

A DUNA–TISZA KÖZE CSAPADÉK- ÉS TALAJVÍZSZINT-ADATAINAK VIZSGÁLATA KLASZTERANALÍZISSEL

Szalai József – Kovács József – Kovácsné Székely Ilona*

1. BEVEZETÉS

A Duna–Tisza köze, ezen belül a Hátság területének talajvízjárásában az 1970-es évek eleje és az 1990-es évek közepe közötti időszakban jelentős változás következett be. A Hátság területén átlagosan 250–300 cm, az észak- és délnyugati térszíneken azonban helyenként 600–800 cm közötti talajvízszint-csökkenés alakult ki.

A talajvízszint-süllyedés több kiváltó ok együttes hatásával, magyarázható, melyek között természeti, társadalmi és gazdasági tényezők egyaránt szerepet játszhatnak. A talajvízszint csökkenését eredményező tényezők, háttértényezők feltárásával számos kutatóműhelyben foglalkoztak. A háttértényezők mibenlétét és nagyságrendjét tekintve a következő felosztás körül alakult ki a legnagyobb egyetértés az 1990-es évek elején: meteorológiai tényezők: 50%, rétegvíz kitermelés: 25%, talajvíz kitermelés: 6%, földhasználatban bekövetkezett változás (pl. erdőterületek növekedése): 10%, vízrendezés: 7%, egyéb (pl. szénhidrogén kitermelés) 2% (Major, 1994., Pálfi, 1994.).

Az alábbiakban a Duna–Tisza köze, mint közismerten különleges vízgazdálkodási helyzetű régió csapadékmérő állomásai, valamint talajvízszint-észlelő kútjai adatszűrési eljárás után alkalmasnak bizonyult idősorainak a klaszteranalízis nyújtotta lehetőségek felhasználásával elvégzett vizsgálatok eredményét mutatjuk be.

2. Adatelőkészítés

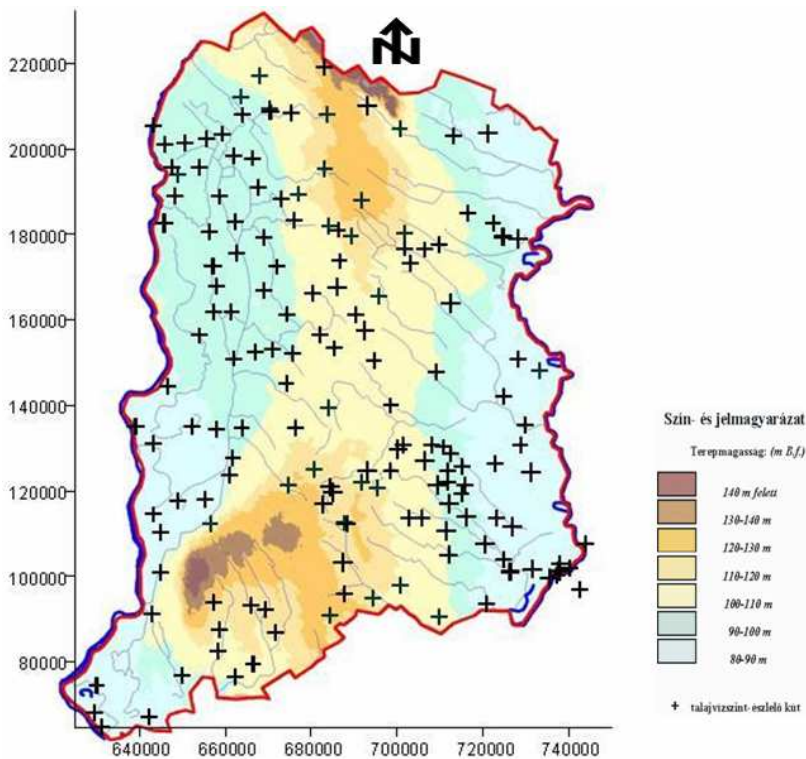
2.1. A csapadékmérő állomások adatai

A Duna–Tisza köze területéről 31 csapadékmérő állomás havi csapadékösszegei álltak rendelkezésre az 1970–2004. közötti időszakból. Ezek az adatsorok grafikus áttekintést követően további ellenőrzést, javítást nem igényeltek.

2.2. A talajvízszint-észlelő kutak adatai

A Duna–Tisza köze talajvízjárásának elemzéséhez a talajvízszint-észlelő hálózat több mint négyszáz kútjának időben változatos hosszúságú és minőségű mérési adatsorra állt rendelkezésre. Az észlelőkutak kisebb részét az 1930-as években, többségüket azonban az 1950-es, 1960-as, sőt az 1970-es években létesítették. Ez utóbbiak közül több a Duna–Tisza köze délnyugati részén, az Észak-bácskai lösztábla területén helyezkednek el. Az észlelőkutak területi elhelyezkedése egyenetlen, egyes körzetekben, mint pl. a Fehér-tó–Majsai belvízöblözetben, a korábbi kísérleti területen meglehetősen sűrű, ugyanakkor az Észak-bácskai lösztábla területén már lényegesen ritkább. A rendelkezésre álló adatsorok eltérő időbeli hosszúsága és megbízhatósága következtében a további vizsgálatokba bevonható észlelőkutak száma és területi elhelyezkedése ezt a területi különbséget hangsúlyozottabbá teszi (1. ábra). Emiatt úgy tűnhet, hogy egyes körzetek kimaradtak a feldolgozásokból és értékelésekből.

* Szalai József, térképész-hidrológus, Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Kutató Intézet (VITUKI) Dr. Kovács József, adjunktus, ELTE TTK, Földrajz- és Földtudományi Intézet Dr. Kovácsné Székely Ilona, matematikus, Budapesti Gazdasági Főiskola, KVIK, Módszertani Intézet



1. ábra. A Duna–Tisza köze területének domborzata és a vizsgálatokhoz felhasznált talajvízszint-megfigyelő kutak (+) elhelyezkedése

Az adatállomány olyan kutak mérési adatait is tartalmazta, amelyekben az észlelést időközben (különböző okok miatt) nem folytatták. Például ezek egyikénél az ok az észlelőkút kiszáradása, azaz a talajvíz szintje a szűrőzött szakasz alsó síkja alá süllyedt, így a kút a további rendszeres mérések végzésére alkalmatlanná vált. A korábbi állomás közelében mélyített új, mélyebb észlelőkút mérési adataival a korábbi adatsorok kiegészíthetők. Előfordult azonban, hogy több kút utódállomás nélkül szűnt meg (VITUKI 2006, Szalai J.–Nagy Gy. 2006).

A vizsgálatok szempontjából kedvezőtlen, hogy számos kút adatsorát kisebb-nagyobb hosszúságú adathiányok szakítják meg. Rövid idejű pár napos, esetleg adathiány nem akadályozta meg az éves átlagok számítását, azonban gyakran több hónapos, sőt éves hosszúságú adathiányok is előfordultak. Ezeket az adatsorokat nélkülözni kellett a további vizsgálatok során.

Az adatellenőrzésben számítástechnikai megoldások mellett jelentős szerepet kapott a menetgörbék vizuális megjelenítése is. Ez az adatleválogatás, adatszűrés mellett a hidrográfok (menetgörbék) elkészítését jelentette. Az észlelőkutak adatsorából ki kellett szűrni az egyértelműen hibás vagy hiányos adatokat (nyilvánvaló elírások, számjegyek elcsúsztatása a számítógépes adatbevitel során stb.), pontosítani kellett a törzsadat-változásokból (jellemzően peremváltozások, illetve esetenként az adriai és a balti alapszint közötti hibás átszámítás) okozta ugrásokat is.

Az utóbbi években, évtizedben létesített állomások esetében vizsgálni kellett, hogy az a korábban megszűnt észlelőkút utódállomásának tekinthető-e. Amennyiben

az utódállomás adatai, földtani környezete, menetgörbéje összeegyeztethetőnek bizonyult az előd hidrográfiájával, úgy a továbbiakban az előd- és utódállomás adatait egymáshoz illesztve, idősoruk az utódállomás törzsszámával jelölve került felhasználásra. Ugyancsak ki kellett zárni a bizonyíthatóan mesterséges hatások (pl. öntözés, víztározó hatása) által befolyásolt kutakat is.

A rövidebb, néhány nap, esetleg egy hét hosszúságú adathiányok az éves átlagok előállításánál során nem jelentettek kizáró okot, az adatpótlás interpolálással megoldható volt. A több éves adathiányok esetében pótlásra nem került sor, ezért ezeket az adatsorokat a további vizsgálatokban nem kerültek felhasználásra.

A klaszteranalízis adatigényének kielégítése szempontjából az 1970–2004. évek közötti intervallum választása bizonyult a legcélszerűbbnek. A kiválasztott állomások között néhány adatsorából csak egy, legfeljebb két év átlagértéke hiányzott. Ezek pótlására lineáris regresszió alkalmazásával került sor. A feltételeknek megfelelő adatsorral rendelkező 185 észlelőhelyét a Duna–Tisza köze domborzat-modelljére illesztve az 1. ábra szemlélteti.

3. A Klaszteranalízis eredményei

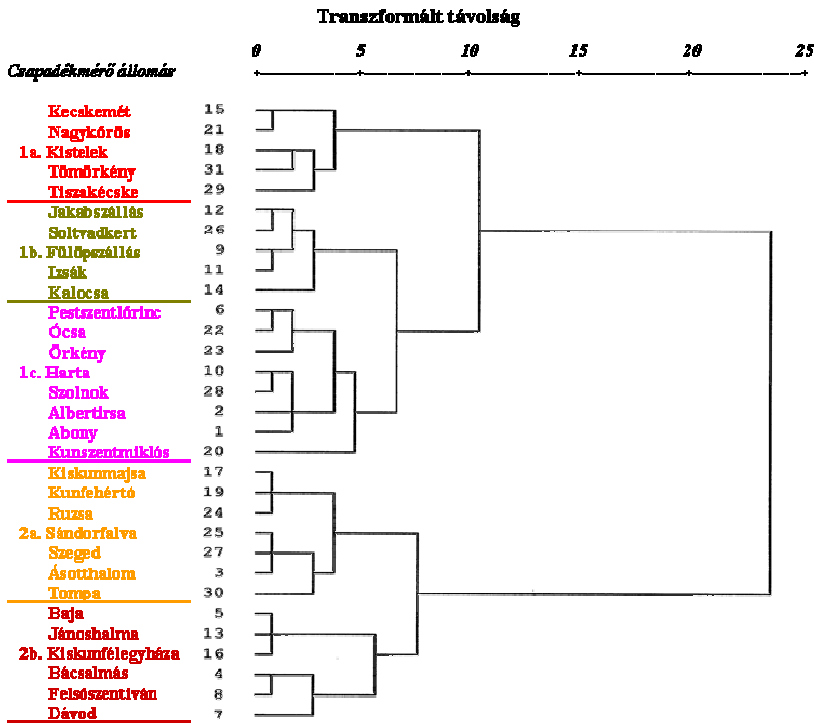
3.1. A csapadékmérő állomások adatainak klaszteranalízise

Az adatelemzés feltételeinek megfelelő adatsorokra a klaszteranalízis eredményeképp az 1970–2004. közötti időszakra a 2. ábrán látható dendrogramot kaptuk. A dendrogram alapján a csapadékmérő állomások csoportjait a 10–12 közötti transzformált távolság-érték alapján határoztuk meg, így a Magyarország éghajlati körzetei szakirodalomból megismert területi felosztáshoz hasonló eloszlást kaptunk. (Bartholy J.–Weidinger T. 1997, Péczely Gy. 1998). A közepes hőingás, évi csapadék, évi napsütéses órák száma, uralkodó szélirány alapján Magyarország területét három éghajlati körzetre osztották. Az I. az Alföld, további három alkörzetre bontható, amiből kettő a vizsgálati területünk része. Ezek a Duna–Tisza köze északi háromnegyede az I.a, a déli–délkeleti negyede pedig az I.c. alkörzetbe tartozik. E két alkörzet határa a Nemesnádudvar–Kiskunhalas–Csongrád településeket összekötő vonal mentén jelölhető ki. A csapadékadatok vizsgálata alapján a teljes megfelelőség nem tekinthető bizonyítottnak, az azonban igen, hogy a területi felbontás klaszteranalízissel finomítható.

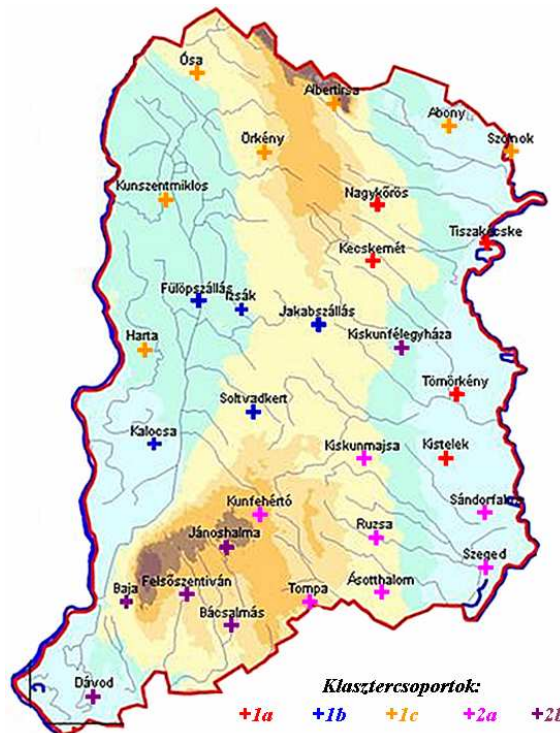
A transzformált távolság csökkentésével, 6-os távolság-értéknél az első klaszter három, a második csoport pedig további két alcsoportra bontható. Eredményként összesen 5 csoport vált elkülöníthetővé: 1/a, 1/b, 1/c, 2/a, 2/b. Ezek területi eloszlását a 2. ábra szemlélteti.

Az egyes alcsoportok területi elhelyezkedését tekintve megállapítható, hogy az 1/a csoport mérőállomásai (Kecskemét, Nagykőrös, Kistelek, Tömörkény, Tiszakécske) a Duna–Tisza köze keleti felének közepén, a Pilis–Alpári-homokhát, illetve a Kiskunsági-löszöshát keleti lejtőin és a Tisza völgyésíkján található. Az 1/b csoport (Jakabszállás, Soltvadkert, Fülöpszállás, Izsák, Kalocsa) a Duna–Tisza köze középső térszíneinek Duna-felöli oldalán helyezkednek el, úgy, hogy Soltvadkert és Jakabszállás állomások a Hátság, alacsonyabb nyeregrészén vannak. Az 1/c csoport (Pestszentlőrinc, Ócsa, Örkény, Harta, Szolnok, Albertirsa, Abony, Kunszentmiklós) pedig a Duna–Tisza köze északnyugati, északi és északkeleti peremterületét fedik le.

A második csoportból a 2/a alcsoport (Kiskunmajsa, Kunfehértó, Ruzsa, Sándorfalva, Szeged, Ásotthalom, Tompa) mérőállomásai a hátság délkeleti részén különültek el. A



2. ábra. A csapadékmérő állomások dendrogramja



3. ábra. A csapadékmérő állomások klasztercsoportjainak területi eloszlása

2/b alcsoport (Baja, Jánoshalma, Bácsalmás, Felsőszentiván, Dávod), illetve az Észak-bácskai lösztábla területén található. Kiskunfélegyháza állomás szintén ebbe a csoportba tartozik, azonban a csoport többségét alkotó állomásoktól való jelentős földrajzi távolsága és az eltérő tengerszint feletti magasság miatt feltételezhető, hogy a besorolást jelenleg nem ismert háttértényező befolyásolta.

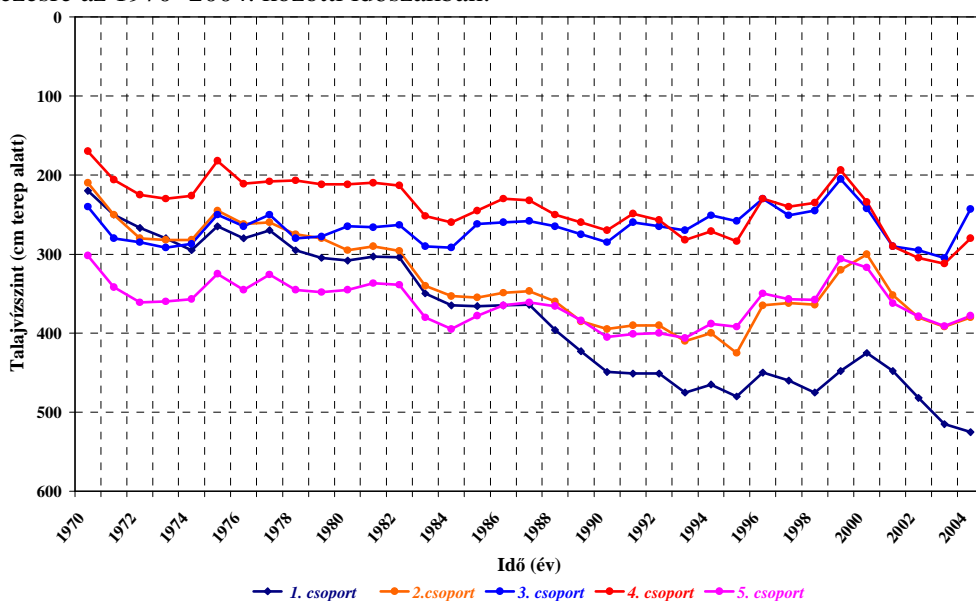
Az egyes klasztercsoportok közötti kapcsolat erőssége az egymás közötti korrelációs együtthatóival jellemezhető, melyeket az 1. táblázat tartalmazza. A várakozásoknak megfelelően alapvető eltérést nem mutatnak az együtthatók, azt azonban igen, hogy az öt csoport közül az 1/c különbözik a többitől legnagyobb mértékben.

1. táblázat. A csapadékmérő állomások klasztereinek egymással való korrelációja

Klasztercsoportok	1a csoport	1b csoport	1c csoport	2a csoport	2b csoport
1a csoport	1				
1b csoport	0,914321	1			
1c csoport	0,898379	0,932412	1		
2a csoport	0,901766	0,884073	0,801395	1	
2b csoport	0,898002	0,917441	0,830898	0,931581	1

3.2. A talajvízszint-észlelő kutak adatainak klaszteranalízise

Az adatelőkészítés után összesen 185 észlelőkút bizonyult alkalmasnak a feladat elvégzésére. A kiválasztott észlelőkutak esetében 35 év hosszúságú idősor állt rendelkezésre az 1970–2004. közötti időszakban.

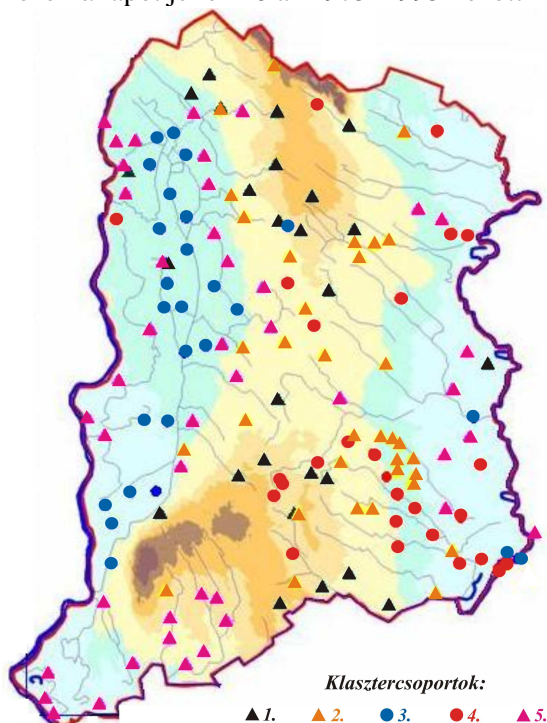


4. ábra. Az egyes csoportokba tartozó észlelőkutak évenkénti csoportátlagai az 1970–2004. közötti időszakban

A klaszteranalízis elvégzése után az észlelőkutak különböző transzformált távolságok mellett, különböző számú csoportokra voltak feloszthatók. A vizsgálat céljának megfelelően – az egymástól jól elkülöníthető csoportokra jellemző hidrográfok meghatározása – a 6 körüli transzformált távolság alkalmazása látszott célravezetőnek. Összesen öt csoport vált elkülöníthetővé, melyek a további vizsgálatok során is elegendő-

nek bizonyultak. Az egyes csoportok időbeli jellegzetességeinek bemutatására a csoportátlagok alkalmasak. Ezeket a 4. ábra szemlélteti.

A csoport-átlagokat mutató görbéken azt látható, hogy a hetvenes évek első felében lényegében a klasztercsoportot alkotó észlelőkutak mindegyikében átlagosan 70 cm körüli vízszint-süllyedés alakult ki, ami 1975-re ugrásszerűen visszaállt az évtized elején megfigyeltékhez közeli szintértékre. Feltűnő, hogy az 1970–1974 közötti csökkenés és az 1975-re bekövetkező ugrásszerű emelkedés mindegyik csoportátlag esetében közel azonos. Ezt követően 1995-ig a klasztercsoportok átlagai különböző intenzitású csökkenést mutatnak. A csökkenés az első csoport esetében ~250 cm, míg a második ~150 cm-t, a negyedik 100 cm-t, az ötödik pedig ~80 cm. A harmadik csoport átlaga (a többitől eltérően) nem mutat számottevő változást, lényegében stagnálásközeli állapot jellemző az 1975–1995 közötti időszakban.



5. ábra. Az egyes klasztercsoportokba tartozó észlelőkutak területi elhelyezkedése

Az egyes klasztercsoportokat elemezve megállapíthatjuk, hogy a legnagyobb, 250–300 cm közötti talajvízszint-változás az első klasztercsoport észlelőkútjai környezetében következett be. Az észlelőkutak területi elhelyezkedéséből (5. ábra) arra következtethetünk, hogy a változások több tényező együttesen okozta, melyek közül a legismertebbek a tartós csapadékhiány, a felszín alatti készlet kitermelése, az erdősítés és a mélyedésekben, egykori tómedrekben, semlyékekben összegyülekező vizek többnyire szabályozatlan elvezetése. Az elmúlt évtizedekben tapasztalt aszályos időszakokban a vízhiány mérséklésére a természetes terepalakulatokban (egykori tómedrekben, semlyékekben, azaz „tározókban”) történő vízvisszatartással, illetve a vízkészletek pótlására is vannak példák. Közülük a Szelidi-tó vízpótlására tározott készlet, vagy a Kiskunsági Nemzeti Park által a *turjánvidéken*,

a Peszéradacsi rétek területén, a védendő természeti értékek fennmaradása érdekében történő vízvisszatartás emelhető ki. A második, negyedik és ötödik klasztercsoport észlelőkútjai környezetében a talajvízszint süllyedése kisebb. A második csoportban ~150 cm, a negyedikben 100 cm, az ötödikben pedig 80 cm csökkenés mutatkozott. A harmadik csoportban mindössze ~50 cm változás jelentkezett.

A Duna–Tisza köze talajvízjárásának változásai nem egyenletesen, s főleg nem mindig egy irányba mutatóan zajlottak. Az 1985–1987 közötti időszakban az első két csoport vízszintje stagnált, míg a másik három esetében kisebb (~40 cm) emelkedés mutatkozott. Az 1987–1995. közötti időszakban eltérő mértékű talajvízszint csökkenés figyelhető meg az egyes klasztercsoportokban. 1995–2000. között az első klasztercsoport megfigyelő kútjainak vízszintje ~70 cm-t, a másodiké 120 cm-t, a harmadiké közel 60 cm-t, a negyedik és

ötödik klasztercsoport esetében hasonló mértékű, 100 cm-t megközelítő emelkedés látható. A 2000. év szélsőséges időjárási eseményei, a téli-koratavaszi belvízi elöntések, majd a rendkívül száraz nyári hónapokat követően mindegyik klasztercsoport esetében – ezúttal a harmadik klasztercsoportot is beleértve – egyetlen év alatt számottevő – átlagosan 100–130 cm vízszintsüllyedés következett be a Duna–Tisza köze területén.

A harmadik klasztercsoport elemzésére külön ki kell térni a klasztercsoport elemeinek (észlelőkútjainak) elhelyezkedése miatt, ami minden bizonnyal meghatározza az észlelt vízszint-adatok változékonyságának – pontosabban a változékonyság hiányának – sajátosságait. A harmadik klasztercsoport megfigyelő kútjai ugyanis a Duna negyedkori árterületén helyezkednek el, amit részben a Hátság területén beszivárgó vizek feláramlási területeként, a Kárpát-medence regionális áramlási rendszerébe illesztve pedig a mélységi vizek feláramlási zónái egyikének ismerünk (Erdélyi M. 1975, Tóth J.–Almási I. 2001, Mádlné Sz. J.–Simon Sz.–Pogácsás Gy. 2005).

A klasztercsoportokon belüli szórást vizsgálva megállapítható, hogy az első klasztercsoportban a legnagyobb, a másodikban és negyedikben is jelentős, a harmadikban és az ötödikben a legkisebb.

A klasztercsoportok korrekt összehasonlíthatósága érdekében az azonos csoportba tartozó észlelőkutak átlagos talajvízszintje (csoportátlag) felhasználásával korrelációszámításra került sor. Ezzel az eljárással két valószínűségi változó közötti lineáris összefüggés számszerű értéke határozható meg (2. táblázat). Miután mindegyik valószínűségi változó (klasztercsoport) mindegyik valószínűségi változóval (klasztercsoporttal) számított korrelációját tartalmazza a táblázat, korrelációs mátrixot kaptunk eredményül.

2. táblázat. A talajvíz-kutak klasztereinek egymással való korrelációja

Klasztercsoportok	1. csoport	2. csoport	3. csoport	4. csoport.	5. csoport.
1. csoport.	1				
2. csoport	0,907	1			
3. csoport	0,001	0,172	1		
4. csoport	0,777	0,844	0,568	1	
5. csoport	0,585	0,823	0,586	0,827	1

A korrelációs együtthatók felhívják a figyelmet arra, hogy a harmadik csoport különül el leginkább a többtől, ami egyébként a diagramokon is tükröződött. Az 1-2, 2-4, 2-5, és 4-5-ös csoportok között páronként jelentős lineáris függést láthatunk.

Az egyes klasztercsoportokba tartozó észlelőkutak területi elhelyezkedése (5. ábra) azt mutatja, hogy az 1. klasztercsoport kútjai jellemzően a Duna–Tisza köze 110 m. B. f. magasság feletti területén, a Hátság legmagasabb térszínein helyezkednek el. Az észlelőhálózat eloszlásának területi egyenetlensége és a vizsgálatok igényelte adatszűrés után kizárt állomások miatt helyenként sűrűbben, máshol ritkábban fordulnak elő. (A Hátság délnyugati részén, az Észak-bácskai lösztábla területén az észlelőkutak kiszáradása miatt megszakadtak a folyamatos mérések, adathiányok jelentkeztek, illetve több észlelőkutat az 1970-es években létesítettek, emiatt ezek a 35 éves folyamatos adatsor meglétére vonatkozó feltételt az adatszűrés idején nem elégíthették ki.)

A 2. és a 4. klasztercsoportba tartozó észlelőkutak többnyire csatornák közelében és a Fehértó–Majszai-belvízöblözet területén helyezkednek el. Az is szembeütő, hogy a 2. klasztercsoport állomásainak jelentős része az Ős-Duna pleisztocén-kori medrét jelöli ki. (Neppel F. et al 1999). A 3. klasztercsoport megfigyelési pontjai főleg a Duna–Tisza köze nyugati részén, a Duna negyedkori árterületén fordulnak elő. (Közülük egy a Hátságon, további néhány pedig a Tisza völgsíkján látható. Az előbbi a Hátságra minden bizonnyal környezetének hidrogeológiai, illetve beszivárgási viszonyai sajátosságai miatt került.)

Az 5. klasztercsoport kútjai elsősorban a hátság peremvidékén elszórtan helyezkednek el. Többségük a Duna negyedkori árterülete és a Hátság határterületén, az ún. kiáramlási területeken, egyes észlelőkutak pedig a Tisza-völgyésíkján helyezkednek el, bár a hátság elvégződése itt nem olyan markáns, mint a nyugati peremvidék déli részén. A csoportba tartozó néhány észlelőkút a Dunához közel, a partmenti térszíneken helyezkedik el. Ezek vízjárását a Duna mindenkori vízállása befolyásolja.

4. Összefoglalás

A Duna–Tisza köze, ezen belül a Homokhátság – mint feszített vízgazdálkodású térség – felszín alatti vízkészletének és a vizek állapotának megfigyelése és értékelése szempontjából az itt tapasztalt talajvízszint-süllyedések, valamint a várható éghajlatváltozás következményei miatt kiemelt figyelmet érdemel.

A Duna–Tisza köze területén mind a csapadék, mind pedig a talajvízszint-idősorok vizsgálata rámutatott az észlelőhálózatok területi sűrűségének, felszereltségének, a megfelelő gyakoriságú és megbízható mérések (mintavételezések), valamint az adatok feldolgozásának fontosságára.

Az 1970–2004. közötti időszak csapadékadatainak klaszteranalízise eredményeként kapott klasztercsoportok rámutattak a Duna–Tisza köze egyes részterületeinek különbözőségére, valamint arra, hogy a korábban kijelölt éghajlati körzetek területi felosztása tovább finomítható.

A talajvízszint-adatok klaszteranalízise eredményeként elkülönített csoportok térbeli elhelyezkedése alapján következtethetünk az egyes csoportok esetében feltételezhető, a talajvízjárást befolyásoló háttértényezők területi elhelyezkedésére. Az észlelőkutak klasztercsoportjai területi elhelyezkedése alapján kijelölhető a csapadékhatásnak leginkább kitett terület, illetve elkülöníthetők azok is, amelyek környezetének talajvízjárása jelenleg a csapadékviszonyok alakulásától kevésbé függ.

Irodalom

- Bartholy J.– Weidinger T. 1997: Magyarország éghajlati képe. In: Karátsony D. (szerk.): Pannon enciklopédia. Magyarország földje. Kertek 2000 Kiadó, Budapest
- Erdélyi M. 1975: A magyar medence hidrodinamikája. – Hidrológiai Közlemény, 4. pp. 147–155.
- Major P. 1994: A Duna–Tisza közti hátsági terület lefolyási viszonyainak, talajvíz kitermelésének és a talajvízben történő szikkasztásnak hatása a talajvízszint változására. A Nagyalföld Alapítvány kötetei 3. Békéscsaba. pp. 103–111.
- Mádlné Szőnyi J.–Simon Sz.–Pogácsás Gy. 2005: Felszíni és felszín alatti vizek kapcsolata a Duna–Tisza közti Kelemen-szék és Kolon-tó esetében. Általános Földtani Szemle, 30. pp. 93–110.
- Neppel F.–Somogyi S.–Domonkos M. 1999: Paleogeography of the Danube and its catchment, Regional cooperation of the Danube Countries in the framework of the International Hydrological Programme of UNESCO. *Water Resources Research Center (VITUKI)*, Budapest. 62 o.
- Pálfai I. 1994: Összefoglaló tanulmány a Duna–Tisza közti talajvízszint süllyedés okairól és a vízhiányos helyzet javításának lehetőségeiről. In: A Nagyalföld Alapítvány kötetei 3. Békéscs. pp. 111–125.
- Péczeli, Gy. 1998: Éghajlattan. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Szalai J.–Nagy Gy. 2006: Az utóbbi évtized időjárási eseményeinek hatása a talajvízszintek alakulására a Duna–Tisza közén. Magyar Hidrogeológiai Társulat XXIV. Országos Vándorgyűl., Pécs, 2006.
- Tóth J.–Almási I. 2001: Interpretation of observed fluid potential patterns in a deep sedimentary basin under tectonic compression: Hungarian Great Plain, Pannonian Basin. *Geofluids* 1. pp. 11–36.
- VITUKI 2006: A Duna–Tisza közti hátság hidrometeorológiai, felszíni és felszín alatti vizeinek mennyiségére vonatkozó mérő- és megfigyelőrendszer működtetése és értékelése. Zárójelentés. VITUKI