

FOSSZILIZÁLÓDÓ KARSZTOS FORMÁK ÉS KÖRNYEZETÜK FEJLŐDÉSÉNEK ÉRTELMEZÉSE KITÖLTŐ ÜLEDÉKEIKKEL

Dr. Veress Márton

BEVEZETÉS

A Bakony-hegység laza üledékekkel fedett térszínein gyakoriak a fosszilizálódott felszíni karsztos formák (inaktív víznyelők ill. inaktív víznyelős töbrök). A fosszilizálódott karsztos formák a fedett karsztos felszíneken többnyire könnyen felismerhetők. E helyeket ugyanis hosszabb-rövidebb ideig pangóvizes állapot jellemzi. A köznyelv dagonyáknak nevezi az ilyen helyeket (ezeket először Hunfalvy J., 1863. említi a karsztos formák között) a csapadékvíz tartós megmaradása miatt.

Morfológiailag az alábbi dagonya típusok különíthetők el:

zárt, mélyedés jellegű forma, határozott peremmel (a vízkitöltés tartós, vagy gyakorlatilag folyamatos),
nyitott, nem zárt mélyedés, ahonnan meder indul (a túlfolyó víz részben csapadékvízből, részben talajvízből származik),
mélyedés nincs, de a felszín környezetéhez képest sötétebb színű.

Valószínűleg nem minden fosszilizálódott felszíni karsztos forma esetében alakul ki dagonya, ill. nem minden dagonyás helyen létezett korábban felszíni karsztos forma. A karsztos eredetű dagonyák létezését az alábbiak bizonyítják:

egyes ikres karsztos mélyedések egyik részmélyedése dagonyát hordoz, a másik részmélyedése még aktív karsztos forma,
a zárt, mélyedés jellegű dagonya típusok léte,
néhány feltárt dagonyában a kitöltő üledékek a peremek felől a centrum irányába dőlnek.

A dagonyák üledékeinek értelemzésével az alábbiak vizsgálhatók:

a karsztot fedő üledékek ill. azok szállításának és a karsztosodásnak egymásra gyakorolt hatása,
a háttér területek lejtés viszonyainak, morfológiájának alakulása és így a karsztos térszínen lejátszódó lepusztulási és akkumulációs folyamatok

E munkában mindezt egy dagonya esetében vizsgáljuk.

KARSZTOS EREDETŰ DAGONYÁK GENETIKAI TÍPUSAI

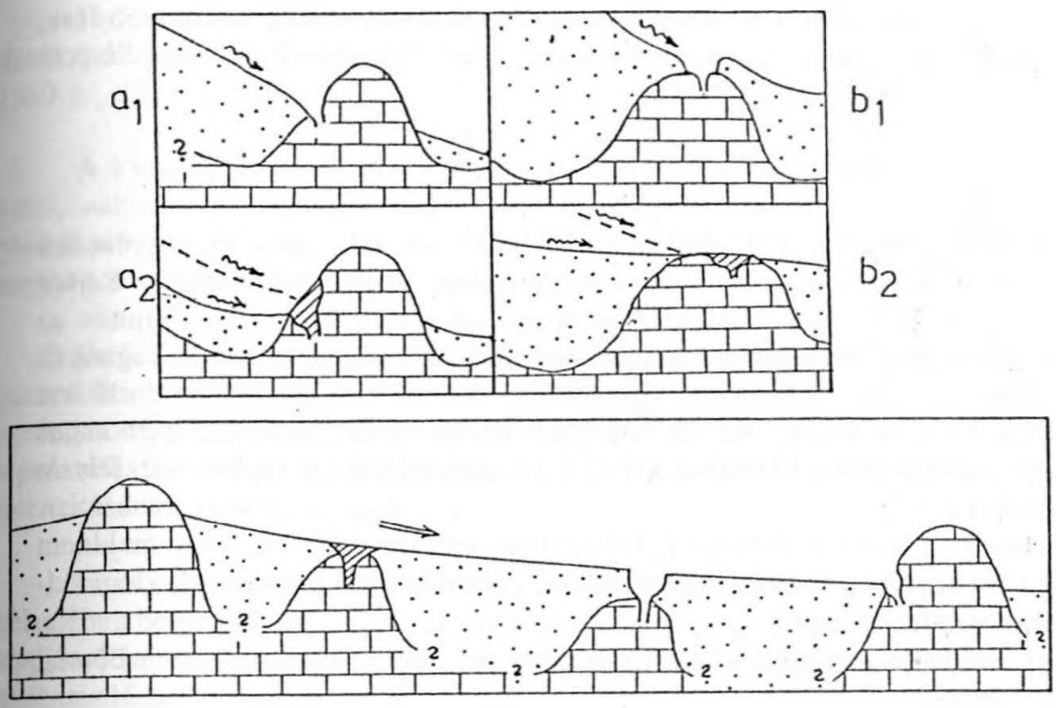
A karsztos eredetű dagonyák ott alakulhatnak ki, ahol a víznyelőként funkcionáló karsztos mélyedés járata vagy járatai olymértékben eltömődnek, hogy a vízelvezetés szivárgásba megy át, majd ez is teljesen megszűnik. E folyamat napjainkban a hegység számos víznyelőjénél ill. víznyelős töbrénél kimutatható (Veress M. 1987). Ha a karsztos mélyedésben aktív időszakban tó alakul ki a feltöltődés lesz az uralkodó (Veress M. 1987). Minél kisebb a tó vízszintjének a süllyedési sebessége, annál finomabb és annál több üledék rakódhat le a derítőként funkcionáló mélyedésben. A folyamat önmagát erősíti mindaddig, amíg a teljes elzáródás bekövetkezik, hisz a feltöltődés következtében a tó vízszintjének süllyedési sebessége egyre csökken. Az elvezető járat teljes elzáródása esetén növényhulladékos összlet keletkezik (a besodort növényhulladék teljes egészében az aljzaton akkumulálódik) ill. bizonyos körülmények mellett laminites összletek keletkezhetnek, továbbá felfelé a kitöltésben egyre kisebb dőlésszögűek lesznek a réteghatárok (Futó J. 1980., Veress M. 1986, 1987).

A fosszilizálódás feltételei az alábbiak:
gyengén fejlett vízelvezető járat a karbonátos kőzetben,
a laza fedőüledékek jelenléte a háttérterületeken,
a háttérterület kicsi lejtése.

Az eltömődési, feltöltési folyamat kétféle kőzethatár típus mellett is bekövetkezhet, amelyek jelzik az eltömődő karsztos mélyedés típusát és morfológiai környezetét. Ezek az alábbiak:

Víznyelős töbör típusú dagonya

A karsztos mélyedés a fedőüledékek elvégződésénél helyezkedik el (kőzethatár) völgyben, vagy vakvölgy végében (1. ábra). Ha a karbonátos térszínen - amely tektonikus, vagy paleokarsztos eredetű kiemelkedésekkel tagolt - a kőzethatár



Jelmagyarázat:

- mészkő
- laza fedőüledék
- jelenlegi völgytalp
- korábbi völgytalp
- felszini karsztos forma elvezető járattal
- dagonya
- kőzethatár
- rejtett kőzethatár

a víznyelő típusu dagonya kialakulása vakvölgyben / a_1 kezdeti, a_2 jelenlegi állapot/

b víznyelő típusu dagonya kialakulása völgyben /b_1 kezdeti, b_2 jelenlegi állapot/

c víznyelős töbör típusu dagonya kialakulása kiemelkedésekkel elzárt,lefolyástalan,fedett térszinen

1.ábra. Különböző dagonya típusok kialakulása.

lefelé nem tolódhat el az exhumálódás során, a kőzethatár statikus kőzethatárrá alakul (Veress M. 1991). Ilyenkor a völgytalp esése egyre kiegyenlítettebb lesz, a mélyedésben egyre finomabb üledék érkezik. Az itt kialakult dagonya állapota és a környezet morfológiája stabilizálódik.

Víznyelő típusú dagonya

A karsztos mélyedés fedőüledékekben alakul ki ott, ahol az egyenetlen karbonátos felület elég közel kerül a felszínhez (rejtett kőzethatár). Rejtett kőzethatáron a dagonya kialakulás feltételei különösen kedvezőek, miután az elvezető járat részben laza üledékekben képződik. Az e típusba tartozó dagonyák tetőhelyzetűek. A sasbércek egyenetlen karbonátos felszínének elfedett magaslatain képződnek. Az exhumálódó sasbérceken, amelyek karbonátos felszíne paleokarsztos kiemelkedésekkel és mélyedésekkel tagolt, két felszín típus is kialakulhat:

kis lejtésű, laza üledékekkel fedett térszín, amelyet teljesen, vagy majdnem teljesen zárttá tesznek az exhumálódott paleokarsztos magaslatok (Homód-árok, Mester-Hajag),

laza üledékkel kitöltött, teljesen zárt mélyedés (Parajos-hegy, Eleven-Főrtési töbörcsoport).

A víznyelős töbör dagonya típus e térszíntípusokon jelenik meg, rendszerint aktív karsztos formák társaságában. Megfigyelhető, hogy a dagonyák e térszíneken a karsztosodásban rásegítő szerepet játszanak. Területükre került csapadékvíz túlfolyva, a recens karsztos mélyedésekbe kerül. Végeredményben valamely aktív karsztos mélyedésnek lokalizált vízgyűjtő területét (vagy területeit) adhatja a határos dagonya.

E helyeken a fedőüledékek mozgását az alábbiak jellemzik:

A fedőüledék felszíni elszállítása lefékeződhet, a már kialakult dagonyák stabilizálódnak.

Helyi áthalmozódás következtében ugyanazon helyen lepusztulás és felhalmozódás ismétlődhet, amely a karsztos forma fosszilizálódásának és aktivizálódásának akár többszöri váltakozását is eredményezheti.

A fedőüledékek elszállítódása a karsztos járatokon keresztül történik, ami a karsztosodó sasbérc részlet zárt jellegét tovább növeli. E térszín részleten a kialakuló recens karsztosodás és a mélybeni üledék elszállítás egymást erősítik. A recens karsztosodást dagonya képződés kíséri.

DAGONYA ÜLEDÉKEK ÉS ÜLEDÉKSZERKEZETEK

Fedett karsztos környezetű karsztos mélyedések leggyakoribb kitöltő üledékei a kőzetliszt, anyagos kőzetliszt, kőzetlisztes agyag és az agyag (Futó J. 1980 a., 1980 b., 1982).

A karsztos mélyedésben a kitöltő üledékek szemcseátmérője felfelé durvább, változatlan, vagy finomodó lehet attól függően, hogy a vízelvezető kapacitás nő, stagnál, vagy csökken (Veress M. 1986, 1987). Teljes elzáródás esetén a szemcseátmérő ugyancsak változhat.

Felfelé durvább szemcséjű üledékkitöltés esetén a háttér területen a lepusztulás intenzitása nőtt (háttér terület lejtése megnőtt, vagy növénytelenné vált, esetleg a csapadék mennyisége növekedett). Felfelé finomodó üledékkitöltés a lepusztulás intenzitásának csökkenését, változatlan üledékkifejlődés a lepusztulás intenzitásának változatlanságát jelzi.

Finom (agyagos) üledék kitöltés esetén a háttérterületen, vagy a mélyedés belsejében bekövetkezett állapotváltozásokra már csak egyéb, járulékos üledékek alapján lehet következtetni. Ezek az alábbiak (csak a példaként kezelt dagonyában előfordulókra térünk ki):

Faszén előfordulhat gumók (cm-es vagy dm-es átmérővel), vagy a kitöltő üledékekkel kevert kifejlődésben. A faszén keletkezése nemcsak a mélyedés elzáródását (növényhulladék leülepedése) jelzi, hanem oxigén szegényes környezetet is. A gumós kifejlődésű faszén akkor keletkezik, amikor a még meglévő mélyedésbe számottevő üledék érkezik és eltemeti az aljzaton kialakult növényi hulladékot.

A kevert faszenes összlet kisméretű anyagbeszállításnál képződik.
Ez nem csak a háttérterület igen kis lejtését feltételezi, hanem azt is, hogy az oxigén hiányos környezet nem eltemetődés mellett jön létre. Ennek feltétele a már kis méretű mélyedés állandó, gyakori, elég tartós vízzel borítottsága. A vízzel borított aljzaton a némi üledékkel elfedett növényhulladék szenesülése játszódik le viszonylag gyorsan (lényegében ezen összlet tipikus dagonyás környezetben keletkezik).

A vas felhalmozódások vasoxid és limonit formájában fordulnak elő. A vasoxid az agyagos kitöltésben feldúsulva, a limonit konkréciók formájában, ritkán bekérgeződést alkotva. A limonit vasoxiddal és kevert faszenes összlettel és faszén gumókkal is előfordul. Nem jellemző viszont a vasoxidnak és

a kevert faszenes összletnek az együttes előfordulása. (E helyett az előző az utóbbi alatt helyezkedik el a kitöltésben.)

E másodlagos vas felhalmozódások felszínközeli mállási folyamatok során dúsulnak fel és végeredményben a talajból származnak (Fekete J. 1988). A reduktív körülmények között keletkező vasoxidok könnyen oldatba mennek. Ha a kitöltésbe leszivárgó víznek nő a pH-ja, a vasoxidok kicsapódnak. Az oldat pH növekedése valószínűleg a faszén keletkezésével kapcsolatos. A nagy fajlagos felületű faszén a savakat (elsősorban a szerves savakat) abszorbálja. (A megkötés annál nagyobb, minél nagyobb a sav koncentrációja, és minél kisebb a rendszer hőmérséklete).

A limonit keletkezése a talajvízszint ingadozására vezethető vissza. A talajvízszint emelkedésekor ferro-oxid (reduktív viszonyok), talajvízszint csökkenésekor a könnyen kicsapódó ferri-oxid (oxidativ viszonyok) keletkezik (Fekete J. 1988).

Végeredményben a vasoxid dagonyák alatt szivárgó vizekből keletkezik, míg limonit akkor képződik, amikor a kitöltő üledékekben a talajvíz megjelenik. Így keletkezésekor a katsztba való felszini vízátadás teljesen megszünik.

Miután a limonit a talajvízszint ingadozási zónájában keletkezik (valószínű a már kialakult vasoxidból) kialakulása nem feltétlenül kötődik aktív talajhoz, tehát egy aktuális felszínhez.

A mészkiválláson konkréciók formájában (átmérőjük néhány cm.) fordulnak elő a kitöltésben. A konkréciós zóna több m-es vastagságú is lehet.
Miután többnyire a faszenes gumós zónák ill. a kevert faszenes zónák felett jelenik meg feltehetően a faszén képződési viszonyok megszűnését követően keletkezik. A mészanyag a kitöltésen át szivárgó vizekből csapódik ki. A mészkiválláson az alábbi okok miatt következik be:
a háttérterületeken relative magas $CaCO_3$ tartalmú üledék akkumulálódik,
lecsökken az elszivárgó víz mennyisége,
a szivárgó víz pH-ja lecsökken (faszén hiányában a savasság növekedése miatt CO_2 távozik a rendszerből):

Végeredményben ha a háttérterületen adva van a $CaCO_3$ forrás, mészkiválláson akkor lehet számítani, ha a dagonyás állapot megszűnik (nincs mélyedés így a vízutánpótlás lecsökken, vagy a háttérterület kicsi lejtése miatt növényi hulladék nem kerül a fosszilizálódó mélyedés területére), de még a kitöltő üledékekben a karszt irányába vízszivárgás mehet végbe.

növényi hulladék nem kerül a fosszilizálódó mélyedés területére), de még a kitöltő üledékekben a karszt irányába vízszivárgás mehet végbe.

A kitöltő üledékek szerkezete lencsés kifejlődésű, a réteg és összlethatárok ívesek, hullámosak ill. zsákszerű bemélyedésekkel tagoltak. A hullámos lefutású összlethatárok a kitöltő üledékek lepusztulásával (eróziós diszkordancia felszínek), míg a zsákszerű bemélyedések akkor alakulnak ki, amikor a karsztos járat aktivizálódása eredményeként a kitöltő üledékek beszakadoznak.

A fosszilizálódó karsztos forma kitöltő üledékei által létrehozott felszínen másodlagos mélyedés (a dagonya mélyedése) képződhet mert:

a beszállított anyag tömörödik,
anyag szállítás játszódik le a felszínközelből a mélyebb szintek irányába,
a kicsapódó anyagok hézagtérfogata kisebb mind mielőtt oldatba mentek volna.

A másodlagos mélyedés valószínűleg kialakulhat a már meglévő karsztos mélyedésben is, vagy egy teljesen feltöltött felszínen is. A másodlagos mélyedés fokozatosan, hosszabb fejlődés eredményeként (a kettő egymást feltételezi) fejlődik ki.

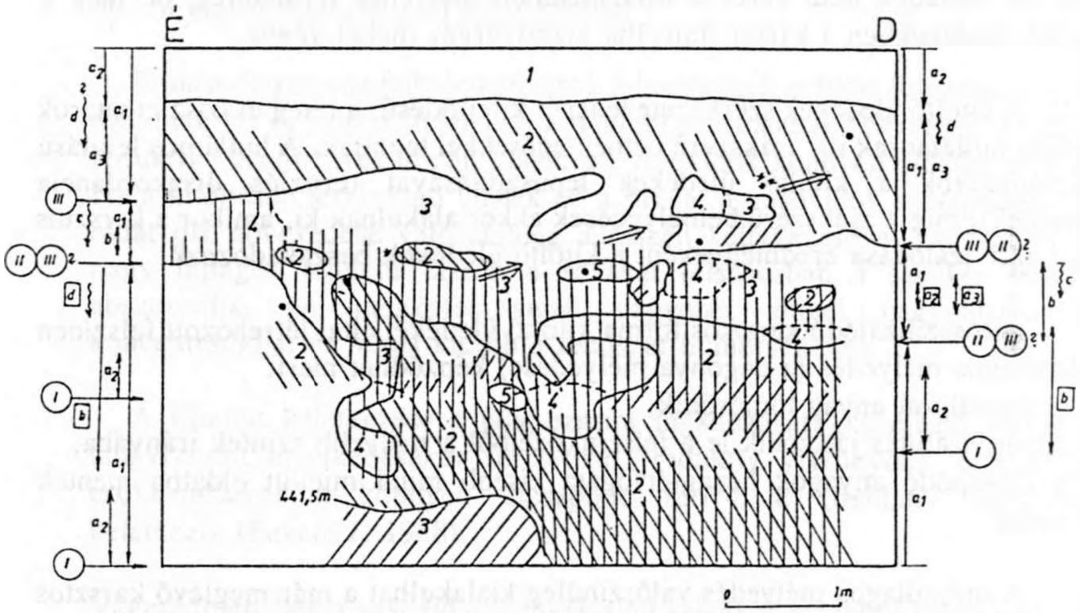
A D-14 JELŰ DAGONYA ÜLEDÉKKITÖLTÉSÉNEK ÉRTELMEZÉSE

A D-14 jelű dagonya a Hárskúti-fennsík (Bakony-h.) déli peremén az un. Homódi-árki fedett karsztos térszínen fekszik. Itt középső-eocén korú mészkő kiemelkedések által közrefogott lényegében lefolyástalan, fedett térszínen számos, aktív karsztos mélyedés és dagonya található. A dagonyák és a karsztos mélyedések gyakran közvetlenül egymás mellett fordulnak elő.

A D-14 jelű dagonya kutató gödre 4,5 m (maximális) mélységben és 6 m-es hosszúságban lett kialakítva (2. ábra). A kutatógödör csak azokat az üledékeket tárta fel, amelyek a hajdani víznyelős töbörnek erőteljes fosszilizálódó szakaszában keletkeztek.

Feltűnő, hogy a kitöltés É-i ill. D-i szárnya eltéréseket mutat, ami bizonyára azzal magyarázható, hogy a kitöltés során a vízelvezetési hely D felé tolódott el.

A feltöltődés kis lejtésű háttérterület mellett mehetett végbe (agyagos üledékek keletkeznek). A feltöltődés során két alkalommal is elzáródhatott az elvezető járat (ezt a kutatógödör fala nem harántolta), amely mindkét alka-



Jelmagyarázat:

- 1 recens kitöltés és talaj a dagonyában
- 2 szürke agyag
- 3 szürke-sárga kevert agyag
- 4 gyengén sárgás agyag
- 5 többszínü kevert agyag
- anyaghatár
- faszenes összlet
- gumós kifejlődésü faszén
- vasoxid
- limonit
- nezes összlet
- vízelvezető hely valószinüsíthető vándorlása a feltöltés során
- a_1 feltöltés általában
- a_2 lassú feltöltődés /dagonya állapot/
- a_3 gyors feltöltődés /eltemetődés/
- b mélyedésen belüli áthalmozódás, részmélyedésen belüli feltöltődés
- c mészkiválás/dagonya nélküli térszinről elszivárgás/
- d teljes inaktivizálódás /limonit képződés, talajvíz/
- a jel kezdete hozzávetőlegesen jelzi a beszivárgási felszint
- a folyamat a fosszilizálódó mélyedésen belül lokalizált
- I elvezető járat elzáródása
- II felnyílás, vízelvezetés
- III lepusztulás/eróziós diszkordancia felület/

2.ábra. A D-14 jelű dagonya kutató gödrének üledékei.

lommal dagonya kialakulásával járt. A későbbi inaktivizálódás (kb. 442,5 m-nél) vagy nem tartott hosszú ideig, vagy az üledékbeszállítás sebessége kicsi lehetett.

Ezt követően az elvezető járat aktivizálódása a fedőüledékekben is elvezető járatok kialakulását eredményezte. (Nem zárható ki, hogy az elvezető járatok eróziós diszkordancia felületről nyíltak, bár ez a felület lehet a mélyedésen belüli áthalmozódás eredménye is, amit éppen a járat, vagy járatok kialakulása váltott ki. A fedőüledékek esetleges kivékonyodása kedvező feltételt jelenthetett a karsztos aktivizálódáshoz.)

Az aktivizálódás során a kitöltő üledékben kialakult mélyedés (vagy mélyedések) ezt követően eltemetődik (faszén gumó). A kisméretű medencék feltöltődése lencsés üledékszerkezet kialakulásával jár. Amelyiknél a feltöltődés lassabb a kialakuló dagonya jelleg miatt kevert faszenes összlet ill. lokális kifejlődésben vasoxid keletkezik. Ezt a feltöltődést a dagonya területén is lejátszódó lepusztulás követi, amelyet ismételten feltöltődés követ, ez újabb, a jelenleg is létező dagonya állapot fokozatos kialakulásával jár. Megjegyzendő a faszén gumós kifejlődése is előfordul a D-i szárnyon. Ez eltemetődésre is utal, ami bizonyára elvezető járat nélküli állapot mellett mehetett végbe. A gyors feltöltődést a magasságkülönbség megnövekedése okozhatta, ami a háttérterületen az akkumulációra, vagy a mélyedés területén a lepusztulásra vezethető vissza.

A már csak vízszivárgásra utaló mészkiválláson zóna a második diszkordancia felület kialakulásánál fiatalabb (a mészkiválláson zóna felső felülete ezen felület ill. ez alatt húzódik). Jelenléte a háttérterületen $CaCO_3$-ban gazdagabb üledék kifejlődésére, ill. ekkor a dagonya állapot hiányára utal.

A vasoxidos összletek 3 zónát alkotnak. A középső nem egységes valószínűleg azért, mert a felette elhelyezkedő faszenes összlet sem egységes kifejlődésű (részdagonyák). A felső vasoxidos összlet kialakulása már a jelenlegi dagonya létezéséhez kapcsolható.

A limonitos konkréciók a kitöltés felső részében valószínűleg már a jelenlegi felszín kialakulását követően képződtek ott, ahol az ingadozó talajvíz szintjében vasoxidos volt a kitöltés.

ÖSSZEFOGLALÁS:

A dagonya állapot - számottevő külső hatások hiányában - stabilizálódik. Az itt lejátszódó geokémiai folyamatok fenntartják a mélyedés jelleget, ami

kedvező körülményeket biztosít e folyamatok fennmaradásához.

Valószínű, hogy a nem állandó vizű dagonyák esetében a tömörödés és az oldott anyagok kicsapódásának kisebb mértéke miatt elszivárgás még van a karsztba, talajvíz még nem alakult ki, a szenesülés időtartama rövid. Így karsztos újra aktivizálódásuk is bekövetkezhet. Az állandó vizű dagonyák esetében szivárgás nincs a talajvíz jelen van a kitöltésben. (Minél inkább kifejlődött a talavíz a dagonyát annál hosszabb ideig jellemzi vízzel borítottság és annál számottevőbb lesz a területén a másodlagosan kialakult mélyedés.) Végül a nyitott, nem zárt dagonyák területén lepusztulás megy végbe. Felső üledékeik lecsonkolódását követően a vízszivárgásra esetleg a karsztos járat újraképződésére is lehetőség van.

A fosszilizálódó karsztos formák pillanatnyi állapotára és környezetének viszonyaira a járulékos üledékek keletkezési körülményeinek tisztázásával lehet következtetni.

Faszén gumókból a mélyedés eltemetődési mértékének növekedésére, a faszénnel kevert összletből a pangóvizes állapotra lehet következtetni. A vasoxid jelenléte vízelszivárgást jelez magas pH mellett, míg a mészkiválás vízelszivárgásra utal a dagonya állapot megszünésekor. (Alacsony pH ill. kis mennyiségű vízelszivárgás). A limonit konkréciók a vízelszivárgás megszünését jelzik.

A különböző időben keletkezett üledékek keletkezési körülményeinek figyelembe vételével a fosszilizálódó mélyedés és részben környezetének fejlődéstörténete vázolható fel. Példaként erre a D-14 jelű dagonyát mutatjuk be.

IRODALOM

Fekete J. (1988): Trópusi talajok - Akadémia Kiadó, Bp.

Futó J. (1980.a.): Kiegészítő megjegyzések az Öregfolyás jobboldali vízgyűjtő területén előforduló víznyelők komplex térképének földtani részéhez - Cholnoky J. Bkcs. Évi Jel. (Szerk. Veress M.) - Kézirat, MKBT Dok.Szakoszt.

Futó J. (1980.b.): A Gy-9 jelű víznyelő kitöltő üledékeinek vizsgálata - Cholnoky J. Bkcs. Évi Jel. (Szerk. Veress M:) - Kézirat, MKBT Dok.Szakoszt.

Futó J. (1982) : A Homód-árok környékén fekvő víznyelők földtani vizsgálata és jellemzése - Cholnoky J. Bkcs. Évi Jel. (Szerk. Veress M.) - Kézirat, MKBT Dok.Szakoszt.

Hunfalvy J. (1863): A Magyar Birodalom természeti viszonyainak leírása - 3.k. Pest, Emnich Gusztáv Magyar Akadémiai nyomdásznál

Veress M. (1986): Feltárás előrejelzése a karsztos üledékek vizsgálatával - Karszt és Barlang II.

Veress M. (1987): Fedett karsztok karsztos mélyedéseinek természetes és antropogén működési sajátosságai - Földr.Ért. 36.

Veress M. (1991): Paleokarsztos sasbércek felszínfejlődése a Bakony Hajag-Papod hegycsoportjában - Földr.Ért. 41.

Dr.Veress Márton
Berzsenyi Dániel
Tanárképző Főiskola
Szombathely
Károlyi Gáspár-tér
H-9701. Hungary

INTERPRETATION OF THE EVOLUTION OF FOSSILIZING KARST FORMS AND THEIR SURROUNDINGS BY THE SEDIMENTS DEPOSITED IN THEM

by

Dr.M.Veress

SUMMARY

a. Mudhole conditions tend to stabilize in the absence of major external effects. The acting geochemical processes preserve the depression character, which provides favourable conditions to sustaining these processes.

In the case of mudholes not covered permanently with water, the reduced rates of consolidation and precipitation of dissolved substances are likely to induce seepage into the karstic rock, to result in no groundwater and in short carbonification periods. Karstic reactivation thereof is a potential consequence.

In mudholes permanently covered with water there is no seepage, groundwater is present in the depression. The period of water cover on the mudhole increases in lenght with the presence of groundwater and the secondary depression developed on the area will become more pronounced. The area of open mudholes is subject to erosion. The loss of the top sediments may induce seepage, or even the reopening of the carst cavity.

b. Clearing the development conditions of the secondary sediments provides indications on the actual state of the fossilizing karst forms and their surroundings.

Carbonified wood chunks allow conclusions to be drawn as to the filling rate of the hole, while the sediment mixed with such chunks yields evidence of stagnant water. The presence of iron oxide implies water seepage at high pH, while lime precipitates suggest seepage loss upon the discontinuation of the mudhole (low pH, or little seepage loss). Limonite concretions indicate the discontinuation of seepage loss.

Historical development of the fossilizing depression and to some extent of its surroundings can be traced by taking into account the conditions under which the sediments were deposited in successive periods. This is illustrated with reference to the mudhole D-14.

A KARSZTOK LÉGKÖRZÉSI MODELLJE

Géczy Gábor - Dr.Hunyadi Ilona - Dr.Csige István - Dr.Hakl József

BEVEZETÉS

A karszt- és barlangkutatás egyik fontos feladata a karsztokon végbemenő transzportfolyamatok tanulmányozása. A karsztban mozgó levegő és víz, valamint az általuk szállított anyagok meghatározó szerepet játszanak a karsztbeli üregrendszer fejlődésében, képződményeinek kialakulásában. Az említett transzportfolyamatok tanulmányozására két főbb módszer használatos:

- a karsztba belépő és az onnan kilépő anyag mennyiségi és minőségi vizsgálata,
- a transzportfolyamatokban résztvevő anyagok nyomonkövetése valamely nyomjelző segítségével.

Az első módszer hátránya az, hogy a transzportfolyamatokban résztvevő anyagoknak csak töredéke hozzáférhető, hiszen a karsztbeli járatrendszernek csak kisebb részét ismerjük (víznyelők, barlangok, források...). Az anyagmozgások zöme az általunk hozzáférhetetlen repedésrendszerben megy végbe, ahonnan nem tudunk mintát venni.

A második módszerrel kapcsolatban főleg egészségügyi és környezetvédelmi problémák merülhetnek fel, hiszen karsztidegen anyagok kerülnek a vizsgált rendszerbe, melyek esetenként szennyezhetik a barlangot és a forrásokat.

Fenti hátrányok kiküszöbölhetők ha a vizsgálatok során *természetes nyomjelző anyagokat* használunk. Ezek olyan - lehetőleg egyszerűen detektálható - anyagok, melyek természetes úton kerülnek a transzportfolyamatokba.

A RADON GÁZ, MINT TERMÉSZETES NYOMJELZŐ

A radon keletkezése, transzportja

A radon radioaktív nemes gáz, amely szinte mindenütt megtalálható a természetben, keletkezése általában a kőzetekhez kötött. A Földkéreg anyaga tonnánként átlagosan pár gramm ^{238}U természetes radioizotópot tartalmaz. Az urán radioaktív bomlási sorában keletkező elemek a kőzetben maradnak, kivéve a ^{222}Rn izotópot, amely - nemes gáz lévén - születési helyétől nagyobb távolságra is elvándorolhat.

A radon a kőzetek repedezettségének köszönhetően diffúzióval eljut a földalatti üregekbe is. Áramlások hiányában, az üregbeli radonkoncentráció állandó szintre áll be. Ha az üregben áramlások is fellépnek, a rajta átáramló levegő vagy víz mintegy "kiszellőzteti", így az előzőnél alacsonyabb radonkoncentráció jön létre (Géczy 1987, Hunyadi 1991).

A módszer úgy működik, mintha *a földfelszín alatt egy állandóan sugárzó adóberendezés lenne, melynek jelét a transzportfolyamatok modulálják.* A radonkoncentráció változásait vizsgálva következtethetünk a transzportfolyamatok irányára és nagyságára .

A barlangi levegő radonkoncentrációjának mérése

A radon radioaktív bomlásakor egy nagyenergiájú alfa részecske keletkezik, amely viszonylag könnyen detektálható. Az időegységenként mért alfa részecskék száma arányos az üreg légterében lévő radon koncentrációjával.

Barlangi méréseink során a levegő radonkoncentrációjának mérésére két módszert használtunk:

- a barlangokban több ponton szilárdtest nyomdetektorokat raktunk le, melyeket havonta cseréltünk. Az említett detektorok speciális műanyag lemezkék, melyben a becsapódó alfa részecskék nyoma kémiai maratással láthatóvá tehető. A begyűjtött detektorokon az alfa részecskék nyoma mikroszkóppal megszámlálható (Somogyi Gy. 1982). Ezzel az eljárással az adott detektor környezetében levő radonkoncentráció havi átlagára következtethetünk. A módszer viszonylagos olcsósága lehetővé teszi hogy egy barlangon belül 10-20 helyen is mérjünk egyszerre, így elsősorban a *radonkoncentráció térbeli változásairól* nyerhetünk információt.
- barlangonként egy-két félvezető detektoros, folyamatos radonmérőt telepítettünk, amely segítségével a *radonkoncetráció időbeli változásairól* alkothatunk képet. A műszer detektorának felületére érkező alfa részecskék számát memóriájában tárolja, segítségével órás vagy annál is jobb felbontású idősorok nyerhetők (Hunyadi I. 1991).

A KARSZTOK LÉGKÖRZÉSÉRŐL

Az alkalmazott új karsztmodell

A továbbiakban a karsztoknak a következő erősen leegyszerűsített modelljét használjuk :

- a karsztosodó kőzetekben kialakult litoklázishálózat fraktál, vagyis olyan struktúra, amely egyre finomodó részrendszereket tartalmaz. A repedésrendszer felépítése a fafághoz hasonló, a nagyobb repedésből sok kisebb repedés ágazik ki, azokból még kisebbek ..., egészen a kőzetszöveti hézagpórusok szintjéig. Mivel a karsztosodó kőzeteknek kevés a málladéka, a *repedésrendszer a karsztfejlődés során függőleges irányban nyitott és a transzportfolyamatok számára átjárható marad.*
- a beszivárgó csapadékvizek és a karsztvízszint találkozási felülete mentén keveredési korróziós oldással összefüggő üregrendszer alakul ki, melyet másodlagos hatások (korrázió, erózió, ...) esetlegesen tovább tágíthatnak. Az így kialakult üregrendszer a *vízszintes transzportfolyamatokkal szemben nagyságrendekkel kisebb ellenállást jelent, mint a repedésrendszer.*
- barlangoknak továbbiak során a karsztbeli üreg- és repedésrendszer ember által járható részét tekintjük.

A karsztok légkörzéséről

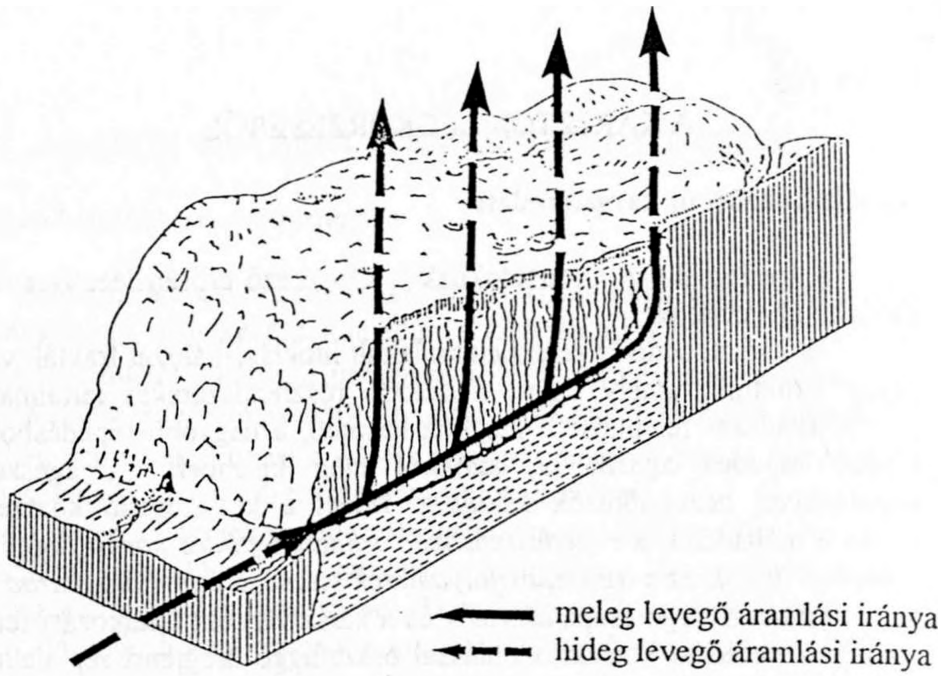
Az előző fejezetben ismertetett karsztmodellt felhasználva a karsztokban a következő - szezonálisan eltérő irányú - légkörzés feltételezhető:

- *télen* a felszíni hideg levegő az erózióbázis szintjén a vízszintes üregrendszeren keresztül áramlik be a karsztba. A kőzetek melegítő hatása következtében felmelegedett levegő felszáll (kémény-hatás), és a repedésrendszeren keresztül elhagyja a karsztot. Pótlására az üregrendszerbe újabb légköri levegő nyomul (1.a ábra).
- *nyáron* a repedésrendszerbe jutó meleg felszíni levegőt a kőzetek lehűtik. A hideg levegő fajsúlya nagyobb mint a külszíni meleg levegőé, ezért a repedésrendszerben lévő levegő az üregrendszeren keresztül mintegy " kifolyik " a karsztból (1.b ábra).

A légkörzési modell kísérleti bizonyítékai

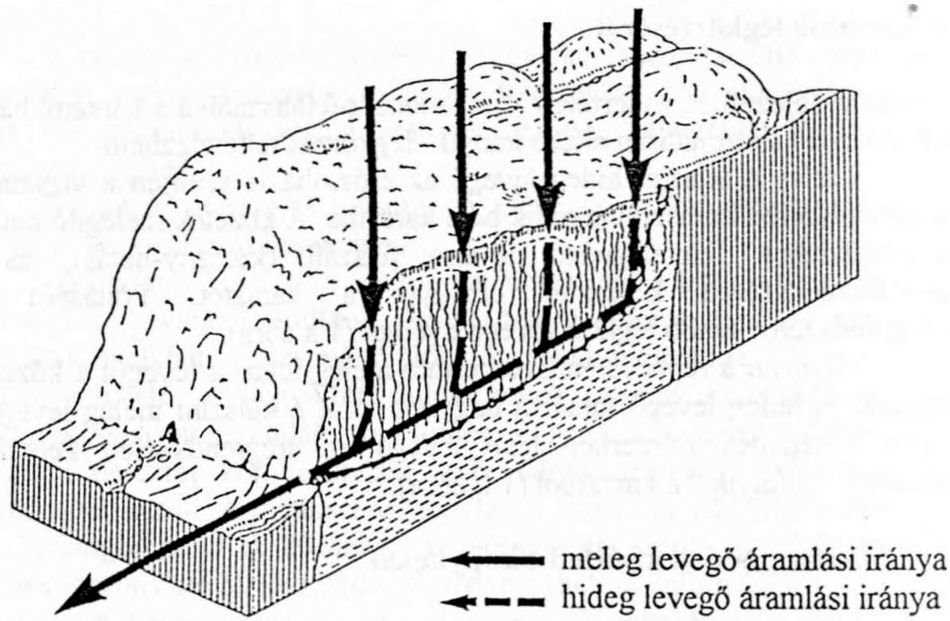
A légkörzési modell legfőbb bizonyítéka, hogy *összhangban áll a barlangokban tapasztalható huzatirányokkal.* A barlangok alsó bejáratán télen befelé, nyáron kifelé húzó áramlást észlelhetünk.

Meggyőző bizonyítékot szolgáltatnak a modell használhatóságára a karsztban és karszton végzett radonmérések is:



1.a ábra A karsztok légkörzése télen

A vízszintes üregrendszer mentén beáramló felszíni hideg levegő felmelegszik, majd a repedésredszeren keresztül elhagyja a karsztot.



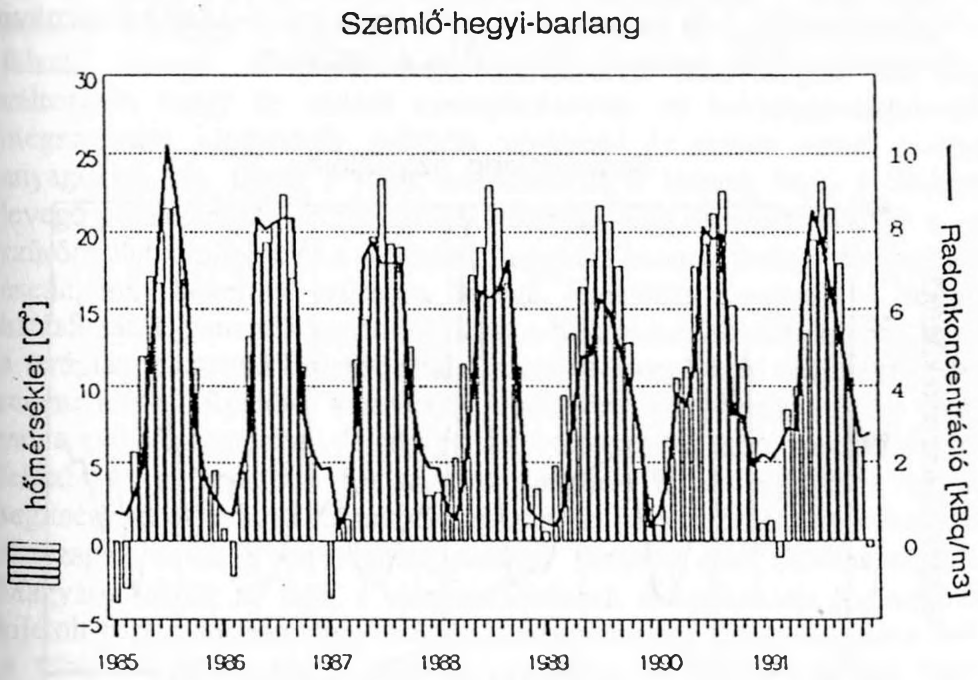
1.b ábra A karsztok légkörzése nyáron

A repedésrendszerbe jutó meleg levegő lehül, majd a vízszintes üregrendszeren keresztül "kifolyik" a karsztból.

- a legtöbb barlangban *nyáron magas, télen alacsony radonszint mérhető.* A radonkoncentráció változásának éves menete jó korellációt mutat a felszíni hőmérséklet alakulásával (2. és 3. ábra). A jelenség a következőképpen magyarázható: a radon termelődését a befoglaló kőzet felületének nagysága, elbomlását az üreg térfogata határozza meg. A szűk repedésrendszer felület/térfogat aránya jóval nagyobb mint a tágasabb barlangjáraté, így a repedésrendszerben magasabb szinten áll be a radioaktív egyensúly a radon keletkezése és bomlása között. Télen a bejáratokon át elhanyagolható radonkoncentrációjú felszíni levegő áramlik a barlangba, így felhigítva az ott kialakuló radonszintet. Nyáron a repedésrendszer irányából érkező, nagymennyiségű radont magával szállító levegő megemeli a barlangban légmozgások nélkül kialakuló radonszintet (Géczy 1989).

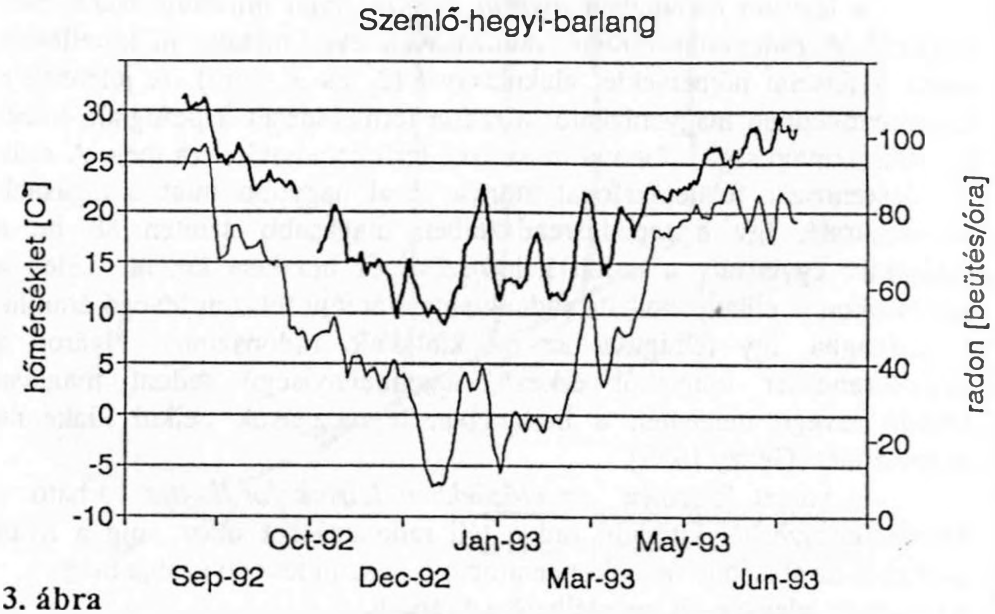
- a karszt felszínén *az előzőekben leírtak fordítottja* várható: a repedésrendszerből kitóduló radon téli radoncsúcsot okoz, míg a nyári értékeket az alacsony radonkoncentrációjú felszíni levegő szabja meg.

Az említett jelenség jól szemlélhető a 4. ábrán.



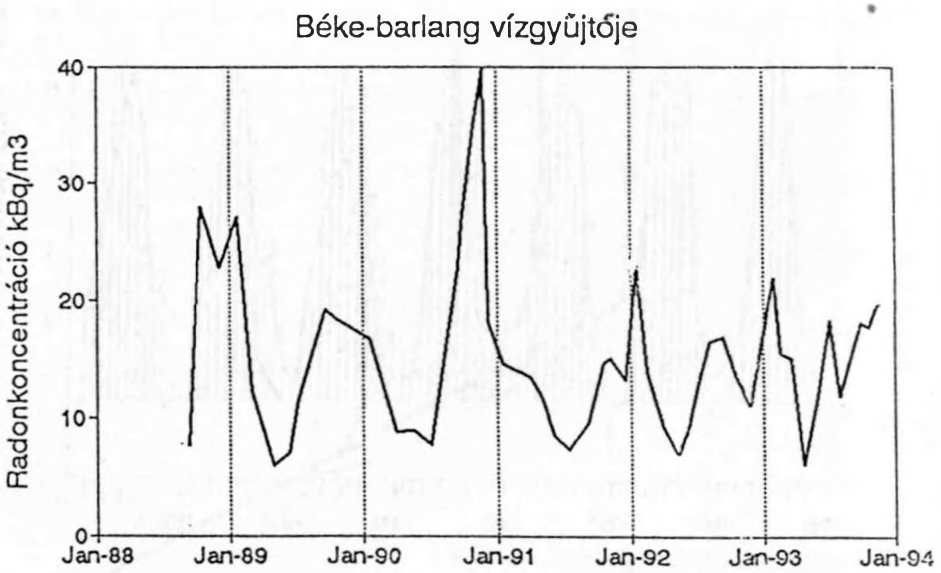
2. ábra

Nyomdetektorokkal a barlangi levegő radonkoncentrációjának hosszú távú (pl. havi) átlagát tudjuk mérni. Az ábrán egy jellegzetes radon görbe látható téli minimummal és nyári maximummal, a radonszint alakulását döntően a felszíni hőmérséklet befolyásolja.



3. ábra

Félvezető detektoros radonmérőkkel a radonkoncentráció finomabb (pl. napi) változásait is ki tudjuk mutatni. Az ábrán egy év adatait ábrázoltunk, itt is szembetűnő a radon és hőmérséklet együttfutása.



4. ábra

A karszt felszínén a radonkoncentráció ellenütemben változik a barlanghoz képest. A talajlevegőben mérhető radonkoncentráció görbének télen van a maximuma, és nyáron a minimuma.

A LÉGKÖRZÉSI MODELL ALKALMAZÁSI TERÜLETEI

Barlangklimatológiai mérések

A légkörzési modell segítségével a radonmérésekből *kimutathatóak a barlangon belüli légmozgások, következtethetünk a barlang és a felszín közti összeköttetésekre és az esetleges alsóbb járatszintek létezésére.* Egy a légkörzési modell alapján készített matematikai modell segítségével (Hakl 1992) a radonmérésekkel mintegy *"belelátunk" a karszt repedés-rendszerébe.* Becsülhető az üregrendszer nagysága, felület/térfogat aránya és a légáramlás paraméterei: a szállított légtömegek nagysága és sebessége .

Barlangterápiás célú felhasználás

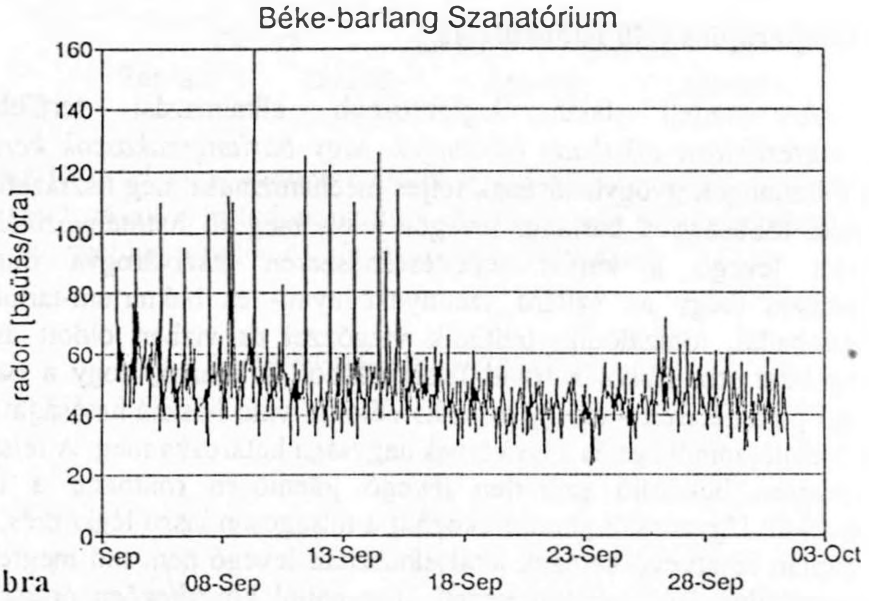
A modell talán legfontosabb alkalmazási területe a *barlangterápiára alkalmas barlangok vagy barlangszakaszok keresése.* Bár a barlangok gyógyhatásának teljes mechanizmusa még tisztázatlan , a kutatók többsége a barlangi levegőt jelöli meg fő hatóényezőként. A felszíni levegő a karszt repedésrendszerén átszivárogva minőségi változáson megy át: szilárd szennyezőanyag- és baktérium-tartalmától megszabadul, ionizálódik, telítődik vízgőzzel és vízben oldott ásványi anyagokkal stb. Ebből a rövid felsorolásból is látható, hogy a barlangi levegő paramétereit - és így terápiás célokra való használhatóságát is - a szűrőfelület minősége és a légkörzés nagysága határozza meg. A felszínről esetlegesen bekerülő szűretlen levegő jelentősen ronthatja a terápia hatásfokát. Ugyancsak gondot okozhat a túlságosan lassú légkörzés, mivel a terápián résztvevő betegek által elhasznált levegő nem tud megfelelően regenerálódni. Régiónk környezeti állapotából következően óriási igény van a gyógybarlangokra, de eddig csak a tapasztalati úton, véletlenszerűen felfedezett gyógyhatású barlangokat építették ki. A légkörzési modell segítségével a barlangi klímamérések alapján pontos prognózis készíthető a vizsgált barlang vagy barlangszakasz terápiás célú alkalmasságáról. Magyarországon az első, a klímaparaméterek vizsgálatának segítségével kijelölt barlangterápiás hely a Szemlő-hegyi-barlang Óriás-folyosója volt. A több éve folyamatosan működő gyógyhely beváltotta a hozzá fűzött reményeket (Laczkovits G. 1993).

Mesterséges beavatkozások modellezése, hatásvizsgálatok

A barlangok, mint a felszínnel állandó kölcsönhatásban lévő nyílt rendszerek, rendkívül érzékenyek a mesterséges beavatkozásokra. Hazánk egyetlen jégbarlangja a Telkibányai-jégbarlang is egy meggondolatlan

barlangkiépítés áldozata lett. *A modell alkalmas a tervezett mesterséges beavatkozások modellezésére, ezek barlangklímára gyakorolt hatásának vizsgálatára.*

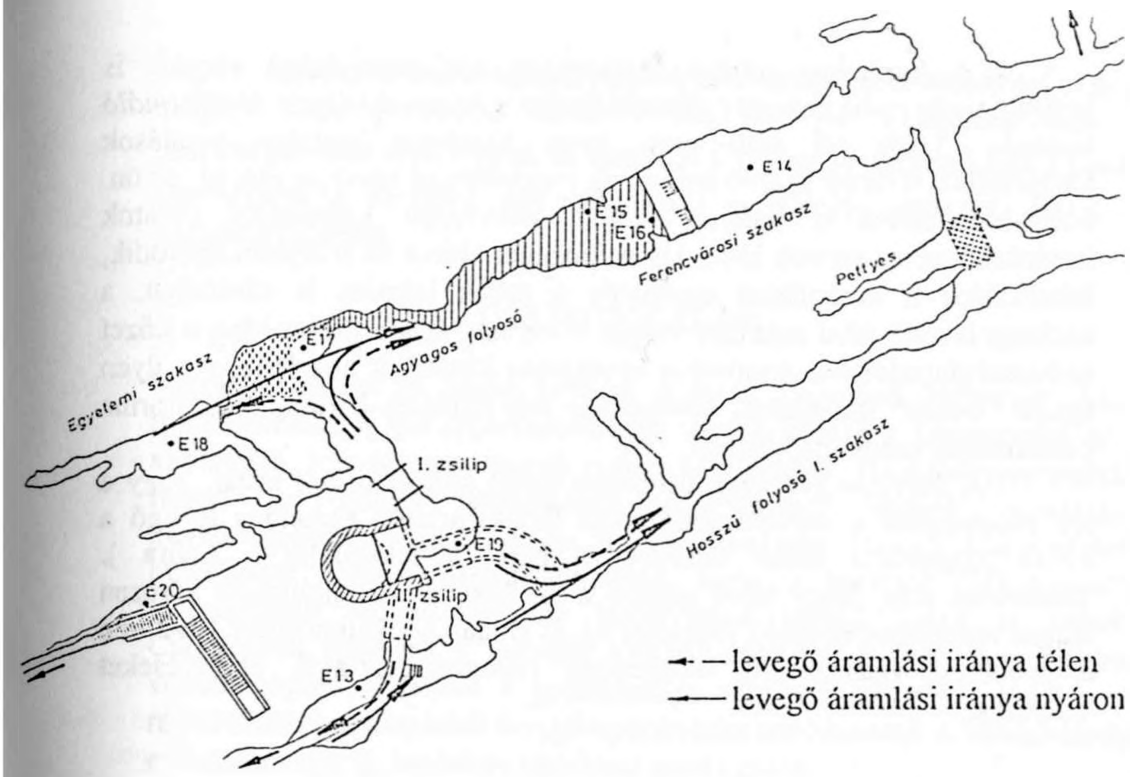
A Béke-barlang Jósvafő felöli végében működik az ország első gyógybarlangja. A bejárata csak a betegek lejutásakor nyitott. A bejárat nyitásakor a rendszer légellenállása lényegesen csökken, így erős huzat indul be. A fokozott légáramlás által a barlangba sodort radontöbblet okozza az 5. ábrán látható napi csúcsokat. Az említett jelenség arra utal, hogy ha a szanatórium jelenlegi területének és befogadóképességének növelése szükségessé válna, a bejárati ajtó légellenállásának csökkentésével a levegő regenerálódási képessége fokozható.



5. ábra

A barlangbejárat nyitásakor a felgyorsuló légáramlás kisodorja a radont a repedésrendszerből, így az átlagosnál magasabb radonszint alakul ki. Jól kivehetők a napi csúcsok, melyek a terápia végeztével tűnnek el.

A Szemlő-hegyi-barlang idegenforgalmi kiépítése során liftaknát mélyítettek a felszíntől a barlangig. Az 50 méter mély, nagyátmérőjű mesterséges akna által a barlangba juttatott felszíni levegő jelentősen rontotta az eredeti klímaparamétereket. A barlangterápiás kísérletek megkezdésekor szükségessé vált a barlang természetes légkörzésének visszaállítása. A barlangi radonmérésekből a modell segítségével megterveztük a lezárás optimális módját. Az elért eredményekről a 6. ábra számol be.



6. ábra

A radonmérések segítségével állapítottuk meg a légmozgások irányát és nagyságát a Szemlő-hegyi-barlangban. A huzatirányok ismeretében légzsilipekkel sikerült helyreállítani az eredeti állapotot.

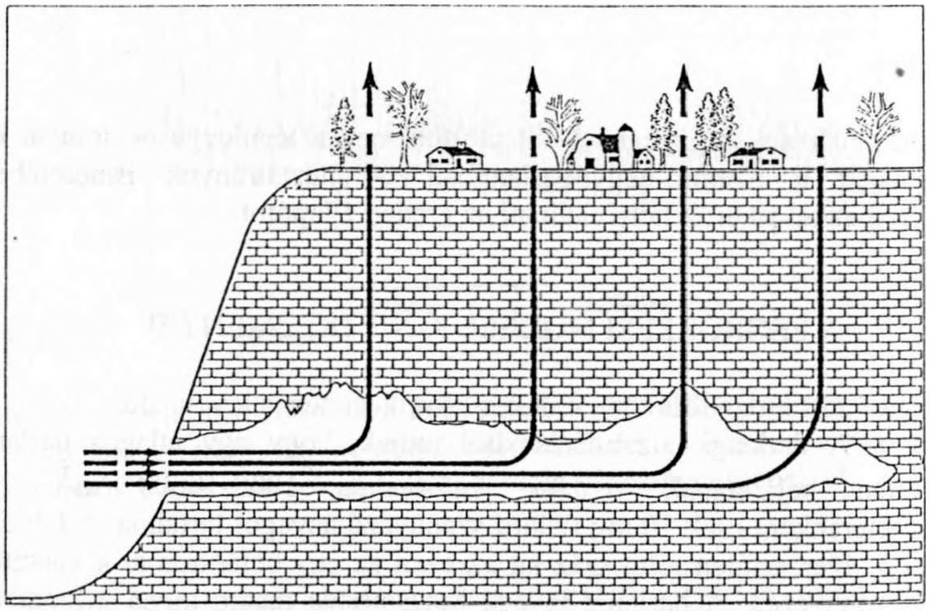
A LÉGKÖRZÉSI MODELL KÖVETKEZMÉNYEI

A légkörzési modellből több érdekes következtetés is levonható:

- A barlangi huzatmérésekből tudjuk, hogy egy átlagos barlang egyetlen bejáratának napi légforgalma 1000-10000 m^3. Ha köbméterenként csak 10 mg szilárd szennyező anyagot tartalmaz a felszíni levegő, éves szinten több száz kg az ezen az egy bejáraton át a karsztba jutó szennyezés. A barlangi levegő közismerten tiszta, mivel a karsztba kerülő szilárd anyagokat a kondenzáció kicsapja, majd - valószínüleg a karszt oldási maradékával együtt - távozik a rendszerből. Az elmondottakat figyelembe véve a karsztok nemcsak a beszivárgó felszíni vizeket tisztítják, hanem a transzportfolyamatokban résztvevő légtömegeket is megszűrik. Ezek után a *karsztot, mint nyílt rendszert érdemes egy bizonyos fokú öntisztulással is rendelkező, óriási felületű szűrőként tekinteni.*

- A karsztban mozgó légtömegek nagymennyiségű vízgőzt is szállíthatnak, ezért érdemes elgondolkodni a *huzat esetleges üregformáló hatásán.* Több jel utalt arra, hogy bizonyos barlangi kiválások létrejöttében a huzat szárító hatásának meghatározó szerepe van, pl. az ún. huzat-borsókövek a barlang falából kiszivárgó karbonátos oldatok besűrűsödésével jönnek létre. Ha a folyamat ebben az irányban működik, feltehetőleg a karbonátos egyensúly a másik irányba is eltolódhat: a barlangi levegő által szállított vízgőz a barlang falára kicsapódva a kőzet nedvességtartalmával érintkezve keveredési korróziót hoz létre. Az ilyen típusú "száraz" keveredési korrózióval sok rejtélyes barlangi oldásforma keletkezését magyarázhatnánk.

- A karsztos területek beépítése során számolni kell azzal, hogy a téli időszakban a repedésrendszerből felfelé áramló radondús levegő a házak szigetelési hibáit kihasználva bejut a lakásokba (7.ábra). Tekintettel arra, hogy télen ritkább a szellőztetés, a lakótérben károsan magas radonkoncentráció alakulhat ki. A Budai Termálkarszton 1992-ben a probléma tisztázására lakáslevegő radonkoncentráció felméréseket kezdtünk.



7. ábra

A karsztos területen épült lakásokban télen a felfelé áramló radondús levegő magas radonkoncentrációt hozhat létre. A radon egészségkárosító hatása miatt indokolt az ilyen környezetben épült lakások felmérése.

- A karsztot borító talajok nyáron a barlangok felé szellőznek, így a talajbeli CO_2 produkció zöme a karsztba jut. Feltételezhetően a beszivárgó vizek által elnyelt és szállított CO_2 mennyiségen kívül a huzat segítségével a karsztba jutó széndioxid is jelentős szerepet játszik a karsztkorrózióban.

ÖSSZEFOGLALÁS:

Viszgálatainkban az eddig kevéssé kutatott karsztbeli légmozgásokkal foglalkoztunk. A transzportfolyamatok nyomjelzésére a környezetet nem szennyező, természetes eredetű radont használtunk. A radonkoncentráció térbeli és időbeli változásából a karsztbeli levegő áramlására következtettünk, melyet a felszíni és barlangi levegő hőmérséklet-különbsége mozgat. Bebizonyosodott, hogy a karsztok "lélegeznek", vízforgalmuk mellett jelentős mennyiségű levegő halad át rajtuk. Cikkünkben kitértünk a jelenség karsztmorfológiai és környezetvédelmi vonatkozásaira, valamint a gyakorlatban alkalmazható eredményeire. A radonmérésekre alapozott levegő-nyomjelzéses módszerrel a karsztkutatás eszköztára egy új, hatékony eljárással gazdagodott.

KÖSZÖNETNYILVÁNTÁS:

Ez a munka a 3005. számú OTKA és az MHB Magyar Tudományért Alapítványának támogatásával készült. Külön köszönetünket fejezzük ki a méréseinkhez segítséget nyújtó barlangkutatóknak.

IRODALOM

Somogyi, Gy. Német, G., Pálfalvi, J., Gerzson, I., : Subsurface radon distribution measurements with LR-115, CR-39 and TL-detectors. Proc. of the 11th Int. Conf. of SSNTDs, Bristol, 1982. p. 525-529.

Géczy G., Somogyi Gy.: A barlangi légkörzés egyszerű modellje a Szemlő-hegyi-barlangban végzett radonmérések alapján. Oktatási intézmények karszt- és barlangkutató tevékenységének II. országos konferenciája. 1987. p. 73-80.

Géczy, G., Csige, I., Somogyi, Gy.: Air circulation in caves traced by natural radon. Proc. of 10. Int. Cong. of Speleology, Budapest 1989. aug. 13-20. MKBT. p. 615-617.

Géczy, G., Hunyadi,I. Hakl, J., : Long-term radon studies at the termal karst region of Budapest. Proc. of the Int. Workshop of Radon Monitoring in Radioprotection, Environmental Radioactivity and Earth Science, 1991, Trieste, Word Scientific p. 269-273.

Hunyadi, I., Várhegyi, A. Hakl,J., : Real-time radon monitoring by silicon photodiodes. Proc. of the Int. Workshop of Radon Monitoring in Radioprotection, Environmental Radioactivity and Earth Science, 1991, Trieste, Word Scientific.

Hunyadi, I., Hakl, J.,Csige, I., Géczy, G., Lénárt, L.: Regular subsurface radon measurements in Hungarian karstic regions. Nucl. Tracks and Rad. Meas. 19. 1991. p. 321-326.

Lackovics, G., Géczy, G., Oláh, V.: Climatherapy in the Szemlő-mountain cave in Budapest. Proc. of the Conf. of the Karst and Cave Research Activities of Educational and Research Institutions in Hungary p. 123-135.

Hakl J.: Radontranszport vizsgálatok. 1992. Egyetemi doktori értekezés. ATOMKI.

Géczy G.
ELTE Természetföldrajzi Tanszék
Budapest
Ludovika tér 2.
H-1083 Hungary

Csige I.
MTA Atommagkutató Intézet
Debrecen
H-4001 Hungary

Hunyadi I.
MTA Atommagkutató Intézet
Debrecen
H-4001 Hungary

Dr.Hakl József
ATOMKI
Debrecen
H-4001 Hungary

MODEL OF THE AIR CIRCULATION IN KARST SYSTEMS

G.Géczy - Dr.I.Hunyadi - Dr.I.Csige - Dr.J.Hakl

SUMMARY

We have developed a method to trace air circulation in a karst system by measuring the spatial and temporal variation of the natural radon gas concentration. We have found air circulation of a karst system is governed primarily by density differences between surface and inkarst air due to temperature differences. We have used radon also as a tracer of the quality of the cave air. High radon content means the air is well-filtered through the fractured karst. We have applied the air circulation model to identify locations suitable for therapeutic treatment in the Szemlő-hegyi-cave.

A MATEMATIKAI MODELLEZÉS HELYE ÉS SZEREPE A KARSZTOSODÁSSAL JÁRÓ FOLYAMATOK LEÍRÁSÁBAN

Dr.Szunyogh Gábor

BEVEZETÉS

Szakmai körökben gyakran értetlenül, néha nem kis ellenszenvvel fogadják a szpeleológiában alkalmazott matematikai módszereket, mindenek előtt a karsztfolyamatok matematikai modellezését. Egyesek egyszerűen átlapozzák az ilyen témájú cikkeket mondván: "soha sem értették a matematikát". Mások elítélik hivatkozva arra, hogy a karsztfolyamatok túl bonyolultak az egyszerű egyenletekkel való leíráshoz. Sokan pedig azért határolják el magukat az ilyen jellegű okfejtésektől, mert nem látják, hogy mire hivatott ez a módszer. Előadásomban szeretném eloszlatni a szpeleológiai folyamatok matematikai leírásmódjával szemben fennálló kételyeket, ill. rámutatni arra, hogy egy, a matematikában kevéssé járatos olvasó számára mit mondhat mégis a valóság matematikai visszatükrözése.

A KARSZTFOLYAMATOK MATEMATIKAI MODELLEZÉSÉNEK LÉNYEGE

Mindenek előtt szeretném felívni a figyelmet egy tévhitre. Sokan úgy vélik, hogy a matematika pusztán arra szolgál, hogy számszerűen is alátámassza a megfigyeléseket, ill. a mérések során nyert adatokat különböző szempontok szerint feldolgozza. A matematikának valóban van egy ilyen alkalmazási területe is (pl. kiegyenlítő-számítás, statisztikai kiértékelés, közelítő függvények megadása, trendek és korrelációk kimutatása, stb.), de a matematikai modellezés ettől alapjaiban eltér. A matematikai modell a vizsgált folyamat bizonyos (alább részletezett) értelemben vett tükörképe, azaz olyan matematikai struktúra (képlet, függvény, egyenlet, operátor, stb.), amely főbb vonásaiban ugyanúgy működik, mint a modellezendő folyamat.

A matematikai modellezés lényegének megértéséhez mindenek előtt kissé bővebben kell írnom a valóság visszatükrözésének értelmezéséről.

A MATEMATIKAI MODELLEZÉS, MINT A VALÓSÁG VISSZATÜKRÖZÉSE

Visszatükrözés alatt olyan folyamatot értünk, amelynek eredményeképpen egy, a valósághoz többé-kevésbé hasonló struktúrát hozunk létre. A valóságot tükrözzük vissza pl. egy terület hipszografikus (domború) térképének elkészítésekor. Ez a térkép bizonyos mértékig olyan, mint amilyennek a szóban forgó tájat látnánk, ha pl. repülőgépről néznénk, de ugyanakkor nyilvánvaló, hogy a lényeges elemektől eltekintve a valóságtól sok tekintetben eltér.

Ugyancsak a valóságot tükrözi vissza pl. a video-felvétel is. Lejátszva a kazettát, megjelenik előttünk a felvett esemény. A visszatükrözés fenti és most tárgyalt formája között azonban van egy látszólag jelentős, bár valójában a lényeget nem érintő különbség: a terepasztallal modellezett fizikai valóság közvetlenül érzékelhető, hiszen az eredetihez többé-kevésbé hasonló (kézzel tapintható) anyagból készült, míg a videokazettán az eredetihez képest egészen más formában van rögzítve. A video-felvétel értelmezéséhez tehát bizonyos dekódolásra van szükség: a szalagon rögzített mágneses jeleket a TV képernyőjén megjeleníthető formájúra kell átalakítani.

A visszatükrözés legkülönfélébb formáival találkozunk a barlangkutatás területén is. Amikor lombikokból és üvegcsövekből felépítették a Lófej-forrás szivornyás vízhálózatának modelljét, akkor a földalatti áramlási rendszer laboratóriumi tükörképét hozták létre. Természetesen ez a laboratóriumi modell nem tükrözte a Lófej-forrás üregrendszerének valamennyi részletét, hanem csupán a kitörések értelmezéséhez szükséges lényeges momentumokat. Bár az üvegcsövekből és lombikokból alkotott rendszer nem egyezett meg az igazi Lófej-forrással, lényegében mégis az eredetihez hasonlóan működött.

Mi volt a fenti példában a modellezés alapja? Az, hogy mind az "igazi", mind a "laboratóriumi" Lófej-forrás működését ugyanazok a fizikai törvények határozták meg. Általánosítva: **a valóság modellje egy olyan struktúra, amelynek működését (alapvetően) ugyanazok a természeti törvények határozzák meg, mint az eredetiét.** Minthogy a természet törvényei (az alaptudományi kutatások eredményeinek köszönhetően) matematikai alakban is kifejezhetők, ezért a valóság visszatükrözése matematikai úton is lehetséges.

A matematikai modellben a valódi, (adott esetben műszerekkel is mérhető) mennyiségek matematikai mennyiségekkel (számokkal, vagy általánosabb esetben betűkkel), a folyamatot meghatározó természeti törvények pedig

egyenletekkel cserélendők fel. Ha változtatjuk az egyenletekben szereplő mennyiségek valamelyikét (akárcsak a laboratóriumi modellben a kísérlet körülményeit), akkor értelemszerűen változik az egyenlet megoldása (azaz a vizsgált mennyiség számértéke) is. Következésképp az egyenletek rendszere (struktúrája) is a valóságot tükrözi, azaz (a figyelembe vett természeti törvények erejéig) ugyanúgy "működik", mint tükrözött folyamat.

Természetesen van egy jelentős különbség a laboratóriumi és a matematikai modell között: míg a laboratóriumi modell "kézzel fogható" anyagból készül,és folyamatai vizuálisan is láthatók (azaz bizonyos mértékig fizikailag hasonlít eredetijére), addig a matematikai modell "csak" papíron, elvont fogalmak halmazaként létezik. Ez a különbség azonban a visszatükrözés lényegét nem érinti, mert mindkét modell ugyanazokra a természeti törvényekre támaszkodik, legfeljebb a modell értelmezéséhez (a video-felvétel dekódolásához hasonlóan) egy külön procedúrával vissza kell térni a valóságba.

A továbbiakban szeretném bebizonyítani, hogy még a matematikában kevéssé járatos kutatók számára is érthető lehet egy folyamat matematikai modellje feltéve, hogy a modell megfelelően van felépítve ill. "dekódolva".

A JÓL FELÉPÍTETT MATEMATIKAI MODELL FŐBB ELEMEI

Valamely földrajzi,adott esetben barlangtani folyamat matematikai tükörképét az alábbi öt lépésen keresztül célszerű felépíteni. (Erre a felbontásra azért van szükség, mert ezen keresztül lehet a nem matematikusok számára is szemléletessé tenni a matematikai modellt).

A vizsgálandó probléma megfogalmazása

Mindenek előtt alaposan körbe kell járni a vizsgált problémát, melynek révén megtudható, hogy a karsztológia mely kérdésével foglalkozik a modell. Ez a fejezet még nem tartalmaz matematikai összefüggéseket, tehát bárki számára követhető.

A vizsgált folyamat idealizálása

Mint minden modellben, a matematikaiban is el kell különíteni a vizsgált folyamat menetét alapvetően befolyásoló tényezőket a mellékesektől. Természetesen, hogy mi lényeges és mi lényegtelen, azt egyrészt a probléma jellege határozza meg (ami az egyik folyamat számára lényeges, az egy másik számára esetleg lényegtelen), másrészt függ a modell készítőjének

szakismeretétől is (hiszen a lényeges és lényegtelen elkülönítése bizonyos szubjektív elemeket is tartalmaz). Végül is előáll a földrajzi valóság idealizált képe, amely abban különbözik az eredetitől, hogy annak csupán lényeges tulajdonságait tartalmazza. Az idealizálás során tett kiemelések és elhanyagolások bárki számára áttekinthetők és értékelhetők, mert matematikai operációk a modellezésnek még ebben a fázisában sem jelennek meg.

A modell működését meghatározó természeti törvények összegyűjtése

Minthogy a matematikai modell éppen azért mondható a valóság tükörképének, mert ugyanazok a természeti törvények működtetik, ezért feltétlenül külön össze kell gyűjteni az idealizált modellben szerepet játszó összefüggéseket. Ezt feltétlenül a matematikai operációktól függetlenül (is) el kell végezni, mert csak így válik a matematikában járatlan érdeklődő számára világossá, hogy mi is a lényege a modellnek, ill. így lehet csak eldönteni, hogy a modell megfelel-e a valóságnak vagy sem. A felhasználandó törvényeket célszerű matematikai egyenletek segítségével is kifejezni, mert ennek eredményeképpen a modellezés további feladatait a szpeleológiában esetleg járatlan matematikus vagy elméleti fizikus is el tudja végezni.

A matematikai operációk elvégzése

A modellezés negyedik szakaszában először is megalkotjuk az idealizált modellt meghatározó ismert és keresett mennyiségeknek (pl. a karsztvíz koncentrációjának, a kőzet töredezettségének, a beszivárgás hozamának, az oldódás sebességének, a mészkőfelszín alakjának, stb.) megfelelő matematikai mennyiségeket (számokat ill. betűket, esetleg függvényeket), majd ezeket a 3. pontban megfogalmazott természeti törvényeket kifejező egyenletekbe helyettesítjük. Megoldva ezen egyenleteket (az idealizált modellnek megfelelő kezdeti- és peremfeltételek figyelembevétele mellett), végül olyan képleteket nyerünk, melyek tükrözik a folyamatot jellemző mennyiségek közötti kapcsolatok alakulását, változását.

A modell működtetése

A matematikai operációk eredményeképpen kapcsolatot találunk a vizsgált folyamat (részben ismert, részben korábban még ismeretlen) mennyiségei között, tehát most már "működtethetjük" a modellt.Ez alatt ugyanazt értjük, mint egy laboratóriumi modell működtetésén. A laboratóriumban arra vagyunk kíváncsiak, hogy hogyan játszódik le a folyamat, azaz egy-egy kiszemelt

mennyiség (pl. a forrás vízhozama, a kifolyó karsztvíz keménysége, hőmérséklete, stb.) hogyan változik az idő függvényében, vagy miként módosul értéke, ha bizonyos kerületi feltételeket (vagy "bemenő paramétereket") megváltoztatunk. Nos, ugyanerre a kérdésre a matematikai modell is tud válaszolni, a különbség mindössze annyi, hogy míg a laboratóriumi modellben az említett mennyiségek számértékét műszerekkel állapítjuk meg, addig a matematikai modellben a levezetett képletekbe történő behelyettesítéssel (azaz számítással nyerjük). Amíg pl. a karsztvíz sebességét laboratóriumban (a természeti törvények által irányított) tényleges áramlása adja, addig a matematikai modellben a tényleges áramlás szerepét az áramlásra felírt (és ugyanazokat a törvényeket figyelembe vevő) egyenletek veszik át. A matematikai modellel (többé-kevésbé) mindaz elvégezhető, mint a laboratóriumi modellel: a fizikai körülmények megváltoztatása (a laboratóriumban) megfelel a kezdeti- és peremfeltételek megváltoztatásának.

Végül is a matematikai modell működtetése eredményeképpen ugyanolyan grafikonokat, értéktáblázatokat, stb. kapunk, mint a laboratóriumi modellek kiértékelése nyomán. Értelmezésük már ismét a karsztológus munkaterülete, mert ez nem igényel több (elemi) számtani ismeretet, mint egy méréssorozat során nyert adatsor feldolgozása.

A KARSZTOS FOLYAMATOK MATEMATIKAI MODELLEZÉSÉNEK ELŐNYEI

Alább összefoglaljuk azokat az érveket, amelyek miatt érdemes a helyszíni megfigyeléseket és laboratóriumi méréseket kiegészíteni a vizsgált folyamat matematikai modellezésével is.

Hipotézisek ellenőrzése

Egy-egy hipotézis felállítása során előfordulhat, hogy logikusnak tűnő okfejtéseinkbe észrevétlenül valamilyen hiba csúszik, bármennyire is igyekeztünk a természet törvényeit figyelembe venni. Ha azonban kiindulási feltételeinket sikerül egyértelműen megfogalmazni és a fent ismertetett módon matematikailag modellezni, akkor (hacsak a levezetésekben nem követünk el számítási hibát) a végeredmény biztosan összhangban áll mind a kiindulási feltételekkel, mind pedig a figyelembe vett fizikai törvényekkel. Amennyiben az elméleti modell eredményei egybevágnak a hipotézisével, akkor mondható, hogy hipotézisünk megerősítést nyert.

A vizsgált folyamat értelmezése a "legtisztább" logika segítségével

Valamely jelenség, folyamat verbális értelmezése során előfordulhat tévútra vezető burkolt, jóhiszemű "mellébeszélés"; a matematikai modellezés során viszont ez nem lehetséges, mert a levezetések minden egyes lépése ellenőrizhető. A matematikai modellezés tehát az okfejtésekből kiküszöböli a szubjektív hiba lehetőségét.

A modell működtetése tetszőleges időtartamokra vonatkozólag

A helyszíni megfigyelések és a laboratóriumi modellek nem alkalmasak arra, hogy tetszőlegesen nagy időskálán mozogjanak, mert ezek "lefuttatásához" mindenképpen valamennyi időre van szükség. A matematikai visszatükrözés eredményeképpen kapott végképletbe azonban (a problémához tartozó fizikai korlátozások ésszerű betartása mellett) az idő tetszőleges számértéke helyettesíthető, ill. tetszőlegesen nagy időintervallum jelölhető ki a grafikonok idő-tengelyén. Ilyen módon feltárható, hogy hipotézisünk milyen eredményre vezet geológiai léptékű idő alatt.

A modell működtetése extrém körülmények között

Előfordulhat, hogy kíváncsiak vagyunk arra, hogy hogyan játszódna le a tanulmányozott folyamat, ha körülményei (pl. a víz hőmérséklete, nyomása, sebessége, stb.) olyanok lennének, amelyek jelenleg a természetben sehol sem tanulmányozhatók, vagy laboratóriumi körülmények között nem reprodukálhatók. Ilyen esetben egyedül a matematikai modellezés hozhat eredményt, u.i. egyszerűen a képletbe be kell helyettesíteni a szóban forgó paraméter extrém értékét. A matematikai elemzés arról is számot ad, hogy a feltételezett extrém szituáció előadódhat-e vagy sem, mert az utóbbi esetben az egyenletek megoldhatatlanná válnak (pl. egy gyökös kifejezés diszkriminánsa negatívnak adódna).

HOGYAN ÉRTÉKELJE EGY ADOTT PROBLÉMA MATEMATIKAI MODELLJÉT A MATEMATIKÁBAN JÁRATLAN SZPELEOLÓGUS?

Mindenek előtt ne mondja, hogy számára az egész modell érthetetlen, mert tőle távol áll a matematika. (Az ilyen kutató hasonló lenne ahhoz, aki azért nem néz televíziót, mert nem ért az elektronikához). Tartsa szem előtt, hogy a (4. pontban elvégzendő) matematikai levezetések csupán eszközül szolgálnak az

idealizált modell tanulmányozásának következetes végig viteléhez, tehát szpeleológiai szempontból indifferensek. (Ahhoz, hogy megértsük a televízió közvetítette információkat, nem feltétlenül szükséges ismerni a TV készülék működését).

A modell lényege a matematikában járatlanok számára is érthető, hiszen az az idealizálási feltételek megfogalmazásában, a felhasználandó természeti törvények összefoglalásában és a végképletek értelmezésében rejlik. Az említett fejezeteket tanulmányozva és elemezve (a levezetéseket kihagyva) matematikai ismeretek nélkül is megismerhető a modell szpeleológiai tartalma.

EGY PÉLDA: A KARSZTTERÜLETEK HORIZONTÁLIS LEPUSZTULÁSÁNAK MATEMATIKAI MODELLEZÉSE

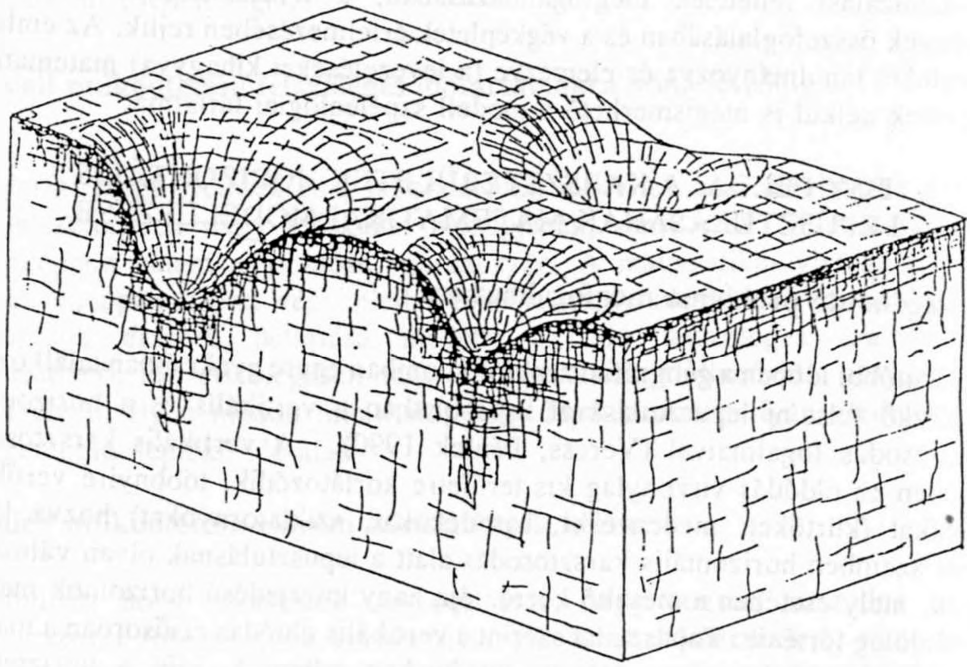
A vizsgálandó probléma megfogalmazása

Az utóbbi időben a geográfiai szakirodalomban egyre gyakrabban találkozunk a mészkő felszíni lepusztulásával kapcsolatban a vertikális és a horizontális karsztosodás fogalmaival (Veress, Péntek 1990). A vertikális karsztosodás esetében az oldódás viszonylag kis területre korlátozódik, többnyire vertikális formákat (kürtőket, medencéket, hasadékokat, sziklatornyokat) hozva létre. Ezzel szemben horizontális karsztosodás alatt a lepusztulásnak olyan változatát értjük, mely esetében a mészkő korróziója nagy kiterjedésű horizontok mentén egyidejűleg történik. Tapasztalat szerint a vertikális oldódás elsősorban a magashegységi karsztokon és a trópusi területeken jellemző, míg a horizontális karsztosodás a növényzettel borított, középhegységi mészkőfelszínek sajátja. Alább ez utóbbi matematikai modellezésének menetét mutatjuk be.

A vizsgált karsztos terület tömbszelvényét az 1.ábra mutatja. Eszerint a mészkő hullámos felületű, töredezett összlet, melynek felső zónájában folyik a beszivárgó vizek által előidézett oldódás (Zámbó, 1987). Ez a zóna a mélyben elhelyezkedő, szálban álló, repedezett mészkő-összlet korábban letöredezett, leoldódott darabjaiból áll. A korrózió tulajdonképpen ezen kőzetszemcsék felületén megy végbe. Mivel a csökkenő szemcsék által elfoglalt térrész szükségszerűen kisebbedik, ezért a karsztos felszín fokozatosan süllyed (Veress, Péntek 1990).

A karsztosodás ilyen változatát alapvetően három tényező határozza meg: az oldást végző szénsavas víz kémiai agresszivitása, az oldástermékeket elszállító víz sebessége és a kőzetszemcsék oldhatósága. Mivel valamennyi tényező térben és időben változik, ezért e problémát térbeli, nem stacionárius folyamatként kell

kezelni. Célunk e hatásokat figyelembe vevő parciális differenciálegyenletrendszer felállítása, kezdeti- ill. peremfeltételeinek megfogalmazása, majd (egy speciális esetre vonatkozó) megoldása.



1. ábra. A vizsgált karsztterület (elvi) tömbszelvénye

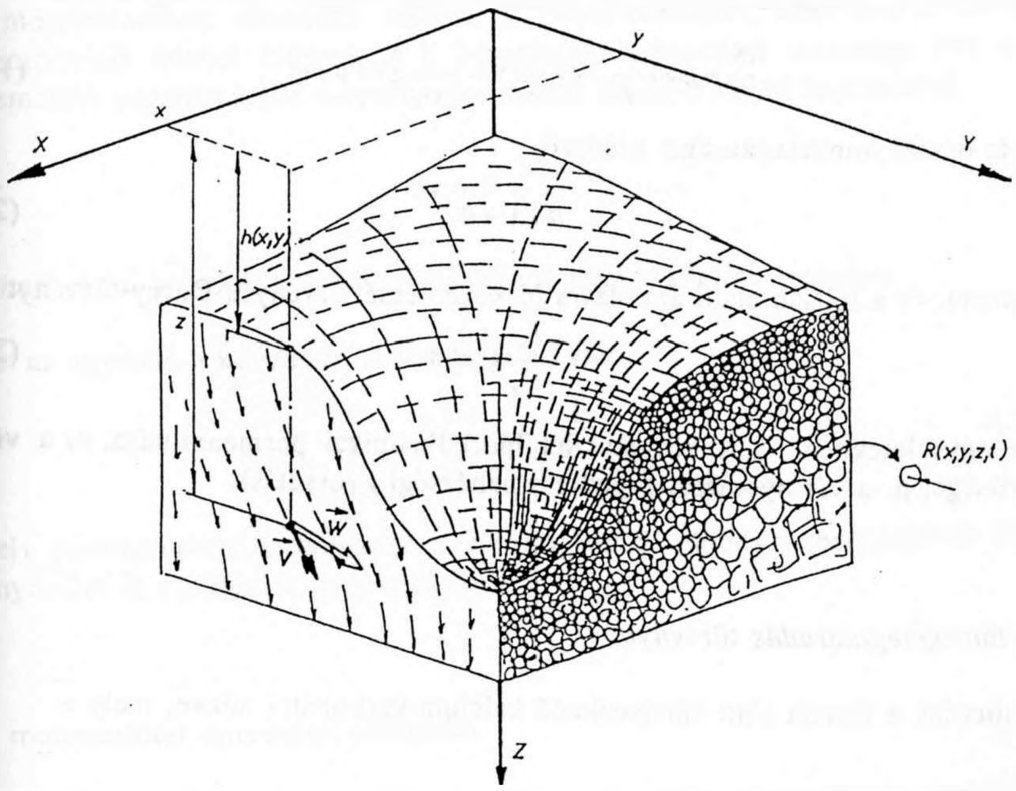
A vizsgált folyamat idealizálása

Tekintsük az oldódásnak kitett, aprózódott kőzet-összletet az elméleti modellben gömb alakú mészkőszemcsék halmazának. E gömbök átmérője kezdetben egyezzen meg a mészkő repedéseinek egymástól mért átlagos távolságával, majd az idő múlásával (a karsztosodás folyamán) csökkenjen.

Az egyenletekben szereplő változók értelmezését és a keresett függvények megoldásához szükséges koordinátarendszer elhelyezkedését a 2. ábra mutatja.

Tekintsük ismeretlen mennyiségnek a felszín süllyedését (h), a kőzetszemcsék sugarát (R) és süllyedési sebességét (w), a szivárgó víz

áramlásterét (melyet a **v** sebességmező ad meg) és a szivárgó oldat kalcium-karbonát koncentrációját (c). Valamennyi mennyiség az x, y, z térkoordináták és a t idő függvényei.



2. ábra. A kőzetmozgások megadásához szükséges koordinátarendszer elhelyezkedése és a főbb jelek értelmezése. v: a szivárgó víz áramlási iránya; w: a kőzetmozgás iránya

Ismert mennyiség a felszínről beszivárgó csapadékvíz hozama (q[x,y,t]), a kőzetösszlet hézagtérfogata (κ), a kőzetszemcsék eredeti sugara (R_0) és a leszálló oldat telítési $CaCO_3$ koncentrációja (c_e). Felhasználunk továbbá általános érvényű mennyiségeket (a mészkő ill. a szivárgó folyadék ρ ill. ρ_F sűrűségét, a víz adott hőmérséklethez tartozó ν kinematikai viszkozitását és a vízben oldott kalcium-karbonát D diffúziós együtthatóját).

A modell működését meghatározó természeti törvények összegyűjtése

Porózus-töredezett kőzetben szivárgó víz áramlásának törvényei

E törvények magukba foglalják az áramlásmezőt megadó Euler-egyenletet

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \text{grad}\,\frac{v^2}{2} - v \times \text{rot}\, v = -\frac{1}{\rho_F}\,\text{grad}\, p + g, \qquad (1)$$

a víz összenyomhatatlanságát kifejező

$$div\ v = 0 \qquad (2)$$

képletet, és a felszín alatti áramlásra jó közelítéssel érvényes Darcy-törvényt

$$v = -\frac{k}{\rho_F}\,\text{grad}\, p. \qquad (3)$$

(az egyenletekben k a kőzetösszlet hidrodinamikai permeabilitása, ρ_F a víz sűrűsége, p a víz nyomása, g pedig a nehézségi gyorsulás).

A tömegmegmaradás törvénye

E törvény a felszín alatt elhelyezkedő kalcium-karbonátra nézve, mely a

$$\text{div}\, f = -\frac{\partial \rho_K}{\partial t} \qquad (4)$$

mérlegegyenletből számítható (ahol f a $CaCO_3$ tömegáramsűrűség-vektora, ρ_K a hézagos szerkezetű kőzet-összlet átlagsűrűsége). Figyelembe véve, hogy a karsztosodó kőzetben kalcium-karbonát részben (oldott állapotban) a szivárgó vízzel, részben az aprózódott mészkő-összlet süllyedésével áramlik, végül a (4)

$$v\,\text{grad}\, c + \frac{\partial c}{\partial t} = -\frac{1-\kappa}{\kappa}\,\rho\,\text{div}\, w \qquad (5)$$

differenciálegyenletre vezet (c az áramló víz koncentrációja, w a kőzetmozgás sebessége).

A kompatibilitás törvénye

A kőzetszemcsék oldódása (méretváltozása) nyomán a kőzet-összletben nem keletkezhetnek olyan üregek, melyeket a többi kőzetszemcse ki ne töltene (azaz a mészkődarabok állandóan kitöltik a rendelkezésükre álló teret). Ez a (geometriai) feltétel kifejezhető a kőzetösszlet süllyedési sebessége (w) és szemcséik sugarának (R) megváltozása között fennálló alábbi kapcsolattal

$$\operatorname{div} w = \frac{3}{R}\frac{\partial R}{\partial t} \tag{6}$$

Gömb alakú mészkőszemcsék oldódásának fizikai-kémiai egyenlete

Ez az egyenlet a következő (Dubljanszkij,1989):

$$\frac{\partial R}{\partial t} = -\frac{c_s - c}{\rho}\,\frac{1}{\dfrac{1}{K_k} + \dfrac{16}{85}\dfrac{R}{\sqrt[3]{D^2 \nu}}} \tag{7}$$

mely paraméterként tartalmazza a mészkő kémiai oldódási sebességének K_k tényezőjét és a diffúziós paramétereket.

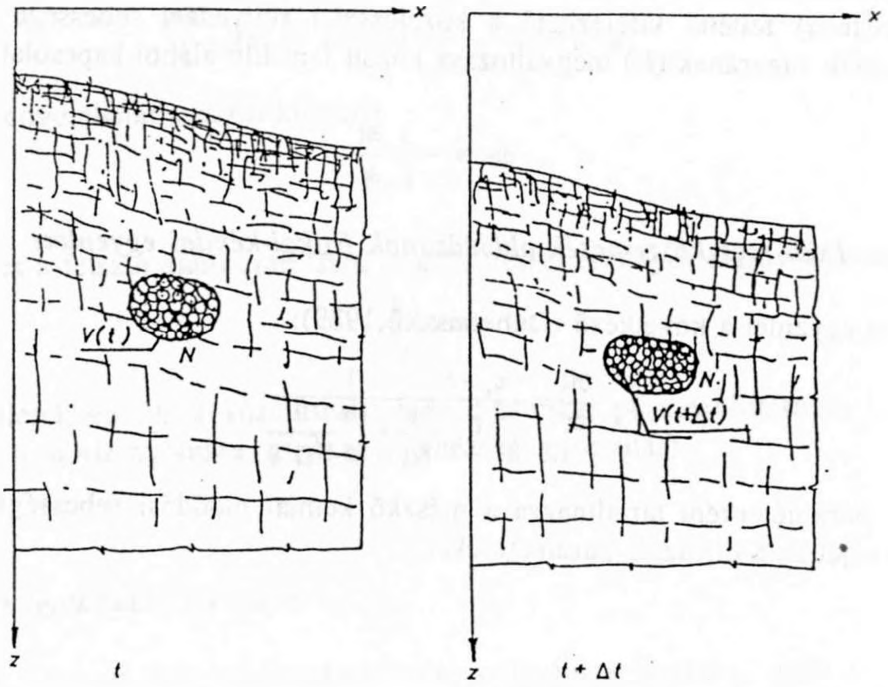
A matematikai operációk elvégzése

Az összegyűjtött törvényeket a teljes ("végtelen kiterjedésű") mészkő-összletre nem lehet alkalmazni, ezért azokat egy, az oldódó szemcsék halmazában kijelölt, tetszőleges méretű, u.n. materiális térfogatra írjuk fel (3. ábra). Ennek eredményeképpen az egész kőzet-összletre vonatkozó általános egyenleteket nyerünk.

Első lépésben meghatározzuk a szivárgó víz v sebességmezejét az (1)--(3)egyenletrendszer megoldása révén. Miután így v(x,y,z) ismertté válik,(5), (7) és (8) egyenletek w, R és c mennyiségekre nézve (elvileg) megoldhatók.

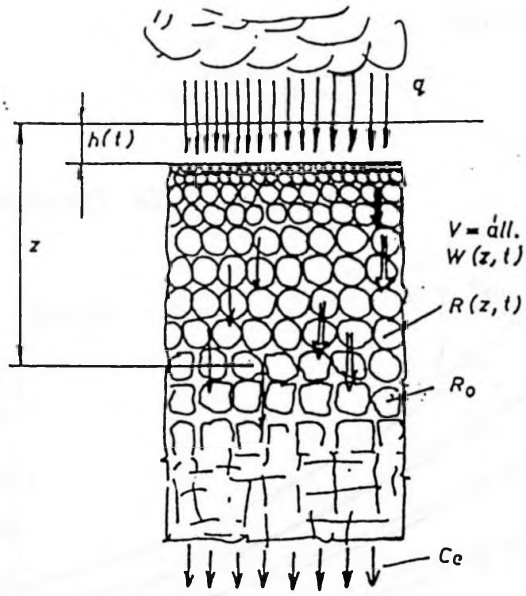
Az (5), (7) és (8) kezdeti- ill. peremfeltételei kifejezik, hogy a $t=0$ időpillanatban a kőzetösszlet még változatlan állapotú ($c=0$, $w=0$, $R=R_0$), $t>0$ esetén pedig a kőzet felszínén beszivárgó víz még nem tartalmaz oldott kalcium-karbonátot, nagy mélységben pedig az oldat már telített és a kőzet oldódása (azaz a kőzetszemcsék kisebbedése) még nem indult meg ($R=R_0$, $w=0$).

Az egyenletrendszer megoldása lehetővé teszi mind a sík felszínű, mind a mélyedésekkel, töbrökkel tagolt felületű mészkő-összlet karsztos lepusztulásának kvantitatív leírását.



3. ábra. A kőzet-összletben kijelölt materiális térfogat elhelyezkedése valamely t és az azt követő t+Δt időpillanatban. V: a szóban forgó materiális térfogat köbtartalma; N: a V térfogatban található kőzet darabok száma

A továbbiakban az előbbi esettel, azaz a sík felületű karsztos térszínek süllyedésével foglalkozunk. Ilyenkor (szimmetriákból következően) mind a kőzetmozgás-, mind a víz szivárgásának sebessége (v és w) függőleges irányú. Feltételezve, hogy a csapadék térbeli és időbeli eloszlása egyenletes, v az időtől függetlenné válik, és a csapadékhozam beszivárgásra jutó q részével egyenes arányba kerül (4. ábra).



4. ábra. A horizontális felületű mészkő-összlet matematikai modelljének vázlata. v: a szivárgó víz áramlási iránya; w: a kőzetmozgás iránya; c_e: a szivárgó víz telítési $CaCO_3$ koncentrációja; R_0: a kőzetdarabok kezdeti sugara

E megszorítások (és bizonyos ésszerű közelítések) figyelembevételével a karsztosodás egyenletrendszere a

$$\begin{cases} v\dfrac{\partial c}{\partial z} = -\dfrac{1-\kappa}{\kappa}\rho\dfrac{\partial w}{\partial z} & (8) \\ \dfrac{\partial w}{\partial z} = \dfrac{3}{R}\dfrac{\partial R}{\partial t} & (9) \\ c = c_e + \left[\dfrac{1}{K_k} + \dfrac{16}{85}\dfrac{R}{\sqrt[3]{D^2 v}}\right]\dfrac{\partial R}{\partial t} & (10) \end{cases}$$

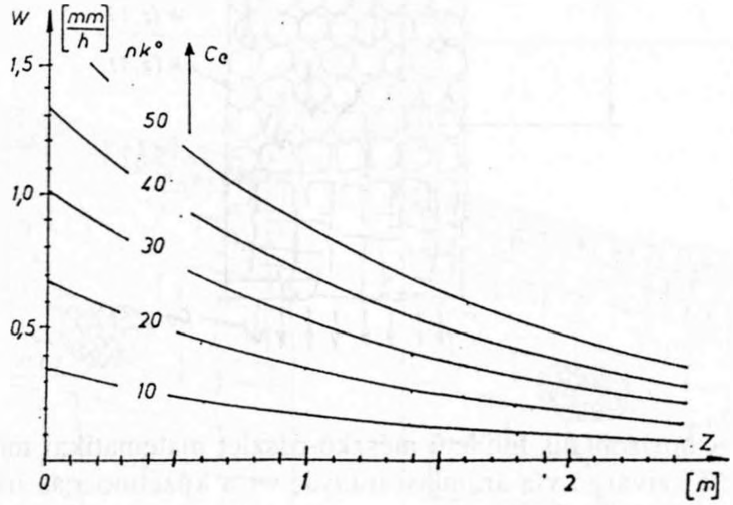
két független változós parciális differenciálegyenletté szűkül.

A modell működtetése

Az egyenletrendszert megoldva, figyelembe véve a fent megfogalmazott kezdeti- és peremfeltételeket, a következő eredményre jutunk.

A kőzet felszíne állandó

$$w_0 = \frac{\kappa}{1-\kappa}\frac{\nu}{\rho}c_e \tag{11}$$



5. ábra. A kőzetszemcsék süllyedési sebessége (w) a felszín alatti mélység (z) függvényében, különböző telítési $CaCO_3$ koncentrációk (c_e) mellett

sebességgel süllyed. A mélyebben elhelyezkedő kőzetszemcsék sebességét a

$$w(z,t) = w_0 e^{\lambda(w_0 t - z)}, \qquad \text{ha} \quad z \geq w_0 t \tag{12}$$

összefüggés adja meg (5. ábra), ahol

$$\lambda = \frac{255}{16}\frac{1-\kappa}{\kappa\nu R_0^2}\sqrt[3]{D^2\nu}. \tag{13}$$

A karsztos térszín egy év alatt bekövetkező h_e süllyedése egyenesen arányos az egy év alatt beszivárgó víz teljes Q_e mennyiségével (6. ábra):

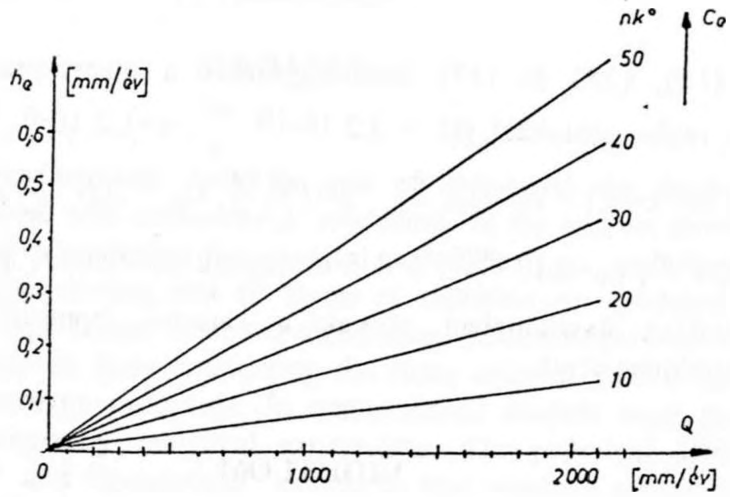
$$h_e = \frac{1}{1-\kappa}\frac{c_e}{\rho}Q_e. \tag{15}$$

A leszálló és oldott kalcium-karbonátban folyamatosan gazdagodó karsztvíz

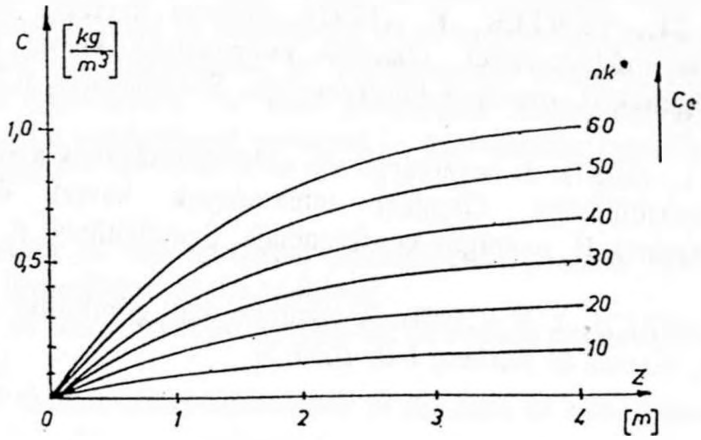
koncentrációja a

$$c(z,t) = c_0\left[1 - e^{\lambda(w_0 t - z)}\right] \tag{16}$$

függvény szerint alakul (7. ábra).



6. ábra. A karsztos felszín évi süllyedése (h_e) az évi beszivárgó csapadékvíz (Q) függvényében, a telítési $CaCO_3$ koncentráció (c_e) különböző értékei mellett



7. ábra. A leszálló karsztvíz oldott $CaCO_3$ koncentrációjának változása a z mélység függvényében, különböző c_e telítési koncentrációk esetén

Az oldódás elsősorban a mészkő-öszlet felszín közeli részén, a felszíntől számított δ mélységen (un. behatolási mélységen) belül zajlik. Értékét az alkábbi képlet fejezi ki.

$$\delta = \frac{16}{255}\frac{\kappa v}{1-\kappa}\frac{R_0^2}{\sqrt[3]{D^2 v}}. \qquad (17)$$

A (12), (15) és (17) összefüggéseket a magyarországi karsztokra vonatkozó reális adatokkal ($D = 3{,}2.10\text{-}10\ \frac{m^2}{s}$, $v=1{,}2.10\text{-}6\ \frac{m^2}{s}$, $v=0{,}01\ \frac{m}{s}$, $R_0 = 0{,}01$ m, $\kappa=0{,}11$ $c_e=0{,}6\ \frac{kg}{m^3}$, $\rho=700\frac{kg}{m^3}$, $Q_e = 500\ \frac{mm}{év}$) számszerűsítve $w_0= 0{,}0027\ \frac{m}{s}$, $h_e=0{,}13\ \frac{mm}{év}$, $\delta=1{,}5$ m értékek adódtak. A nyert számadatok nagyságrendileg összhangban vannak a karsztos lepusztulásra vonatkozó mérések eredményeivel.

IRODALOM

Veress M.,
Péntek K. (1990):
Kísérlet a karsztos felszínek denudációjának kvantitatív leírására. Karszt és Barlang I. p. 19-28

VERESS, M., PÉNTEK, K. (1992): Felszíni karsztos formák vizsgálata matematikai módszerekkel. Oktatási intézmények karszt és barlangkutató tevékenységének II. országos konferenciája, Szombathely. p.21-29

ZÁMBÓ, L. (1987): A beszivárgó víz oldóképességének alakulása a talaj és a kőzet határfelületén. Oktatási intézmények karszt és barlangkutató tevékenységének II. országos konferenciája, Szombathely. p.13-19

DUBLJANSZKIJ, J. V. (1989): A víztükör alatti gömbfülke-képződés elméleti vizsgálata. Karszt és Barlang I-II. p.29-31

Dr.Szunyogh Gábor
Berzsenyi Dániel Tanárképző Főiskola
Szombathely
H-9700 Hungary

THE FUNCTIONS AND ROLE OF MATHEMATICAL MODELLIING IN DESCRIBING KARSTIFICATION PROCESSES

by

Dr. G.Szunyogh

SUMMARY

The paper is presented with the aim of dissolving the doubts and reservations associated with mathematical modelling. In the interest thereof the various methods of reproducing the physical prototype (i.e., modelling) are reviewed first, demonstrating that all forms of reproduction (physical scale model, laboratory experiment, computer simulation, mathematical model, etc.) are required to obey in their functioning the same laws of nature as those controlling the prototype processes. In mathematical models these laws of nature are represented by analytical expressions. The principal difference between "physical" and "theoretical" models is that whereas the laboratory models are real (of largely the same materials as the prototype), in mathematical models the physical quantities accessible to measurement are represented by means of figures, the laws by equations, while the processes are tracked with the help of sets of equations. The output of both methods appears in the form of graphs, with the only difference that in the case of physical models these are plotted from measurement data, while in that of mathematical models these represent the functions obtained by solving the set of equations. Changes in the geological conditions are reproduced in mathematical models simply by changing the input parameters. A well formulated mathematical model understandable also to a professional unversed in mathematics consists of the following five sections:

1: Exact description of the particular speleological process and clear, unambiguous formulation of the problem;
2: Simplification of the process (screening the irrevelant elements from the relevant ones);
3: Collection and mathematical formulation of the laws of nature governing the process;
4: Formulation and solution of the sets of equations representing these laws, with due regard to the boundary conditions applying to the process;
5: Operation of the model, i.e. testing the relations obtained for their qualitative and quantitative properties, their plotting in graphs and their interpretation.

Mathematical modelling is complementary to field observations and laboratory experiments, in that

- it provides oppurtunity to check hypotheses (by eliminating any "undetected" errors of logic);
- it allows the mechanism of the processes to be interpreted;
- it can be operated with the help of the clearest logic (mathematics) under initial and boundary conditions which are presently impossible to reproduce in the prototype or at the laboratory;
- no time limitations ("laboratory time" restrictions) are imposed;
- by the analysis of the final expressions the theoretical limits of particular processes can be identified.

Since the steps 1, 2, 3 and 5 of the modelling process described above contain substantially no mathematical operations, the model can be formulated and the results interpreted regardless of the analytical process of equation solving.

The foregoing are demonstrated by desrcibing the process of mathematical modelling horizontal karstic degradation.

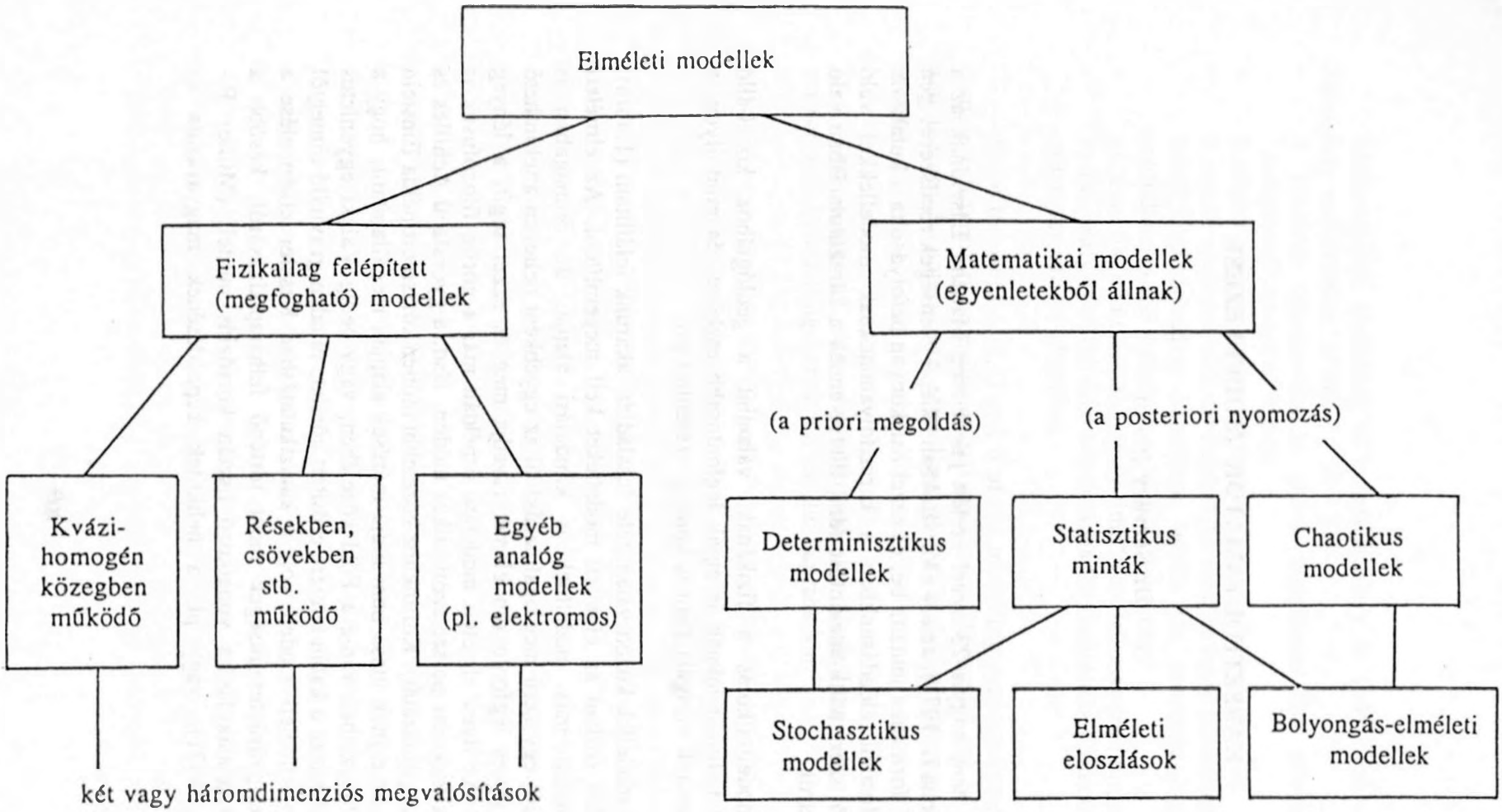
KARSZTFOLYAMATOK MODELLEZÉSE

Dr. Sárváry István

1971-ben, vagyis 23 évvel ezelőtt jelent meg Maucha Lászlónak az a cikke (Maucha L. 1971), amely a karsztokban fellépő jelenségek rendszerét igen áttekinthető formában mutatta be, és ezzel hatékonyan befolyásolta a kutatások irányát. Mostani előadásunkban a karsztfolyamatoknak modellekkel való közelítéséről szeretnénk áttekintést adni, illetve ennek a karsztkutatásban való alkalmazásáról.

A modell-alkotás a fizikának, valamint a geológiához közel-álló alkalmazott tudományoknak is egyik legfontosabb eszköze, és mint ilyen, a karsztfolyamatok vizsgálatában is komoly szerephez jut.

Ha a modellek között valamiféle "családfát" akarunk felállítani (1.ábra), akkor legelső sorban az elméleti modelleket kell megemlíteni. Az **elméleti modell** minden más modellnek is kiindulási alapja, de önmagában is alkalmazható: egyszerű megfogalmazásával az egyébként nehezen áttekinthető jelenség-együttes legfontosabb elemét ragadja meg és ezzel segíti a lényeg megértését. Az ilyen elméleti modellek őspéldáit már a görög filozófusok is alkalmazták (sokszor persze szofisztikus módon, lásd: a gyorslábú Achilles és a teknősbéka példázatát). Korunkhoz közelebbi időben közismert példa Einstein liftkabinja, amelynek utasa nem tudja mérések alapján megállapítani, hogy a kabin álló helyzetben van-e a Föld közelében, vagy pedig Valaki egyenletes gyorsulással húzza a kabin tetejére erősített kötelet, minden gravitáló tömegtől távol. Ilyen elméleti modell volt a karsztkutatásban Kessler elképzelése a zsombolyok gyűrűsfeszültségek miatt történő felharapódzásáról, később a zsombolyok kialakulására vonatkozó tisztán korróziós modell (Müller P.-Sárváry I. 1971), vagy pl. a heliktitek képződésének magyarázata az



1.ábra. Karszthidrológiai modellek "családfája"

elektromosan töltött aerosol csúcshatásra történő kicsapódásával.

De az elméleti modellek sorába tartozik a ma már közismert Vendel-Kisházi modell is a karsztos melegforrások geneziséről.(Vendel M. 1963)

Az elméleti modellekből kiinduló családfa itt elágazik. A működő, mérési eredményeket is produkáló modellek két nagy csoportba sorolhatók, a fizikailag is megvalósított, (kézzelfogható) modellekre és a matematikai modellekre.

A **fizikai modellek** alig egy-két évtizeddel ezelőtt még komoly szerepet kaptak a karsztkutatásban. Részint a kőzetben való vízmozgás, részben pedig a megcsapolások környezetében kialakuló depressziók tulajdonságainak megértésére építettek plexikockákkal, zúzottkővel és egyéb mesterséges anyagokkal többé-kevésbé homogén módon töltött tartályokat, valamint két- és háromdimenziós cső- és résmodelleket. A Jósvafői Kutatóállomáson is működött több igen sikeres, tartályokból és üvegcsövekből összeállított modell a szivornyás karsztforrások viselkedésének tanulmányozására, amelyek meglepő hasonlósággal képezték le a természetben megfigyelt vízhozam-változásokat (Gádoros M.1971.- Maucha L.1967).

A nagyobb karsztos egységekben lezajló folyamatokat a fizikai modellek virágkorában elektromos analógiával képezték le: a víztározó kőzet-testet alakhelyesen kivágott ellenálláspapir helyettesítette, az utánpótlódást illetve a vízkivételt a megfelelő pontokra illesztett elektródák közvetítették. Az eredményeket a pontonként mért áramerősségek és feszültségek adataiból állították elő.

A fizikai modelleket számos részprobléma megoldásához is segítségül vették. Ilyen volt például a karsztos beszivárgás felszínközeli jelenségeinek vizsgálatára a Kutatóállomáson épített karszt-liziméter, vagy a heliktitek növekedésének mérésére kialakított, feszültséggel ellátott sztalaktit-csúcsok rendszere (Müller P.-Sárváry I.1977).

A **matematikai modellek**, a fizikai modellekkel ellentétben már nem kézzelfoghatóak, ezek egyenletrendszerekből állnak. Ugyanolyan régi hagyományokkal rendelkeznek, mint a fizikai modellek, hiszen, ha jól belegondolunk, már egy közönséges függvénykapcsolat is matematikai modell: a független változó fölvesz egy értéket, mire a függő változó szintén megváltoztatja korábbi értékét és a független változó által "diktált" új értéket vesz fel. Lehet, hogy ez az összetartozás nem egészen pontos, ilyenkor szorosabb vagy lazább "korrelációról" beszélünk. Ezt a szemléletmódot, amelyben feltételezzük, hogy az egyik eseménysor meghatározza a másik

eseménysort, **determinisztikus szemléletnek** nevezzük. Ennek egyik leghatározottabb képviselője a mintegy 200 évvel ezelőtt élt francia filozófus-matematikus, **Laplace** márki volt, aki feltételezte, hogy ha létezne egy végtelen intelligenciával megáldott démon (akit azóta közhelyszerűen "Laplace démona" néven emlegetnek), akkor ez a lény a múltbeli események pontos ismeretében ugyanilyen pontossággal meg tudná jósolni a jövőbeli eseményeket is.

A tudomány szinte valamennyi ágában évszázadokon át a determinisztikus közelítés uralkodott, hiszen ez áll közelebb az emberi gondolkozáshoz. De közben a matematika kifejlesztett egy új eszköztárat, a statisztikát, és ettől kezdve a kutatók egy része már a **statisztikus szemlélettel** is felfegyverkezve látott neki a problémák megoldásának.

A determinisztikus- illetve statisztikus-szemléletű probléma-megoldás hívei között hosszú ideig kibékíthetetlen ellentét állt fenn, és persze nemcsak a hidrológiában. Ez az ellentét még akár 10-15 évvel ezelőtt is látványos vitákat produkált. Ugyanakkor a determinisztikus és a statisztikus megoldások közötti átmenetként egyre nagyobb teret nyert -- szintén a második világháborút követő években -- a stochasztika.

Maga a **stochasztikus** szó azt jelenti, hogy a determinisztikus kapcsolat **sejthető**. A stochasztikus folyamat, amikor már észleltem, **a posteriori** szerkezetet nyer, és akkor meg lehet próbálni fizikai modelleket alkalmazni rá. A stochasztikus folyamatnak tehát szerkezete van, és a szerkezet itt azt jelenti, hogy a folyamat itt nem annyira szigorúan véletlenszerű, mint a kockadobás, vagy a kártyajátékok esetében. Például egy barlangi árvízcsúcs után közvetlenül nem jöhet kisvíz.

Mi az értelme a problémák statisztikus-stochasztikus megközelítésének, mi az a többlet, amit ezáltal nyerhetünk ? Miért indokolt egy komplikáltabb eszköz (egy stochasztikus diff. egyenlet) alkalmazása, ha az egyszerűbbel (a determinisztikus diff.egyenlettel) is célt érhetünk ? Ez nemcsak egy szónoki kérdés, ez a kérdés szó szerint így hangzott el, alig fél évvel ezelőtt a Műegyetemen, Kontur István kandidátusi védésén, aki a bolyongás-elmélet hidrológiai alkalmazásaival foglalkozott.

Világos, hogy ha minden felmerülő problémára lenne determinisztikus megoldásunk, akkor épeszű ember nem alkalmazna statisztikai eljárásokat. Sajnos azonban nem ez a helyzet -- és most szeretném Zsuffa István professzor szavait idézni. Ő szokta azt mondani, hogy Szent Ágoston és Engels Frigyes ugyan csaknem kétezer év különbséggel születtek és ráadásul eléggé ellentétes ideológiai nézeteket is vallottak, egy dologban azonban tökéletesen

egyetértettek: mindketten azt állították, hogy **a világ végtelen sok elemből áll, és ezt véges emberi eszünkkel nem tudjuk áttekinteni.**

Louis de Broglie, aki 1929-ben kapott Nobel-díjat azért, mert a fizikát stohasztikus alapokra helyezte, mondta azt, hogy **egyetlen általános törvény van a fizikában, a nagy számok törvénye.** Egy másik nagy fizikus, Feinmann ezt úgy fogalmazta meg, hogy ha egy-egy molekulát vizsgálunk, akkor még lehet determinisztikus megoldásokat keresni, de ha sok molekulát együtt kezelünk, már csak valószínűségekkel dolgozhatunk.

Világos, hogy az ok-okozati összefüggések mindig érvényesek: **a véletlen a figyelembe nem vett okok hatása.** Ha csak egy vagy két okot tudok számszerűen figyelembe venni, a többi okot a véletlenek közé sorolom és úgy teszem fel a kérdést, hogy ilyen körülmények között mi lesz a micsodából, akkor ez a stochasztika -- most éppen Szijártó professzort plagizáltam.

A matematikai modellezés különösen nagy lendületet kapott a számítógépek elterjedésével.

A determinisztikus szemléletű matematikai modellezés egyik szép példája volt a múlt évben Maucha Gergely szakdolgozata (Maucha G.1993), amely a forráshozamok csökkenését, vagyis az egymáshoz hierarchikusan kapcsolódó repedésrendszerek működését, két-, három-, illetve négy különböző időállandójú tározó kiürülésével szimulálta.

A karsztos infiltráció mennyiségét számító különböző eljárások (Kessler H.1954-Maucha L.1990) szintén determinisztikus alapon adják meg a csapadékból beszivárgó hányad nagyságát.

Ugyancsak determinisztikus alapon működik a Dunántúli Középhegységre a VITUKI-ban kifejlesztett karszthidrológiai modell (Csepregi A.-Lorberer Á. 1989). Ebben az összefüggő karsztos víztároló területe egyforma négyzetekre van felosztva, az egyes négyzetekre jutó utánpótlódást és vízkivételt, a szomszédos egységek felé történő pozitív vagy negatív vízátadódást a gép szintén determinisztikus algoritmusok szerint számolja. A modellt úgy illesztették, hogy a ténylegesen megfigyelt vízszint-ingadozásokat a szimuláció az adott ponton reprodukálni tudja. Ehhez az egyes négyzetek tárolási tényezőjét illetve vízáteresztő-képességét kellett változtatni, amig az illeszkedés kellően pontossá nem vált. Ma már a Bükk-hegység Miskolc-Tapolcai vízgyűjtőjére is működik egy hasonló felépítésű modell.

Most folyik a karszthidrológiai modellek továbbfejlesztése transzport modellé. Ezt a szennyeződések terjedésének előrejelzésére vonatkozó igény tette szükségessé. A transzport modellek jóval bonyolultabbak a hidrológiai modelleknél, hiszen az utánpótlódást, tárolódást, vízmozgást leíró differenciál-egyenleteken kívül tartalmazniuk kell a vizsgált szennyezőanyag abszorbeálódását, lebomlását, diffúzióját és higulását leíró differenciál-egyenleteket is.

A statisztikus-stochasztikus szemléletű modellezés egyelőre nem nyerte el méltó helyét hazánkban a karsztfolyamatok kutatása terén, de már ebben az irányban is megtörténtek a kezdő lépések.

Minden modellezés -- sokszor be nem vallott -- célja az, hogy segítségével előrejelzéseket lehessen adni. Sajnos kb. 30 évvel ezelőtt Edward N. Lorenz amerikai meteorológus kimutatta, hogy determinisztikus rendszerek is tanusíthatnak előre nem látható, véletlenszerű viselkedést (Götz G.1993). Lorenz nem kevesebbet állít, mint azt, hogy egy braziliai pillangó szárnycsapása Texasban esetleg tornádót válthat ki. A kissé megtévesztő módon "káosz"-nak nevezett különös viselkedési forma felfedezése alapjaiban rendítette meg a determinisztikus előrejelezhetőség laplace-i látomását. Hidrológiai-karszthidrológiai alkalmazása most van megszületőben, az u.n. bolyongás-elmélet kidolgozásával. A statisztikát és a stochasztikát azonban nem rendítette meg az új felfedezés, úgyhogy biztosan várható ezek helyzetének megerősödése a jövőben.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ez a munka a T O14146 nyilvántartási számú OTKA kutatási szerződés anyagi támogatásával készült, melyért köszönetemet fejezem ki.

IRODALOM

Csepregi A.- in Lorberer Á.(1989): Computer simulation of the karstwater level changes Transdanubian Mountain Range. Proc. of 10th Intern. Congr. of Speleology.

Gádoros M.(1971): Complex Investigation of the Nagytohonya Spring of Jósvafő. Karszt és Barlangkutatás.

Götz G.(1993): A pillangó-effektus. Fizikai Szemle.

Kessler H.(1954) A beszivárgási százalék és a tartósan kitermelhető vízmennyiség karsztvidéken. VITUKI közlemények.

Maucha G.(1993): A szabadfelszínű nyílt karsztok kiürülési viszonyainak modellezése. Szakdolgozat. ELTE Geofizikai Tanszék.

Maucha L.(1967): A karsztos szivornyák, mint hidraulikai jelfogók. Karszt és Barlang.

Maucha L.(1971): System of Speleological Interactions Karszt és Barlangkutatás.

Maucha L.(1990): A karsztos beszivárgás számítása. Hidrológiai Közlöny.

Maucha L.-Sárváry I.(1970) Tidal phenomena in the karst water level. Bulletin of the IASH

Müller L.-Sárváry I. (1970): Pure Corrosive Model of the Development of Vertical Karst-Shafts. Proc. IGU European Regional Conf.

Müller P.-Sárváry I.(1977): Some aspects of the development in Hungarian Speleology theories during the last ten years. Karst és Barlang, Special Issue.

Vendel M.-Kisházi P.(1963): Összefüggések melegforrások és karsztvizek között. MTA Műszaki Tud. Osztály Közleményei.

Dr.Sárváry István
VITUKI
Budapest
Kvassay J. u. 1.
H-1095 Hungary

MODELLISATION OF KARSTIC PROCESSES

by

Dr.I. Sárváry

SUMMARY

All models used in the research of groundwater problems can be originated from the primary theoretical models. Their practical implementation goes in two directions. One of them is the physically built-up models which can be classified further as models working in homogeneous materials (sand etc.), in slits and pipes, or in other analogous media (on resistivity-paper, etc.). The second big group is composed of the mathematical models, which are

constituted from equations. Mathematical models can be classified into deterministic-style models (where the processes are a priori supposed) and statistic-stochastic-type models (where we try to trace a posteriori the regularities of the processes). Recently some new type of models appeared: these are the chaotic models, which can be used also succesfully in the research of karstic processes.

WATER RESOURCES RESEARCH CENTRE PLC.

Site: 1095 Budapest, Kvassay Jenő út 1.
Postal adress: 1453 Budapest, Pf. 27.
Telephone: (361) 215-6140, 215-8160
Telefax: (361) 216-1514
Telex: 224959 vituk-h

DOMAINS OF SCIENCE:

- **HYDROLOGY**
- **HYDROGEOLOGY**
- **HYDRAULIC ENGINEERING**
- **HYDROBIOLOGY**
- **HYDRAULICS**
- **HYDROECONOMICS**
- **HYDROCHEMISTRY**

FIELDS OF ENGINEERING:

- Hydrology (surface waters, groundwaters, quantity and quality)
- Runoff control (runoff control systems, storage, large structures)
- Water management (resources management, economic
- aspects)
  Domestic- and industrial water supply (intakes and treatment, distribution and operation, industrial water management)
- Management of thermal and medicinal waters
- Sewerage (collection, treatment and disposal, sludge treatment)
- Agricultural water uses (irrigation, fishing, fish farming)
- Watershed control (gully control, urban drainage, local defences, removal of undrained runoff)
- Enviromental protection (protection of the aquatic enviroment, water quality control, pollution emergency measures, impact assessment)
- Flood control (construction and non-constructional measures, flood fighting)
- Regulation of rivers and lakes, waterways, hydropower development

OUR SERVICES INCLUDE:

OBSERVATIONS-SURVEYS • RESEARCH AND DEVELOPMENT • CONSULTATION • FEASIBILITY STUDIES • EXPERT REVIEWS • TECHNOLOGY PLANNING • TESTING FOR OFFICIAL APPROVAL • QUALITY SUPERVISION • DISSEMINATION OF PROFESSIONAL INFORMATION

THE AVAILABLE RESOURCES COMPRISE:

- **the hydraulic- and hydraulic machinery laboratories,**
- **the registred hydrochemical, hydrobiological and soil mechanical laboratories,**
- **the national hydrologie network and reporting service, measuring equipment, survey launch,**
- **computer equipment,**
- **a highly qualified professional staff.**

These resources make VITUKI Plc. one of the most diversified, internationally recognized water resources research institutes of Europe.