KARSZTFEJLŐDÉS XIII.
Szombathely, 2008. pp. 43-60.

CSAPADÉK ÉS KARSZTVÍZSZINTEK ÖSSZEFÜGGÉSEINEK VIZSGÁLATA A 2006. ÉVI BÜKKI KARSZTÁRVÍZ ELEMZÉSE SORÁN

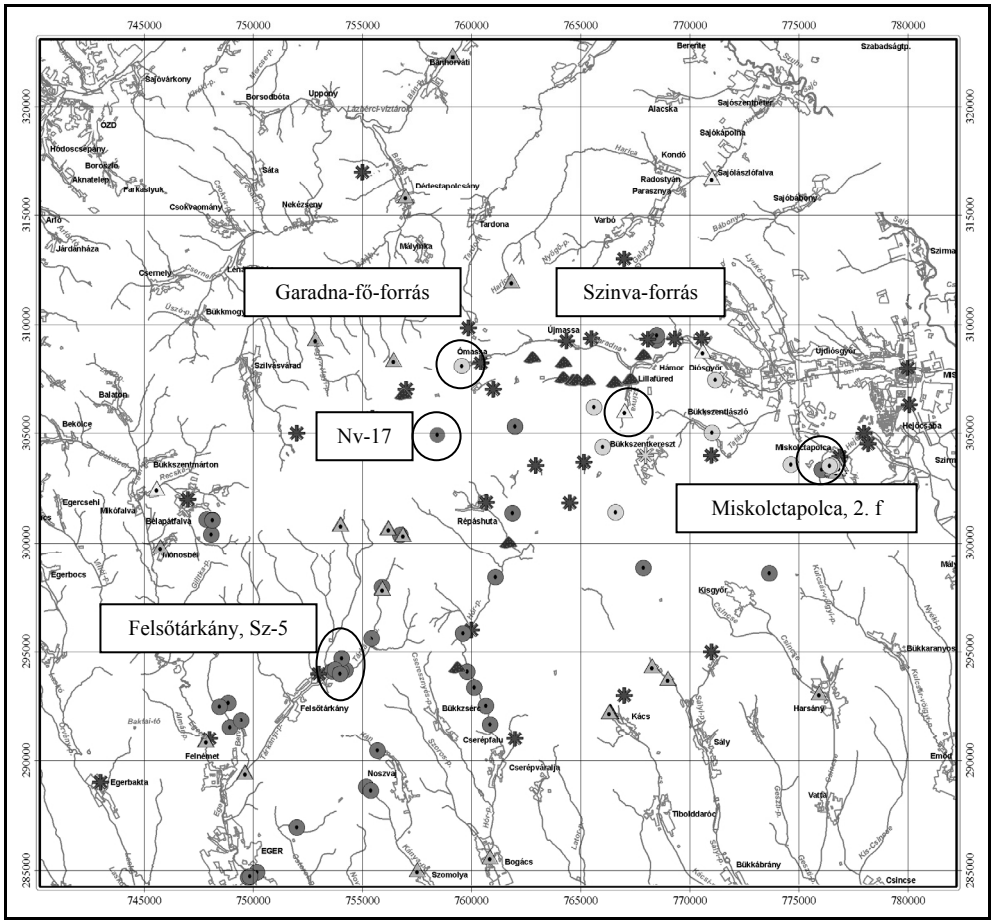
DARABOS ENIKŐ[1] – LÉNÁRT LÁSZLÓ[2]

[1] Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar,
darabos_eniko@hotmail.com
[2] Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék, Miskolc, 3515 Egyetemváros
hgll@uni-miskolc.hu

Abstract: The aim of the analysis is to find the relation between the water level in the meters of Bükk Mountains karst and the precipitation of the relevant area. In the analysis, the period of inundation in 2006 had the highest priority. Using first data of the whole year, in daily buckets, then data of short periods, hourly buckets, time between date of precipitation and maximum level of karst water was defined for each meter. This value at Garadna well is 8 hours, at Szinva well: 13 hours, at Nv-17 meter it is 12 days. We established, that the velocity of water level increase was the same in case of snow melt and inundation and this fact is accurate for water level decrease too. Based on increasing curve, we came to the conclusion that maximum o water level increase exists for the meters, for Nv-17 it is 1,67 metres/day.Based on accord of decreasing curve, we created characteristic curve for Nv-17 meter, showing the draining flow chart of meter in a period without precipitation or any kind of infiltration. By using characteristic curve, we can demonstrate the clear influence of precipitation in water level change. As a conclusion of multi year analysis, we can establish, that maximum of karst water level does not primarily depend on the amount of precipitation. The base water level and the trend of water level change just before the time of precipitation. In some cases we found correlation between maximum water level and the time between precipitation falling and the time of maximum water level. We could not establish the unequivocal relation between karst water level and accessible influencing factors. There are cases when base the same parameters such as water level, trend and the amount of precipitation lead to remarkable difference of the maximum water level. The difference is supposable caused by not considering the influence of evaporation and down flow rates. The established times between precipitation and culmination, charts, correlations can help protection of water supply, forecasting inundation and preventing pollution of drinking water as it happened in 2006.

1. A Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer

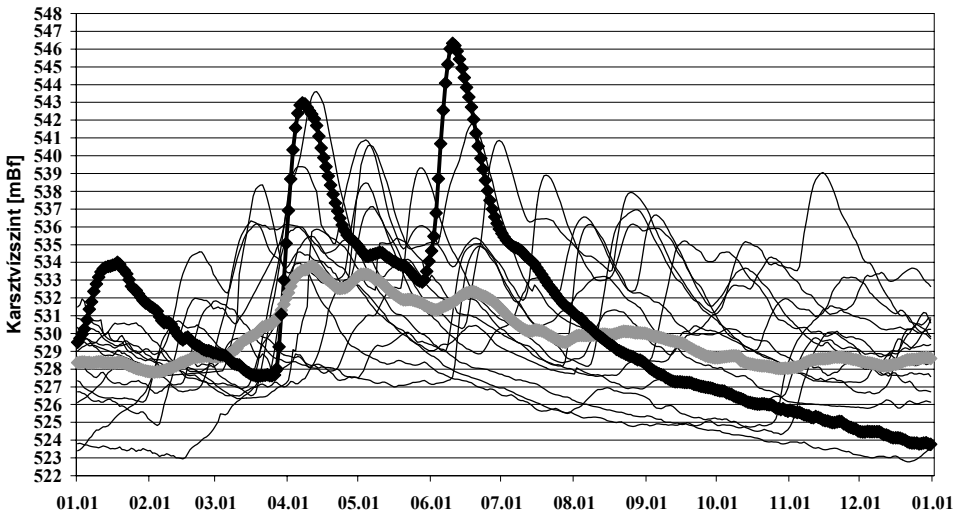
Jelenleg a bükki karszt területén összesen 23 helyen – kutakban, megfigyelőkutakban és forrásokban – regisztráljuk folyamatosan a vízszint, esetleg a vízhőmérséklet és a vezetőképesség értékeit a Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer keretein belül, a mérőhelyek az *1. ábrán* láthatóak.



1. ábra: VIMORE Hidrológiai megfigyelőhelyek a Bükk hegység területén
(Fekete karika: a dolgozatban vizsgált mérőhelyek)
[GONDÁRNÉ SŐREGI K. – LÉNÁRT L. – TÓTH E. 2008]
Map 1: VIMORE hidrological meters in Bükk Mountains
(black empty circlet: meters mentioned in essay)

A víztermelő létesítményekben és forrásokban a mérési gyakoriság 15-30, a megfigyelő kutakban 15-60 perc *(LÉNÁRT 2002)*. Az elemzések célja ezen adatok alapján számszerű összefüggéseket találni a csapadék és a vízszint értékei között. A vizsgálatok során kiemelt figyelmet kapott a 2006. évi nyári árvíz időszaka, melynek különlegességét az adja, hogy az elmúlt 50 évben nem volt olyan három egymást követő hónap, amely alatt több csapadék hullott volna, mint 2006. április, május, júniusában, illetve olyan kevés csapadékot sem mértek, mint október, november, decemberben (*LÉNÁRT* 2006). Ez a hatalmas mennyiségű csapadék természetesen igen magas karsztvízszintet is eredményezett (*2. ábra*), amely pedig a sokak által ismert vízszennyezéshez vezetett. E dolgozat alapgondolata, hogy a csapadékok és

a vízszintek összefüggésének ismeretében, a veszélyes vízszintek időben történő előrejelzésével, a 2006-oshoz hasonló szennyezések nagyobb biztonsággal elkerülhetőek lesznek.



2. ábra: Azonos hónapra rendezett karsztvízszintek 1994 és 2007 között Nv-17 esetében [LÉNÁRT L. 2007]
(Vastag fekete vonal: 2006. év, szürke vonal: 1994 és 2007 közötti évek átlaga)
Fig. 2: Karst water levels of the same period between 1994 and 2007, Nv-17 meter (Thick black line: 2006, grey line: avgerage)

1.1. Csapadékmérés

Alapvetően a 629. számú, a Balti-tenger szintje felett 690 méterrel (továbbiakban mBf) elhelyezkedő jávorkúti csapadékmérő állomás adatai álltak rendelkezésre. Itt 2005 decemberétől kezdődött a folyamatos óránkénti mérésű és rögzítésű csapadékészlelés (*LÉNÁRT* 2002).

1.2. Vízszintmérés és a mérési helyek

Az adatokat Miskolci Egyetem, Környezetgazdálkodási Intézet, Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Intézeti Tanszékének DATAQUA és DATAQUA 2002 típusú mérő-rögzítő berendezései szolgáltatták. Az első műszerek telepítése 1992-ben történt (*LÉNÁRT* 2002).

2. Vizsgálatok a 2006-os évre

Az elemzések kiindulópontját a teljes 2006-os évben mért napi csapadék értékek jelentették, melynek függvényében vizsgáltuk a napi átlagos vízszintet. Amennyiben a vízszint-mérőhelyen csapadékmérés is történt, abban az esetben ezeket az adatokat használtuk, ha nem volt a közelében csapadékmérő-állomás, akkor a Bükköt jól jellemző jávorkúti adatokat alkalmaztuk.

A mérőhelyek közül a Nagymezőn lévő, Nagyvisnyó-17 (továbbiakban Nv-17), Felsőtárkány-Sz-4, Garadna-fő-forrás, Szinva-forrás és Miskolc-tapolca, Termál-forrás mérőhelyekről készült a teljes 2006-os évre csapadék-vízszint diagram.

Mind az öt esetben megfigyelhető két kiugró vízszintemelkedés, melyek közül az elsőnek a 2005-2006 telén hullott hó elolvadása volt az oka, míg a másodikat a június első napjaiban hullott nagy mennyiségű eső eredményezte. Ebben a dolgozatban elsősorban az eső formájában hullott csapadék okozta vízszintváltozással foglalkozunk.

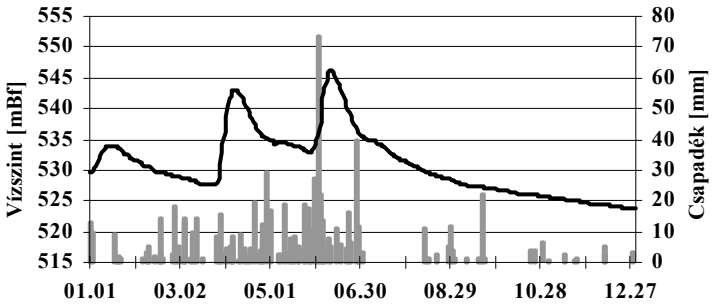
2.1. A 2006-os év eseményei

A 2006-os év eseményeit tekintsük át röviden az Nv-17-hez tartozó *3. ábra* alapján, de a január közepén megfigyelhető magas vízállás okát ebben az esetben nem vizsgáljuk. A március végéig jelzett csapadékok hó formájában hullottak, ezért beszivárgásukra nem került sor, a vízszintet nem emelték, ezért a vízszint csökkenése figyelhető meg. Március utolsó napjaiban viszont felmelegedés történt, amelynek következtében a tél során felhalmozódott hó felolvadt és beszivárgott a repedéseken, víznyelőkön keresztül a karsztba. Ez a hirtelen megjelenő, nagy mennyiségű olvadék víz okozta a vízszint gyors növekedését április elején. Az emelkedés április 9-ig tartott, majd az emelkedés ütemétől valamivel lassabban csökkenni kezdett. A magas vízszint gyors csökkenését a hetenként több napon is hulló csapadék nem tudta látványosan befolyásolni. Viszont április végén, mikor a csökkenés üteme lelassult és a csapadék mennyisége is jelentősebb volt – e két tényező együttes hatása – a vízszint kismértékű emelkedését eredményezte május első felében. Mivel a csapadék folyamatosan hullott a karsztnak nem volt lehetősége leürülni, ezért amikor június 2-án 73,7 mm (jávorkúti adat) nagycsapadék hullott, évek óta nem tapasztalt vízszintnövekedés következett be. A tetőzés június 11-én volt 546,2 mBf-en. Ezután a vízszint folyamatos csökkenése következett, melyet csak ritkán zavart meg néhány kisebb csapadék csoport. A diagramon jól látható, hogy a tetőzés kb. 10 nap elté-

réssel követi a kiváltó csapadék csoportot. Ennek az az oka, hogy a víznyelőkön beszivárgó víz mellett, a beszivárgó víznek a felszín és a vízszint közötti kb. 250 m távolságot a karszt litoklázis rendszerén keresztül kell megtennie. Ez $2{,}89*10^{-4}$ $^{m}/_{s}$ szivárgási egyenértékszámnak felel meg.

A Garadna-fő-forrás vízszintváltozása ezzel szemben sokkal gyorsabb, a vízszint tetőzése már a 73,7 mm-es nagycsapadék után 1 nappal megfigyelhető.

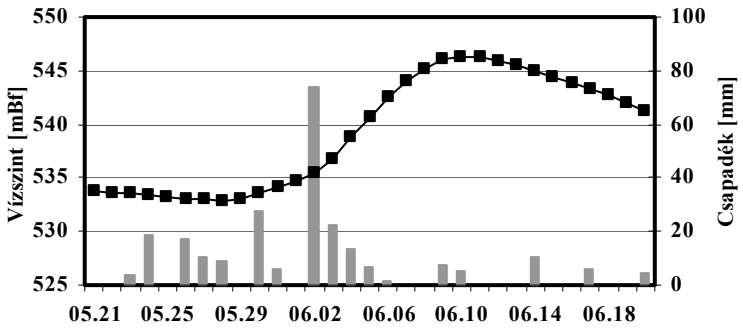
Az egyes mérőhelyek tehát eltérő időn belül reagálnak a csapadékra. Az eltérések pontosabb megfigyelése érdekében vagy rövidebb intervallumot vizsgálunk, vagy pedig részletesebb adatokat használunk. A továbbiakban egy mérőhely vízszintjének követési ideje alatt a mérőhely vízgyűjtő területére hullott csapadék időpontja és a vízszint tetőzésének időpontja között eltelt időt értjük.



3.ábra: Nv-17 mérőhely, csapadék-vízszint 2006
(Folyamatos fekete vonal – vízszint [mBf]; szürke oszlopok – csapadék [mm])
Fig. 3: precipitation – karst water level, Nv-17 meter, 2006 (black line – water level above Baltic sea; grey columns - precipitation)

2.2. Nv-17 árvízi időszakban

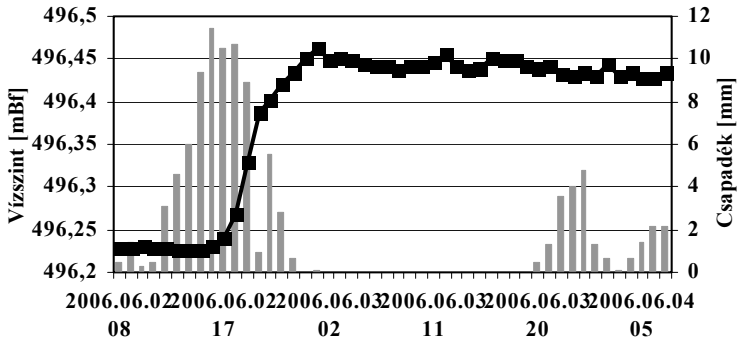
Tekintsük meg a szintén az Nv-17-re vonatkozó *4. ábrát*, amely a 2006-os árvízi időszakot mutatja. A június 2-án hullott csapadékot a vízszint tetőzése nyolc nappal később, június 10-én követte, vagyis a követési idő 8 nap. Azt is megfigyelhetjük, hogy a június 2-ai nagy csapadékot a következő napokban egy kisebb csapadékcsoport követte, amely az apadási szakaszt lelassította.



4.ábra: Nv-17 mérőhely, csapadék-vízszint 2006. 05.21-06.20
(Folyamatos fekete vonal jelölővel – vízszint [mBf]; szürke oszlopok – csapadék [mm])
Fig. 4: precipitation – karst water level, Nv-17 meter, from 5.21.2006 to 6.20.2006 (black line – water level above Baltic sea; grey columns - precipitation)

Az Nv-17 mérőhely elemzésénél kellően pontos adatokat olvashatunk le az egy hónapos intervallumra, napi adatokból készült diagramok alapján, azoknál a mérőhelyeknél viszont, amelyek gyorsabban reagálnak a csapadékra – akár már néhány óra alatt - így nem kapunk megfelelő pontosságú eredményeket, ezért részletesebb, órás adatokat kell használnunk és kisebb intervallumot vizsgálunk.

2.3. A Garadna- és a Szinva-forrás árvízi időszakban



5.ábra: Garadna-fő-forrás, csapadék-vízszint órákra lebontott adatokból 2006. 06.02-06.04
(Folyamatos fekete vonal jelölővel – vízszint [mBf]; szürke oszlopok – csapadék [mm])
Fig. 5: precipitation – karst water level in hourly buckets, Garadna well, from 06/02/2006 to 06/04/2006 (black line – water level above Baltic sea; grey columns - precipitation)

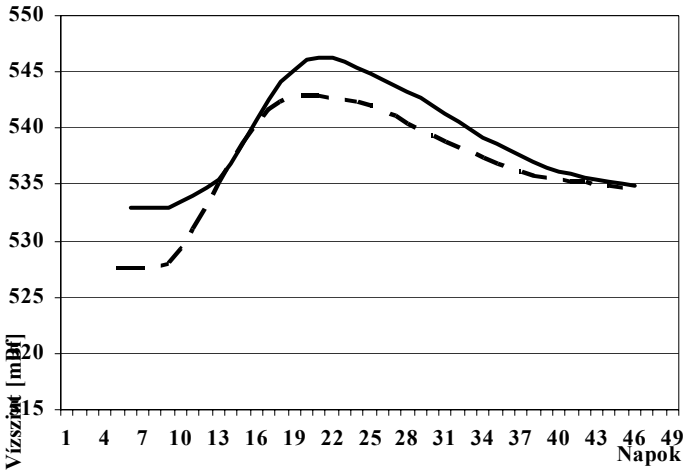
A Garadna-forrás esetében a napi adatok szerint a vízszint a csapadékot követő napon tetőzött. A pontos időpont meghatározása érdekében a rendelkezésre álló óránkénti csapadék adatokat és az órákra számított átlagos vízszintet használjuk. Ezen adatok alapján készült ábra a Garadna-forrás árvizéről az *5. ábrán* látható. 2006. június 2-án 8-tól 23 óráig minden órában hullott csapadék. A tetőzés másnap hajnal 1-kor volt.

Jelen esetben tekintsük június 2-a 17 órát a csapadék időpontjának. Így a vízszint nyolc órával később érte el a maximumát. Ez a mérőhely kedvezőtlen adottságú az árvízi védekezés szempontjából, mert nagy csapadék esetén mindössze néhány óra áll rendelkezésre az ivóvízkivétel leállítására, vagy egyéb intézkedések végrehajtására.

A Garadna-forráshoz hasonlóan viselkedik a Szinva-forrás is, utóbbinál a vízszint 1-2 nappal a csapadék után éri el tetőpontját. A Szent István-barlang Pokol ágában a tetőzés 15 órával a csapadék időpontja után következett be.

Már e néhány diagram alapján is belátható, hogy a vízszintnövekedésének mértéke és a tetőzés ideje függ a csapadék mennyiségétől, a csapadék időpontjában az aktuális vízszint értékétől, valamint attól, hogy a karsztvízszint épp növekszik, vagy csökken. A továbbiakban ezeket a befolyásoló tényezőket is vizsgáljuk.

3. Hóolvadás és nagycsapadék összehasonlítása



6.ábra: Nv-17 mérőhely, vízszintváltozás hóolvadáskor és árvíz esetén
(Folyamatos görbe – esőből származó görbe; szaggatott görbe – hóolvadásból származó görbe)
Fig. 6: change of karst water level at snow melting and inundation, Nv-17 meter 2006 (continuous line: water level change caused by snow melt, broken line: water level change caused by inundation)

Az Nv-17-es kút esetén összehasonlítottuk a hóolvadás okozta tetőzés utáni vízszint csökkenést és az árvíz lefutását (*6. ábra*). Egyértelműen látszik, hogy mindkét esetben, a vízszint emelkedésekor és csökkenésekor is egyezik a görbék meredeksége, fel- ill. lefutása. Ebből arra következtetünk, hogy létezik maximális beszivárgási sebesség, ill. maximális vízszint növekedési sebesség , amely az Nv-17 esetén 1,67 m/nap

A görbék lefutása amint látjuk növekedés és csökkenés esetén is megegyezik, a befolyásoló tényezőktől független abban az esetben, ha a beszivárgás maximális (növekedés esetén), ill. ha nincs beszivárgás (csökkenés esetén).

3.1. Jelleggörbe

A mérőhelyeken a vízszint elsősorban a gyűjtőhelyre beszivárgó és az azt elhagyó víz térfogatáramától, illetve a különböző mélységekben a karsztosodottság fokától függ.

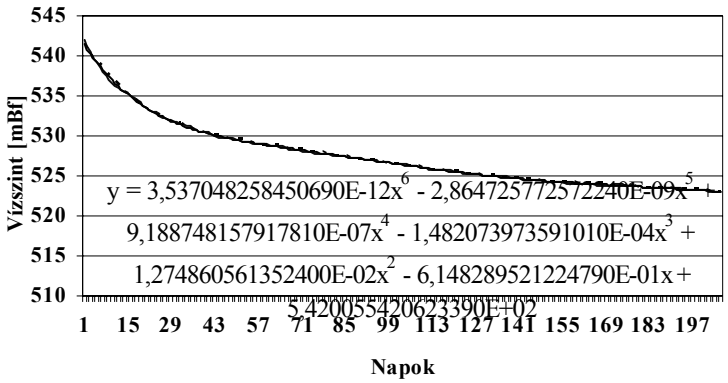
A karsztrendszerek bonyolultsága miatt, még ha a gyűjtőhelyre be- és az onnan kiáramló térfogatáramot pontosan ismernénk is, akkor sem tudnánk a vízszintet matematikai módszerekkel meghatározni a gyűjtőhely „*geometriájának*” pontos ismerete nélkül. Ezért empirikus összefüggést kell keresnünk. Ennek egyik módja lehet az általunk alkalmazott módszer: egy csapadék csoport hatását a vízszintre akkor tudjuk a legjobban érzékelni, ha ismerjük a vízszintcsökkenés lefutási görbéjét csapadékmentes időszakban. Segítségével a vizsgált csapadék vízszintnövelő hatását pontosabban, jobban érzékelhető módon jeleníthetjük meg. Ha ugyanis a csapadék nélküli időszak görbéjét kivonjuk a csapadékos időszak görbéjéből, akkor megkapjuk a csapadék hatását, a relatív vízszintváltozást.

Amennyiben egy diagramon ábrázoljuk a csapadékot és a relatív vízszintváltozást, könnyebben megfigyelhető, hogy mennyi idő múlva követi a csapadékot a vízszintváltozás, hogy milyen viszonyban van a csapadék időbeli eloszlása a vízszintváltozás időbeli lefolyásával, nagyságával. A jelleggörbe tehát a karszt kiürülésének folyamata csapadékmentes időszakban, előállítása több év adatai alapján, a lehető legmagasabb és legalacsonyabb vízállások között kell, hogy történjen, az alábbiak szerint:

Az adott mérőhelyen rendelkezésre álló több évre visszamenő mérések között olyan időszakokat keresünk, ahol a karsztvízszint zavartalanul csökken, tehát nem esik csapadék, nincs hóolvadás és semmilyen más beszivárgás. Ezen időszakok vízszintcsökkenési görbéit vízszint szerint illesztjük egymáshoz, így egy kvázi zavartalan, az adott mérőhelyre jellemző csökkenési görbét kapunk eredményül.

Lénárt László egy 2006-os jelentés készítése során egy ehhez hasonló görbét már szintén felhasznált, amelyet az 1992-2006 között jelentkező jelentősebb csökkenések alapján állítottak elő. A vizsgálat lényege akkor az volt, hogy az összes csökkenő adat indulási értékét a tengerszint feletti magasságnak megfelelően rendezték. Ily módon mintegy „*burkológörbét*" kaptak, mely jellegében jól mutatja be a vízszintcsökkenés dinamikáját, ill. ingadozását. A „*burkológörbé*"-nek megvizsgálták az első, majd a második 30 napra vonatkozó szakaszait is. A görbék meglehetősen jól együtt futnak, ill. a legnagyobb eltérés sem éri el a 2 m-t, azaz a további vizsgálatokra nagyon alkalmasnak tartották ezt a görbesereget (*LÉNÁRT* 2006).

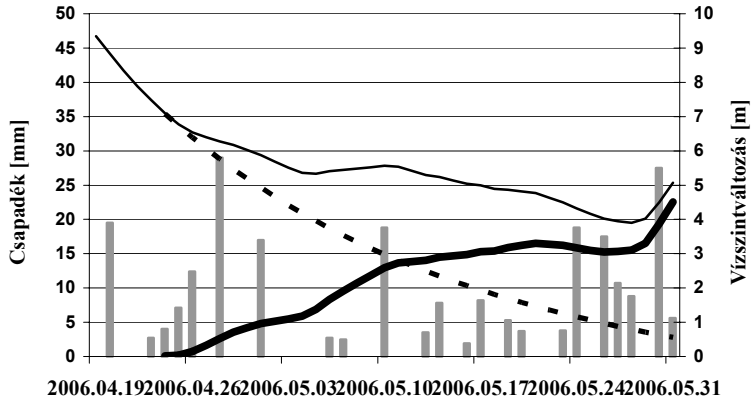
A jelleggörbe értékpárok előállítása megtörtént az Nv-17 mérőhelyre. Csapadékmentes időszakokból, egymáshoz azonos vízszinten csatlakozó adatokból sikerült előállítani egy apró ingadozásokkal tűzdelt jelleggörbét, amelyet egy hatodfokú polinommal közelítettünk. Maga a görbe és használata a *7., ill. a 8. ábrán* látható.



7. diagram: Nv-17 mérőhelyre előállított, csapadékkal nem befolyásolt, csökkenő értékekből szerkesztett jelleggörbe (folyamatos vonal) és a rá illesztett trendvonal (szaggatott vonal); a görbék a jó illeszkedés miatt nem különíthetők el

Fig. 7: charasteristic curve of Nv-17 meter (continuous line) created from decreasing wateer level data at the absence of precipitation and trend line (broken line), can not be separated because of mating

A *8. ábrán* a vékony vonallal jelölt görbe az eredeti vízszintváltozást, a szaggatott vonal a jelleggörbét mutatja. A kettő különbségeként megkapjuk a vastag vonallal jelölt relatív vízszintváltozást, melynek segítségével megállapíthatjuk az egyes csapadékok, csapadékcsoportok vízszintnövelő hatását. Mely szerint a hatások kumulálódnak, a csapadékok ezen jellemzőjét az aggteleki karsztvidékre Maucha László is megállapította (*MAUCHA* 2007).



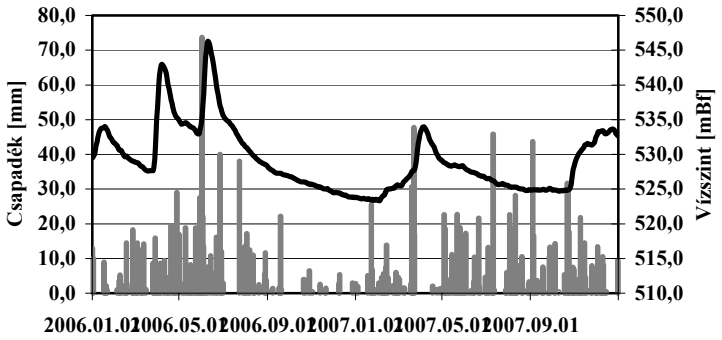
8.ábra: A jelleggörbe használata Nv-17 esetén
Fig. 8: example for application of characteristic curve, Nv-17 meter

4. Nv-17, Garadna-forrás, Szinva-forrás több évre visszamenő vizsgálatai

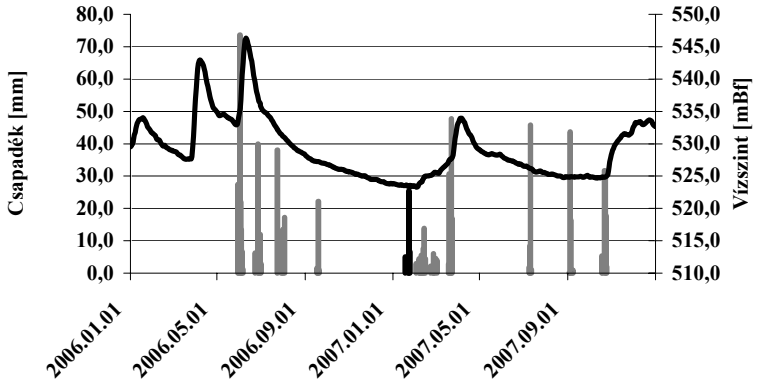
Az Nv-17, Garadna-forrás és Szinva-forrás mérőhelyeknél több év adatait elemeztük. Megvizsgáltunk minden olyan esetet, amikor legalább 30 mm csapadék hullott egy nap alatt. Kihagytuk viszont azokat az intervallumokat, amikor a vizsgált csapadék előtt vagy után olyan jelentős mennyiségű csapadékot mértek, ami miatt nem lehetett elkülöníteni a vizsgált eső vízszintre gyakorolt hatását. Mindhárom mérőhelyre elkészítettük az egyes nagycsapadékokhoz tartozó ábrákat, melyről leolvasható a követési idő, a vízszintnövekedés, a lehullott csapadékmennyiség, emellett azt is figyelembe vettük, hogy mielőtt a csapadék hatást gyakorolna a vízszintre, a vízszint növekedett, csökkent, vagy nem változott. A csapadék és vízszint adatokat rendeztük, olyan módon, hogy a vizsgált csapadékok mindig a hatodik napra kerüljenek és utána még további 10 napot vizsgáltunk azért, hogy a vizsgált csapadék előtt lévő 5 és az utána lévő 10 nap alapján elegendő információt kaphassunk az előzményekről és következményekről, a maximális vízszint lehetséges befolyásoló tényezőiről. A több év hasonló szituációiból átlagot lehet képezni, melyről leolvasható, hogy a mérőhely a csapadék után várhatóan mennyi idő alatt éri el a maximális vízszintet.

Azt is vizsgáltuk, hogy azonos kiindulási helyzeteknél - vagyis amikor a csapadék hullása előtt közvetlenül a vízszint és a vízszintváltozás tendenciája megegyezett - a különböző csapadékok milyen változást okoztak a

vízszintben. Voltak olyan esetek, amikor néhány napon át hullott csapadék, és ezek egy csapadékcsoportnak tekinthetők, együttes hatásukat érdemes vizsgálni. A *9.a ábrán* például a 2006-2007-es év csapadék és vízszint adatait láthatjuk Nv-17 esetén.



9.a. ábra: Csapadék és vízszint értékek a 2006-2007-es évre, az Nv-17 mérőhely esetén
Fig. 9 a: Precipitation and karst water level 2006-2007, Nv-17 meter

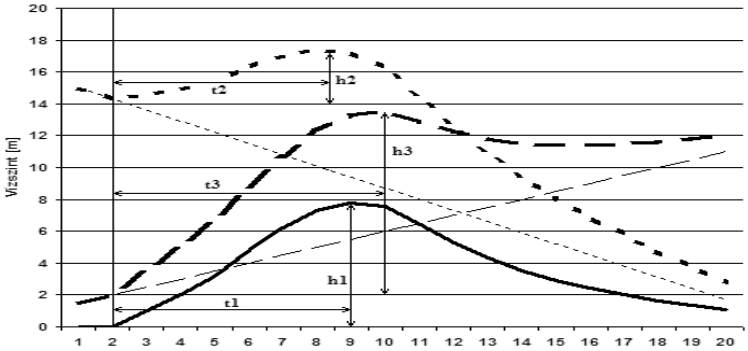


9.b ábra: Hatékony csapadék csoportok és vízszint, Nv-17 esetén a 2006-2007-es évben
Fig 9 b: Relevant precipitation groups and karst water level, 2006-2007, Nv-17 meter

A *9.b ábrán* a két év csapadék adatai közül csak az általunk vizsgált csapadék csoportokat és a vízszintet mutatja. Látható, hogy vannak olyan esetek, amikor a 30 mm-es csapadék határt lejjebb kell vinnünk, mivel 25 vagy akár 20 mm-es csapadék is oly mértékben emeli a vízszintet, amit már figyelembe kell vennünk, ilyen például a *9.b ábrán* a 2007.01.23-án hullott

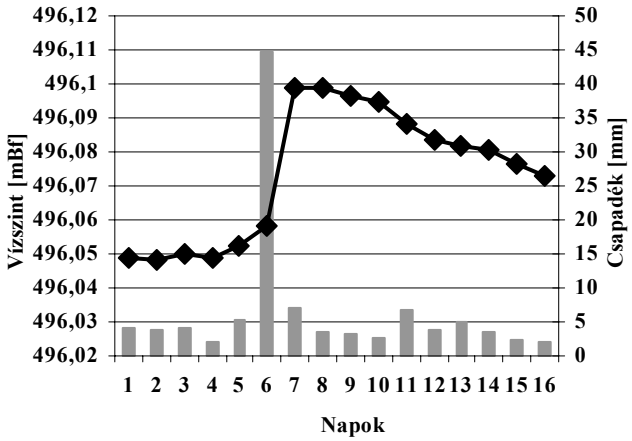
25,5 mm-es és az utána következő kisebb csapadék csoportok. Más esetekben viszont előfordul, hogy ugyanekkora nagyságú csapadék alig, vagy egyáltalán nem gyakorol hatást a vízszintre. Tehát úgy néz ki, hogy a hatékony csapadékcsoport is idő- vagy karsztvízszint függő. A későbbiekben tehát meg kell állapítanunk, hogy mit tekinthetünk ténylegesen hatékony csapadék csoportnak, ez további vizsgálatok tárgyát képezi majd.

Mivel elsősorban az egyes csapadékok vízszintnövelő hatását szerettük volna megállapítani, további korrekciókat végeztünk a csapadék hullása előtti vízszintváltozás (a tendencia) befolyásoló hatásának kiküszöbölésére. A csapadék előtti néhány nap vízszint adataiból kiszámítottuk, hogy átlagosan mennyit nő vagy csökken a vízszint egy nap alatt. A Szinva- és a Garadna-forrás esetén, ahol a követési idő két nap, megállapítható, hogy az eddigi tendenciát követve mennyit változna a vízszint két nap alatt, és ezzel az értékkel korrigáltuk a maximális vízszint értékét. Az Nv-17-nél hosszabb a reagálási idő, nem tehető fel, hogy a vízszintváltozás egész idő alatt ugyanazt a tendenciát követné, ezért ott a korrekciót a követési idő kb. felére vettük figyelembe. Összefoglalva tehát az a vízszintváltozás, amit mérünk, nem biztos, hogy megegyezik a csapadék vízszint változtató hatásával, ezt az alábbi *9.c ábrán* jól megfigyelhetjük. A legalsó görbe ábrázolja azt az esetet, amikor a vízszint a csapadék hullásának időpontjában stagnál, ekkor a mért vízszint változás (h1) megegyezik a csapadék vízszintváltoztató hatásával. A középső görbe azt az esetet mutatja, amikor a csapadék időpontjában a vízszint már növekedett, ekkor az általunk mért vízszint növekedés (h3) nagyobb, mint amit a csapadék valójában okozott. A legfelső görbén pedig azt az esetet láthatjuk, amikor a csapadék hullás időpontjában a vízszint csökkent, ekkor az általunk mért vízszintváltozás (h2) kisebb, mint a csapadék valódi hatása, amit a már eleve csökkenő tendencia okoz. Ezen meggondolások alapján történt a tendencia figyelembe vétele, amely az ábra szerint a követési időt is befolyásolja, ha a tendencia növekvő, akkor a követési idő hosszabb (t3), ha viszont csökkenő, akkor a vízszint tetőzése és a csapadék hullása között rövidebb idő telik el (t2).



9.c ábra: A tendencia kapcsolata a csapadék vízszintnövelő hatásával, ill. hatása a követési időre (h: vízszint emelkedés, t: követési idő, vízszintváltozás stagnáló: 1, csökkenő: 2, növekvő:3 kezdeti vízszint esetén)
Fig. 9 c: illustration of the influence of water level trends on water level change and time between precipitation and culmination (h: influence of water level, t: time between precipitation and inundation, bese water level trend: 1: stationary, 2: decreasing, 3:increasing)

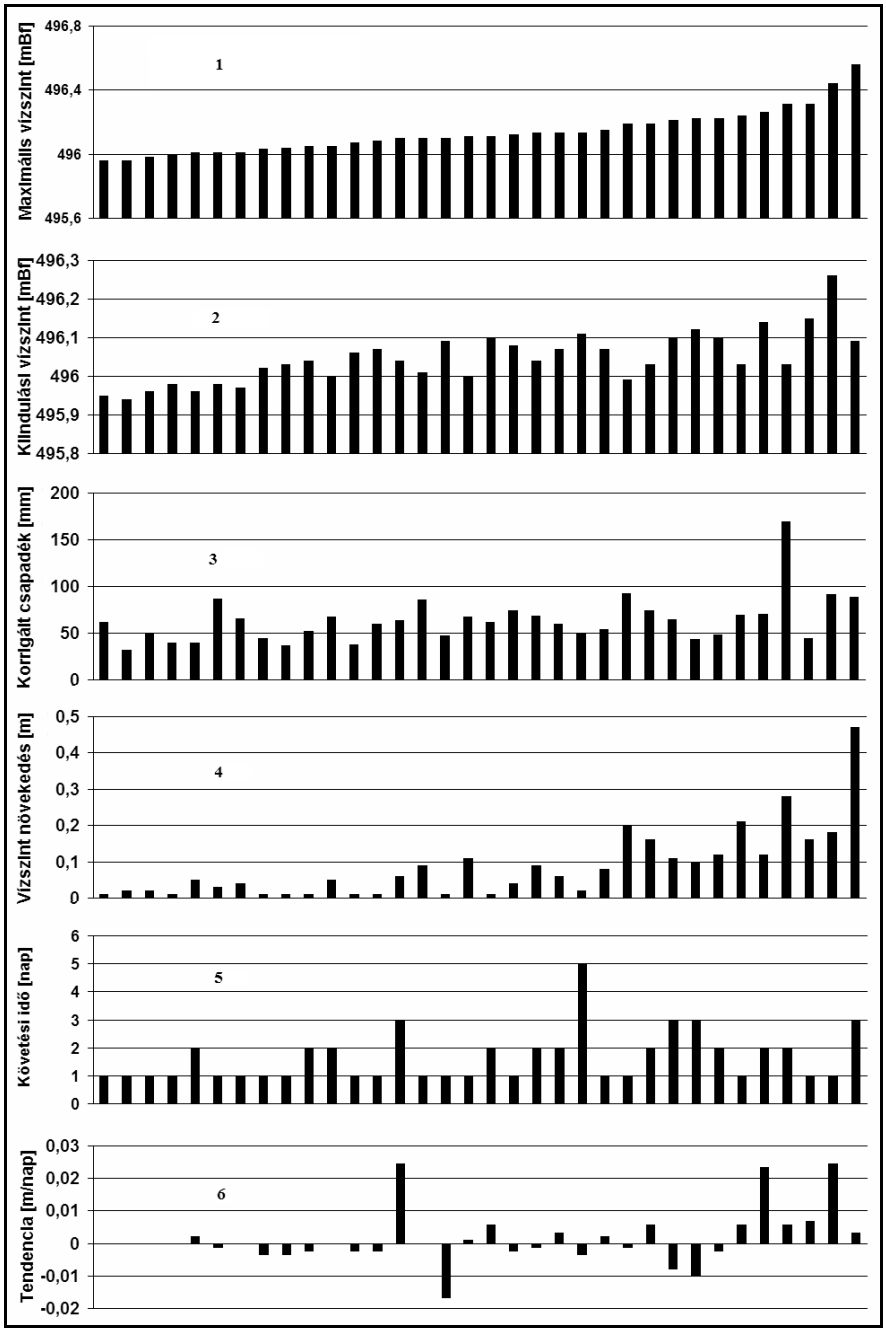
A Garadna-forrás esetében 1996-től 2006-ig vizsgáltuk a 30 mm-nél nagyobb csapadékokat. A nem vizsgálható esetek kiszűrése után 34 elemezhető intervallum maradt. A több év hasonló szituációiból átlagot lehet képezni, melyről leolvasható, hogy az adott mérőhelyen a vízszint várhatóan mennyi idő alatt éri el a maximumot. A *10. ábrán* a Garadna-forrásra számított átlag látható, amely alapján az átlagos követési idő 1 nap. Nv-17 esetén ugyanez az érték 10 nap, míg a Szinva-forrás esetén szintén 1 nap.



10. ábra: A Garadna-fő-forrás esetében vizsgált 34 intervallum átlaga
Jelmagyarázat: folyamatos vonal: vízszint [mBf], szürke oszlopok: csapadék [mm]
Fig. 10: average of precipitation: grey columns and karst water level: black line, Garadna well

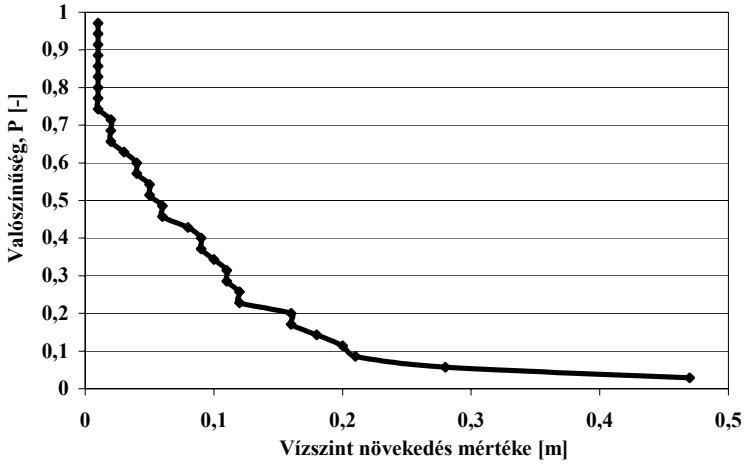
Az alábbi, *11. ábra* ábrázolja a Garadna-forrás esetében a kiindulási adatokat és a mérhető, ill. az általunk vizsgált befolyásoló tényezőket. Általánosan elmondható, hogy a magas vízszinteket nem egyetlen tényező kiugró értéke eredményezi, hanem több körülmény együttes hatása. Így ugyanazt a vízszintet a tényezők többféle variációja mellett is megkaphatjuk. Mindemellett előfordulnak olyan esetek is, amikor a kiindulási paraméterek közel azonosak, a vízszintek mégis jelentősen eltérnek, ennek az az oka, hogy a párolgás és a lefolyás nem szerepel a vizsgált tényezők között.

A *11. ábra első részén* a 34 vizsgálható esetben kialakult maximális vízszinteket láthatjuk nagyság szerint sorba rendezve. Az ezt befolyásoló tényezők közül a diagram második *részén* a kiindulási vízszintek szerepelnek, vagyis a vízszint azon értéke, amit a vizsgált csapadék hullása előtt közvetlenül regisztráltunk. Látható, hogy szoros összefüggés van a kiindulási vízszint és az elért maximális vízszint között, általában elmondható, hogy minél nagyobb a kiindulási-, annál nagyobb a maximális vízszint. Közöttük a korreláció értéke 0,714. A diagram harmadik részét is figyelembe véve elmondható, hogy a jelentősebb vízszint növekedések tartományában a növekedés arányos a korrigált csapadék mennyiséggel, a korreláció 0,61. A diagram negyedik részén a maximális vízszint és a kiindulási vízszint különbségeként előállított vízszint növekedést láthatjuk. Eszerint a jelentősebb növekedések tartományában a vízszint növekedés egyértelműen arányban áll a korrigált csapadék mennyiségével. A *11. ábra* ötödik részén a követési idő, vagyis a csapadék hullása és a vízszint tetőzése között eltelt idő látható, amelyet összevetve a tetőzési vízszintekkel elmondhatjuk, hogy minél kisebb a tetőzési vízszint, annál „*kiegyensúlyozottabb*” a követési idő, átlagosan 1 nap, de nagyobb kiindulási vízszintek esetében ez az érték megnőhet 2-3, vagy akár 5 napra is. Az utolsó, hatodik részen pedig a vízszint változás tendenciája látható, amely szerint ha a csapadék időpontjában már növekszik a vízszint akkor egyértelműen nagyobb maximális értékeket érünk el, mint ha csökkent volna.

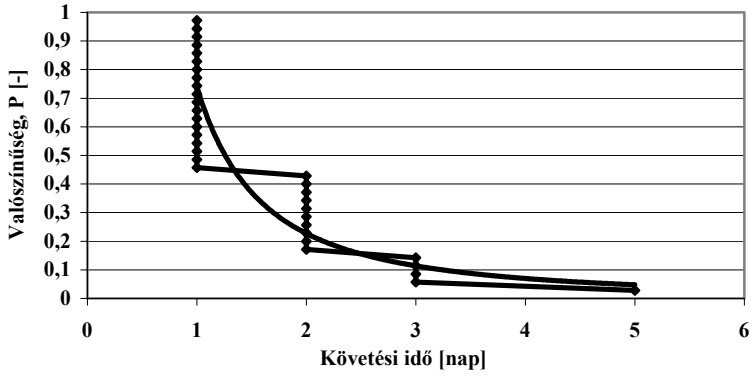


11.ábra: Az általunk vizsgált 34 esetben az elért maximális vízszintek (1) [mBf] és az azt befolyásoló, vizsgált tényezők:kiindulási vízszint (2) [mBf], korrigált csapadék (3) [mm], vízszintnövekedés (4) [m], követési idő (5) [nap], tendencia (6) [nap] a Garadna-forrás esetében

Fig. 11: maximum of karst water level and its influencing factors, Garadna well 1: level of flood summit; 2: base water level; 3:revised precipitation 4: water level increase, 5: time betweem precipitaion and inundation, 6: water level trend just beforeprecipitation



12. ábra: A vízszintnövekedés mértékének valószínűsége a Garadna-forrás esetében
Fig. 12: probability of karst water level raise, Garadna well



13. ábra: A követési idő valószínűsége a Garadna-forrás esetében
Fig. 13: probability of length of time between precipitation and maximum karst water level, Garadna well

Mindezek után ábrázoljuk a vízszintnövekedés valószínűségét *(12. ábra)*, az ábráról leolvasható, hogy 30 mm-nél nagyobb csapadék esetén mekkora valószínűséggel lesz nagyobb a vízszint növekedés, mint az x tengely értékei. Például 30 mm-nél nagyobb csapadék esetén 10 % annak a valószínűsége, hogy a vízszint növekedés nagyobb lesz, mint 0,2 m. Ilyen módon ábrázolható a követési idő valószínűsége is, amely a *13. ábrán* látható. Mivel a mért adatok napokban vannak megadva, és a követési idő átlagosan egy nap, a leolvasásnál érdemes az eredeti görbére illesztett trendvonalat figyelembe venni. Látható, hogy a legnagyobb valószínűség az 1 na-

pos átlagos követési időhöz tartozik, az ettől nagyobb követési idők valószínűsége kisebb, mint 50-60%, ezért érdemes az egy nappal számolnunk.

5. Összegzés

Az elemzések célja a Jávorkútról származó csapadék és a Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer vízszint adatai alapján számszerű összefüggéseket találni a csapadék és a vízszint értékei között. A vizsgálatok során kiemelt figyelmet kapott a 2006. évi nyári árvíz időszaka.
Kezdetben éves, majd kisebb intervallumokat vizsgálva, napi, majd órás gyakoriságú mérési adatokból megállapítottuk az egyes mérőhelyek követési idejét, vagyis a csapadék hullása és a vízszint tetőzése között eltelt időt. Ez az érték például a Garadna-forrás esetén 8 óra, Szinva-forrás esetén 13 óra és az Nv-17 esetén 12 nap.

Megállapítottuk, hogy az Nv-17 mérőhelynél mind a hóolvadás, mind az árvíz idején a vízszint azonos meredekséggel nőtt, ill. csökkent. A növekvő ág alapján arra következtettünk, hogy létezik maximális vízszint növekedési sebesség, ami például az Nv-17 esetén 1,67 m/nap.

A leszálló ág egyező meredekségéből kiindulva szintén az Nv-17 mérőhelyre előállítottuk a karszt kiürülésének folyamatát csapadékmentes időszakban mutató jelleggörbét, mely segítségével megállapíthatjuk a csapadék valódi vízszintnövelő hatását.

A többéves vizsgálatok alapján láthatjuk, hogy a maximális vízszint nagysága nem elsősorban a csapadék mennyiségétől függ. Jelenleg úgy tűnik, hogy fontosabb a kiindulási vízszint értéke és annak tendenciája. Mindezek mellett összefüggések figyelhetők meg a maximális vízszint és a követési idő között is.

Végezetül pedig ábrázoltuk, hogy 30 mm-nél nagyobb csapadék esetén mekkora valószínűséggel lesz nagyobb a vízszint növekedés egy adott értéktől. Ugyanilyen módon ábrázoltuk a követési idő valószínűségét is.
Mindezek alapján viszont még nem tudunk egyértelmű összefüggéseket megállapítani, mivel minden mérőhelynél előfordulnak olyan esetek, amikor igen hasonló kiindulási feltételek és csapadékok esetén nagymértékben eltérő tetőzési vízszintet kapunk, ennek oka pedig a párolgás és lefolyás értékének figyelmen kívül hagyása volt.

Az átlagos követési idők, az előállított diagramok mégis segíthetik a vízbázis védelmét, egy esetleges árvízhelyzet kialakulásának előrejelzését, ill. a hálózat 2006-hoz hasonló elszennyezésének megelőzését.

IRODALOM

GONDÁRNÉ SŐREGI K.-LÉNÁRT L.-TÓTH E. (2005-2008): Vízgazdálkodási döntéseket támogató monitoring rendszer megvalósítása a Bükk-vidéken a fenntartható fejlődés érdekében, - VIMORE. Projekt azonosítója: GVOP-3.1.1.-2004-05-0530/3.0 Miskolc-Budapest

LÉNÁRT L.-SZABÓ A.-SZACSURI G (2002).:A Bükki karsztvízszint alakulása 1992 – 2001 között. - Karsztvízkutatás Magyarországon II. A bükki karsztvízkutatás legújabb eredményei. 36-62. - Miskolc

LÉNÁRT L. (2006): A Bükkben keletkezett kitermelhető hideg karsztvízkészlet folyamatos meghatározásának módszere XVI. (Az 1992. 10. 10.- 2007.01.01. közötti mérések értékelése), - Miskolc

LÉNÁRT L. (2006): A Bükk-térség karsztvízpotenciálja – a hosszú távú hasznosíthatóságának környezetvédelmi feladatai. - Miskolc, Észak-magyarországi Stratégiai Füzetek. III. évf. 2. sz. p. 17-28.

MAUCHA L.-NÉMETH Z. (2006): A csapadékhatás mechanizmusa az aggteleki-karsztvidéken fakadó források napi hozamának kialakulásában, - Karsztfejlődés XI., Szombathely, BDF Természetföldrajzi Tanszék, p. 63-79.