

Csapadékmintázatok vizsgálata a Tiszántúli Vízügyi Igazgatóság működési területén

Szám Dorottya^{1,2}, Hetesi Zsolt^{3,4}, Bódi Tibor⁵, Marosi Zoárd Ivor⁶

¹ Víz tudományi Kar, Területi Vízgazdálkodási Tanszék, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Baja (email: szam.dorottya@uni-nke.hu)

² Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Labor, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Baja

³ Víz tudományi Kar, Víz- és Környezetbiztonsági Tanszék, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Baja (email: hetesi.zsolt@uni-nke.hu)

⁴ Természettudományi Kar, Matematikai és Informatikai Intézet, Pécsi Tudományegyetem, Pécs

⁵ Víz tudományi Kar, Víz- és Környezetbiztonsági Tanszék, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Baja (email: bodi.tibor@stud.uni-nke.hu)

⁶ Tiszántúli Vízügyi Igazgatóság, Debrecen (email: titkarsag@tivizig.hu)

DOI: 10.59258/hk.18331



Kivonat

A Tiszántúli Vízügyi Igazgatóság területe a Kárpát-medence egyik olyan régiója, amely az aszálytérképek szerint leginkább ki van téve az aszály mezőgazdaságot károsító hatásainak, és ahol az éghajlatváltozás növeli a szélsőséges időjárási események valószínűségét. Az aszályos és az extrém csapadékos időszakok gyakorisága itt egyaránt növekszik. Mindezek jobb megértése elengedhetetlen a vízgazdálkodás tervezéséhez és irányításához, valamint az adaptív, precíziós mezőgazdálkodás feltételeinek megteremtéséhez. A dolgozat alapjául szolgáló kutatás 16 hidrometeorológiai állomás 1964 és 2022 évek közötti napi csapadékadatait használta fel a Tiszántúli Vízügyi Igazgatóság területén. Megállapítottuk, hogy a szélsőséges csapadékesemények változása statisztikailag nem szignifikáns a 16 állomás összegzett adatai esetében 1964 és 2022 között. Viszont szignifikáns változásokat tapasztaltunk, miután az adatsort két azonos hosszúságú periódusra (1965-1993; 1994-2022) bontottuk fel további komparatív statisztikai vizsgálatok céljából. Sikertelenség kimutatnunk, hogy szignifikánsan nőtt a legalább 25 napig tartó csapadégmentes időszakok gyakorisága a Nagybjajom település területén lévő hidrometeorológiai mérőállomás adatai szerint. Ez, valamint a terület talajviszonyai arra utalnak, hogy a kívánatos mezőgazdasági hozamok eléréséhez egyre inkább szükségessé válik a precíziós öntözés és megoldandó feladattá válik a belvízveszélyes, alacsonyan fekvő területek optimális hasznosítása is.

Kulcsszavak

Csapadék, Tiszántúl, extrém időjárási jelenségek, aszály, klímaváltozás.

Analysis of Precipitation Data Series in the TIVIZIG Operational Area (Hungary)

Abstract

The-Trans Tisza Regional Water Directorate area is one of the regions of the Carpathian Basin most exposed to the adverse effects of drought on agriculture. Climate change here increases the likelihood of extreme weather events. It is also true that the frequency of drought and extreme precipitation periods is increasing. A better understanding of all this is essential for water planning and control of water management to create conditions of adaptive, precision farming. This paper's research used daily rainfall data from 16 Trans-Tisza Regional Water Directorate hydro-meteorological stations between 1964 and 2022. We have shown that the change in extreme precipitation events is not statistically significant for the aggregated data of the 16 stations between 1964 and 2022. However, significant changes were detected after splitting the data series into two periods of equal length (1965-1993; 1994-2022) for further comparative statistical analysis. We showed a significant increase in the frequency of periods without precipitation of at least 25 days, according to the data of the hydro-meteorological station in the area of Nagybjajom municipality. This, combined with the area's soil conditions, suggests that precision irrigation management is becoming essential to achieve desirable agricultural yields and that, where appropriate, it may be necessary to drain low-lying areas at risk of inland flooding.

Keywords

Precipitation, Trans-Tisza region, extreme weather events, drought, climate change.

BEVEZETÉS

Az éghajlatváltozás egyik legfontosabb hatása a szélsőséges időjárási események gyakoriságának növekedése, mind a hőszegnapok, mind az intenzív csapadékesemények tekintetében. Bár a csapadékkal kapcsolatos változások bizonytalanabbak, mint a hőmérsékletváltozással összefüggő trendek, számos régióban az extrém csapadékesemények egyértelmű növekedése figyelhető meg (McBean 2004, Bartholy és Pongrácz 2005, Stott 2016).

Adott vízgyűjtő esetében a csapadékeseményre adott válasz nagyságát és időtartamát számos peremfeltétel be-

folyásolja (Green és Nelson 2002, McCuen 2009). Leegyszerűsítve: a felszín alatti tárolás mértéke véges, és a lefolyás nélküli területeken a szélsőséges csapadék növeli a belvízi elöntések kockázatát. A lefolyással rendelkező vízgyűjtőkről a nem tárolt csapadékfelesleg a vízfolyásokon keresztül távozik. A rendkívül nagy csapadék ezért is növelheti az árvízveszélyt (Field és társai 2012). Szélsőséges esetekben villámárvizekre is számítani lehet, amelyek gyakorisága növekedhet (Czigány és társai 2013). Mindezen kockázatok mérséklésében és a mezőgazdasági gazdálkodás biztonságának megteremtésében fontos szerepet játszhat a csapadék időbeliségében rejlő tulajdonságok felkuta-

tása. A változások determinisztikus vagy sztochasztikus típusúak lehetnek. A determinisztikus folyamatokat leíró változók nem véletlenszerűen, hanem valamilyen törvényszerűség szerint változnak. A sztochasztikus folyamatok esetén a változás véletlenszerű. A determinisztikus folyamatok azonosításával csökkenthető a változékonyság hatása a vizsgált időjárási paraméterre (Ilyés és társai 2019), mint amilyen például a napi csapadékösszeg változása. Determinisztikus az a folyamat, amely teljesen előre jelezhető, sztochasztikus, amelynél az előrejelzés valószínűségi alapú.

A csapadék térben és időben erősen változó időjárási elem a Kárpát-medencében, ahol nehéz megjósolni az éghajlatváltozás hatásának nagyságát (Kristóf és társai 2017). A magyarországi adatsorok esetében több tanulmány (Bartholy és Pongrácz 2007, Kiss és társai 2019) is rámutatott az intenzív csapadékesemények számának növekedésére a történeti adatsorokban. Azt is megállapították, hogy Magyarországon a szélsőséges csapadékesemények visszatérési gyakorisága 1,2-2 szerezre nőtt (Pieczka és társai 2011, Pongrácz és társai 2014), miközben az éves országos csapadékösszeg csökkent 1901-2020 között ezen időszak átlagához képest (HungaroMet 2021). Különösen jelentős csökkenést mutat a tavaszi országos csapadékösszeg változása (-17,2%) 1901-2020 között ezen időszak átlagához képest (HungaroMet 2021). Sőt, az is igaz, hogy az éves és évszakai országos csapadékösszegek változása az 1981-2020 közötti időszakban nem szignifikáns, de növekvő trendet mutat (HungaroMet 2021, Lakatos és társai 2021).

A csapadék és aszály szélsőségek értékelésére és a változások számszerűsítésére nemzetközileg elfogadott extrémítás indexek (Klein Tank és Können 2003, Alexander és társai 2006, Donat és társai 2013) szolgálnak, amelyeket Magyarországon több tanulmányban is alkalmaztak (Bartholy és társai 2013, Kis 2018, Hoffmann és Lakatos 2019, Szám és társai 2024). Az extrémítás-indexek különböző időskálákon (egy órától egy évig) alkalmazhatók. Statisztikai szempontból sok információ áll rendelkezésre a napi csapadékösszegek elemzéséből. A csapadékösszegek napi és havi bontásban való vizsgálata optimális az éghajlatváltozás hosszú távú hatásainak elemzéséhez is (Klein Tank és Können 2003, Alexander és társai 2006, Donat és társai 2013). A havi csapadékösszegek változása a vegetációs időszak alatt a mezőgazdaság szempontjából érdekes. Magyarország éghajlatán ez a körülbelül márciustól októberig tartó időszak, amikor a kultúrnövények növekedése és vízigénye jelentős. A vegetációs időszak pontos kezdete és vége természetesen több tényezőtől függ, többek között a termesztett növényfajtától is. Az is lényeges, hogy tudjuk, Magyarország melyik régiójáról beszélünk. Továbbá, hogy ott hogyan érvényesülnek az éghajlatváltozás hatásai (Mesterházy és társai 2015). A vegetációs időszakon belül a legtöbb növény esetében a virágzástól a betakarításig tartó legszűkebb időszak az, amikor a növény csapadékigénye a legjelentősebb.

A tanulmányunk alapjául szolgáló kutatásban a Tiszántúli Vízügyi Igazgatóság (TIVIZIG) 7021 km²-es alföldi működési területének csapadékváltozásait vizsgáltuk. Különböző aszályindexeken (például Pálfi-féle index, Hunga-

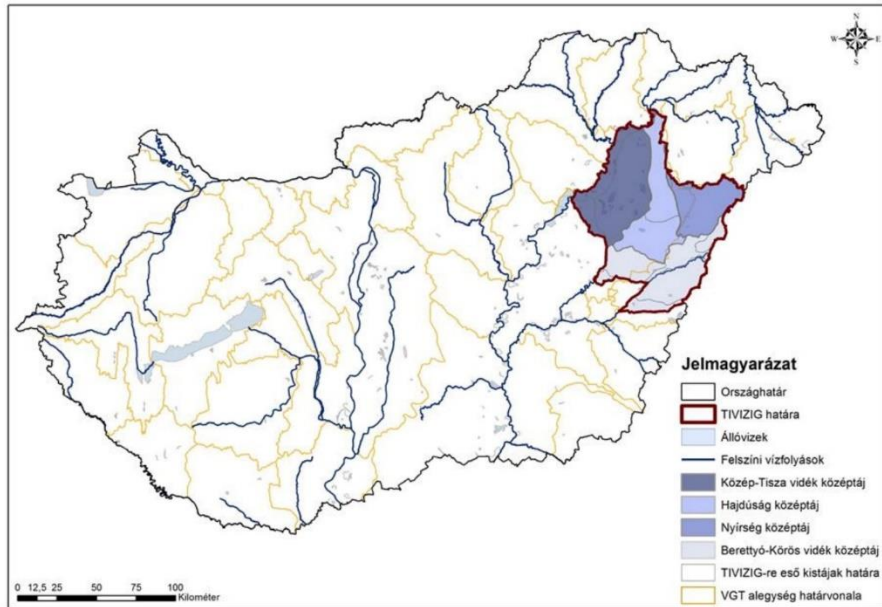
rian Drought Index) alapuló térképezések szerint a TIVIZIG területe a Kárpát-medence egyik olyan régiója, amely leginkább ki van téve az aszálynak (Gavrilov és társai 2020, Buzási 2021), továbbá a csapadék-extremitásoknak (Lakatos és társai 2007). Feltételeztük, hogy az éghajlatváltozás egyik hatása a csapadék-szélsőségekben lesz megfigyelhető: az átlagtól eltérő havi csapadékösszegek száma az idő múlásával jelentősen megnő. Ennek vizsgálata a vegetációs időszak és a naptári év során igen hasznos a gazdálkodás tervezése és a növényvédelmi beavatkozások optimális idejének meghatározása végett. A haszonnövények vízigénye jellemzően fenológiai fázishoz kötött, hasonlóan a kórokozók és kártevők megjelenéséhez.

További hipotézisünk egy korábbi tanulmány (Szám és társai 2024) eredményei alapján az volt, hogy a hosszabb csapadékmentes időszakok eloszlása eltér a vizsgált időszak első (1965-1993) és második felében (1994-2022).

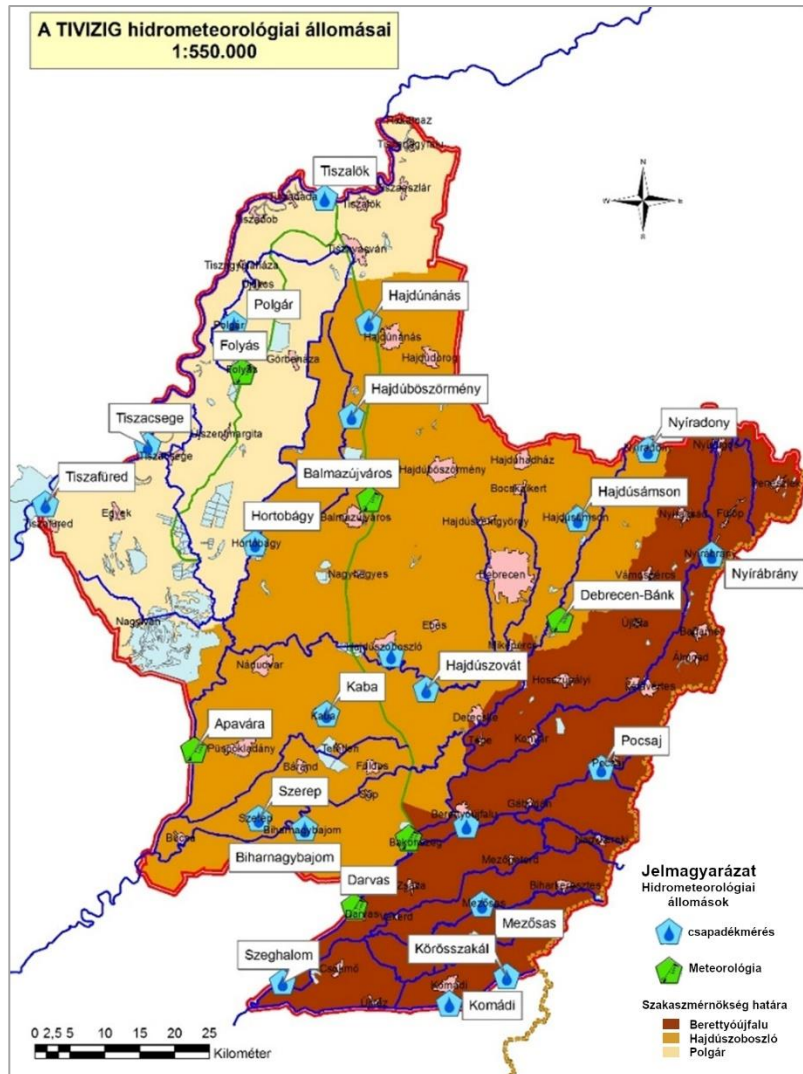
A VIZSGÁLATHOZ FELHASZNÁLT ADATOK

Vizsgálati területünk a TIVIZIG működési területe volt, amely a 2-15 (jelű) Berettyó tervezési alegység és a 2-17 (jelű) Hortobágy-Berettyó tervezési alegység, amelyeket az 1242/2022 (IV.28.) kormányhatározat alapján Magyarország 2021. évi vízgyűjtő-gazdálkodási terve alapján határoltak le. Az Igazgatóság Tiszafüred, Rakamaz, Penészek, Biharkeresztes, Szeghalom és Püspökladány permtereplésekkel határolt területén 600 ezer ember él összesen 92 településen, beleszámítva a több mint 200 ezres lélekszámú Debrecent. Közigazgatási szempontból a működési terület amellel, hogy lefedi Hajdú-Bihar vármegyét, érinti Szabolcs-Szatmár-Bereg, Borsod-Abaúj-Zemplén, Jász-Nagykun-Szolnok és Békés vármegyét is. Itt négy köztes terület (1. ábra) található, amelyek kataszteri kijelölése az alábbiak szerint történik: Közép-Tisza-vidéki köztes terület (1.7), Nyírségi köztes terület (1.10), Hajdúsági köztes terület (1.11), Berettyó-Körös-vidéki köztes terület (1.12). A négy köztes terület helyi sajátosságokkal rendelkezik, de mindegyik túlnyomórészt sík, enyhe lejtésű, gyakran rossz vízelvezetésű terület, ahol extrém csapadékhiány hatására az aszályok, extrém sok csapadék hatására pedig a belvizek okozhatnak problémát. A területekre jellemző az évi 500-580 mm-es többéves (1901-2020) átlagos éves csapadékösszeg és a viszonylag enyhe, száraz, csapadékhiányos éghajlat. Ebből kifolyólag a szárazságtűrő növények öntözés nélkül is gazdaságosan termesztethők (VKGT 2017).

A TIVIZIG a vízrajzi adatelőállítási és adatszolgáltatási tevékenységét a fő állomások esetében ISO 9001:2015 szerint tanúsított minőségirányítási rendszerben végzi. A TIVIZIG működési területén összesen 24 db hidrometeorológiai állomás található (2. ábra). Tanulmányunkban ezek közül 16 db állomás csapadékadatát dolgoztuk fel (1. táblázat) az 1964-2022 közötti időszakra vonatkozóan. Ezek az állomások rendelkeznek a leghosszabb időszorral és legkisebb adathiányokkal, így esett ezekre a választásunk. Az adatokat minőségbiztosítási vizsgálatokat követően bocsátották rendelkezésünkre a TIVIZIG munkatársai. (A HungaroMet közel feleannyi automata időjárási mérőállomással rendelkezik a TIVIZIG területén. Legkorábbi méréseinek kezdete az 1997-es évre tehető, azonban a mérőállomásainak többsége csak a 2000-es évektől üzemel. Emiatt kizárólag csak a TIVIZIG adatait használtuk.)



1. ábra. A TIVIZIG működési területének lehatárolt alegységei (Forrás: TIVIZIG 2024)
Figure 1. Delimited subdivisions of TIVIZIG's operational area (Source: TIVIZIG 2024)



2. ábra. A 24 hidrometeorológiai mérőállomásának elhelyezkedése a TIVIZIG három szakaszmérsőségén, melyeket különböző barna és sárga színek jelölnek (TIVIZIG 2024)
Figure 2. Location of the 24 hydro-meteorological measuring stations in the three TIVIZIG stations, marked in different brown and yellow colours (TIVIZIG 2024)

1. táblázat. A TIVIZIG területén található hidrometeorológiai mérőállomások azonosításának adatai (TIVIZIG 2024)
Table 1. Primary data from hydrometeorological measuring stations in the TIVIZIG area (TIVIZIG 2024)

Sorszám	Állomás	Törzsszám	EOV _x (m)	EOV _y (m)	Balti alapszinthez viszonyított magasság (mBf)
1.	Hajdúnánás	180009	282491,00	824671,00	95,00
2.	Mezősas	002735	198923,00	840977,00	99,00
3.	Nyírábrány	003739	249136,00	873855,00	135,11
4.	Tiszacsege	180002	264929,00	792982,00	90,00
5.	Biharnagybajom	180014	209805,00	815485,00	86,00
6.	Darvas	180033	198494,00	822619,00	89,00
7.	Hajduböszörmény	180010	268255,00	824045,00	92,00
8.	Hajdúsámson	180016	254293,00	854682,00	129,00
9.	Hajdúszovát	180011	230164,00	832483,00	92,00
10.	Hortobágy	180012	250828,00	808378,00	89,00
11.	Kaba	180013	226285,00	818569,00	88,00
12.	Komádi	180038	184692,00	836212,00	89,00
13.	Nyíradony	180040	263999,00	864692,00	154,00
14.	Szeghalom	180036	187767,00	812328,00	90,00
15.	Szerep	180020	211253,00	808925,00	86,00
16.	Tiszafüred	180003	256445,00	778278,00	88,00

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK ÉS EREDMÉNYEK

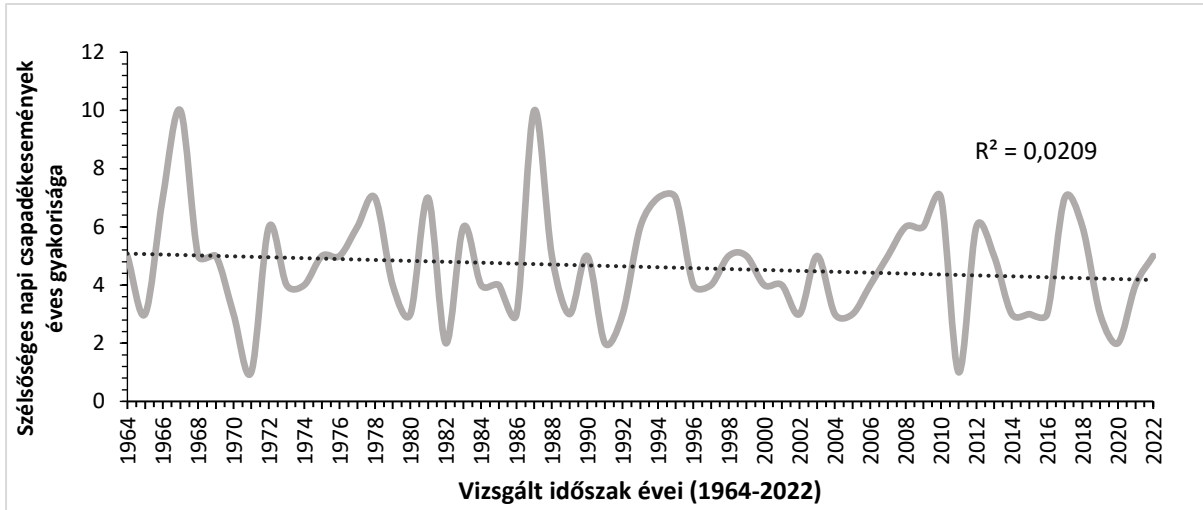
Első vizsgálatunkban meghatároztuk az 1964-2022 közötti időszakban a napi csapadékösszegek adataiból a maximális értékeket havonta. Ezt a 12 adatot átlagoltuk és kiszámítottuk a szórásukat is. Ezzel meghatároztuk azt a szélső értéket, amely küszöbnek tekinthető a szélsőséges napi csapadékösszeghez. Például, ha egy adott évben a 12 havi maximum napi csapadékösszeg átlaga 10 mm, szórása 4 mm, akkor a 18 mm-nél nagyobb napi csapadékösszeg az év bármely napján szélsőségesnek tekinthető, ezen definíció alapján.

1964-2022 között minden mérőállomás esetében meghatároztuk, hogy hány olyan nap volt, ami a definíció szerint szélsőségesnek tekinthető. A szórás kétszeresének értékét a 95%-os konfidenciaszint miatt választottuk. A 16 mérőállomáson mért, szélsőséges napi csapadékösszegek számát összegeztük minden évben (2. ábra). Ha a 16 mérőállomás adatainak átlagát vennénk, a lokálisan kiugró értékeket (például intenzív csapadékot egy-egy állomáson) a többi állomás alacsonyabb értékei kiegyenlítik. Az átlagolás ezért hajlamos „elsimítani” a szélsőségeket, és elveszíteni azokat az információkat, amelyek az egyes állomások extrém értékeiben rejlik, az összeadás megtartja ezeket. Az így kapott adatsorra ezt követően lineáris trendet illesztettünk. A trendvizsgálat eredménye alacsony negatív korrelációt mutatott ki az idővel, ami nem szignifikáns csökkenést jelent. A szélsőséges csapadékösszegek gyakoriságát havi bontásban vizsgálva elmondható továbbá,

hogy azok száma főként júniusban és júliusban magas. Összefoglalva tehát, a fenti definíció szerinti szélsőséges csapadékesemények változása statisztikailag nem szignifikáns a 16 állomás összegzett adatai esetében 1964 és 2022 között. Lehetséges ennél jobb statisztikai megközelítést is kidolgozni a kérdésre, ez azonban kielégítő a területre vonatkozó tervezési feladatok meghatározásához.

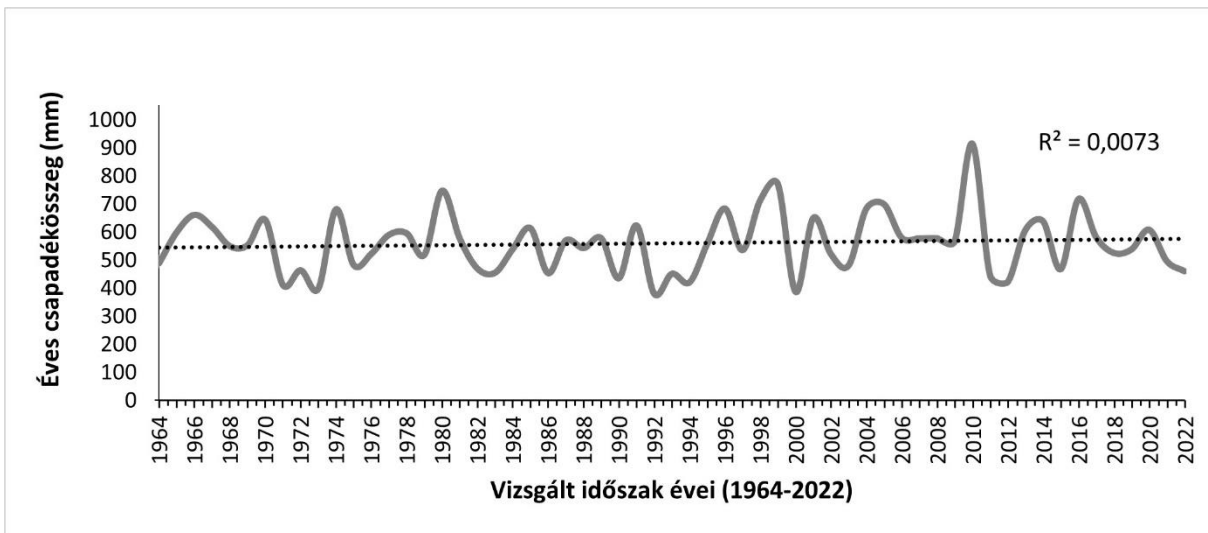
Második elemzésünk az éves csapadékösszegek és azok vegetációs perióduson belüli részének alakulására összpontosított a rendelkezésre álló adatok alapján. Vegetációs időszaknak az áprilistól szeptemberig tartó időszakot tekintettük, amely – a vizsgált területen – a három legnagyobb szántóföldi kultúra, a búza (*Triticum aestivum*), a kukorica (*Zea mays*) és a napraforgó (*Helianthus annuus*) (KSH 2024), valamint a zöldségfélék és a gyümölcsösök esetében releváns.

A 16 állomás éves csapadékösszegeit átlagolva a kapott eredmények nem mutatnak szignifikáns időbeli változást (3. ábra), a korreláció igen gyenge, fenntartásokkal kezelendő (a korrelációs együttható négyzete, vagyis a determinációs együttható: $R^2=0,0073$). A 16 állomás vegetációs időszakra eső csapadékösszegeinek átlagai ugyancsak nem mutatnak szignifikáns időbeli változást (4. ábra), itt is gyenge korrelációs értéket (a determinációs együttható értéke: $R^2=0,0005$) kaptunk a lineáris trend illesztésekor. Következésképpen statisztikailag nem lehet megerősíteni a csapadékösszeg szignifikáns csökkenését az idővel.



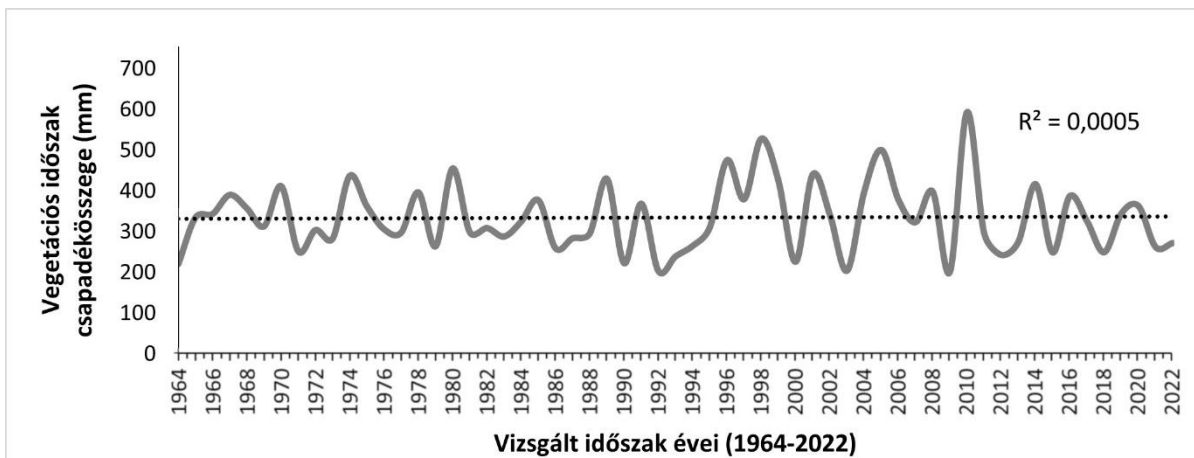
2. ábra. A havi csapadékmaximumok átlagtól kétszeres szórásnál nagyobb mértékben eltérő napi csapadékesemények előfordulásának éves gyakorisága a 16 mérőállomáson, és a gyakoriság-adatokra illesztett lineáris trend (TIVIZIG 2024)

Figure 2. Annual frequency of occurrence of daily rainfall events deviating from the average plus twice of the deviation derived from monthly rainfall maxima on the 16 stations, and the linear trend fitted to the frequency data (TIVIZIG 2024)



3. ábra. Éves csapadékösszeg a 16 hidrometeorológiai mérőállomás adatainak átlagából (TIVIZIG 2024)

Figure 3. Annual rainfall totals, from the average of 16 hydrometeorological measuring stations (TIVIZIG 2024)



4. ábra. A vegetációs időszak (április-szeptember) csapadékösszege 16 hidrometeorológiai mérőállomás adataiból (TIVIZIG 2024)

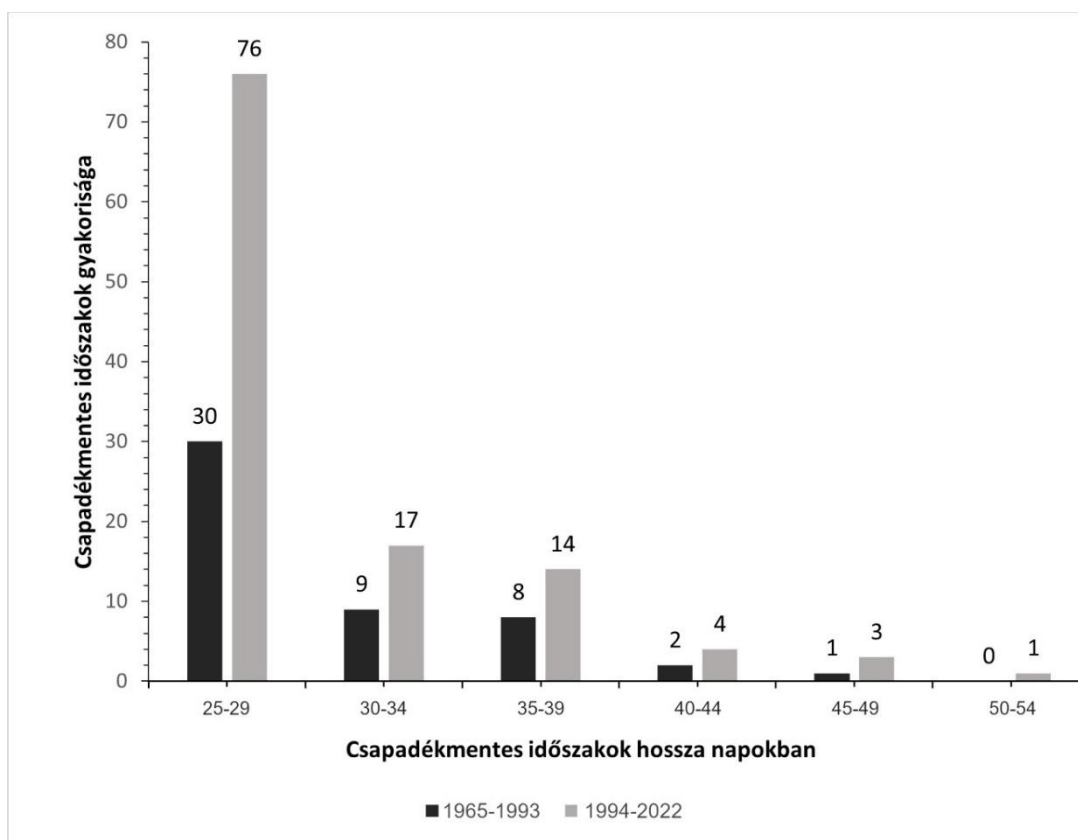
Figure 4. Rainfall total in the vegetation period (April to September) from the data of 16 hydrometeorological measuring stations (TIVIZIG 2024)

Az országos éves csapadékösszegek sem mutatnak csökkenést a HungaroMet elemzése szerint, az elmúlt évtizedekben nem szignifikáns növekedés figyelhető meg. Ez a növekedés az 1991 és 2020 közötti átlagos csapadékösszegek százalékos eltéréseinek idősorában is kimutatható. A HungaroMet eredményei azt is kimutatták, hogy a csapadékmennyiségek hosszú távú trendjei szezonálisak. Az 1901-től kezdődő idősorokban a négy évszak csapadékösszegeinek időbeli változékonysága sokkal nagyobb, mint az éves anomáliák idősoraié. A havi csapadékösszegek változása még nyilvánvalóbb tendenciákat mutat (HungaroMet 2021, Lakatos és társai 2021). Egy későbbi tanulmányban érdemes lenne megvizsgálni az 1964-2022 évek közötti időszak különböző csapadékeseményeit, évszakos vagy havi bontásban, a TIVIZIG területén.

Harmadik lépésként összehasonlítottuk az 1965-1993 és 1994-2022 közötti időszakokat. Meghatároztuk mindkét esetben a leghosszabb egymást követő csapadékmentes időszakok éves és azon belül a vegetációs időszakokra eső gyakoriságát. Feltételeztük, hogy a rendkívül hosszú csapadékmentes időszakok eloszlása szignifikánsan különbözik a két időszakban. Rendkívül hosszú csapadékmentes időszaknak tekintettük a 25 napos vagy annál hosszabb száraz időszakot. A csapadékmentes időszakok hossza 0 és 50 nap között mozgott, amelyeket növekvő tartományokba osztottunk. Az intervallumok határai: 25-29 nap, 30-34 nap, 35-39 nap, 40-44 nap, 45-49 nap, 50-54 nap. Az intervallumokba eső rendkívül hosszú csapadékmentes időszakok gyakoriságát hisztogramon ábrázoltuk (5. ábra), külön az 1965-1993 közötti időszakban és külön az 1994-2022 közötti időszakban.

A vizsgálathoz F-próbát használtunk, amely alkalmas két adatsor varianciái közötti szignifikáns különbségek megállapítására, feltételezve, hogy mindkét minta normál eloszlással közelíthető (Schumacker és Tomek 2013). Az összes állomás adatait figyelembe véve a kapott eredmények szignifikáns különbséget mutattak az 1965-1993 és az 1994-2022 közötti csapadékmentes napok gyakoriság eloszlásában: $\alpha=0,05$; átlag $m=31,67$ nap; $D=2207,47$ nap; $n=6$; $df=5$; $P=0,0195$; $F_{krit, jobb}=5,05$, azaz 95%-os konfidencia mellett a megadott hat db száraz periódus-intervallum (25-29 nap, 30-34 nap, 35-39 nap, 40-44 nap, 45-49 nap, 50-54 nap) esetére az F-próba értéke szignifikáns különbséget jelez a két időszakra. (Az eredményben α jelöli a szignifikanciaszintet, m a vizsgált csapadékmentes időszakok átlagos hosszát, D a csoportok közötti szórással négyzetösszegét ami az összvariancia, n a mintaméretet, df a szabadsági fokok számát, $F_{krit, jobb}$ a küszöbértéket.) Az aktuális csapadékintázat mellett a historikus adatok is jelentős szerepet játszanak az aszályok kialakulásában: egy jelentősen aszályos év után kevésbé szélsőséges meteorológiai viszonyok olyan vízkészleteket biztosíthatnak, amelyek felerősíthetik az egymást követő aszályos év káros hatásait. Hasonlóképpen, az előzmények alapvető szerepet játszanak a belvízi utak kialakulásában.

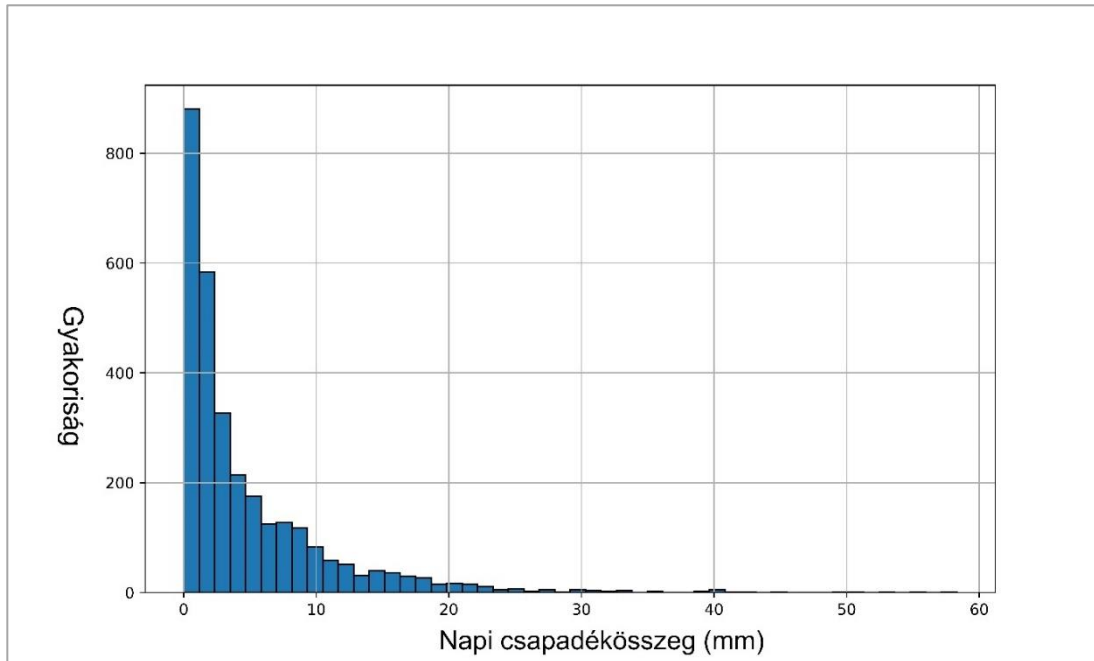
Statisztikailag tehát kimutatható, hogy a csapadékmentes időszakok hossza jelentősen megnő az 1994-2022 közötti időszakban az 1965-1993 közötti időszakhoz képest. Ez összhangban van a HungaroMet országos méréseinek adataival.



5. ábra. A legalább 25 napos csapadékmentes időszakok gyakorisága 5 nap hosszúságú intervallumonként 1965-1993 és 1994-2022 között. Csapadékmentes napoknak tekintettük azokat a napokat, amikor a csapadékösszeg nem érte el a 0,1 mm-t.
Figure 5. Frequency of periods without rainfall of at least 25 days per 5-day interval between 1965-1993 and 1994-2022. Rainfall-free days were defined as days when the rainfall total was less than 0.1 mm.

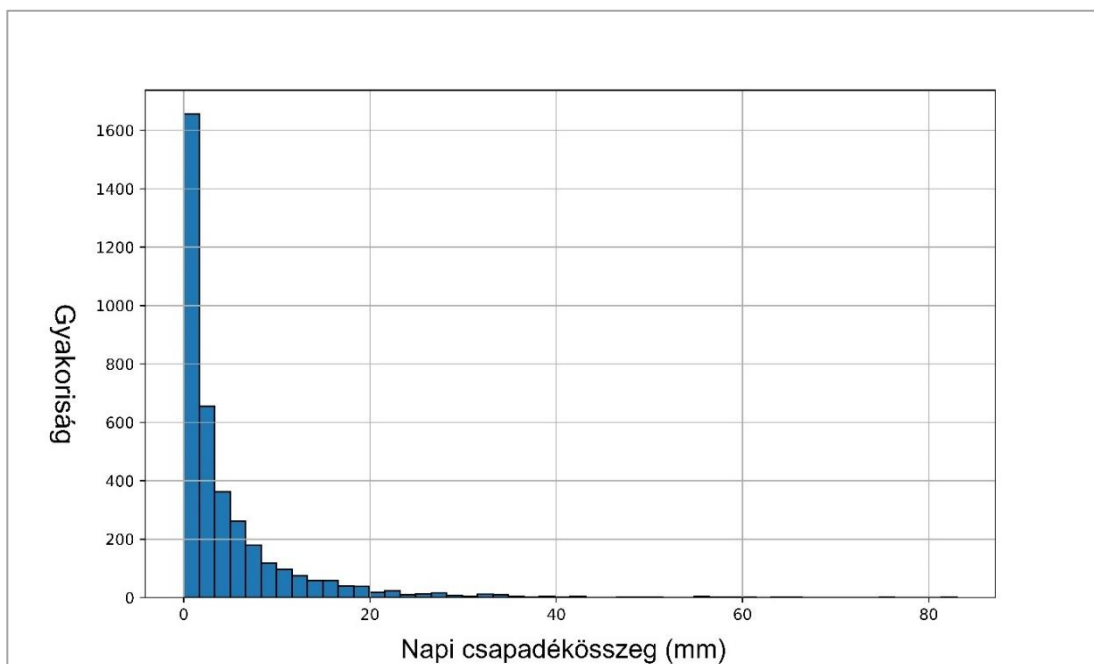
A 16 állomás közül véletlenszerűen kiválasztott biharnagybajomi állomáson az 1965-1993 és az 1994-2022 közötti időszakokra vonatkozóan összehasonlítottuk a csapadékos napok csapadék mennyisége szerinti eloszlását (6-7. ábra). Az elemzés úgy készült, hogy mindkét időintervallumban hisztogramot készítettünk a csapadékos napok számára attól függően, hogy hány mm csapadékot mértek az adott napon, tehát a dobozolás alapja a napi csapadék mennyisége volt. A két hisztogram (eloszlás) összevetésére kétmintás Kolmogorov-Szmirnov-tesztet alkalmaztunk. A Kolmogorov-Szmirnov-tesztre azért

esett a választásunk, mert eloszlásfüggetlen, így a segítségével nem csak normális eloszlásból származó adatok eloszlásai hasonlíthatók össze (Janssen és Laatz 2007). A teszt eredménye szignifikáns különbséget mutatott ki ($K-S=0,0550$, $P\text{-érték}=7,581 \cdot 10^{-5}$). A második időszakban a csapadékmentes napok száma (amikor a napi csapadékösszeg nem érte el a 0,1 mm-t) majdnem megduplázódott. Ugyanakkor a szélsőségesen csapadékos napok száma nőtt. Míg az első időszakban a napi rekord csapadékmennyiség 58,3 mm volt, addig a második időszakban 83,0 mm.



6. ábra. A csapadékos napok gyakorisága 1965 és 1993 között a biharnagybajomi állomáson (Julius AI Python program nyelvvel készített ábra)

Figure 6. Frequency of rainy days between 1965 and 1993 (Generated by Julius AI with Python programming language)



7. ábra. A csapadékos napok gyakorisága 1994 és 2022 között a biharnagybajomi állomáson (Julius AI Python program nyelvvel készített ábra.)

Figure 7. Frequency of rainy days between 1994 and 2022 (Generated by Julius AI with Python programming language)

ÖSSZEFOGLALÁS

Összefoglalva, a vízügyi szakemberek számára a jövő kihívása az lesz, hogy olyan műszaki megoldásokat dolgozzanak ki, amelyekkel a vízfelesleg és a vízhiány szélsőséges jelenségeit egyaránt mérsékelni lehet. Egyelőre ugyan az évi csapadékmennyiség és a vegetációs időszak csapadékmennyisége nem változik szignifikánsan, de a száraz periódusok száma és hossza szignifikánsan nőtt az elmúlt mintegy 30 évben, így a probléma felvetése valós. A gyakoribb szélsőséges időjárási események súlyos károkat okoznak, és ennek megelőzésére jól megtervezett alkalmazkodási intézkedéseket kell hozni. A hathatós intézkedések jól működő csapadék- és aszály-előrejelző rendszerek hozzáférhetőségén alapulnak. Ilyen például a minden agrárgazdálkodó számára elérhető nyílt online felület, az aszálymonitoring-hálózat, amely a vízügyi ágazat által létrehozott újszerű, komplex vízhiány-előrejelző rendszer. A csapadékszélsőségeket a gazdálkodási tervek és gyakorlatok megváltoztatása mellett ezt a mezőgazdasági biztosítások szempontjából is érdemes figyelembe venni. Ez az uniós szintű mezőgazdasági kockázatkezelési rendszerrel összefüggésben is fontos lehet, amely jelentős uniós költségvetéssel támogatja a mezőgazdasági biztosítási díjakat.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A közleményben bemutatott kutatás a Széchenyi Terv Plusz program keretében, az RRF 2.3.1 21 2022 00008 projekt támogatásával valósult meg.

IRODALOMJEGYZÉK

Alexander, L.V., Zhang, X., Peterson, T.C., Caesar, J. (2006). Global Observed Changes in Daily Climate Extremes of Temperature and Precipitation. *Journal of Geophysical Research*, p. 11, 5, pp. 1-22. <https://www.doi.org/10.1029/2005JD006290>

Bartholy, J., Pongrácz, R. (2005). Tendencies of extreme climate indices based on daily precipitation in the Carpathian Basin for the 20th century. *Időjárás*, p. 109, 1, pp. 1-20.

Bartholy, J., Pongrácz, R. (2007). Regional Analysis of Extreme Temperature and Precipitation Indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Global and Planetary Change*, V. 57, I. 1-2, pp. 83-95. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2006.11.002>

Bartholy J., Barcza Z., Bihari Z.; Lakatos M.; Mészáros R., Pieczka I., Pongrácz R., Práger T., Radics K., Szerkesztők: Bartholy J., Pongrácz R. (2013). *Klímaváltozás. Eötvös Loránd Tudományegyetem*, Budapest, pp. 1-180.

Buzási A. (2021). *Climate Vulnerability and Adaptation Challenges in Szekszárd Wine Region, Hungary. Climate* 9(2):25. <https://www.doi.org/10.3390/cli9020025>

Czigány Sz., Pirkhoffer E., Lóczy D., Balatonyi L. (2013). *Flash flood analysis for Southwest-Hungary. Springer Geography*, pp. 67-82., ISBN: 978-94-007-6300-5

Donat, M.G, Alexander, L.V., Yang, H., Durre, I., Vose, R., Dunn, R.J.H., Willett, K.M., Aguilar, E., Brunet, M., Caesar, J., Hewitson, B., Jack, C., Klein Tank, A.M.G., Kruger, A.C., Marengo, J.A., Peterson, T.C., Renom, M., Oria Rojas, C., Rusticucci, M., Salinger, M.J., Sekele, S.S., Srivastava, A.K., Trewin, B., Villarreal, C., Vincent, L.A.,

Zhai, P., Zhang, X., Kitching, S. (2013). Updated Analyses of Temperature and Precipitation Extreme Indices since the Beginning of the Twentieth Century: The HadEX2 Dataset. *Journal of Geophysical Research*. p. 118, 5, pp. 2098-2118. <https://www.doi.org/10.1002/jgrd.50150>

Field, C.B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D.J., Ebi, K.L., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Plattner, G.K., Allen, S.K., Tignor, M., Midgley, P.M. (eds.) (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Cambridge University Press, p. 582. <https://www.doi.org/10.1017/cbo9781139177245>

Gavrilov, M.B., Radakovic, M., Sipos, Gy., Mezősi, G. (2020). Aridity in the Central and Southern Pannonian Basin. *Atmosphere* 11(12). pp. 1-19.

Green, J.I., Nelson, E.J. (2002). Calculation of Time of Concentration for Hydrologic Design and Analysis Using Geographic Information System Vector Objects. *Journal of Hydroinformatics*: p. 4, 2, pp. 75-81. <https://www.doi.org/10.2166/hydro.2002.0009>

Hoffmann L., Lakatos M. (2019). Növekvő csapadékintenzitás, magasabb mértékadó csapadékok a változó klímában. In: Bíró T. (ed.): *Országos Települési Csapadék-víz-gazdálkodási Konferencia. Tanulmányok. Dialóg Campus Kiadó, Budapest*, pp. 11-19.

HungaroMet (2021). Éves és évszakos csapadékösszegek változása Magyarországon. Internet: https://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_hazai_valtozasok/homerseklet_es_csapadektrendek/csapadekosszegek/ (08.05.2024)

Ilyés Cs., Szűcs P., Turai E. (2019). Csapadékösszegek és talajvízszint idősorok spektrális elemzése. In: Bíró T. (ed.): *Országos Települési Csapadék-víz-gazdálkodási Konferencia. Tanulmányok. Dialóg Campus Kiadó, Budapest*, pp. 21-27.

Janssen J., Laatz W. (2007). *Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. Springer Gabler Kiadó, Wiesbaden*, p. 569.

Kis A. (2018). *Csapadékextrémumok múltbeli tendenciái, jövőre becsült változásai és hidrológiai hatásai. Doktori értekezés, ELTE, Természettudományi Kar, Meteorológiai Tanszék, Budapest*, pp. 1-112. Internet: https://edit.elte.hu/xmlui/bitstream/handle/10831/41469/Disszertacio_kisanna_2018.pdf;jsessionid=BB7388EC0073A36D1A01F37A6CA78377?sequence=1 (08.05.2024)

Kiss T., Hetes, Zs., Füzi T. (2019). Az átlaghőmérséklet és a csapadékmennyiség alakulása Mosonmagyaróváron. *Statisztikai Szemle*: p. 97, 6, pp. 568-593.

Klein Tank, A.M.G., Können, G.P. (2003). Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946-1999. *Journal of Climate* 16(22), pp. 3665-3680. [https://www.doi.org/10.1175/1520-0442\(2003\)016<3665:TIHODT>2.0.CO;2](https://www.doi.org/10.1175/1520-0442(2003)016<3665:TIHODT>2.0.CO;2)

Kristóf E., Pongrácz R., Bartholy J. (2017). Távkapcsolati rendszerek hatása a Kárpát-medence térségére. *HUNGEO 2017: "Bányászat és környezet – harmóniában"*: Magyar földtudományi szakemberek XIII. világtá-

lálkozója. Program- és előadáskivonatok. Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, 2017.08.16.-2017.08.20. Budapest, Magyarhoni Földtani Társulat, pp. 75-76.

KSH (2024). Központi Statisztikai Hivatal

Lakatos M., Szentimrey T., Birszki B., Kövér Zs., Bihari Z., Szalai S. (2007). Changes of Temperature and Precipitation Extremes following Homogenization. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica: An International Journal in Forest, Wood and Environmental Sciences*, 3 (1), pp. 87–95.

Lakatos M., Bihari Z., Izsák B., Szentes O. (2021). Globális és hazai éghajlati trendek, szélsőségek változása: 2020-as helyzetkép. *Scientia et Securitas* 2(2), pp. 164-171. <https://www.doi.org/10.1556/112.2021.00037>

McBean, G.A. (2004). Climate Change and Extreme Weather: A Basis for Action. *Natural Hazards* 31(1), pp. 177-190.

<https://www.doi.org/10.1023/B:NHAZ.0000020259.58716.0d>

McCuen, R.H. (2009). Uncertainty Analysis of Watershed Time Parameters. *Journal of Hydrologic Engineering* 14(5). [https://www.doi.org/10.1061/\(ASCE\)HE.1943-5584.0000011](https://www.doi.org/10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000011)

Mesterházy I., Pongrácz R., Ladányi M. (2015). A vegetációs időszak számításának módszerei az 1951-2100 modellezett időszakban. In: Kovács E., Kúti Zs., Puskás J. (ed.) 7. Szőlő és Klíma Konferencia. Szombathely, Magyarország, p. 98, pp. 83-89., p.7.

SZERZŐK



SZÁM DOROTTYA növényorvos és agrármérnök tanár végzettséget szerzett a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetemen (2022), jelenleg a Nemzeti Közszerződési Egyetem munkatársa, a Pécsi Tudományegyetem Biológiai és Sportbiológiai Doktori Iskolájának hallgatója. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja 2022 óta.



HETESI ZSOLT fizika oklevelet és PhD fokozatot szerzett az ELTE TTK-n, jelenleg egyetemi docens a Nemzeti Közszerződési Egyetem Víz tudományi Karán, tudományos főmunkatárs a Pécsi Tudományegyetem Matematikai és Informatikai Intézetében. Kutatási területe a fenntarthatóság, sztochasztikus folyamatok modellezése a környezettudományban.



BÓDI TIBOR építőmérnöki BSc oklevelet szerzett a Nemzeti Közszerződési Egyetem Víz tudományi Karán 2023-ban. Szakdolgozatát a Tiszántúli Vízügyi Igazgatóság területének csapadékmintázatairól és vízrajzáról írta.



MAROSI ZÓÁRD IVOR okleveles építőmérnök és vízépítő szakmérnök, jelenleg a Tiszántúli Vízügyi Igazgatóság megbízott igazgatója és műszaki igazgatóhelyettese. Szakterületei a vízgazdálkodás, vízrajz, hidrológia. Részt vett a vízgyűjtő-gazdálkodási tervek készítésében, a Tisza-Körös-völgyi Együttműködő Vízgazdálkodási Rendszer üzemeltetési szabályzatának felülvizsgálataiban, a hidrológiai adatok kezelését segítő Vízrajzi Modul ágazati szoftver kifejlesztésében. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja 1998 óta.

Pieczka, I., Pongrácz, R., Bartholy, J. (2011). Expected Trends of Regional Climate Change for the Carpathian Basin for the 21st Century. *International Journal of Environment and Pollution* 46 (1-2), pp. 6-17. <https://www.doi.org/10.1504/IJEP.2011.042605>

Pongrácz R., Bartholy J., Kis A. (2014). Estimation of Future Precipitation Conditions for Hungary with Special Focus on Dry Periods. *Időjárás* 118(4), pp. 305-321.

Schumacker, R., Tomek, S. (2013). Understanding Statistics Using R. Springer, New York, USA. https://www.doi.org/10.1007/978-1-4614-6227-9_11

Stott, P. (2016). How climate change affects extreme weather events. *Science* 352(6293), pp. 1517–1518. <https://www.doi.org/10.1126/science.aaf7271>

Szám D., Keve G., Fekete Á., Hetesi, Zs. (2024). Changing rainfall patterns & their impact on cereal crops in the Szentes district. *Időjárás* (in press)

TIVIZIG (2024). Tiszántúli Vízügyi Igazgatóság (ONLINE), <http://www.tivizig.hu/content/documents/VKGT.pdf>

VKGT (2017). Vízkészlet-gazdálkodási Térségi Terv a Tiszántúli Vízügyi Igazgatóság területére Elérhető: http://www5.tivizig.hu/content/documents/VKGT/VKGT_TIVIZIG.pdf