

MAGYARORSZÁG KARSZTFORRÁSAINAK KÜLÖNLEGES VÍZHOZAMVÁLTOZÁSAI AZ AGGTELEKI KARSZTVIDÉKEN

Maucha László

ÖSSZEFOGLALÁS

A karsztforrások szivornya-működésből származó jellegzetes hozamváltozásait már több mint 100 éve ismerik. Az Aggteleki-karszt különleges sajátossága, hogy forráshozam változásai hét különböző természeti tényező befolyása alatt állnak és egymás mellett két szivornyas forrás is található, melyek hidrológiai kapcsolatban állnak egymással. Kiderült, hogy ennek következtében nemcsak közvetlen, hanem közvetett szivornya-hatás is létrehozhat hozamingadozást az alacsonyabb szinten fakadó forrásnál, amikor ott megjelennek a felső forrás szivornyas kitéréseinek csillapodott nyomáshullámai. A források folyamatos vízhozam regisztrálása során a kitérések időstatistikája azt is megmutatta, hogy a forrásokat tápláló felszínalatti vízfolyásoknak árapály eredetű hozamingadozásai is vannak. A földrengések szerepét is megfigyeltük a források hozamváltozásában, melyek legnagyobb gyakorisága a szivornyas kitérések megjelenése előtti ugrásszerű hozamcsökkenésre esett. Közvetlenül nem lehetett megfigyelni a légnyomás-hatás szerepét a forráshozam ingadozásban, de szivornyas kitérések statisztikai vizsgálatával kimutattuk, hogy ez a tényező is okoz vízhozam növekedéseket, mert a kitérések kapcsolatban állnak a légnyomás változások egyik fázisértékével. Megállapítottuk, hogy hóolvadás időszakában a léghőmérséklet változás is okoz forráshozam ingadozást. Meghatároztuk, hogy milyen tényezők vesznek részt a csapadékos áradások létrehozásában.

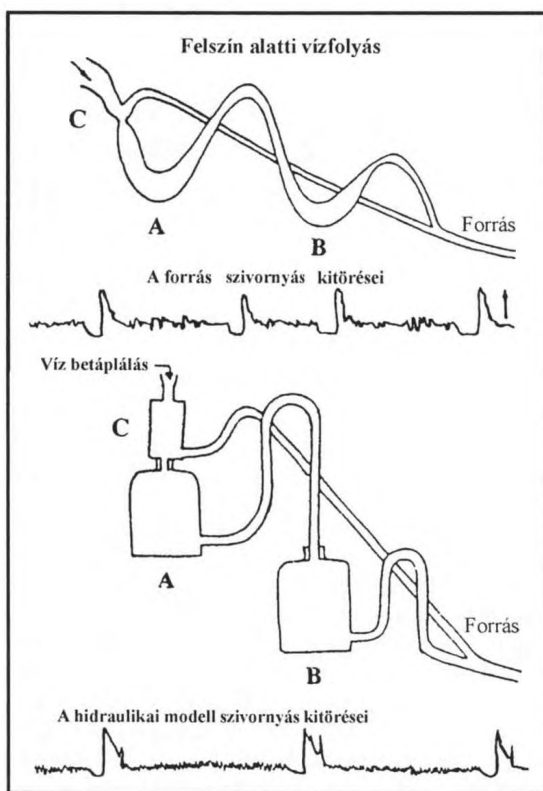
1. Bevezetés

E tanulmányban szeretném bemutatni, hogy Magyarországon a középső triász mészkőből és dolomitból felépülő Aggteleki-karsztvidéken kis területen belül olyan különleges források fakadnak, amelyek vízhozam-ingadozásban az összes eddig ismert, vagy feltételezett természeti tényező hatása felismerhető.

2. A közvetlen szivornyahatás jelensége

Az Aggteleki-karsztvidéken a 15 legnagyobb regisztrált vízkilépés közül a két szomszédos, a Lófej- és Nagy-Tohonya-forrás vízhozam változásában önállóan létező szivornya-tevékenységet találtunk, amely több korábban nem ismert jelenség feltárására vezetett. A források vízhozama 0–14.000, ill. 1000–98.500 l/perc, vízhőmérséklete 8,5 és 10,8, valamint 10,4 és 16,0°C között változik.

A Lófej-forrás hozamregisztrátumainak elemzése nyomán kitűnt, hogy két „sorbakapcsolt” nagy szivornya és egy „párhuzamosan kapcsolt” kis szivornya hármas kombinációja hozza létre a forrás igen változatos vízhozam-ingadozásait. A rendszer szerkezetét a közepes vízhozamnál észlelt változások (2. ábra, 4. idősor) logikai értelmezésével állapítottuk meg, és létezését működő hidraulikai-modell hozammérésével igazoltuk. A forrás kitéréseit a B-szivornya okozza (1. ábra). A kitéréseket megelőző vízhozam csökkenések akkor alakulnak ki, amikor az A-szivornya üríteni kezd, és egyidejűleg tölni kezdi az B-szivornyát, mert a rendszer a forrást tápláló vízfolyás főágában helyezkedik el. Ekkor a kialakuló szívóhatás miatt a kisméretű C-szivornya sűrű kis kitéréseinek sora hirtelen leáll. Az alul szűk nyílással a B-szivornyához kapcsolódó felső kis C-szivornya közepes hozamnál a rajta áthaladó vízfolyás egyik felével tölti az A-szivornyát és a szűkületben visszatörlődő víz másik felét kis kitérések formájában a forráshoz továbbítja.



1. ábra. A Lófej-forrás hármasszivornya-rendszernek logikai vázlatja (felül) és a hidraulikai modell felépítése (alul)

A 2. ábrán látható, hogy az 1. idősorban főként az A-, B-, a 2. idősorban a C-, a 3. idősor első felében ismét csak az A-, B-szivornya működik.

Figyelemre méltó, hogy azonos hozam-közben (I.–II.) nagyobb áradás után az A-, B-, kisebb áradás után csak a C-szivornya működik. Ugyanez a jelenség megtalálható az 5–6. idősorban is, ahol azonos hozam-közben az első esetben az A-, B-, C-, a második esetben csak a C-szivornya vezeti le a forrás vizét. A jelenség oka az az instabilitást okozó állapot, hogy a C-szivornya leszívó csövének csúcspontja valamivel alacsonyabban van, mint az A-szivornyaé. Ezért kisvíz időszakában az A-, B-szivornya telített állapotában már csak a C-szivornya pulzálása jelenik meg, vagy annak szivárgása adja a forrás hozamát (6, 7, 8. idősor). Növekvő hozamnál az A-, B-szivornya folyamatos leszívása is kialakulhat (2., 3. idősor). Közepesen nagy hozamnál e leszívás már nem tudja elvonni a vizet a C-szivornytól, ezért az tartós pulzációt okoz (2. idősor). A legnagyobb áradások időszakában e helyett az A-,

B-szivornya igen sűrű kitörései alakulhatnak ki, ha a később tárgyalt „éles vízhozam csökkenések” a kitöréseket már nagy hozamnál beindítják (1. idősor).

A 2. ábra 9–11. idősorában mutatjuk be a Nagy-Tohonya-forrás jóval nagyobb átlaghozamnál megjelenő és egy nagyságrenddel nagyobb térfogatú (2500 m³) kitöréseit, melyek legnagyobb sűrűsége négy ürités hetente. Úgy tűnik, hogy a szivornya mellékágban működik, mert mérhető a szivornyatérfogat és a forráshozam aránya, ill. a kitörések kezdetét követő víz hőfok csökkenés (GÁDOROS M., 1971) erre utal. A kitörések (Lófej-forrásnál megismert) nagyobb mértékű sűrűsödésének valószínűleg az a körülmény szab határt, hogy a főági-vízfolyás nagyobb vízállásnál előnti a szivornya-oldalágat.

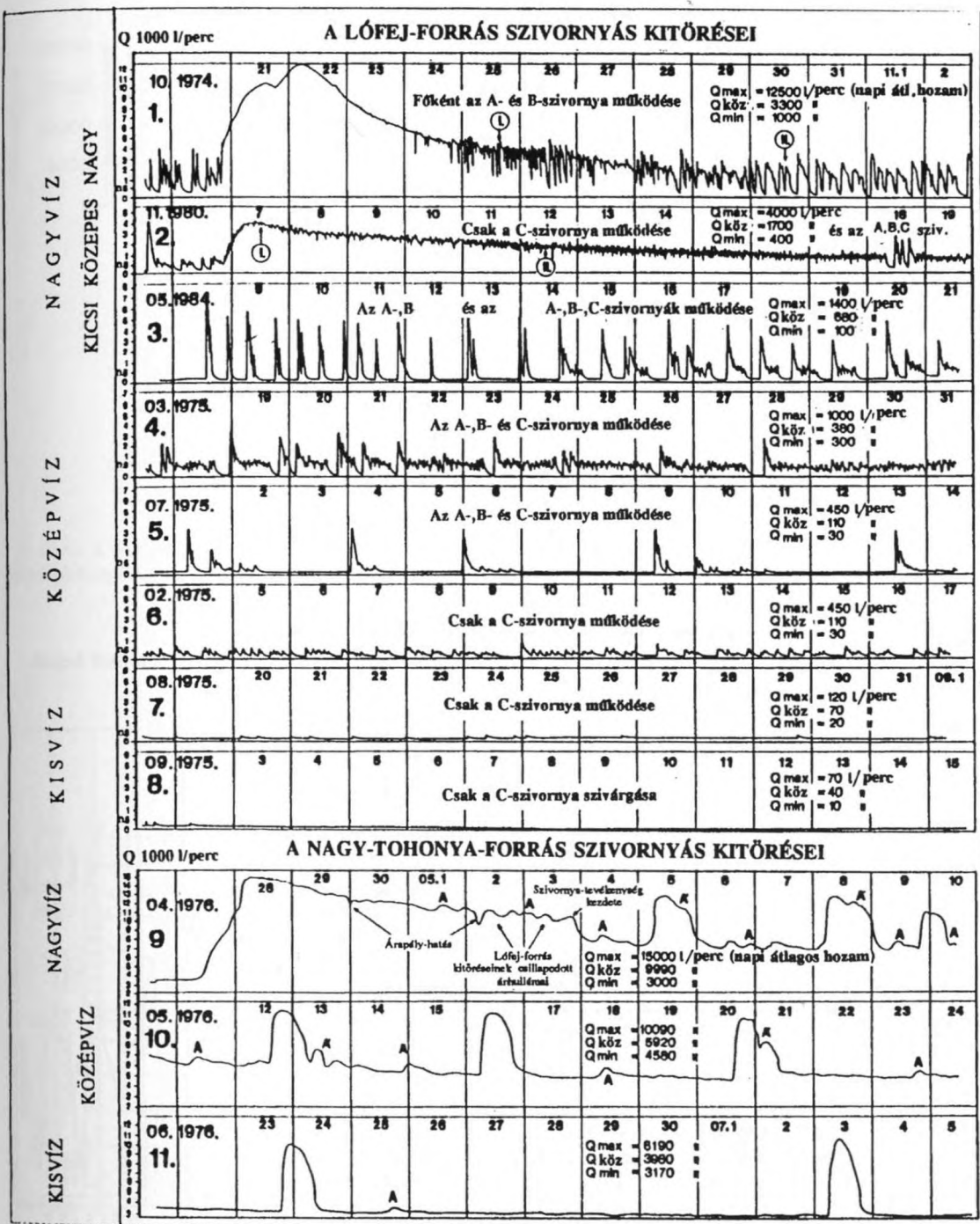
3. A közvetett szivornya-hatás jelensége

Nemcsak nyomjelzések, hanem Szilvay P. megfigyelése alapján hidraulikai bizonyítékot is nyertünk arra vonatkozóan, hogy a Lófej-forrás szivornya kitörései hatást gyakorolnak a Nagy-Tohonya-forrás vízhozamváltozásaira.

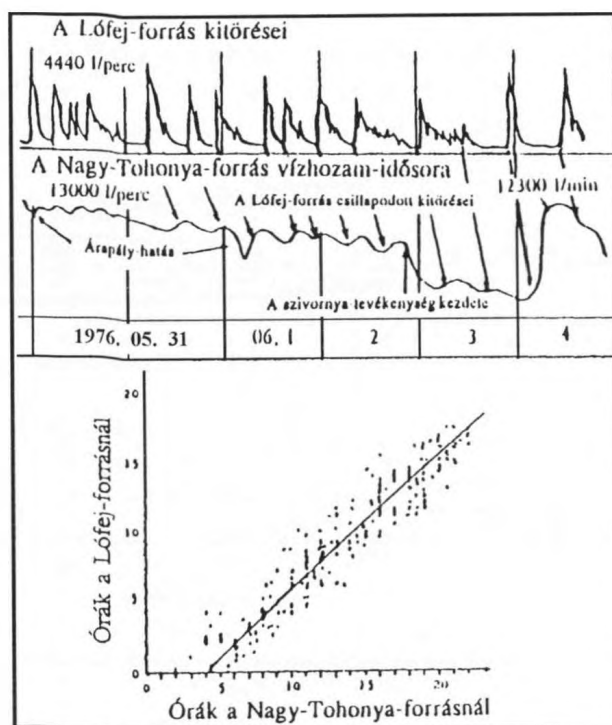
A 2. ábra 9., 10. és 11. idősorában a Nagy-Tohonya-forrás vízhozamregisztrátumain rögzített 5–15 órás és néhány száz l/perc-es vízhozam növekedések (A) átlag 4 órás késéssel követik a Lófej-forrás kitöréseit, mely tényt a 3. ábra mutatja be. Felül találjuk a folyamat ábrát, alul pedig a két forrás vizsgált jelenségei kezdő-időpontjainak szoros kapcsolatát bemutató diagramot. E pulzációk a Lófej-forrás kitöréseinek 3 km-t befutott és erősen csillapodott mikro-árhullámai, melyek a Nagy-Tohonya-forrás vízhozamváltozásaira is ráhalmozódnak és a kitörések alakját képesek sokoldalúan megváltoztatni (A'). Ilyen módon a nagyobb távolságban működő szivornyák kitörései is befolyásolhatják a karsztforrások vízhozamváltozását.

4. Az árapály-hatás jelensége

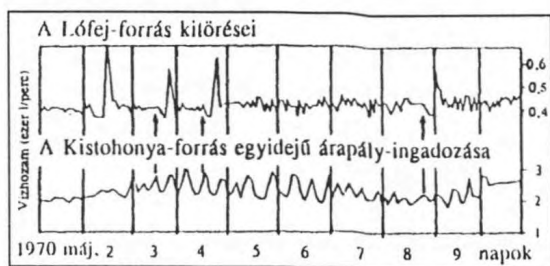
A karsztos árapály-jelenség létezését igazolni lehetett a karsztvízszint-, (5. ábra és GERBER P., 1965) a forráshozam- (6. ábra), valamint a karszt hézag-térfogatában megfigyelt árapály-periódusú változások, vagyis az úgynevezett. litoklázis-fluktuáció (7. ábra) mérési eredményeivel (MAUCHA L. 1966, BARTHA L. 1967, GÁDOROS M. 1969, MAUCHA L.–SÁRVÁRY I. 1970). Az a tény, hogy a fenti változások és a földi gravitációs téreerősség luniszoláris-változása között szoros kapcsolat van (MAUCHA L. 1977), döntő bizonyítékul szolgált a jelenség létezésére és arra, hogy a karsztos kőzet árapály deformációja hézag-térfogat változással váltja ki a hidrológiai változásokat.



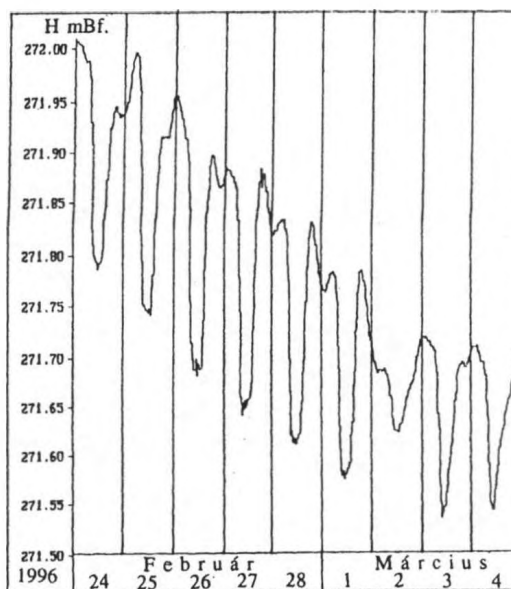
2. ábra. A szivornyas források regisztrált vízhozam-idősorai áradáskor, valamint közepes és kisvíz időszakában



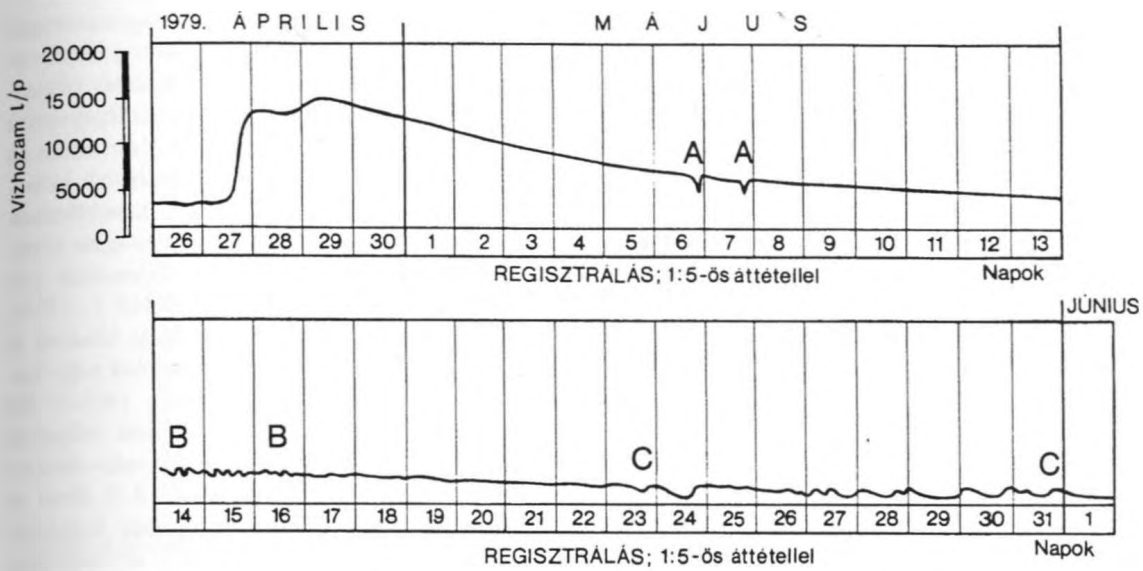
3. ábra. Kapcsolat a Lófej-forrás kitöréseinek és a Nagy-Tohonya-forrás vízhozam pulzációinak kezdő-időpontjai között



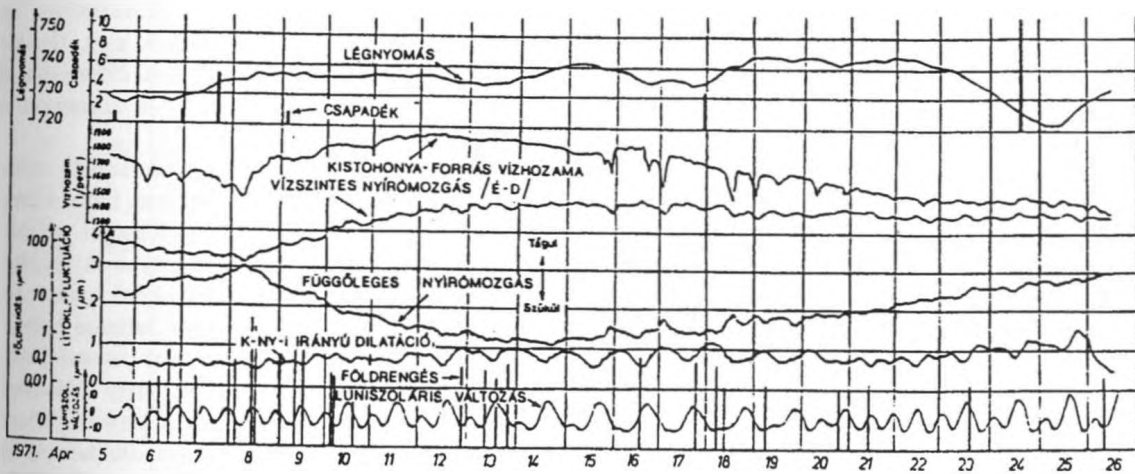
4. ábra. A Lófej-forrás kitörései és a közeli Kis-Tohonya-forrás 6 órás periódusú árapály-ingadozásai 1970. május hó folyamán. Nyilak mutatják a szivornya indítások lehetséges időpontjait



5. ábra. Árapály eredetű karsztvízszint-ingadozás 1996. február-március hónapban, a dolomitban fúrt Kis-Tohonya forrás feletti, karsztvízszint-észlelő fúrásban



6. ábra. A Kis-Tohonya-forrásnál az áradások leszálló ágában rendszeresen megfigyelhető az árapály eredetű vízhozamingadozás jelensége. A-A: éles vízhozam csökkenések, B-B: közel 6 órás periódusú ingadozás, C-C: árvízvégi hozam-ingadozás



7. ábra. A Vass Imre-barlangban regisztrált litoklázis-fluktuáció, a barlang forrásának (Kis-Tohonya) vízhozamváltozása és a luniszoláris változások kapcsolata csapadék, légnyomás és a földrengés időszorral

5. A földrengés hatás jelensége

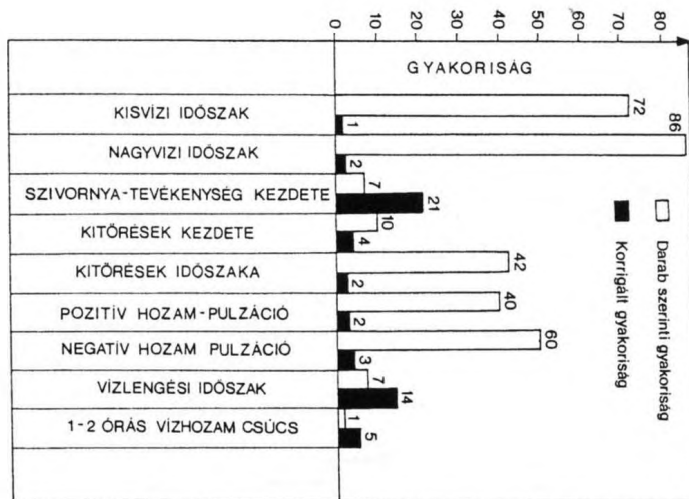
Megvizsgáltuk, hogy a földrengéseknek van-e szerepe a karsztforrások vízhozamváltozásának létrehozásában? Statisztikai vizsgálatot végeztünk arra nézve, hogy az 1965-69-es évek időszakában a helyszínen regisztrált 355 db. földrengés közül hány földmozgás pattant ki a Nagy-Tohonya-forrás különböző típusú vízhozam változásainak időszakában. A 8. ábrán az abszcisszán a különböző vízhozam típusokat, az ordinátán pedig az egyes típusokra eső földrengések darab szerinti gyakoriságának skáláját tüntettük fel. A fehér oszlopok jelentik a gyakoriság nyers értékeit, a fekete oszlopok az egyes vízhozam változási típusok időtartamával osztott értékeket jelölik. A legnagyobb fajlagos földrengés számot (21 db) a "kitörési tevékenység kezdete"-kor (2. ábra 9. idősor), a vízlengések idején (14 db.) és az 1-2 órás vízhozam csúcsoknál (5 db) kaptuk. Megbízható eredménynek csak az első, kiugró gyakoriságot tekintjük, mert a másik két esetben mesterségesen is létrehozható a regisztráción vízleengés, vagy víz-hozam csúcs a mérőrendszer megzavarásával. Ugyanakkor a kitörési tevékenység kezdetének reális kapcsolata lehet a földrengésekkel. Egy másik vizsgálat során ugyanis azt találtuk, hogy az ugyancsak áradások tetőzése után jelentkező árapály eredetű éles vízhozam csökkenések (6. ábra) a Kis-Tohonya-forrás esetében 40%-os gyakorisággal földrengésekkel egyidejűleg jelennek meg. Ezek a Nagy-Tohonya-forrásnál is megtalálható változások (lásd 2. ábra 9. idősor elejét) a forrás főágában képesek létrehozni olyan vízállás csökkenést, amely idő előtt elindíthatja a szivornya tevékenységet (lásd a 2. fejezetben közölt tényeket). A földrengések tehát a dagály időszakában kialakuló húzófeszültség lökészerű kioldásával (azzal együtt és azt elősegítve) hézagterfogat növekedést váltanak ki a karsztos kőzetben és ezáltal hozamcsökkenést létesítve a szivornyat-evékenység kezdetét is kiválthatják.

6. A légnyomáshatás jelensége

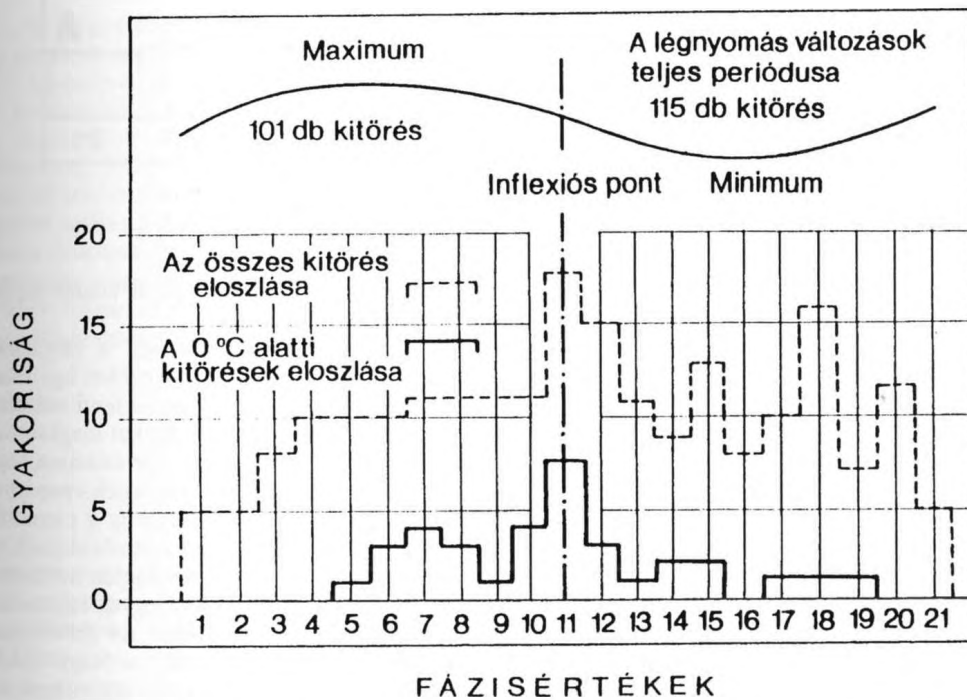
Megvizsgáltuk azt a kérdést is, hogy légnyomás-ingadozások befolyásolják-e a források vízhozamváltozásait, mivel a regisztrált vízhozam idősorokban eddig nem találtuk (árapály-jelenséghez hasonló) feltűnő nyomát a légnyomás 3-7 napos

átlagos periódusú változásának. Magyarországon GERBER P. (1965) mutatta ki először a karsztvíz-szint- és a légnyomás-ingadozás ellentétes változását, de ez a kapcsolat következhet a kis légnyomású időszakok beszivárgási hatásából is. Ezért ebben az esetben is statisztikai vizsgálattal próbáltuk kideríteni e hatás valószínű befolyását a karsztforrások vízhozamváltozására. Mivel az árapály-hatás kimutatását a szivornyák érzékeny hidraulikai jellegű szerepe tette lehetővé (MAUCHA L. 1970), ezért megkíséreltük a légnyomás-hatás létezését is ilyen módon meghatározni. Ebből a célból megvizsgáltuk, hogy a Nagy-Tohonya-forrás 1965-69 évi 216 db szivornyás kitörésének kezdő időpontja milyen gyakorisággal esik a légnyomás-változási periódusok különböző fázisértékeire. A 9. ábrán az abszcisszán tüntettük fel a légnyomás ingadozás teljes periódusának fázisértékeit, az ordinátán jelöltük ki a darab szerinti gyakorisági skálát. Két eloszlást adtunk meg oszlopdigramban. A szaggatott vonal az összes, a folytonos vonal a 35 db 0°C alatti téli időszakban jelentkező kitörés gyakorisági eloszlását mutatja be. Ez utóbbi diagramot tekintjük mértékadónak, mivel ezekhez nem tartozik a kis légnyomásnál megjelenő csapadékok beszivárgást okozó hatása. A kapott eredmény szerint a légnyomáshatás is szerepet játszik a karsztforrások vízhozamváltozásának alakításában, mert a legnagyobb kitörési gyakoriságot a leggyorsabb légnyomás-csökkenés időszakában az inflexiós pont környezetében találtuk meg. Összes eloszlásban az esetek 20%-a, 0°C alatti eloszlásban a kitörések 43%-a jelenik meg ezen a szakaszon a 10-11-12-es fázisértékeknél.

A beszivárgásmentes időszakban kapott eredmény a Gerber-féle vizsgálattal egyező. Ezzel szemben egy alkalommal sikerült regisztrálni az ún. zivatar-orrban jelentkező gyors légnyomás ingadozás litoklázis-fluktuáció változást okozó hatását is. Ennek során légnyomás csökkenés hatására hézagterfogat növekedést észleltünk, ami hozam-csökkenést jelent. Ezért feltételezzük, hogy bizonyos időszakokban a légnyomás-hatás a karsztos kőzet hézagterfogat-változásával (litoklázis-fluktuáció) is képes hatást gyakorolni a forráshozam változásra. Tényként azonban csak annyit állíthatunk, hogy a légnyomás-hatás beszivárgás nélkül is képes a szivornya üritések indítására.



8. ábra. A földrengések gyakorisága a Nagy-Tohonya forrás különböző típusú vízhozamváltozásainak időszakaiban (1965–1969)

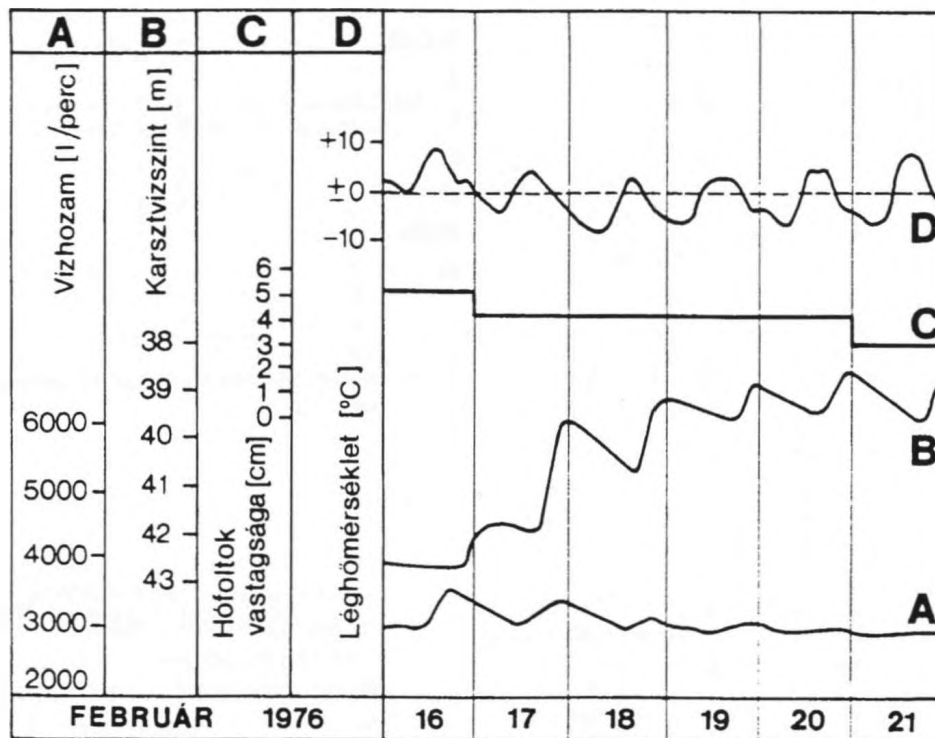


9. ábra. A Nagy-Tohonya-forrás kitöréseinek gyakorisága a légnyomás változási periódusok különböző fázisértékeinek időszakában (1965–1969)

7. A léghőmérséklet-hatás jelensége

A tavaszi hóolvadáskor a hófoltok kialakulásának időszakában számos esetben 24 órás periódusú vízhozam ingadozást figyeltünk meg a források víz-

hozam-idősorában. Ez a jelenség magas légnyomású napokon következik be, amikor a dél körüli olvadás hatására kialakuló beszívargási folyamat az éjszakai fagy következtében éjszakáról-éjszákára megszűnik. A 10. ábrán mutatjuk be a jelenség egyik esetét.



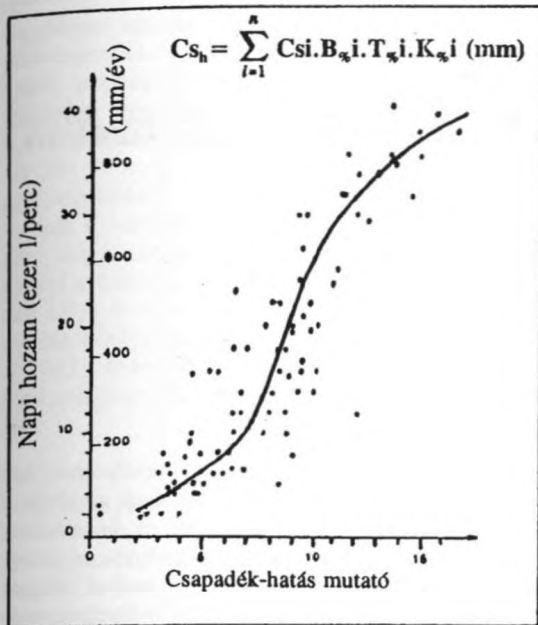
10. ábra. A léghőmérséklet ingadozás hatása a karsztvízszint és a forráshozam változására a Nagy-Tohonya-forrás vízrendszerében (1976 február)

8. A csapadék-hatás jelensége

A forráshozam-változások okainak elemzése során felmerül az a kérdés is, hogy a lehullott csapadék milyen módon alakítja ki a források vízhozam-idősorát? Vizsgálataink szerint a mindenkor forráshozam mérőszámát úgy lehet értelmezni, mint a megelőző hónapokban lehullott és különböző hatásoknak kitett csapadék-csoportokból (téli hóolvadásból) származó árhullámok vízhozam-idősorainak egymásra halmozott összegét. Valamennyi árhullám nagysága függ: 1. a léghőmérséklet és a vegetáció változása miatt évszakonként változó mértékű beszívargási százalék értékétől ($B_{\%}$), 2. az adott csapadékcsoportot megelőző időszakban a karszt telítettségének a sokévi átlagtól való százalékos eltérésétől ($T_{\%}$), 3. valamint attól is függ, hogy a figyelembe vett hozamérték napjáig a kiürülés miatt

hány százalékra csökkent az okozott áradás legnagyobb hozamának értéke ($K_{\%}$)

A 11. ábrán bemutatjuk, hogy a csapadék-hatást befolyásoló jelentősebb tényezőket úgy lehet egyszerűen figyelembe venni, hogy a fenti százalék értékeknek megfelelő tizedes törtekkel megszorozzuk, majd összegezzük a vizsgált forráshozam napja előtti két hónapban az egyes csapadék-csoportok így javított mm értékeit. Ez az összeg a csapadék hatásmutató értéke (Cs_h). Ennek a jelzőszámnak és a vizsgált hozamok érték-párjai alapján szerkesztettük meg a bemutatott diagram egyes kapcsolati pontjait. A diagram elkészítéséhez 84 (hóolvadás nélküli) értékpárt határoztunk meg a Nagy-Tohonya-forrás 1965–1969. évi vízhozam-idősorának figyelembevételével. Az abszcisszán a csapadék hatásmutató, az ordinátán a vizsgált hozam értékek skáláját ábrázoltuk.



11. ábra. A Nagy-Tohonya-forrás napi vízhozam értékeinek kapcsolata a csapadékhatás-mutató értékekkel (1965–1969)

A kiegyenlítő eredmény-görbe 18.000 l/percig parabola alakú, hiszen a csapadék növekedésével a beszivárgás lehetősége exponenciálisan nő. E hozamérték felett a görbe jobbra elhajlik, mert a legnagyobb csapadékok növekedése során a kialakuló felszíni-lefolyás már csak csökkenő mértékben engedi növekedni a forráshozamot. A kapott reális eredmény igazolja, hogy a csapadékhatás mechanizmusának a fenti tényezők a fő mozgató rugói és ilyen jellegű időbeli összegződési folyamat alakítja ki a források napi átlagos vízhozam értékeit.

Maucha László
VITUKI Rt.
1095 Budapest,
Kvassay Jenő út 1.

I R O D A L O M

- ANKER, T. F. (1962): Über intermittierende und pulsierende Karstwasserläufe — *Mitteilungen*. Jg. 8. No. 3. München. p. 64–67.
- BARTHA L. (1967): Ebbe und flut im Karstgebiet. Mannheim — *Sterne und Weltraum*. Jg. 6. No. 8/9. p. 216.
- GÁDOROS M. (1969): Registrierung der Litoklassen bewegung unter den lunisolaren Einflüssen — *Int. Kongr. für Spel.* Stuttgart. S 42/1–4.

GÁDOROS M. (1971): A complex investigation of the Nagytóhonya Spring of Jósvalő — *Karszt és Barlangkutatás*. VI. p. 79–102.

GERBER P. (1965): Karszthidrologiai megfigyelések a tabányai medence nyugati sasbércén — *V. Bányavízvédelmi Konf. tárgyalási anyaga*. Budapest. p. 74–95.

KESSLER H. (1956): Forrástani részletvizsgálatok az Aggteleki-karsztvidéken — *VITUKI 1955-évi Beszámoló*. p. 134–152.

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

MAUCHA L. (1970): Über die Karstsaugheber als hydraulische relais — *Proc. of the Congr. Jug. de Spel. Skopje*. p. 113–123.

MAUCHA L. (1977): Study of tidal movements of karst water and karstic rocks — *Annales de Geophysique*. Tom. 33. Paris. p. 151–156.

MAUCHA L.–SÁRVÁRY I. (1970): Tidal Phenomena in the karstic water level — *Bull. of Int. Ass. of Scient. Hydr. Gentbrugge*. p. 39–47.

PARTICULAR VARIATIONS IN THE YIELD OF SOME SPRINGS IN THE AGGTELEK KARST REGION IN HUNGARY

The typical yield variations caused by siphon action of karst springs have been described over 100 years ago. A particular feature in the Aggtelek karst is that the yield variations are influenced by seven natural factors and that two closely spaced siphon springs are hydrologically interrelated. As a consequence thereof not only direct, but also indirect siphon action may trigger yield variations in the spring emerging at the lower level, when the attenuated pressure waves of the siphon surges of the upper spring appear there. The analysis of surges on the yield fluctuations of the underground streams feeding the spring. Earthquakes were also observed to cause changes in spring yield, sudden drops of which occurred most frequently before the appearance of siphon surges. The influence of atmospheric pressure on yield variations could not be observed directly, but a statistical analysis of siphon surges has shown these to be related to one phase of atmospheric pressure changes. During snowmelt periods changes in air temperature were also found to cause spring yield changes. The factors involved in rainfall triggered surges were identified.