

A Vass Imre-barlangi csepegővizek vizsgálata

Hajnal Géza

BME, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék, hajnal@vit.bme.hu

Bódi Anita

Arany János Református Gimnázium, Szakiskola és Diákotthon, bodianita@gmail.hu

ÖSSZEFOGLALÁS: A Jósvafői Karsztvízkutató Állomás működése idején regisztrált adatok feldolgozása jelentős eredményeket hozott a karsztvízkutatás területén. Azonban további kérdések merültek fel, amelyek megoldásra várnak. Megválaszolatlan kérdés, hogy a barlangi csepegővizek hozamából lehetséges-e következtetni a karsztban felgyülemlett vízkészletre, más megközelítésben: a csepegővizek segítségével lehet-e vízháztartás-számítást végezni. A vizsgálatot a hosszú észlelési adatsorok teszik lehetővé. A kérdés összetettsége miatt a megválaszoláshoz elsőként a csepegővizek vízhozam idősorának vizsgálatát végeztük el. A vízhozamot, a vízhozamgörbék lefutását és a szélsőértékeket vizsgáltuk meg e cikkben.

Kulcsszavak: barlangi csepegés, forráshozam, karszt törésrendszere

1. BEVEZETÉS

Maucha László geológus, a Vízügyi Tudományos Kutatóintézet tudományos munkatársa, a magyarországi karszt kutatás kiemelkedő alakja. Életét az Aggteleki-karsztvidék kutatásának szentelte. Részt vett abban a barlangkutató csoportban, amely 1954-ben felfedezte a jósvafői Vass Imre-barlangot. Ekörül épült ki a Jósvafői Karsztvízkutató Állomás, mely a hazai karsztvízkutatás egyik legfontosabb színtere volt 1957-1993 között. A Vízügyi Tudományos Kutatóintézet munkatársaként tíz évig a kutatóállomáson dolgozott, majd az adatok feldolgozásában tevékenykedett Budapesten. Nagy tudásával és lelkesedésével ő indított el ezzel a témával, amikor egyetemista koromban konzulensként megismertem. Emléke előtt tisztelgünk ezzel a cikkel halálának első évfordulóján.

A karsztvíz mozgásának figyelemmel kísérése vízgazdálkodási szempontból fontos. A karsztos kőzetek anizotróp jellegű vízáteresztési tulajdonságai miatt az elméleti megfontolások és a laboratóriumi kísérletek bizonytalan eredményeket adnak. A karsztos járatok viszonyai csak modell formájában közelíthetők meg, de még ez is számottevő eltávolodást jelent a valóságtól. Lényeges tehát, hogy a karsztvizek mozgásvizonyait természetes körülmények között vizsgáljuk. A Vass Imre-barlangban hosszú időn át észlelték és rögzítették a csepegő vizek mennyiségét, és ezek az adatsorok teszik lehetővé a vizsgálódást.

2. A HELYSZÍN BEMUTATÁSA

Jósvafő Magyarország északkeleti részén, az Aggteleki-karsztvidéken, Aggtelektől 5 km-re fekvő település (1. ábra). Jósvafőtől körülbelül 2 km-re északnyugatra található a Vass Imre-barlang, amely kiváló lehetőséget nyújt a karszt tanulmányozására.

A jósvafői Vass Imre-barlangot a Budapesti Műszaki Egyetem Ásvány- és Földtani Tanszékének Barlangkutató Csoportja fedezte fel 1954. augusztusában. Ekkor a barlang mintegy 60 m-es szakasza vált járhatóvá. 1955-ben újabb szakaszokat tártak fel, így a barlang 800 m-es hosszban bejárhatóvá vált. A kutatók a barlangot az aggteleki Baradla-barlang XVIII. században élt híres kutatójáról, Vass Imréről nevezték el, Holly (1956). Azóta a barlangászok újabb szakaszokat tártak fel.

A Vass Imre-barlang a Kistohonya-forrás földalatti vízrendszerében alakult ki. Járatai a középső triász tengerben lerakódott ladinai emeletbeli wettersteini kifejlődésű mészkőötegben túlnyomórészt É–D-i K–Ny-i irányú törésvonalak mentén húzódnak. Morfológiai kifejlődése rendkívül változatos. A főág néhol a 8-10 m-es magasságot és a 4-5 m szélességet is eléri. A barlangfolyosók keresztmetszeti területe átlagosan 15 m². A barlangban öt egymás feletti szint különböztethető meg. Ahol a barlang több szintre oszlik, ott a járatok keresztmetszete kisebb. A barlang járatain erősen kiütözközik az eredeti hasadékjelleg és igen szembeütő a korróziós formák. A kőzetfedő vastagsága átlagosan 33 m, Maucha (1998).



1. ábra. A terület elhelyezkedése

3. A KARSZT TÖRÉSRENDSZERE, HIDRAULIKAI PARAMÉTEREK, POROZITÁS

Az Aggteleki-hegységben található triász-korú mészkő és dolomit az elmúlt 100 millió év során a földrengések hatására lényegében 50x50 m-es függőleges törések mentén tört össze. A nagyobb törésvonalak mentén alakult ki a barlangi vízfolyások főága és mellékága. Az 50x50 m-es törésháló a főtörésháló, ezekben a függőleges törésekben történik a karsztos beszivárgás, itt létezik ténylegesen az ún. „karsztvízszint”, és itt jön létre a karsztvizek árapály-jelensége is. A főtörésháló által közbezárt elemi kőzetblokkok belsejében is létezik egy tágabb és egy szűkebb szélességű finomabb törésháló (melléktörések, mikrorepedések), Maucha (1980).

Jakucs L. és Maucha L. a víz karsztba jutásának viszonyait is vizsgálták. Megfigyelésük alapján a következőképpen juthat a víz a kőzetbe: a főtöréseken át szivárog be (alfa-karsztvíz), a víznyelőkön át folyik be (béta-karsztvíz), a mélykarsztba beáramlik és onnan a forráshoz visszaáramlik (gamma-karsztvíz). A karsztforrások ötoldalú poligon mentén ürülnek ki, ugyanis amíg a barlangrendszer főágában áradás történik, nem engedi kiürülni a mellékágakat, aztán a mellékágak ürülnek ki, majd a főtörésháló, a melléktörésháló, végül a mikrorepedések (1-5. poligonoldal). Van egy hatodik poligonoldal is, de az csak szárazabb időben figyelhető meg; a mélykarsztból származó gamma-karsztvizek kiürülése, Maucha (1998).

A szabadfelszíni karsztmodell hidraulikai paramétereit az 1. táblázat tartalmazza. A táblázatból látható, hogy a főtörésrendszer szélessége deciméter-centiméter nagyságrendű, kiürülési ideje 10-20 nap; a melléktörésrendszer centiméter-milliméter nagyságrendű, kiürülési ideje 20-170 nap, a mikrorepedések milliméter-tizedmilliméter nagyságrendűek és 170-380 nap alatt ürülnek ki. Ennél

kisebbségi járatrendszerből gyakorlatilag nem ürül ki a víz. A karsztos kőzet átlagos porozitása 0,38 térfogatszázalék. A minimális érték 0,17, a maximális 1,02 térfogatszázalék, Maucha (1998).

1. táblázat. A szabadfelszínű karsztmodell hidraulikai paraméterei

Vízmozgás iránya	Tároló		Vízhozam összetevő jele	Átlagos járatszélesség [m]	Kiürülési idő. Készletcsökkenés és tized részre. (nap)
	száma	neve			
Háromfázisú sekélykarszt leszálló vizei	1	Barlangi főág víznyelővel	β_1	10^1-10^0	1-5
	2	Barlangi mellékág víznyelővel	β_2	10^0-10^{-1}	5-10
	3	Főtörésrendszer hálózata	α_1	$10^{-1}-10^{-2}$	10-20
	4	Elemi blokkok mellékhasadécai	α_2	$10^{-2}-10^{-3}$	20-170
	5	Elemi blokkok mikrorepedései	α_3	$10^{-3}-10^{-4}$	170-380
Kétfázisú mélykarszt felszálló vize	6	3., 4., 5. tároló csökkent porozitású rendszere	γ	$10^{-4}-10^{-5}$	380-7300

4. A CSEPEGÉS ÉSZLELÉSE

A csepegés regisztrálása a Vass Imre-barlangban 1963-tól kezdődött. Gádoros Miklós épített először elektromos távmérő berendezést, amellyel lehetővé vált a csepegéshozam folyamatos regisztrálása.

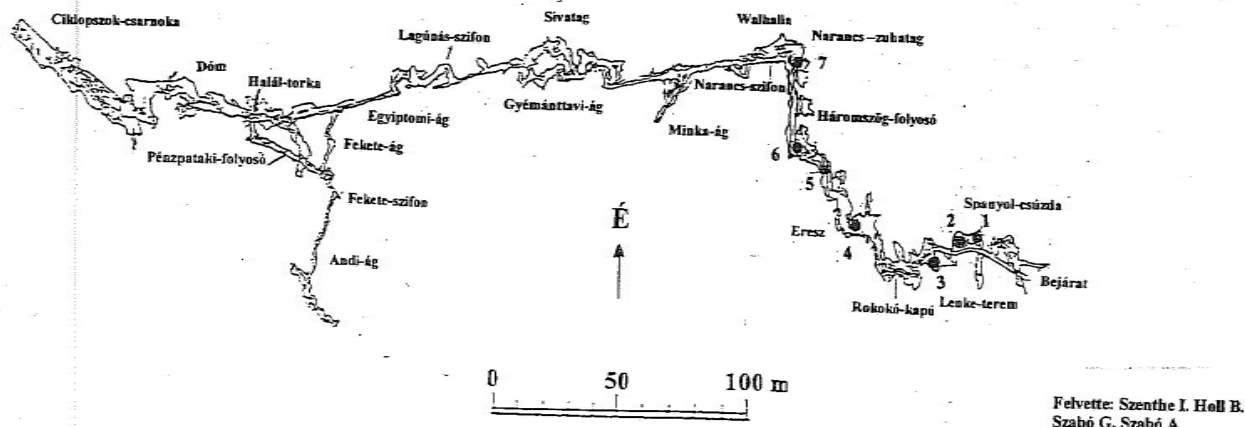
A karsztüregek (elsősorban barlangok) falán megjelenő, odáig szivárgó karsztvíz hidrológiai szempontból igen fontos megfigyelésére a Jósvafői Karsztvízkutató Állomáson mérőberendezés készült. Ez 4-5 ml alapérzékenységgel a csepegő vizek hozamának mérését tette lehetővé. A berendezés korrózióálló és karbantartást alig igénylő, föld alatti egységei az eredményeket a kutatóállomás laboratóriumába továbbították. A barlangból kapott jelzéseket a laboratóriumban regisztrálóberendezés rögzítette. A regisztrátum 4-5 ml-enként húzott függőleges vonalkákból állt. Ez a hozamingadozás pontos mérését tette lehetővé. A hozammérő berendezést kiegészítő, egyéb jellemzőket mérő készülékekkel a szivárgó karsztvizek komplex vizsgálata folyt, Gádoros (1964).

A csepegővíz-hozammérő műszer működésének elve: A lecsepegő víz hitelesített térfogatú gyűjtőedénybe jut. Meghatározott térfogat (az ún. alaptérfogat) összegyűlése után a gyűjtőedény tartalmát szivornya üríti a billenőedénybe, mely kétkarú emelő egyik végén helyezkedik el. A billenőedénynek viszonylag szűk kifolyónyílása van, ennek következtében jóval lassabban ürül ki, mint ahogyan a szivornya feltölti. Az átmenetileg tárolt víz az egyensúly megbomlását eredményezi. Az átbillenés időtartamára a kapcsoló egy áramkört zár. Így a vízhozamnak megfelelő elektromos jelzéseket kapunk.

Ugyanezen elven működtek a későbbi – továbbfejlesztett – műszerek is. A mérési eredmények 1969-től megbízhatók. A csepegés regisztrálása 1982-ig folyt, a mérési eredményeket jegyzőkönyvben rögzítették. A vizsgált időszakban a csepegésmérő helyek vízhozam időszora csaknem folyamatos.

5. A CSEPEGÉSMÉRŐ HELYEK ELHELYEZKEDÉSE

A Vass Imre-barlangban a csepegés észlelése hét helyen történt (2. ábra), melyek elhelyezkedése a 2. ábrán látható. Az 1, 2 és 3 jelű csepegésmérő hely a bejárat közelében található, a bejáratától körülbelül 100 m-re helyezkedik el a 4-es, ettől beljebb 30 m-re az 5-ös, tovább 20 m-re a 6-os mérőhely. A 7-es mérőhely a Narancs-zuhatag környékén került kialakításra. A csepegőhelyek a barlang első szakaszán viszonylag egyenletesen, körülbelül 20-30 m-ként helyezkednek el. A 2, 3, 4 és 7 jelű csepegésmérő helyek feletti kőzetvastagság Izápy mérése alapján rendre 24,60; 28,70; 34,50; 45,80 m. A csepegésmérő helyek hozamának napi észlelése a 60-as évek végétől a 90-es évek elejéig folyt.



2. ábra. A Vass Imre-barlangi csepegéshozam mérőhelyek térképe

6. A CSAPADÉK ÉSZLELÉSE

A Jósvafői Kutató Állomáson működő csapadékrejztráló műszerrel a csapadék napi mennyiségét, téli időszakban a napi hóvastagság mérését regisztrálták a kutatóállomás munkatársai. Az 1980-as évben az évi csapadékösszeg 765 mm, ami átlagosnak tekinthető.

7. BESZIVÁRGÁSI SEBESSÉG

A litoklázishálózatba beszivárgó víz mennyiségét, illetve hozamát a hálózatban megállapítani egyelőre nem lehet. Ha azonban a víz nagyobb üregbe lép, mód nyílik a megfigyelésre, s megfigyelése - ha az üreg természetes módon jött létre - akkor a természet számottevő megzavarása nélkül végezhető. A szivárgó víz az üregbe lépve az esetek többségében csepegő vízzé lesz, és így a vizsgálatok számára könnyen hozzáférhető, Gádos (1964).

A karsztba bejutó és abból távozó víz mennyisége – átlagban – megegyezik, függetlenül attól, hogy a karszt belsejében milyen folyamatok játszódnak le. A kőzet hidraulikai tulajdonságai csak az időbeli eltolódást és a hozamkiegyenlítődést befolyásolják. Azonban ez a kérdés is fontos, már Kessler kísérleteket végzett a szivárgó víz sebességének meghatározására. Kessler kísérletei során néhány óra alatt a talajra juttatott 80-100 mm „csapadék” csak közelítéssel tekinthető a természetes viszonyok utánzásának. A valóban természetes szivárgási folyamatok értékeléséhez részletes mérőesorozatokra volt szükség, ami a Vass Imre-barlangban valósult meg.

Kessler öntözési kísérletei folytatásaként a Vass Imre-barlangban 1970-1979 között végzett mérések alapján a beszivárgási sebesség átlaga a 2., 3., 4. és 7. sz. mérőhelyen rendre 0,5 m/óra, 1,1 m/óra, 0,9 m/óra és 1,1 m/óra, Maucha, (1980).

8. AZ EGYES CSEPEGÉSMÉRŐ HELYEK JELLEMZÉSE

Az egyes csepegésmérő helyek jellemzésekor a vizsgált időszak az 1976-1980 közötti öt év, mert ebben az időszakban rendelkezünk a legtöbb mérési adattal. A mérőhelyek egyenkénti ingadozásának jellemzésére összeállítottuk a vízhozam szélsőérték adatait (2. táblázat).

2. táblázat. A Vass Imre-barlangi csepegésmérő helyek vízhozam adatai 1976-1980 között

Mérőhely száma	Átl. vízhozam (l/nap)	Maximális vízhozam (l/nap)	Minimális vízhozam (l/nap)	Hozam-ingadozás (max. / min.)
1.	0,05	0,5	0,01	10
2.	0,1	2,0	0,01	200
3.	0,7	7,0	0,2	35
4.	1,0	5,0	0,6	8
5.	0,7	4,0	0,3	13
6.	0,2	0,3	0,02	15
7.	0,6	2,0	0,3	7

Elsőként megvizsgáltuk az egyes csepegőhelyek hozamának mennyiségi és időbeli eloszlásának alakulását. Az 1-es és 5-ös mérőhely kis vízhozamú. A kiürülés kissé ingadozó. A 6-os mérőhely vízhozama valamivel több az előzőeknél, a kiürülés nagyjából egyenletesnek vehető, csak kisebb „hullámzások” tapasztalhatók. A 7-es mérőhely vízhozama a közepes hozamokhoz sorolható, a vízhozamgörbe jól követi a Kistohonya-forrás hozamát. A 2-es mérőhely közepes vízhozamú, a kiürülési görbe rapszódikus, csak időnként követi a Kistohonya-forrás hozamát. Ennél a csepegőhelynél tapasztalható a legnagyobb hozamingadozás. A 3-as és 4-es mérőhely a nagy hozamú csepegőhelyekhez tartozik, vízhozamuk általában a forrás görbét követi, de eltérések is tapasztalhatók.

A különböző vízhozamok arra engednek következtetni, hogy az egyes csepegőhelyek különböző törésrendszerekből táplálkoznak. A 3-as és 4-es mérőhely nagy vízhozama alapján főtörésből kapja az utánpótlást, és ez magyarázza, hogy a vízhozam idősoruk a Kis-Tohonya-forrás vízhozam görbét viszonylag jól követi. A kisebb törésrendszerekből származó vizek vízhozama természetesen kisebb, ingadozó, és nem jól követik a forráshozamot.

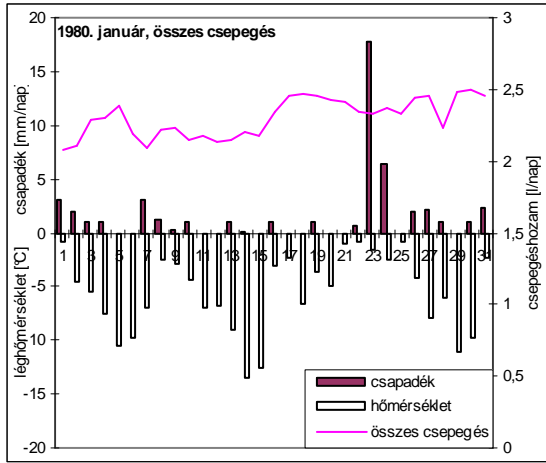
9. CSAPADÉK-CSEPEGÉS KAPCSOLAT

Tegyük fel, hogy a csepegővíz és a forrásvíz hasonló kapcsolatot mutat a csapadékkal. Ezt azért feltételezhetjük, mivel egyazon rendszeren haladnak keresztül, csak – feltehetően – a csepegővizek hamarabb távoznak a rendszerből, mint a forrásvíz. Ez azt jelenti, hogy a forráshozamot befolyásoló tényezők (csapadék, léghőmérséklet, árapály jelenség, légnyomás változás, földrengés, hóolvadás időszaki léghőmérséklet változás, csökkenő tágasságú törésrendszerek) a csepegéshozamra is hatással vannak. Az összes tényező hatását nagyon bonyolult egyszerre figyelembe venni. Egyszerűsítsük a kérdést úgy, hogy csak a csapadékhatást vesszük figyelembe. Ez azért is indokolt, mivel a többi tényező a csepegéshozam időbeli eltolására van hatással. A törésrendszer különbségeinek kiküszöbölésére kezeljük együtt az összes csepegésmérő helyet. Nézzük meg, hogy a hét csepegőhely hozamainak összege milyen kapcsolatot mutat a csapadékkal!

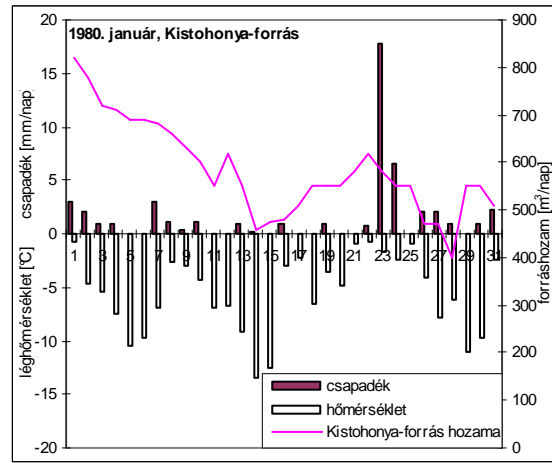
A vizsgált évben viszonylag teljes a csepegés adatsora, de a távmérő rendszer meghibásodása és átépítése idején még így is adatpótlásra volt szükség. A csepegéshozam pótlását egy hétnél rövidebb hiányok esetén interpolációval végeztük, hosszabb időszakot nem pótolunk. A diagramokat – az átláthatóság miatt – havi bontásban készítettük el. A vízszintes tengelyen a napokat, a baloldali függőleges tengelyen az összes csapadékot [mm/nap] és a léghőmérsékletet [°C], a jobboldali függőleges tengelyen pedig az összes csepegést [l/nap] ábrázoltuk. A léghőmérséklet adatsorát azért ábrázoltuk, mert fagypon alatti hőmérsékletnél lehullott csapadék olvadáskor kerül a rendszerbe, a kőzetfedőn való áthaladás miatt. Első közelítésként a hőmennyiség átszámítását úgy végeztem, hogy

az aznap elolvadt hó cm-enként 1 mm "esővízként" jelenik meg. A léghőmérsékletet (itt: napi középhőmérséklet) a Jósvafői Kutatóállomáson mérték. Összehasonlításként külön diagramokon ábrázoltuk a Kistohonya-forrás hozamát.

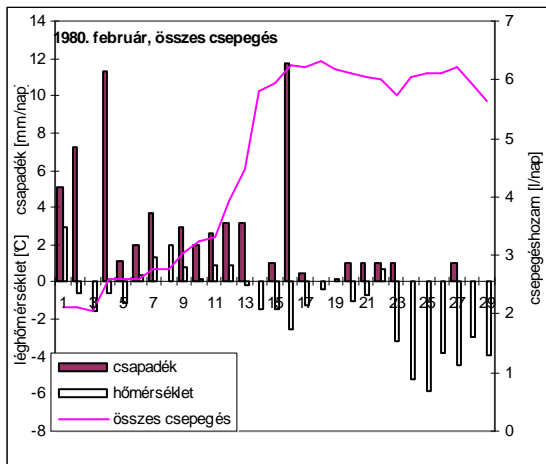
A következő diagramokon a csapadék – léghőmérséklet – összes csepegés és a csapadék – léghőmérséklet – Kistohonya-forrás adatsorai láthatók (3-14. ábrák).



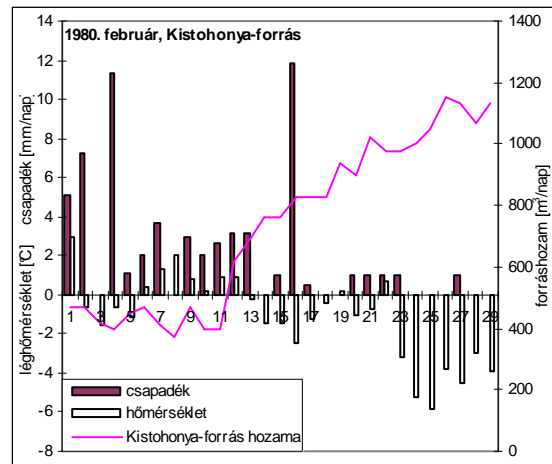
3/a. ábra.
1980. január, csepegés – hőmérséklet – csapadék



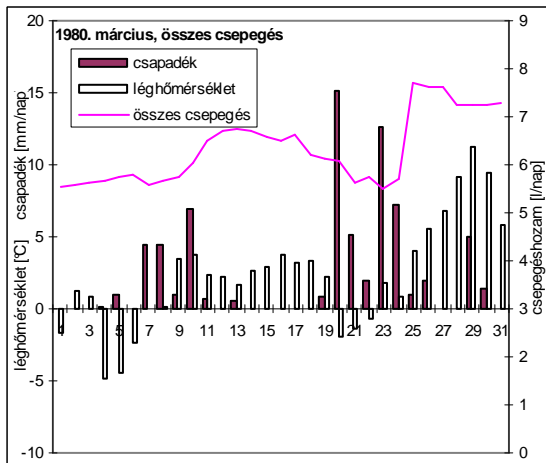
3/b. ábra.
1980. január, Kistohonya-forrás – hőmérséklet – csapadék



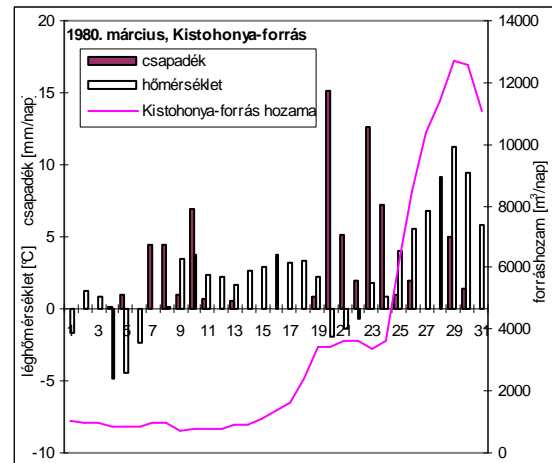
4/a. ábra.
1980. február, csepegés – hőmérséklet – csapadék



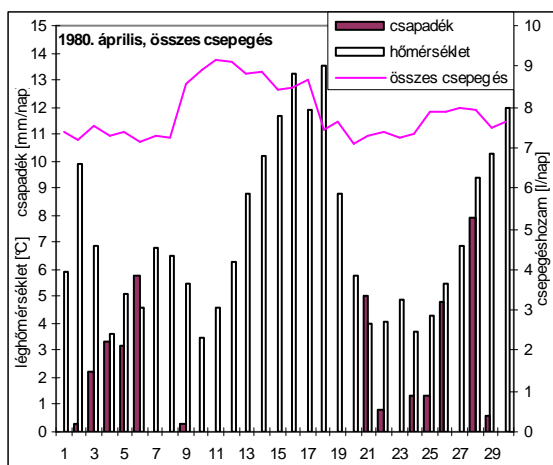
4/b. ábra.
1980. február, Kistohonya-forrás – hőmérséklet – csapadék



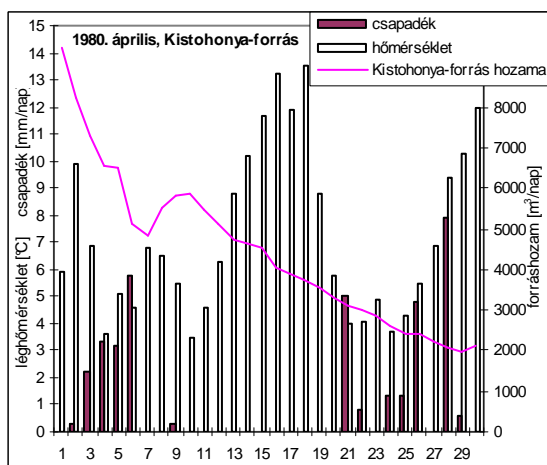
5/a. ábra.
1980. március, csepegés – hőmérséklet – csapadék



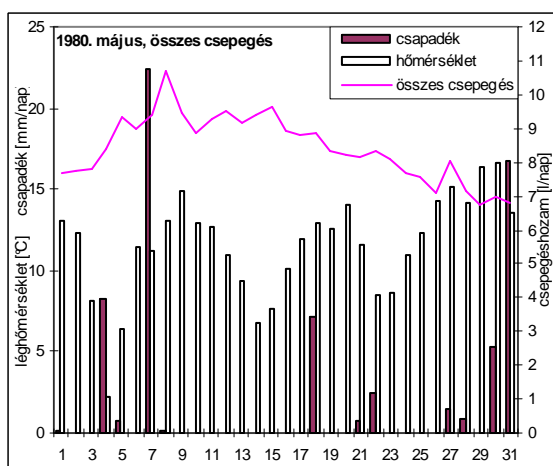
5/b. ábra.
1980. március, Kistohonya-forrás – hőmérséklet – csapadék



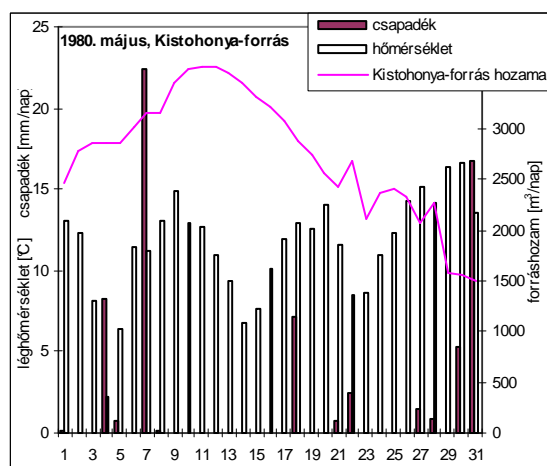
6/a. ábra.
1980. április, csepegés – hőmérséklet – csapadék



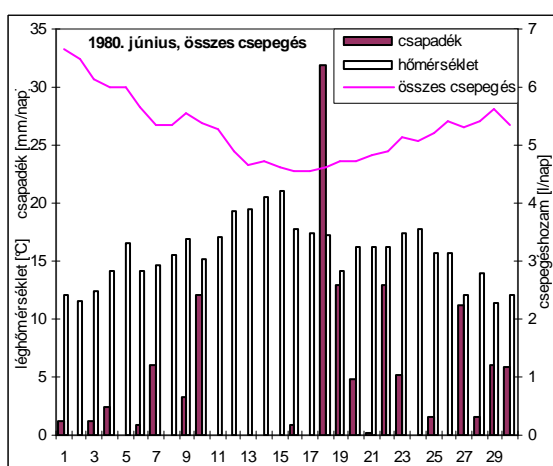
6/b. ábra.
1980. április, Kistohonya-forrás – hőmérséklet – csapadék



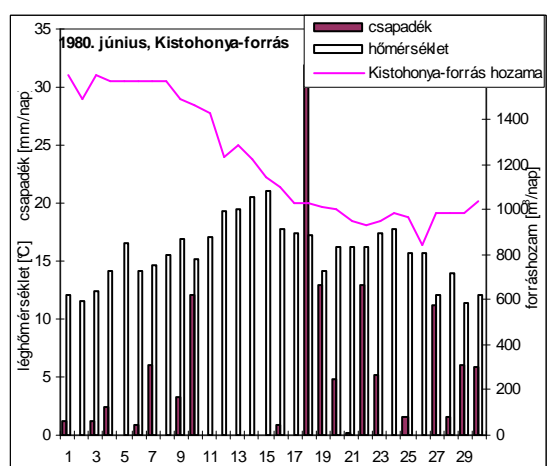
7/a. ábra.
1980. május, csepegés – hőmérséklet – csapadék



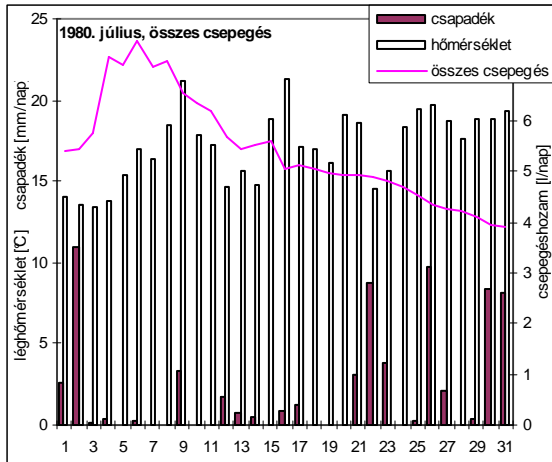
7/b. ábra.
1980. május, Kistohonya-forrás – hőmérséklet – csapadék



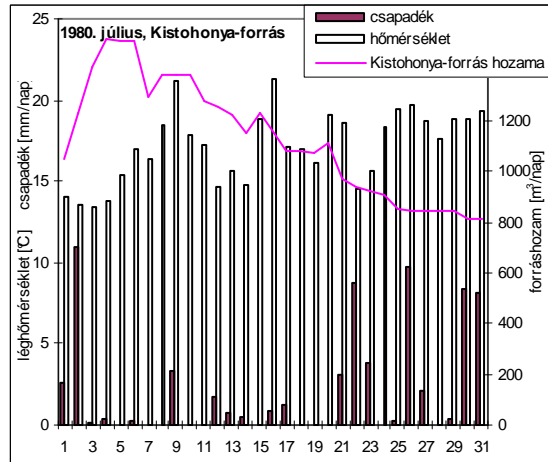
8/a. ábra.
1980. június, csepegés – hőmérséklet – csapadék



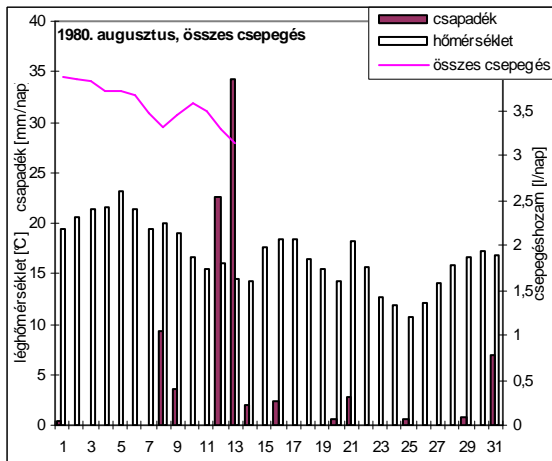
8/b. ábra.
1980. június, Kistohonya-forrás – hőmérséklet – csapadék



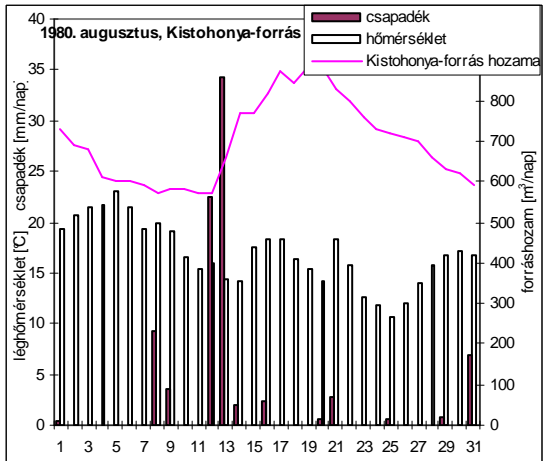
9/a. ábra.
1980. július, csepegés – hőmérséklet – csapadék



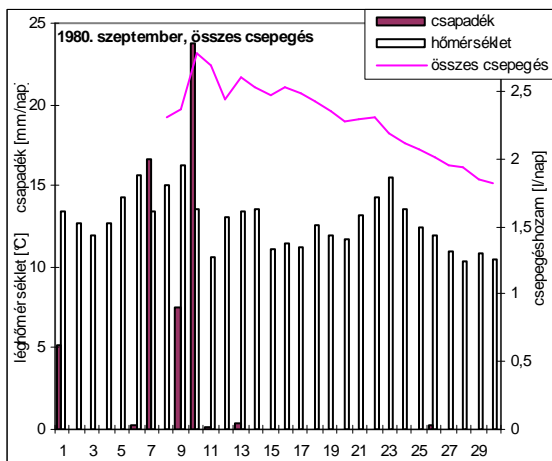
9/b. ábra.
1980. július, Kistohonya-forrás – hőmérséklet – csapadék



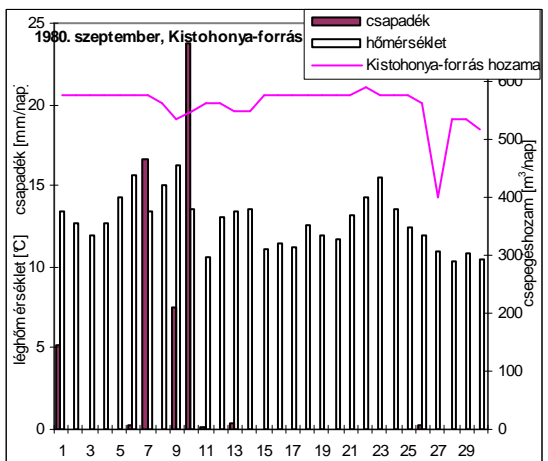
10/a. ábra.
1980. augusztus, csepegés – hőmérséklet – csapadék



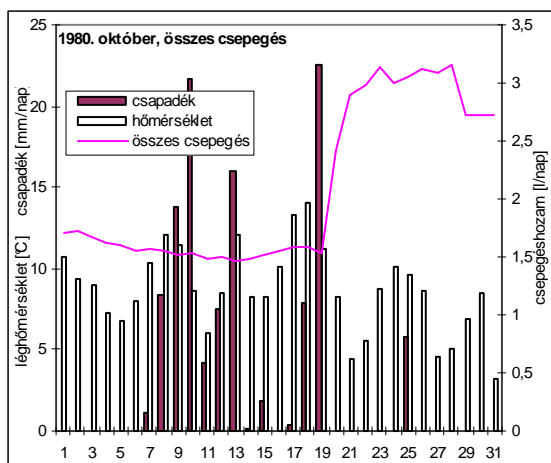
10/b. ábra.
1980. augusztus, Kistohonya-forrás – hőmérséklet – csapadék



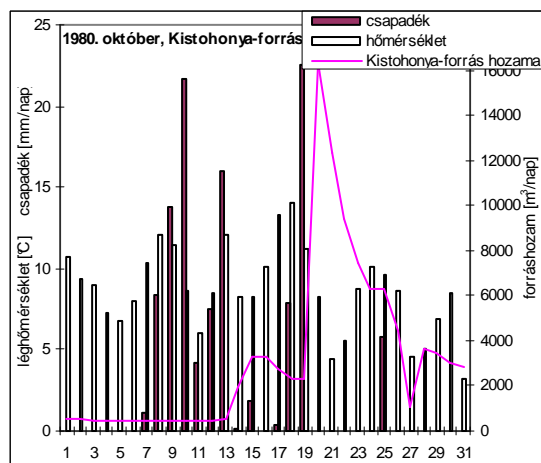
11/a. ábra.
1980. szeptember, csepegés – hőmérséklet – csapadék



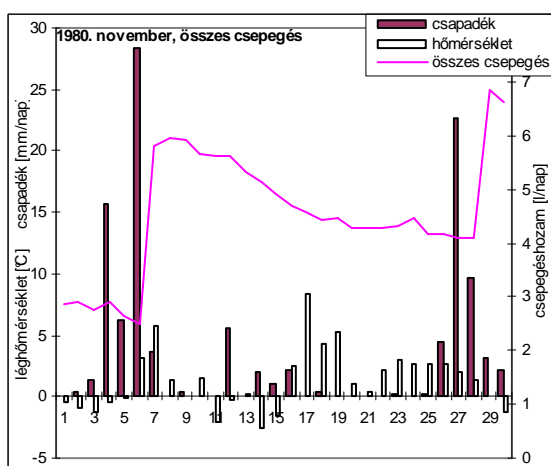
11/b. ábra.
1980. szeptember, Kistohonya-forrás – hőmérséklet – csapadék



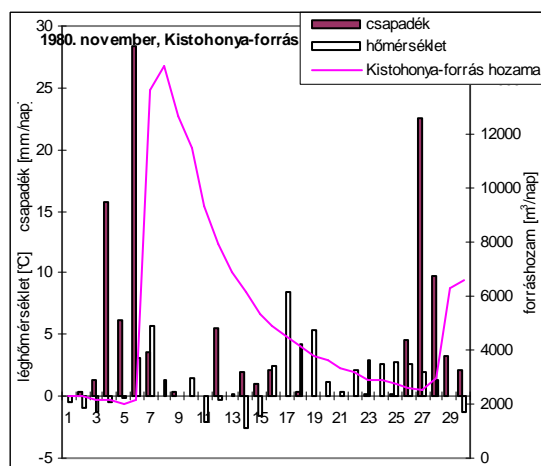
12/a. ábra.
1980. október, csepegés – hőmérséklet – csapadék



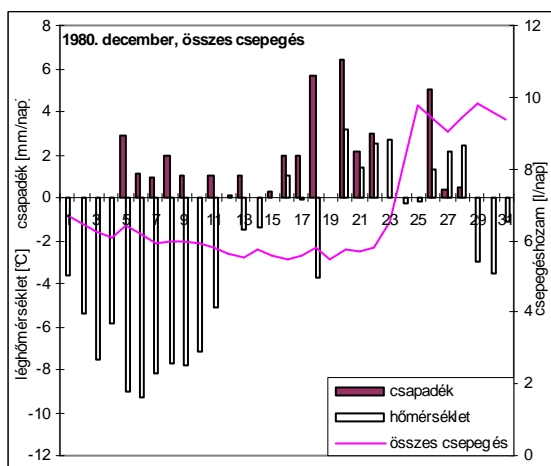
12/b. ábra.
1980. október, Kistohonya-forrás – hőmérséklet – csapadék



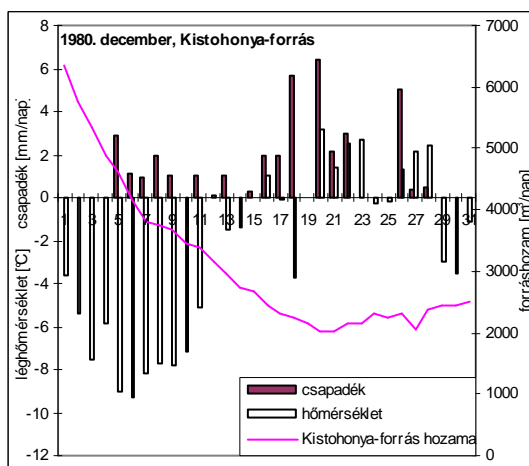
13/a. ábra.
1980. november, csepegés – hőmérséklet – csapadék



13/b. ábra.
1980. november, Kistohonya-forrás – hőmérséklet – csapadék



14/a. ábra.
1980. december, csepegés – hőmérséklet – csapadék



14/b. ábra.
1980. december, Kistohonya-forrás – hőmérséklet – csapadék

A diagramok alapján a forráshozam- és a csepegés-görbék hasonlóságának illetve különbségének jellemzésére elkészítettük a kapcsolati mátrixot (3. táblázat). A mátrixban használt jelölések: I: van kapcsolat; N: nincs kapcsolat; nem értelmezhető: ha nem volt elegendő adat a kapcsolat megállapítására. A táblázat alapján megállapítható, hogy a forráshozam- és csepegés-görbék általában

hasonló lefutásúak. A hasonlóság különösen jól látható nagyobb csapadékesemények utáni ugrásszerű hozamgörbe növekedéskor (pl. március 23., október 19., november 6. és november 27-28.). Tehát valóban kimutatható a kapcsolat a forráshozam és a csepegőhozam között. A különbség okai lehetnek: a Kistohonya-forrás öt, a barlangi csepegővizek három különböző nagyságrendű tárolóból kapják az utánpótlást; a csepegéshozam télen lefagyás, nyáron az erős párolgás miatt lecsökkenhet illetve részleges elzáródás vagy dugulás is előfordulhat.

3. táblázat. Kistohonya-forrás – összes csepegés kapcsolata

1980	Kistohonya-forrás-csepegés
január	N
február	I
március	I
április	N
május	I
június	I
július	I
augusztus	Nem értelmezhető.
szeptember	N
október	I
november	I
december	N

Elkészítettük a csapadék – átlag csepegés diagramokat is. Az átlag számításánál a csepegéshozam összegét az aznap észlelt mérőhelyek számával osztottuk, ami „jobb” közelítése a valóságnak. Ekkor adatpótlást nem végeztünk. Lényeges különbséget azonban az összes csepegés és az átlag csepegés görbék között nem tapasztaltunk, így a vizsgálatokat az összeggörbék alapján folytattuk.

A csapadék és a csepegőhozam kapcsolatának jellemzésére elkészítettük a Kistohonya-forrás – összes csepegés – csapadék kapcsolati mátrixot (4. táblázat). Látható, hogy amikor a csapadék és a Kistohonya-forrás között „jó” kapcsolat van, akkor a csapadék és a csepegővíz között is.

4. táblázat. Kistohonya-forrás – összes csepegés – átlag csepegés kapcsolati mátrix

1980	Csapadék-Kistohonya forrás	Csapadék-összes csepegés	Csapadék-átlag csepegés
január	N	N	N
február	I	I	I
március	I	I	I
április	I	I	I
május	I	I	I
június	I	I	I
július	I	I	I
augusztus	I	I	I
szeptember	N	N	N
október	I	I	I
november	I	I	I
december	N	N	N

A 3-14. ábrák diagramjai alapján havonként részletesen megvizsgáltuk a csapadék – csepegéshozam kapcsolatát. Januárban a csepegés nem jól követi a csapadék idősort, inkább a hőmérséklet tűnik meghatározónak. Azokon a napokon, amikor a napi középhőmérséklet nem túl alacsony és emelkedő periódusban van, ott a csepegés is nő (pl. január 7. és 15.) A január 28-i alacsony értéket a 3-as és 6-os mérőhely hozamának csökkenése okozta (amire egyelőre nincs magyarázat). Az alacsony csepegéshozamot a kevés csapadék mellett lefagyás is okozhatta.

A február 1-jei egy napig tartó felmelegedésnek a csepegőhozamra gyakorolt hatását nem lehet kimutatni, viszont a február 3-tól induló felmelegedés során – a napi középhőmérséklet fagypont fölé emelkedett – a csepegéshozam emelkedni kezdett. A hónap második felében beálló hidegebb időben (fagypont alatti napi középhőmérséklet) a csepegéshozam mindvégig egyenletesen magas maradt.

Március első hetében a tendencia megmaradt, vagyis a hideg időszak és a viszonylag egyenletes és a téli hónapokhoz képest magas hozam. A téli hónapokban tehát a csepegés közvetlenebb kapcsolatot mutat a hőingadozással, mint a csapadékkal. Március második hete a tavaszi hóolvadás időszaka. A felmelegedés hatására a csepegés az eddigiekhez képest élénkebben reagált a csapadékeseményre (március 7. körüli időszak). 20-ától ismét megfigyelhető, hogy a csapadék lehullását követő néhány napig tartó fagyos periódus után csak a hőmérséklet emelkedésével nőtt meg a csepegőhozam.

Az április 2-6-ig tartó csapadékos napok hatására két nappal később, 8-án következett be néhány napon át tartó hozamnövekedés. 11-től hozamcsökkenés kezdődött, ami a 21-től kezdődő csapadékosabb időszakban fordult meg.

Májusban az összes csepegés mennyisége tovább növekedett annak ellenére, hogy a hónapban hosszabb csapadékmentes időszak volt. A 7-i kiugróan magas csapadéokra a csepegővizek másnap nagyobb hozammal reagáltak. A csepegéshozam maximumát (10,67 l/nap hozam) május 8-án észlelték. A hónap többi részében jelentkező kevés eső az egyébként is magas hozamban nem okozott újabb hozamnövekedést.

Június közepéig csökkent a hozam, és csak a 18-i csapadék hatására indult újra növekedésnek. A június végi csapadékos időszak lassú hozamnövekedést okozott.

A július 1-i és a 2-i nagy eső hatására jelentős hozamnövekedés következett be. Ennek oka az is, hogy az előtte lévő csapadékos időszakban már telítődött a talaj, így az újabb esőzések a karsztvízkészlet utánpótlását biztosították. A görbe július 2-6-áig mutat növekedést. Csapadékos időszakban tehát már aznap vagy másnap megfigyelhető a görbe felfutása. Július 6-a után lényegében csökkenő tendencia mutatkozott, a hozamesésben a magas hőmérséklet és a párolgás is szerepet játszhatott.

Augusztus elején nem esett csapadék, ennek megfelel a csökkenő tendenciájú hozamgörbe. Az augusztus 8-9-i esőzés 8-10-éig észlelhető hozamnövekedést okozott. (Augusztus második felében és szeptember elején az észlelés – a mérőműszer átépítése miatt – szünetelt.)

A szeptember 10-én lehullott csapadék – az előtte lévő csapadékosabb napok után – azonnali hozamnövekedést okozott. Szeptember utolsó három hetében elhanyagolható mennyiségű csapadék hullott.

Mivel október első hetében sem hullott csapadék, így közel egy hónapos csaknem csapadékmentes időszak után október 13-án mérték az éves minimumot (1,47 l/nap). Az október 7-19-éig tartó esős idő feltehetően a kőzetfedő és a karsztrendszer feltöltődését okozta, és jelentős hozamnövekedés csak október 19-étől indult. Ekkor egy felfutó szakasz után 23-28-ig egy magas, de nagyjából egyenes szakasz következett, majd 28-tól csökkenés mutatkozott.

A november 6-i nagy esőre azonnal ugrásszerű hozamnövekedés következett be. Ezután lassú kiürülés kezdődött. A 26-28-i csapadékok hatása viszont 28-án jelentkezett, az eltolódás oka a rendszer feltöltődése lehetett (a 6-i nagy csapadékot is megelőzték kisebb esők).

A decemberi fagyok hatására a rendszer lassú kiürülése kezdődött, ami után a 15-23-ig tartó melegebb és csapadékosabb időszak hatására lényegében 22-étől jelentkezett hozamnövekedés. A december 26-i csapadék hatására 27-én újabb hozamnövekedést regisztráltak.

A február 3-án észlelt 2,06 l/nap hozam az éves minimumértéket alig haladja meg. Mivel a vizsgált évben az adott napig (kivéve február 1-ét) fagypon alatti napi középhőmérsékleteket észleltek (sőt előző év november közepétől ez jellemző), ezért a fagyott földön keresztül heteken át elhanyagolható mennyiségű csapadék szivároghatott a talajba. Ez tehát azt jelenti, hogy az utánpótlás a karsztrendszerben tározódott vízből származik.

Még egy ehhez hasonló csapadékszegény időszak volt ebben az évben. Szeptember 10-től október 7-ig gyakorlatilag elhanyagolható mennyiségű csapadék esett, előtte augusztus második felében és szeptember legelején is csapadékszegény időszak volt. Ennek következménye egy csökkenő hozamú periódus, amely feltehetően szeptember 10-től kezdődött és október 19-éig tartott (sajnos augusztus 13-tól szeptember 8-ig a csepegésmérő műszer nem üzemelt). Október 6-19-éig a csepegés alig változott, végig igen alacsony értékeket mértek (1,47-1,59 l/nap között mozgott). Az éves beszivárgási minimumot október 13-án észlelték, amikor az összes csepegés 1,47 l/nap volt. Az 1-es és az 5-ös mérőhelyen nem volt mérhető hozam, és a többi helyen is alacsony hozamot rögzítettek.

Mivel Maucha (1998) szerint a karszt főtörésrendszere 10-20 nap alatt kiürül, ezért feltételezhetjük, hogy a karszt mellékhasadékaiból és mikrorepedéshálózatából történt az utánpótlás. A köztes blokkok kiürülése rendre 20-170 és 170-380 nap, vagyis ezek a rendszerek lényegében állandó vízutánpótlást biztosítanak. Ez tekinthető a rendszer időben alig változó alaphozamának. Erre halmozódik csapadékosabb időszakban a nagyobb törésrendszerekből származó, csapadékeseményre gyorsabban, intenzívebb csepegéssel reagáló hozam. A hét csepegésmérőhely adatai alapján az alaphozam 1,47-2,06 l/nap.

A görbék lefutása a főtörésrendszer kiürülési idejéről is pontosabb információt nyújtott. Az április 7-20-ig tartó csapadékmentes időszak hatására a 8,5-9 l/nap csepegéshozam viszonylag kis mértékben, 7 l/nap körüli értékre csökkent. Ugyanez figyelhető meg a május 8-17. közötti időszakban, vagyis a hozamcsökkenés szintén nem számottevő. Ezzel szemben a főtörésrendszer kiürülésekor a hozam körülbelül tizedrészére csökken. Ez arra enged következtetni, hogy a főtörésrendszer kiürüléséhez inkább a 20 napos csapadékmentes időszak fogadható el kiürülési időnek.

10. ÖSSZEFOGLALÁS

Elsőként megvizsgáltuk a csapadék – léghőmérséklet – összes csepegés és a csapadék – léghőmérséklet – Kistohonya-forrás hozam adatsorokat, melyből látható, hogy a csepegés és a forráshozam jó kapcsolatot mutat. Ennek magyarázata a karszt törésrendszerében rejlik, vagyis ugyanabból a rendszerből származik az utánpótlás, csak a forrás öt, a csepegés három különböző nagyságrendű törésrendszerből táplálkozik. A különbségek magyarázatát is ez adja: a kisebb járatrendszerekben előfordulhat lefagyás, dugulás vagy részleges elzáródás.

A további vizsgálódás során abból indultunk ki, hogy a csepegővizek kiürülése három fázisban történik (főtörésrendszer, melléktörések és mikrorepedések). A gyakorlat szempontjából két fázist lehet elkülöníteni: a főtörésrendszert és a köztes blokkokat (vagyis melléktöréseket és mikrorepedéseket együtt). Mivel természetes körülmények között a köztes blokkok kiürülése nem fordult elő, így az észlelési adatsorok alapján a fő-törésrendszer kiürülési idejéről és a köztes blokkokból származó vízutánpótlásról lehetett információt nyerni.

Kiderült, hogy közel tíz napos csapadékmentes időszakok után még nem tapasztalható jelentős készletcsökkenés. A fő törésrendszer kiürüléséhez körülbelül húsz napos csapadékmentes idő szükséges.

A diagramokról látható, hogy a leghosszabb, körülbelül négy hétig tartó csapadékmentes időszak szeptember végén-október elején volt, és október 13-án mérték a csepegéshozam éves minimumát (1,47 l/nap). A május 8-án észlelt éves maximumot (10,67 l/nap) a fő-törésrendszer telített állapotának tekintetem. A minimum a csúcserték körülbelül 7-edrésze (10,67/1,47). Hasonlóan alacsony értéket (2,06 l/nap) regisztráltak február 3-án (a napi középhőmérséklet egy hónapnál hosszabb ideig volt fagypony alatt). Ez azt jelenti, hogy lényegében mindkét alkalommal kiürült a főtörésrendszer, és az utánpótlás a melléktörésekből és a mikrorepedésekből származott. Ez tehát a hét csepegésmérő hely alaphozama (körülbelül 1,5-2 l/nap), ami gyakorlatilag állandó utánpótlást jelent.

Az egyes csepegőhelyekhez tartozó vízgyűjtő terület lehatárolása, és ezáltal a hét csepegésmérő hely alapján kapott eredmények kiterjesztése a Jósua-völgyi vízgyűjtő terület egészére további kutatást igényelnek.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- Maucha L. 1998. Az Aggteleki-hegység karszthidrológiai kutatási eredményei és zavartalan hidrológiai adatsorai, 1958-1993. VITUKI kutatási jelentés. 1-414.
- Maucha L. 1980. A Jósua-fői kísérleti terület vizsgálati eredményeinek összefoglaló értékelése. VITUKI beszámoló. 1-44.
- Gádos M. 1964. Műszeres vizsgálatok a karsztos beszivárgás megfigyelésére. *ÉKME Tud. Közl. X(1)*; 99-107.
- Holly F. 1956. A jósua-fői Vass Imre cseppkőbarlang. *Hidr. Közl. 3. füz.*, 230-239.