

Csapadék és talajvíz kapcsolatának spektrális vizsgálata

Bevezetés

Mind az észlelhető időjárási szélsőségek, mind a megnövekedett mezőgazdasági vízigények kielégítése hatással van a felszín alatti vizek rendszerére több-kevesebb mértékben. A klímaváltozás miatt és az ahhoz kapcsolódó alkalmazkodáshoz fontos, hogy megfelelő számú és minőségű mért adatokból komplex számítással megbízható eredmények alapján lehessen döntéseket hozni [1] [2].

Kutatásunkban arra kerestük a választ, hogy a lehullott csapadék mennyisége milyen számszerűsíthető kapcsolatban áll a felszín alatti vizekkel. Célunk volt a nagy ívű kapcsolat kimutatása, így havi adatok felhasználásával készítettük el a számításainkat.

Módszerek és adatok

A kapcsolat megértéséhez a keresztkorreláció és a keresztspektrális elemzés módszertanát választottuk. A számolásunkhoz a Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer, az OMSZ csapadékmérő hálózatának, valamint a különböző vízügyi igazgatóságoktól korábban megvásárolt sekély talajvíz-monitoring kutak adatait használtuk fel.

Keresztkorrelációs elemzés:

$$r_{+k} = r_{xy}(k) = \frac{C_{xy}(k)}{\sqrt{C_x^2(0)C_y^2(0)}}$$
$$r_{-k} = r_{yx}(k) = \frac{C_{yx}(k)}{\sqrt{C_x^2(0)C_y^2(0)}}$$

ahol:

$$C_{xy}(k) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} (x_t - \bar{x})(y_{t+k} - \bar{y})$$
$$C_{yx}(k) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^{n-k} (y_t - \bar{y})(x_{t+k} - \bar{x})$$
$$C_x(0) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2$$
$$C_y(0) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (y_t - \bar{y})^2$$

ahol $\bar{x}$ és $\bar{y}$ a két idősor átlagos értéke.

A bemutatott módszert korábban sikeresen alkalmazták karsztvízszintek, valamint azok csapadékkal való nagy felbontású kapcsolatának elemzéséhez [3] [4].

Két idősor összehasonlításánál, a korrelációs számításnál feltételezzük, hogy az x_i idősor hatásal van az y_i idősorra, ahol $i = 1, \dots, n$, a mért adatok sorozata.

Keresztspektrális elemzés:

A keresztkorrelációs függvény aszimmetriája miatt elengedhetetlen a spektrális sűrűségfüggvény értelmezése a komplex számok halmazán:

$$\Gamma_{xy}(f) = |\alpha_{xy}(f)| \exp[-i\phi_{xy}(f)]$$

ahol $i = \sqrt{-1}$, az $\alpha_{xy}(f)$, $\phi_{xy}(f)$ a kereszttamplitúdó és a fázisfüggvények értékei, részletesen:

$$\alpha_{xy}(f) = \sqrt{\Psi_{xy}^2(f) + \Lambda_{xy}^2(f)}$$

$$\phi_{xy}(f) = \arctan \frac{\Lambda_{xy}(f)}{\Psi_{xy}(f)}$$

ahol a keresztspektrum, és a négyzetes spektrum, a következő:

$$\Psi_{xy}(f) = 2 \left\{ r_{xy}(0) + \sum_{k=1}^m [r_{xy}(k) + r_{yx}(k)] D_k \cos(2\pi f k) \right\}$$

$$\Lambda_{xy}(f) = 2 \left\{ \sum_{k=1}^m [r_{xy}(k) - r_{yx}(k)] D_k \sin(2\pi f k) \right\}$$

ahol D_k egy súlyozási függvény, amely a $\Psi_{xy}(f)$ és a $\Lambda_{xy}(f)$ együtthatóban jelentkező torzítás kiküszöbölését szolgálja.

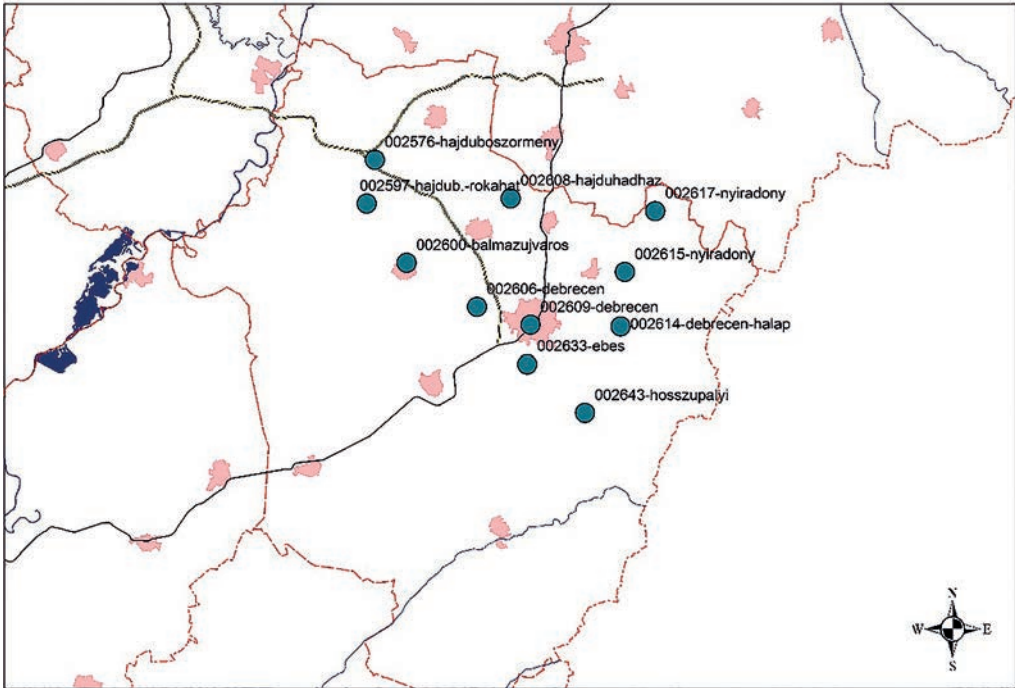
Eredmények

Debrecen és térsége

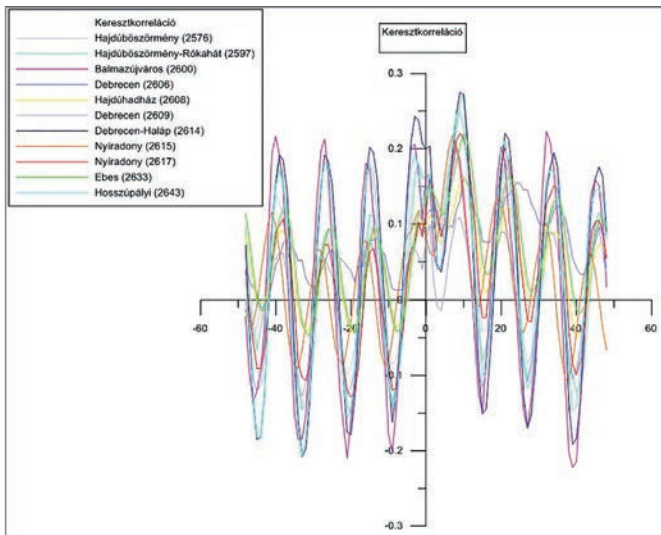
A csapadék, valamint a sekély talajvízes rendszerek kapcsolatának vizsgálatához Debrecen térségében jelöltünk ki mintaterületet. A vizsgált kutak helyét az 1. ábra mutatja.

A vizsgálathoz első lépésben a keresztkorrelációs számításokat végeztük el. A 2. ábrán látható értékeknek az x tengely irányába tolódó aszimmetriája azt mutatja, hogy az input paraméter (csapadék) milyen mértékben befolyásolja az output paramétert (talajvízszint). Az ábrán leolvashatóak a keresztkorrelációs értékek maximumainak az origótól való távolságai, amelyek a késleltetési időkkel azonosak.

Az ábrán látható igen nagymértékű együttmozgás a vizsgálat felbontásának is betudható. Mivel havi értékeket használtunk, így a napi, esetleg heti ingadozásokat nem, csak a nagy volumenű hónapon túli változásokat vizsgáltuk.



1. ábra: A vizsgált sekély talajvízes kutak térképi ábrázolása (a szerzők)

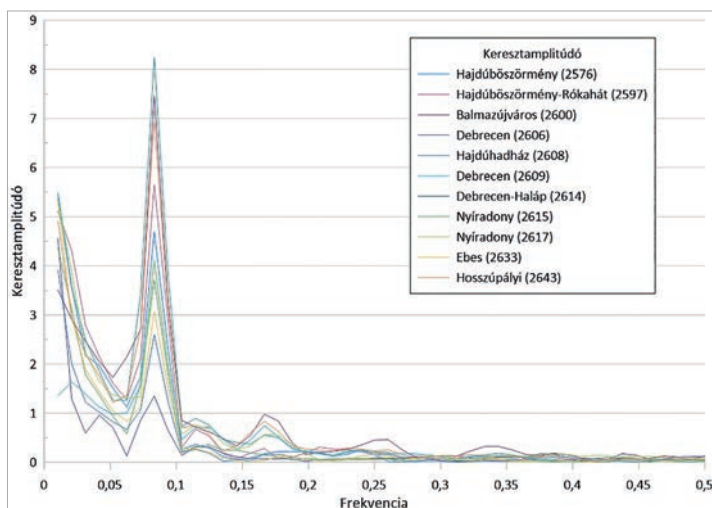


2. ábra: A keresztkorreláció értékei a vizsgált kutak esetében (a szerzők)

Az ábráról látható, hogy a késleltetés ideje 7-10 hónap körül alakul, amit legnagyobb mértékben a kút tengerszint feletti magassága befolyásol. Az is észrevehető, hogy már a keresztkorrelációs számításokban látható a kutak időbeli dinamikájában erős éves periódus.

A vizsgált kutak két különböző területhez, a Hajdúság, valamint a Nyírség területéhez tartoznak, amit könnyen el lehet különíteni a különböző geológiai felépítés miatt, azonban ez nem befolyásolta az eredményeket.

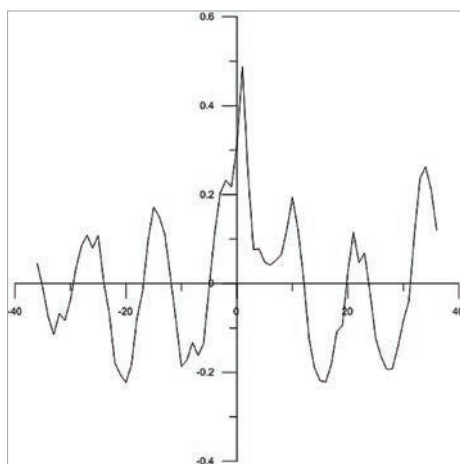
A keresztamplitúdó-vizsgálatok elvégzése után periódusidőket lehet megállapítani a különböző mérőhelyekre (3. ábra).



3. ábra: Az egyes mérőhelyek vízszint-csapadék keresztamplitúdó-függvényei (a szerzők)

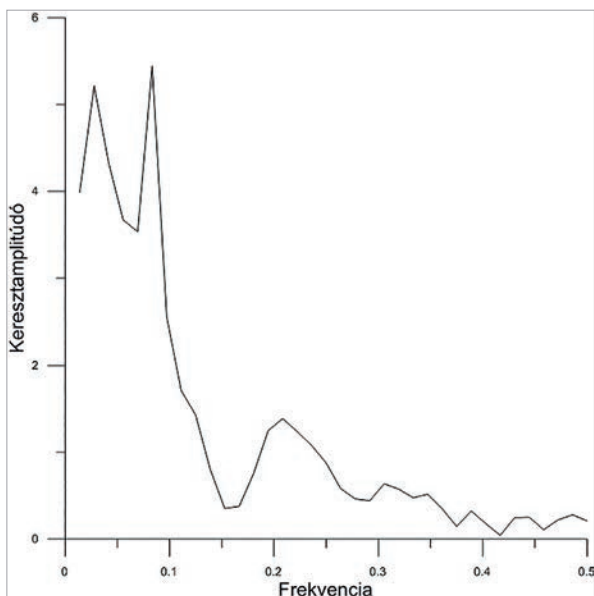
Az adatok vizsgálatakor több ciklust is kimutattunk. Az egyéves, 8-9, valamint 5-6 hónapos ciklusokat mindegyik mérőhelyen, míg a 3-4 hónaposakat csak a mérőpontok felében mutattunk ki. A két debreceni állomáson egy 24, valamint 48 hónapos periódust is kiszámítottunk.

Összehasonlításként megvizsgáltunk egy karsztos területet is. A Bükk Karsztvízszint Észlelő Rendszer adatai közül az NV-17 megfigyelőkút idősorát a jávorkúti csapadékkal összehasonlítva egy sokkal gyorsabb kapcsolatot mutathattunk ki.



4. ábra: A keresztkorreláció értékei a vizsgált karsztos kút esetében (a szerzők)

A 4. ábrán látható, hogy a karsztos területen egy gyors, 1 hónapos késleltetés mutatható ki az adatokból.



5. ábra: A vízszint-csapadék keresztamplitúdó függvénye a Bükk esetében (a szerzők)

A periódusvizsgálat eredményei alapján az 1 éves ciklus mellett kimutatható még a 36, 4,8, 3,2, valamint a 2,5 hónapos.

Összefoglalás

Összességében elmondható, hogy a lehulló csapadék mennyisége egyértelmű kapcsolatban van a talajvízzel, valamint a karsztvíz szintjével, azonban a kapcsolat számszerűsítése, a késleltetett hatás kimutatása mindenképp új eredmény.

Fontos megjegyezni, hogy mivel a vizsgálat havi adatokra terjedt ki, ezért a gyorsabb hatást nem tudtuk kimutatni, a nagyobb, hosszabb időn átívelő kapcsolat kimutatása sikerült.

Az eredmények értelmezése során választ keresünk arra, hogy ez a 8 hónapos késleltetés milyen paraméterekkel magyarázható a talajvízes kutak esetében, valamint nagyobb felbontású, sűrűbb mintavételű idősorok vizsgálatára is sor kerül majd.

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunka a Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Karának GINOP-2.3.2-15-2016-00031 jelű „Innovatív megoldások a felszín alatti vízkészletek fenntartható hasznosítása érdekében” című projektjének részeként – a Széchenyi 2020 program keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Strukturális és Beruházási Alapok társfinanszírozásával valósul meg.

Felhasznált irodalom

1. Ilyés C, Turai E, Szűcs P, Zsuga J. Examination of the cyclic properties of 110-year-long precipitation time series. *Acta Montanistica Slovaca*. 2017;22(1):1–11.
2. Ilyés C, Turai E, Szűcs P. Examination of rainfall data for 110 years using spectral and wavelet analysis. *Central European Geology*. 2018;61(1):1–15.
3. Padilla A, Pulido-Bosch A. Study of Hydrographs of Karstic Aquifers by Means of Correlation and Cross-Spectral Analysis. *Journal of Hydrology*. 1995; 168(1–4):73–89.
4. Darabos E. Vízkészlet számítás és idősorok elemzése karsztosodottsági jellemzők meghatározása céljából a Bükki Karsztvízszint Észlelő Rendszer adatai alapján. Doktori (PhD-) értekezés. Miskolc: Miskolci Egyetem; 2017. 113 p.