

KARSTVÍZSZINT ELŐREJELZÉS A BÜKKI KARSTVÍZSZINT ÉSZLELŐ RENDSZER (BKÉR) ADATAI ALAPJÁN[⊗]

KARST WATER LEVEL PREDICTION BY DATA OF THE BÜKK KARST WATER LEVEL MONITORING SYSTEM

LÉNÁRT László* – DARABOS Enikő**

*Egyetemi docens, **PhD hallgató,

Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar, Hidrogeológiai - Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék
3515, Miskolc, Egyetemváros, *hgl@uni-miskolc.hu; **daraboseniko@gmail.com

Kivonat: A fenntartható miskolci ivóvízellátás segítése érdekében az utóbbi években folyamatosan zajlott, ill. jelenleg is zajlik a Bükkből kitermelhető vízkészletek mennyiségének folyamatos meghatározása. A vízszint előrejelzések a korábbiakban úgy történtek, hogy az adott mérőhelyről származó aktuálisan mért adatokra egy jól illeszkedő trendvonalat vettünk fel, melynek meghosszabbítása alapján határoztuk meg a vízszintváltozás várható jellegét. 2011 év végétől kezdve viszont az 1993-ban mért eddigi abszolút minimum alá csökkent a karsztvízszint. Ez a nagymértékű, ma is tartó csökkenés indokolta, hogy tovább vizsgáljuk a vízszint csökkenésének előrejelzési lehetőségeit. Ezért a rendelkezésre álló, csaknem 20 éves adatsor alapján előállítottunk egy általunk jelleggörbének nevezett pontsorozatot, mely a karszt kiürülésének folyamatát mutatja csapadékmentes időszakban. Ez a görbe bármely aktuális vízszinthez illeszthető és előrejelezhető vele, hogy hogyan alakulnak a vízszintek abban az esetben, ha az adott pillanattól kezdve nem szivárog be csapadék.

Kulcs szavak: Bükk, Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer, karsztvízszint előrejelzés, karsztvízszint csökkenés

Abstract: To define the exploitable water reserve of Bükk is important to support the sustainable water-supply of Miskolc. The prior water level prediction method was a trend line fitting method on measured data of a concrete monitoring point. The expectable character of water level change was determined by extension of trend line. End of 2011 the karst water level was decreased under absolute minimum value of 20 years database. Inspection of prior prediction method and find alternative prediction possibility was justified by that enormous decrease. A characteristic curve was created from data line of 20 years which shows the draining process of karst in exorbitantly arid period. That curve can fitted to any water level and probable karst water level is predictable if infiltration is zero after that point.

Keywords: Bükk, Bükk Karst Water Level Monitoring System, karst water level forecast, karst water level decrease

1. BEVEZETÉS

A vízföldtani monitoring keretében zajló adatgyűjtés (információgyűjtés) lényegében a hidrológiai körfolyamat pillanatnyi állapotának megismerése érdekében történik, az ember vízigényének kielégítése, avagy a víz kártételeinek elkerülése érdekében. A hidrológia döntő mértékben tapasztalati tudomány. A fizikában, kémiában, biológiában jellemző kísérletek elvégzésére itt csak alárendelten van lehetőség, mivel a folyamatok vagy rendkívül összetettek, vagy lefolyásuk megfigyelése igencsak időigényes. Ezért különleges szerepe van a hidrológiában az ide tartozó természeti jelenségek megfigyelésének, mérésének. A hidrológiai folyamatok az ember szándékától függetlenül következnek be. Ismételt bekövetkezésük, lezajlásuk módja csakis a lezajlott eseményekre vonatkozó megfigyelések (adatok) alapján jelezhető előre. [1]

A Bükk-térség esetében a társadalmi vízigények döntő többségének (esetenként teljes mennyiségének) kielégítése karsztvízből történik. Emiatt vált igen nagy jelentőségűvé a Bükki

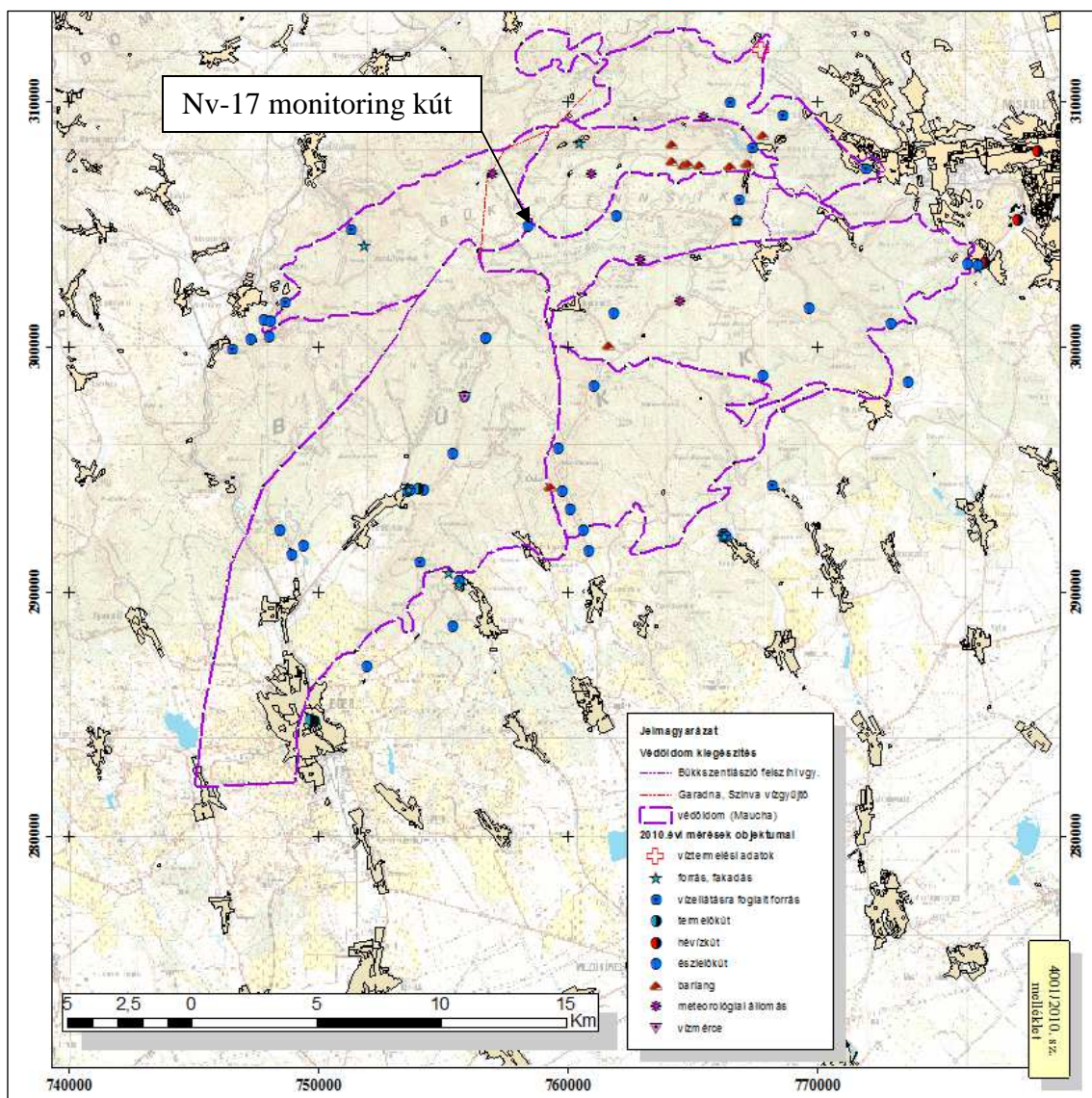
[⊗] Szaklektorált cikk. Leadva: 2012. május 10., Elfogadva: 2012. augusztus 28.

Reviewed paper. Submitted: 10. 05., 2012. Accepted: 28. 08., 2012.

Lektorálta: Prof.Dr. SZŰCS Péter / Reviewed by Prof.Dr. Péter SZŰCS

Karsztvízszint Észlelő Rendszer létrehozása, működtetése és adatainak feldolgozása. A mérőrendszer alapjainak számító kutakat 1983-ban hozták létre, a jelenlegi rendszer kialakítása 1992-ben kezdődött meg a folyamatos, elektronikus műszeres mérések beindításával. [2] Jelenleg a bükki karszt területén összesen 34 helyen – kutakban, megfigyelő-kutakban és forrásokban – regisztrálják folyamatosan a vízszint, esetleg a vízhőmérséklet és a vezetőképesség értékeit a Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer keretein belül. A rendszer egyik nagy előnye, hogy a Bükk-hegység csaknem teljes területét lefedi (1. ábra), ezáltal lehetőségünk van összehasonlító és korrelációs vizsgálatok végzésére is az egyes mérőhelyekről származó vízszint, vezetőképesség és hőmérséklet adatok között. [3, 4]

Az elektronikus vízszint, vízhőmérséklet, vezetőképesség és radon méréseket folyamatosan mérő és rögzítő mérőműszerekkel végzik. A mérési gyakoriság zömében 15-60 perc, de elvétve előfordult 10, ill. 240 perces gyakoriságú mérés is. [5]



1. ábra. A Bükki Karsztvízszint Észlelő rendszer mérőhelyei a 2010-es állapot szerint és az Nv-17 monitoring-kút elhelyezkedése [6]

2. A BÜKK-HEGYSÉG ÉS A KARSZTVÍZ SZINTJE

A Bükk-hegység a Borsodi nagyszerkezeti egység része; a Darnó-zóna és a Középmagyarországi-zóna közötti térben fekszik. A fő szerkezeti egységek DNy-ÉK-itől ÉNy-DK-ig változó csapásban elnyúlt, néhány km vagy 10 km széles vetőszeletek meredek dőlésű, oldal eltolódásos jellegű határokkal,

amelyek sokszor a réteghatárokkal közel párhuzamosan alakultak ki. A réteghatárok meredek helyzete egy korábbi, redőződéssel és palásság kialakulásával járó képlékeny deformáció eredménye. A hegységben megtalálhatók paleozoós, triász, júra, eocén, oligocén, neogén és negyedkori képződmények egyaránt. [7]

A karsztvíz a rétegvizekhez hasonlóan a csapadékból és a mélység felől pótlódhat. Hazai viszonyaink között a karsztok utánpótlódása lényegében csak csapadékból történik. Felszínig érő karszterületeken helyesen járunk el, ha egyedüli utánpótlódásként a csapadék beszivárgó, ill. elnyelt fázisát vesszük csak figyelembe. A karsztvíz egyik jellegzetes tulajdonsága a csapadék hatására változó szintje. [8]

3. AZ ALKALMAZOTT MÓDSZEREK BEMUTATÁSA

Vizsgálataink alapját az 1992-óta folyamatosan működő Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer egyik legfontosabb mérőhelye, a Nagymezőn lévő, Nv-17 (1. ábra) vízszintadatai jelentik. A fenntartható miskolci ivóvízellátás segítése érdekében az utóbbi években folyamatosan zajlott, ill. jelenleg is zajlik a Bükkből kitermelhető vízkészletek mennyiségének folyamatos meghatározása.

A vízszint előrejelzések a korábbiakban úgy történtek, hogy az adott mérőhelyről származó mért adatokra egy jól illeszkedő trendvonalat vettünk fel, melynek meghosszabbítása alapján határoztuk meg a vízszintváltozás várható jellegét. 2011 novemberétől kezdve viszont egy speciális helyzet alakult ki, mégpedig amiatt, hogy az 1993-ban mért eddigi abszolút minimum alá csökkent a karsztvízszint. Ez a nagymértékű, 2012. március 10-ig tartó csökkenés (március 21-ig volt a vízszint az addigi átlag alatt) indokolta, hogy tovább vizsgáljuk a vízszint csökkenésének előrejelzési lehetőségeit. A legfontosabb szempont kezdetben az volt, hogy a rendelkezésünkre álló mérési adatokból a lehető legtöbb információt nyerjük ki, a minél pontosabb előrejelzés érdekében. Ezért döntöttünk úgy, hogy az eddig alkalmazott megoldást, most a rendelkezésre álló csaknem 20 éves adatsor alapján egy másik módszerrel próbáljuk helyettesíteni.

Abban az esetben, amikor vízszinteket, vagy a rendelkezésre álló vízkészletek nagyságát próbáljuk előre jelezni, biztonság szempontjából akkor járunk el a leghelyesebben, ha a lehető legrosszabb esetből indulunk ki. Ezen megfontolás alapján a bükki karszt vizet termelő vízmű szempontjából a legrosszabb peremfeltétel, ami előfordulhat az, hogy hosszabb ideig egyáltalán nem hullik az adott területen csapadék. (Épp egy ehhez hasonló kellemetlen időjárási körülmény indokolta 1992-ben a Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer létrehozását is).

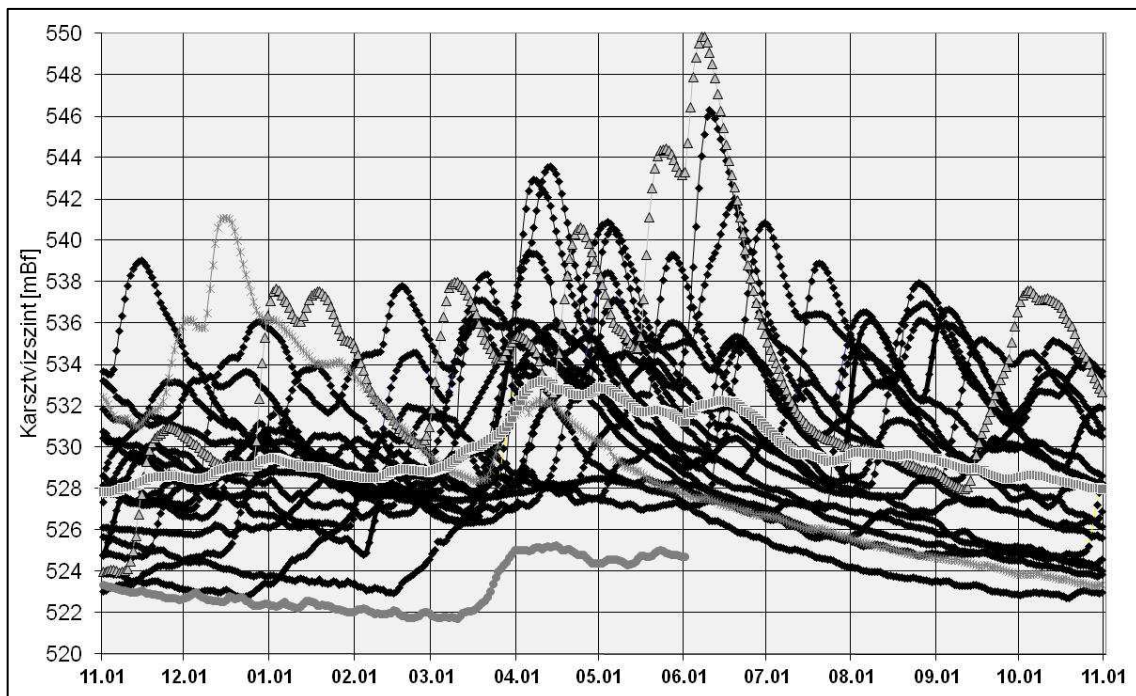
A vizsgálatok kiinduló pontját a 2. ábra jelentette, melyen az Nv-17-mérőhelyen regisztrált napi vízszintek láthatóak 1993 és 2011 között. Ezen az ábrán a jelen dolgozat szempontjából releváns megállapítás, hogy az egyes években a vízszintek „zavartalan” csökkenéseinek meredeksége egymáshoz igen hasonló. [9]

Az iménti megfigyelésből arra a következtetésre jutottunk, hogy adott mérőhelyre létezik egy csapadékmentes időszakban érvényes, jellemző csökkenési görbe. Ezután célként e görbe meghatározását tűztük ki.

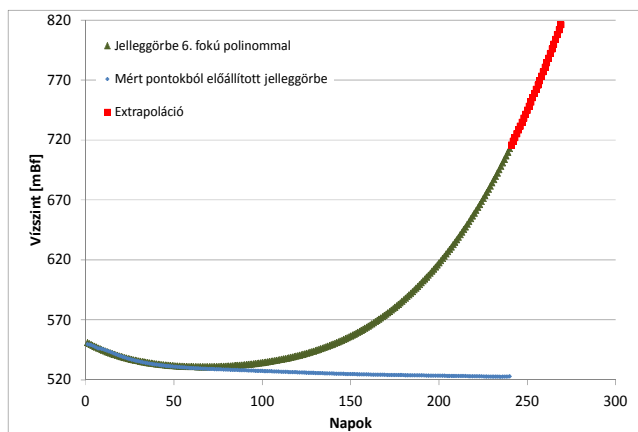
4. EREDMÉNYEK

A nagymezői mérőhelyről származó közel 20 éves adatsor alapján előállítottunk egy általunk jelleggörbének nevezett pontsorozatot, melynek lényege, hogy a rendelkezésre álló adatokból kiragadtuk azokat a részeket, ahol a vízszint görbe zavartalanul csökkent (csapadékmentes időszakból származó csökkenés), majd ezeket - vízszinteknek megfelelően - egymáshoz illesztettük. Így egy csapadéktól csaknem teljesen mentes csökkenési görbét kaptunk eredményül, mely mára már átfogja az eddig mért maximum és minimum által meghatározott teljes tartományt. Egyértelmű, hogy ennek a görbének a matematikai egyenletét nem ismerjük, mivel ez nem egy előállított pontsorozat, hanem a mért adatokból összeillesztett görbe. A 2011-2012-es év eddig nem tapasztalt szárazsága miatt azonban szükséges, hogy előrejelzéseket tudjunk tenni az eddigi mérési tartományon kívül is. Ehhez pedig szükségünk van a görbe egyenletére, hogy annak segítségével extrapolálhassuk is a már meglévő görbét.

A pontsorozatból előállított görbe egyenletét különböző típusú trendvonalakkal próbáltuk meghatározni. Kezdetben 6. fokú polinommal próbálkoztunk, amely a görbe kezdeti szakaszán igen jól illeszkedett az eredeti pontsorhoz, viszont a 6. fokú polinom jellegzetességeiből adódóan, a görbe második szakaszán, ill. az extrapoláció során irreális eredményeket kaptunk. (3. ábra)



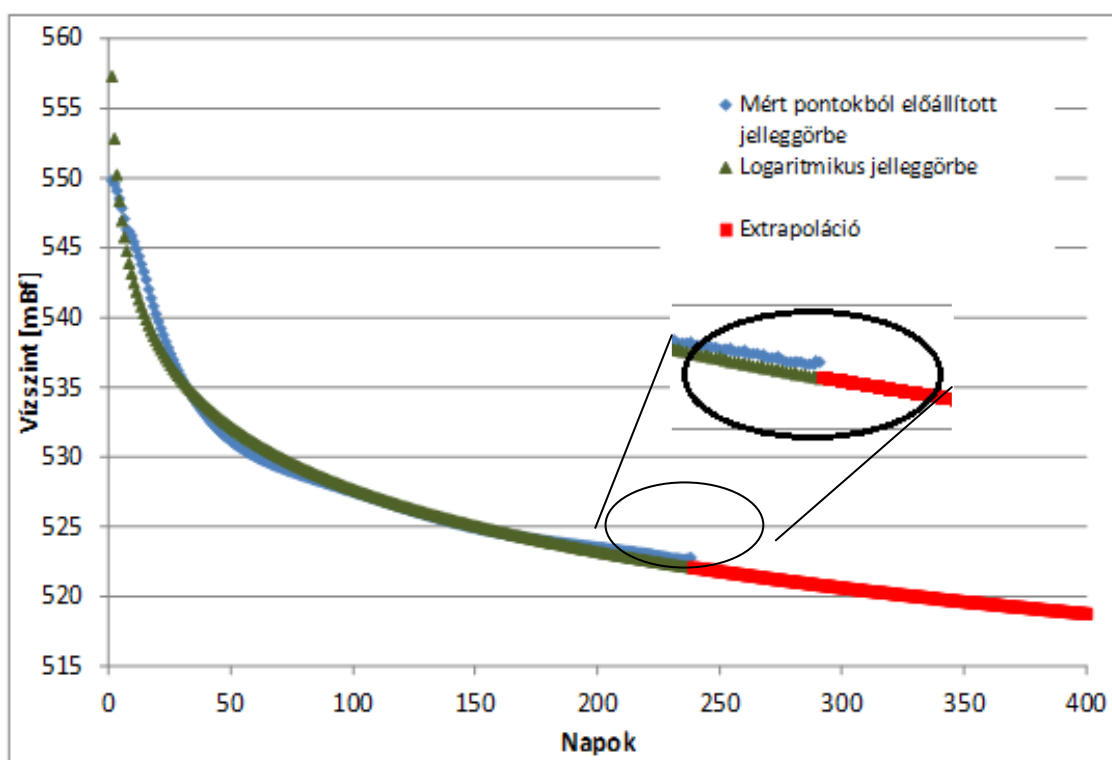
2. ábra. Azonos napra rendezett napi átlag vízszintek 1993 és 2012 között az Nv-17 mérőhely adatai alapján. Jelmagyarázat: fekete vonalak - vízszintek 1993 és 2012 között; szürke háromszög - vízszintek 2010-ben, szürke csillag - vízszint 2011-ben, sötétszürke folytonos vonal - vízszintek 2012-ben, világosszürke folytonos vonal - átlag vízszintek 1993-2012 között



3. ábra. 6. fokú polinommal előállított irreális eredményeket szolgáltató jelleggörbe

Mivel az előbbi közelítés nem hozott eredményt a következő megoldást a logaritmusos görbe jelentette (4. ábra), az ezzel kapott eredmények az eddigi adatokat tekintve biztatóak. Ezzel a megoldással a jelleggörbe pontsorozat és a logaritmusos egyenlet alapján meghatározott jelleggörbe között a korreláció 0,98, ami kiválóan minősíthető. Viszont, ahogy azt a 4. ábrán is láthatjuk épp az alacsonyabb vízszintek tartományában jelentős (akár 0,8 méteres) különbségek is adódtak, melynek következtében a jelleggörbe jelentős mértékben a mért görbe alá kerül. Emiatt úgy gondoltuk, hogy a további extrapolációval még nagyobb hibát vinnénk a számításokba, vagyis tovább kellett keresnünk a megfelelő egyenlettel leírható, legjobban illeszkedő görbét. Továbbá a 4. ábrán azt is láthatjuk, nagyon magas vízszintek esetében (~550-530 mBf) a csökkenés meredeksége is jelentős, majd megfigyelhető egy határozott töréspont ~530 mBf-i vízszint értékeknél (250 m a terepszint alatt). Emiatt, hogy a számítások még pontosabbak legyenek két részre osztottuk a görbét 530 mBf-i vízszintértéknél. Az 5. ábra már csak az alsó szakaszt mutatja.

Következő lépésként a jelleggörbe „alsó” szakaszára próbáltuk „kézi” módszerrel meghatározni a görbe egyenletét. Ennek érdekében kijelöltünk az összesen 178 pontból álló alsó jelleggörbe szakaszon 3 jellegzetes pontot, egyet az elején (10. adat: $x_1=10$, $y_1=529,80$), egyet a középső szakaszon (115. adat: $x_2=115$, $y_2=525,00$) és egyet a végén (230. adat: $x_3=230$, $y_3=522,57$).



4. ábra. Logaritmusosan előállított jelleggörbe, és a belőle levezetett extrapoláció

Erre a 3 pontra állítottunk fel egyenletrendszereket, melyek közül az alábbi általános képlettel jellemezhető görbe hozta meg az eredményt

$$y = \frac{a}{x + b} + c \quad , \quad (1)$$

ahol:

y – az adott napon mért vízszint;

x – a vizsgált nap sorszáma;

a, b, c – konstansok.

Tehát, ha az (1) általános képletbe behelyettesítjük a 3 mért pont ismert koordinátáit, kapunk 3 egyenletet a 3 db ismeretlenhez (a, b, c). Az egyenletrendszer megoldása után megkaptuk az eddigi legközelebb illeszkedő jelleggörbét ($R^2 = 0,9980$), melyet az alábbi egyenlettel számolhatunk:

$$y = \frac{2522,4168}{x+178,19507} + 516,3968 \text{ [mBf] } , \quad (2)$$

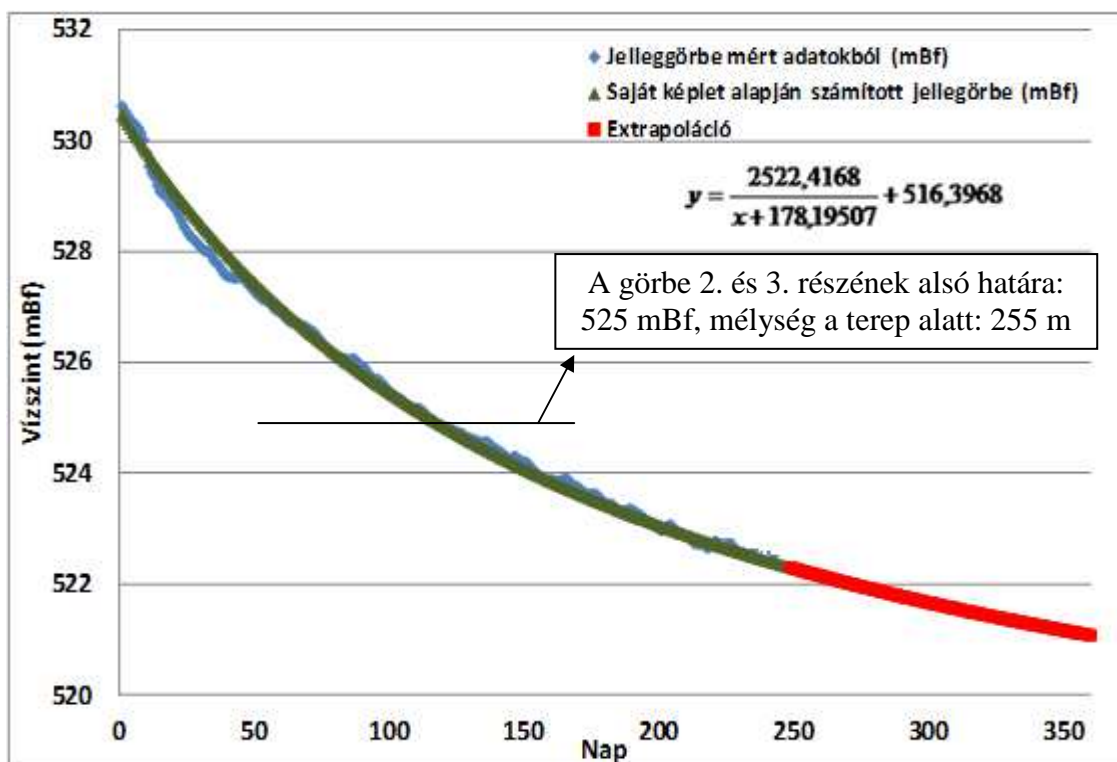
ahol:

y – az adott napon mért vízszint

x – a vizsgált nap sorszáma

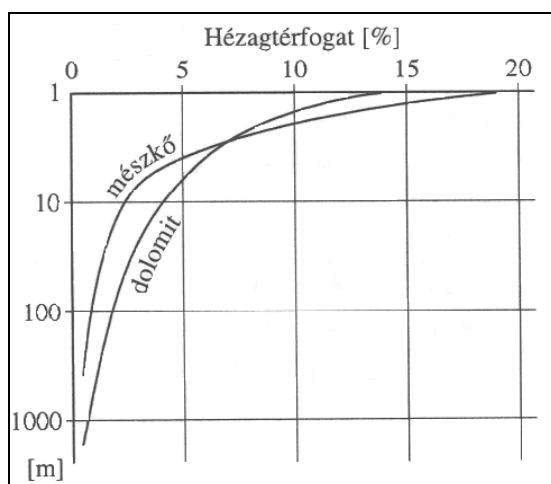
Ezen eredménygörbe segítségével már kedvező feltételek mellett extrapolálhatunk, így kapjuk az 5. ábrát.

Mindezek ismeretében már könnyen előre jelezhetjük a vízszint görbe csapadék mentes esetben várható menetét mind az eddigi mérési tartományon belül, mind azon kívül. Ehhez nem kell más tennünk, csak az extrapolálni kívánt görbe utolsó pontjában mért vízszint adatot leolvasni, majd az előállított jelleggörbén megkeresni az ehhez a ponthoz illeszhető pontot és ettől az értéktől kezdve a jelleggörbével helyettesítjük, hosszabbítjuk meg az adatsorunkat. Ezáltal megtudjuk, hogy milyen ütemben várható a vízszint csökkenése, ha a vizsgált időszakban nem hullik érdemi csapadék.



5. ábra. Saját képlet alapján számított jelleggörbe, és a belőle levezetett extrapoláció

Az extrapoláció szempontjából nem releváns ugyan, de fontos megjegyeznünk, hogy még egy enyhe meredekség csökkenés megfigyelhető ezen az alsó szakaszon is, mégpedig 525 mBf-i vízszintek esetén, ami 255 m terepszint alatti mélységnek felel meg. A vízszint előrejelzésének szempontjából viszont ezt az alsó részt, egyelőre nem indokolt tovább osztani. Megállapíthatjuk viszont, hogy 250 és 255 m terep alatti mélységben (530-525 mBf) elhelyezkedik egy átmeneti zóna, mely alatt a szabad szivárgás mértéke egyre kisebb, azt feltételezzük, hogy a hézagterfogat értéke ez alatt a zóna alatt egy minimális szintre csökken. Ezt a feltételezést erősíti meg a 6. ábra is, melyen a hasadozott kőzet hézagterfogatának mélység szerinti változása látható.



6. ábra. A hasadozott kőzet hézagterfogatának mélység szerinti változása [8]

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Az ivóvíz ellátás zavartalan biztosítása érdekében folyamatosan történt és jelenleg is történik a Bükkből kitermelhető vízkészletek mennyiségének meghatározása. Az ivóvízellátás mennyiségi biztosításának szempontjából kritikus helyzetet a csapadékmentes időszak jelent, ez indokolta, hogy a karsztvízszintek előrejelzését ilyen időszakban vizsgáltuk. A vizsgálati hely kiválasztásakor az Nagyvisnyó-17 nevű monitoring helyre esett a választásunk, mivel az eddigi előrejelzések is ez alapján a mérőhely alapján történtek, ill. ez az a megfigyelőhely, ami a Bükk-hegység karsztvízszintjét tekintve közel tetőhelyzetben van. A korábbiakban ezek az előrejelzések úgy történtek, hogy az éppen aktuális karsztvízszintekre egy jelleghelyes trendvonalat illesztettünk, és ennek a meghosszabbítása jelentette az előrejelzéseket. 2011-ben azonban a monitoring rendszer 20 éves története során soha nem mért szárazság lépett fel, így az eddig mért abszolút minimum alá csökkent a vízszint, ez indokolta, hogy az előrejelzéseket további pontosításoknak vessük alá. Ennek során a 20 éves adatsorból kiindulva előállítottunk egy viszonylag zavartalan csökkenési görbét, amit jelleggörbének nevezünk el. Ennek a mért görbének az egyenletét igyekeztünk a lehető legnagyobb pontossággal meghatározni. Többszöri kísérlet után, végül egy saját számítások alapján előállított $(1/n)$ – típusú görbe bizonyult a legmegfelelőbbnek. Ez alapján az egyenlet alapján már extrapolálni is tudjuk a jelleggörbét, amely megmutatja számunkra a karszt kiürülésének folyamatát csapadékmentes időszakokban. Ezt a görbét azonban jelentős meredekségbeli különbségek miatt 530 mBf-i vízszinteknél (250 m terep alatti mélységben) 2 részre kell osztanunk, a jelentős váltás miatt, hogy a számítások a lehető legpontosabbak legyenek. Ez a meredekségbeli különbségváltozás továbbá meghatároz egy kb. 5 méteres tartományt, amely után jelentősen lecsökken a vízszintcsökkenés sebessége. Véleményünk szerint ez a hézagterfogat mélységgel való jelentős csökkenésével magyarázható.

6. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

„A tanulmány/kutató munka a TÁMOP-4.2.1. B-10/2/KONV-2010-0001 részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg”

7. FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] LÉNÁRT L., Környezet Informatikai Tankönyv Kézirat 3.1-3 fejezet, Miskolc, 2006 (a), pp. 13-15.

- [2] **LÉNÁRT L.**, A Bükk-térség karsztvízpotenciálja – a hosszú távú hasznosíthatóságának környezetvédelmi feladatai. Észak-magyarországi Stratégiai Füzetek. III. évf. 2. sz., Miskolc, 2006 (b), pp. 17-28.
- [3] **SZŰCS P., HORNE RN.**, Applicability of the ACE Algorithm for Multiple Regression in Hydrogeology, Computational Geosciences 13., Springer, 2009., pp. 123-134.
- [4] **DARABOS E., LÉNÁRT L.**, Csapadék és karsztvíz szintek összefüggéseinek vizsgálata a 2006. évi bükki karsztárvíz elemzése során, **KARSZTFEJLŐDÉS XIII.** ISBN 963 7173 93 5 Ö, ISBN 978-963-9871-15-1, Szombathely, 2008, pp. 43-60
- [5] **LÉNÁRT L.**, A bükki karsztvízkutatás történeti áttekintése. A bükki karsztvízkutatás legújabb eredményei c. konferencia. Miskolc, 2002. január. 24-26. Karsztvízkutatás Magyarországon I., Budapest, 2002, pp. 1-18.
- [6] **LÉNÁRT L., HERNÁDI B.**, Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer, Karszthidrogeológiai mérési objektumok és víznyomjelzési eredmények, Térkép, Miskolc, 2011
- [7] **PELIKÁN P.**, A Bükk hegység földtana, benne: **KOVÁCS S.**: A Bükk fejlődéstörténete, MÁFI, Budapest, 2005, pp. 148-152.
- [8] **JUHÁSZ J.**, Hidrogeológia, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1987, pp. 58-60, 606-607.
- [9] **E. DARABOS**, Examining relationships is data recorded with the Bükk Karst Water Monitoring System, Karst Development Volume 1., Issue 1, Szombathely, 2011, pp. 6-12,