

Szabó Tamás¹

CSAPADÉKADATOK FELDOLGOZÁSA AZ ALSÓ-DUNA-VÖLGYI VÍZÜGYI IGAZGATÓSÁG ÉSZAKI TERÜLETEIN

ABSZTRAKT

A természetes éghajlatváltozás és az emberi beavatkozások eredményeként vizeink háztartása nagymértékben változik. A fokozódó vízhiány különösen igaz Magyarországon a Duna–Tisza közí hátságára nézve. Tanulmányomban a Duna–Tisza közí hátság és az azt érő problémák bemutatása után a térség egy választott részterületén elhelyezkedő csapadékmérő állomások adatainak segítségével elemeztem a csapadékjelenség alakulását. Az elemzések során vizsgáltam a csapadékesemények éves tendenciáját, valamint az éven belüli megoszlását és ennek változását is. A vizsgálatokkal átfogó képet kaptam a csapadékviszonyok múltbéli változásairól és jelenlegi helyzetéről, amelyből a csapadék és a terület jövőbeli vízháztartásának várható alakulásáról is következtetést vontam le. Kulcsszavak: éghajlatváltozás, csapadék, hidrológia, hidrológiai statisztika, Duna–Tisza közí homokhátság.

BEVEZETÉS

A csapadék nélkülözhetetlen jelenség mind a gazdaság, mind a természet szempontjából. A gyorsuló klímaváltozás hatására a csapadék időbeli eloszlása is folyamatosan változik. Az 2022-es év nyári extrém aszályos időszaka például nemcsak hazánkban, de Európa-szinten kihívásokat jelentett

¹ Környezetmérnök, építőmérnök hallgató, e-mail-cím: szabotomi8@gmail.com

a mezőgazdaságban és a vízellátásban is. Témaválasztásomat többek között ez az esemény is inspirálta.

A csapadék megfigyelése és előrejelzése egyre nagyobb szerepet tölt be mind a vízügyi ágazat, mind az agronómia területén. A fokozódó szélsőségek miatt fel kell készülnünk és lépéseket kell tennünk a megfelelő vízgazdálkodás kialakítására.

Tanulmányomban² szeretném feltárni a választott terület csapadékháztartásának idő- és mennyiségbeli változásait, a változások irányát és az ezekkel járó kockázatokat. Remélem, hogy munkámmal hozzájárulhatok e nagy jelentőségű szakterület eredményeihez.

PROBLÉMAFELVETÉS, CÉLKITŰZÉS

„A Duna–Tisza közti Homokhátság sajátos vízháztartási helyzete... nem túl rózsás.”³

Az éghajlatváltozás és az emberi beavatkozások eredményeként vizeink háztartása nagymértékben változik. Ez a feltevés különösen igaz a Duna–Tisza közti hátságra nézve. Hazánkban e terület éghajlati vízhiánya a legmagasabb, amelyet fokoz, hogy természetes vízfolyással nem rendelkezik, csak a mesterséges öntöző- és belvízcsatornák biztosítják a felszíni vízpótlást; a területet határoló két folyó, a Duna és a Tisza jelentősen alacsonyabb szinten húzódik, emiatt a terület talajvizei a folyók felé áramlanak. A fenti okok miatt a térség egyre csökkenő vízkészletét csak a területre hulló csapadék képes pótolni, amelynek mennyisége országos szinten itt az egyik legkevesebb (1. ábra).

² A tanulmány a Nemzeti Közszerológiai Egyetem Vízstudományi Kar 2023/2024-es tanév 1. félévi Intézményi Tudományos Diákköri Konferenciáján bemutatott dolgozat alapján készült. Szeretném tisztelettel megköszönni az Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóságnak a dolgozathoz szükséges adatszolgáltatást, valamint témavezetőm, dr. Tamás Enikő Anna munkáját, aki kiemelkedő szakmai hozzáértésével és fáradhatatlan biztatásával támogatta a dolgozat megszületését.

³ PÁLFAI 2003.



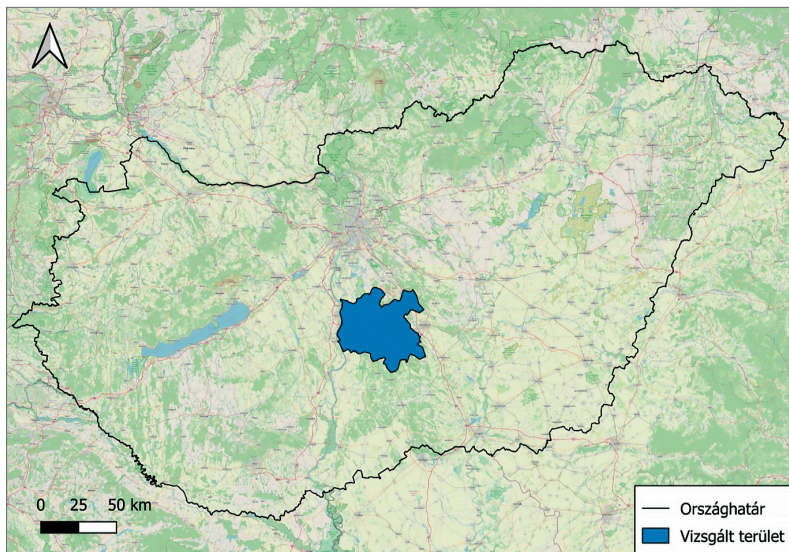
1. ábra: A csapadék évi összege 1981–2010 között

Forrás: KOCSIS 2018

A TERÜLET BEMUTATÁSA

A vizsgált terület az Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság Kunszentmiklósi Szakaszmérnökségéhez tartozik (2. ábra), amely a Duna–Tisza közti homokhátságon, a Kiskunság területén helyezkedik el. A területet érintő vízhiány, valamint ennek háttere és lehetséges megoldásai évtizedek óta foglalkoztatják a szakembereket.

A terület jelentős része a Kiskunsági Nemzeti Park kezelésében lévő természetvédelmi terület. A területen számos, nagy természeti értékkel bíró vizes élőhely, tó, tórendszer található, amelyek jelentős életteret biztosítanak védett madár-, hal-, növény-, kétlábú- és hüllőfajoknak.



2. ábra: A választott terület elhelyezkedése

Forrás: a szerző szerkesztése

A terület jelentősége

A vizes élőhelyek közül a felső-kiskunsági szikes tavak 1979, a Kolon-tó 1997, a felső-kiskunsági szikes puszták pedig 2006 óta a Ramsari Egyezmény hatálya alá eső védett területek, a Kiskunsági Nemzeti Park törzsterületeiként országos jelentőségű természeti területek, valamint a Natura 2000 európai uniós hálózathoz is tartoznak. A felső-kiskunsági szikes tavak a Natura 2000 hálózat különleges természetvédelmi területeihez,⁴ a felső-kiskunsági szikes puszták⁵ és a Kolon-tó⁶ pedig a különleges természetmegőrzési és madárvédelmi területeihez tartozik.

⁴ Natura 2000 2024b.

⁵ Natura 2000 2024a.

⁶ Natura 2000 2024c.

A VIZSGÁLT TERÜLET VÍZHÁZTARTÁSA

Felszíni vizek

A terület természetes vízfolyásokban szegény, mesterséges vízfolyásai közül legjelentősebb a Duna egykori mellékágából kialakított Duna-völgyi-főcsatorna, amely a térség belvizeit vezeti le.

Természetes víztestei közül említésre méltók a jellegzetes szikes tavak. Mindegyike sekély mélységű, természetes folyamatok során kialakult tó. Átlagos vízmélységük csaknem minden esetben fél méter alatti (1. táblázat), emiatt felmelegedésük intenzívebb, párolgásuk pedig nagyobb mértékű.

1. táblázat: A terület jelentős víztestjeinek egyedi adatai a VGT₃ alapján

A víztest neve	Az állóvíz kialakulása	A víz kémiai kategóriája	Mélység-kategória	Átlagmélység (m)	A víztest területe (km ²)
Böddi-szék	természetes tó	szikes	sekély	0,3	6,681
Kelemen-szék	természetes tó	szikes	sekély	0,3	4,093
Kolon-tó	természetes tó	szerves	sekély	0,6	8,969
Szabad-szállási Büdös-szék	természetes tó	szikes	sekély	0,3	1,166
Zab-szék	természetes tó	szikes	sekély	0,3	2,534

Forrás: a szerző szerkesztése

A tavak közül a Kolon-tó kivételével mind időszakos vízborítottságú, víz-visszatartásra lehetőség nem áll fent (2. táblázat), valamint vízutánpótlásuk is csak esetenként vagy nem oldható meg (3. táblázat).⁷ A tavak, tórendszerek vízpótlása az esetek túlnyomó többségében csak a csapadékból származik, éppen ezért fontos a terület csapadékviszonyainak feltárása.

⁷ OVF 2022.

2. táblázat: A terület jelentős víztesteinek
hidromorfológiai adatai a VGT₃ alapján

A víztest neve	Időszakosság	Feliszapoló adottság	Vízszint-/mélység szabályozás	Elsődleges hasznosítás
Böddi-szék	időszakos vízborítottságú	alacsony	nincs vízszinttartás	Természetvédelem – vizesélőhely-fenntartás
Kelemen-szék	időszakos vízborítottságú	alacsony	nincs vízszinttartás	Természetvédelem – vizesélőhely-fenntartás
Kolon-tó	állandó vízborítottságú	kis mértékű	van vízszinttartás	Természetvédelem – vizesélőhely-fenntartás
Szabadszállási Büdös-szék	időszakos vízborítottságú	alacsony	nincs vízszinttartás	Természetvédelem – vizesélőhely-fenntartás
Zab-szék	időszakos vízborítottságú	alacsony	nincs vízszinttartás	Természetvédelem – vizesélőhely-fenntartás

Forrás: a szerző szerkesztése

3. táblázat: A terület jelentős víztesteinek fontosabb
mennyiségi adatai a VGT₃ alapján

A víztest neve	A vízpótlás módja	A mennyiségi állapot értékelése
Böddi-szék	a tavat átszelő V. sz. csatornából esetenként kilépő belvíz	Természetes táplálás, a FEV/FAV vízmérleg egyensúlyban van, vagy csak rövidebb negatív vízmérlegű időszakok jellemzők
Kelemen-szék	nincs vízpótlás	Természetes táplálás, a FEV/FAV vízmérleg egyensúlyban van, vagy csak rövidebb negatív vízmérlegű időszakok jellemzők
Kolon-tó	belvízből vízpótlási lehetőség (III. csatorna) (gyakorlatilag nincs)	A természetes vízmérleg egyensúlyban van (romló tendenciát mutat)

A víztest neve	A vízpótlás módja	A mennyiségi állapot értékelése
Szabadszállási Büdös-szék	vízpótlása nincs	Természetes táplálás, a FEV/FAV vízmérleg egyensúlyban van, vagy csak rövidebb negatív vízmérlegű időszakok jellemzők
Zab-szék	vízpótlása nincs	Természetes táplálás, a FEV/FAV vízmérleg egyensúlyban van, vagy csak rövidebb negatív vízmérlegű időszakok jellemzők

Forrás: a szerző szerkesztése

Felszín alatti vizek

A Duna–Tisza közti hátságon a talajvíz kelet–nyugati áramlása figyelhető meg, a magasabban fekvő hátsági területekről a talajvíz a Duna felé áramlik, a folyó talajvízleszívó hatása a szintkülönbségek miatt jelentősen érvényesül.⁸ A talajvízszintek alakulását a meteorológiai elemek jelentősen befolyásolják, a vízszintek jól követik a nedves és száraz időszakokat.

Több tanulmány is foglalkozott a Duna–Tisza közének talajvízproblémáival. Csiszér Boglárka a Kolon-tó térségében végzett talajvízvizsgálatai szerint az aszályos és vízbő időszakok talajvízszintjei közötti különbségek több méteresek is lehetnek.⁹ Egy friss, az ágasegyházi-orgoványi réteken, 37 talajvízvizsgálati fúrással végzett talajvízfeltáró kutatás eredményei alapján az 1983-as évhez képest a 2022-ben tapasztalt talajvízállások jelentősen csökkentek, a különbségek helyenként az 5 métert is elérhetik.¹⁰ Valamint a 3. *Vízgyűjtő-gazdálkodási terv* is az 1970-es évektől kezdődően a talajvízszintek csökkenését állapította meg.

A terület talajvize mennyiségi szempontból jellemzően gyenge besorolású. A talajvíztükör mélysége 3–7 m között alakul. A csapadék mellett

⁸ KOVÁCS 1972.

⁹ CSISZÉR 2023.

¹⁰ Palustris Bt. 2022.

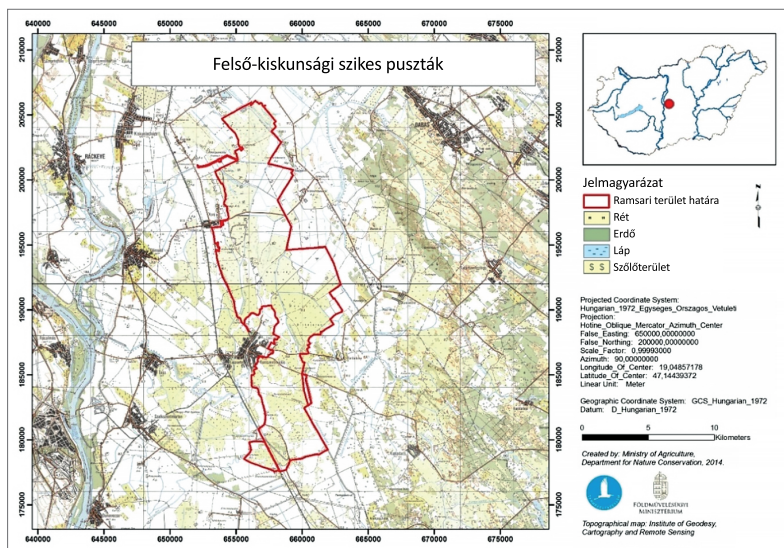
a talajvizek táplálják a terület felszíni víztesteit, így a talajvíz ingadozásai a felszíni vizeket jelentősen befolyásolják.¹¹

RAMSARI TERÜLETEK

Felső-kiskunsági szikes puszták

Földrajzi elhelyezkedés

A felső-kiskunsági szikes puszták jelentik országunk második legnagyobb területű szikes vizes- és pusztai élőhelyét. A terület a Duna vízgyűjtőjén, az Alföld nyugati részének közepén helyezkedik el, észak–déli kiterjedése körülbelül 28 km, nyugat–keleti szélessége 5-6 km (3. ábra).



3. ábra: Felső-kiskunsági szikes puszták

Forrás: Ramsar Sites Information Services 2024c

¹¹ OVF 2022.

Éghajlat

A terület száraz, mérsékeltén meleg éghajlatú. Éves csapadékösszege 530–550 mm között alakul, a nyári hónapok során az aszályos időszakok, a téli–tavaszi évszakban a jelentős csapadékbőség jellemző. Az évi középhőmérséklet 10,2–10,3 °C, a napfényes órák száma átlagosan 2000–2050 óra.¹²

Vízrajzi jellemzők

A terület a Duna árterében helyezkedik el. Az árteret keletről a magasabb fekvésű Duna–Tisza közti homokhátság határolja, a szintkülönbségek miatt jelentős felszíni és felszín alatti vízáramlás jellemző a mélyebb fekvésű terület felé. Az áramlások a talaj nátrium- és kalciumtartalmát kioldják, majd a mély területeken gyűlnek össze, a legmélyebb helyeken a felszínre törnek. A szárazabb időszakokban ezek a vizek a jelentős párolgás miatt koncentrálódnak, így alakult ki a táj mai szikes jellege.

Az 1800-as évek közepétől kezdődő Duna-töltésezéssel, valamint a terület belvízmentesítése érdekében létesített csatornahálózattal a terület vízháztartása jelentősen megváltozott. Az árvízvédelmi töltések miatt a terület folyóból történő természetes vízpótlása megszűnt, a csatornák a felszínen összegyűlő és a talajban tározott vizeket lecsapolták, ennek eredményeként a térség kiszáradt.

Természeti értékek

A terület legmeghatározóbb táji értéke a jellegzetes szikes puszták tájképe, amely életteret biztosít több védett növény- és állatfajnak is.

Növényvilágát a szikes pusztákra jellemző rövid gyepek alkotják, a vízben gazdagabb részeken a helyreállítások eredményeként egyre nagyobb területeket hódítanak meg a nádasok, amelyek természetes élőhelyet biztosítanak több madárfajnak is.

Állatfajai közül legmeghatározóbbak a pusztai és vízi madárfajok, madárállománya 20 000 egyedre tehető. A pusztai madarak közül jelentős a tűzok, hazánk populációjának körülbelül 40%-a él itt. A nedvesebb területek a vízimadarak kedvelt költő- és táplálkozóhelyei, jelentős példányszámban fellelhető a fekete gólya, a rétisas és a halászsas.¹³

¹² TARDY 2007.

¹³ TARDY 2007.

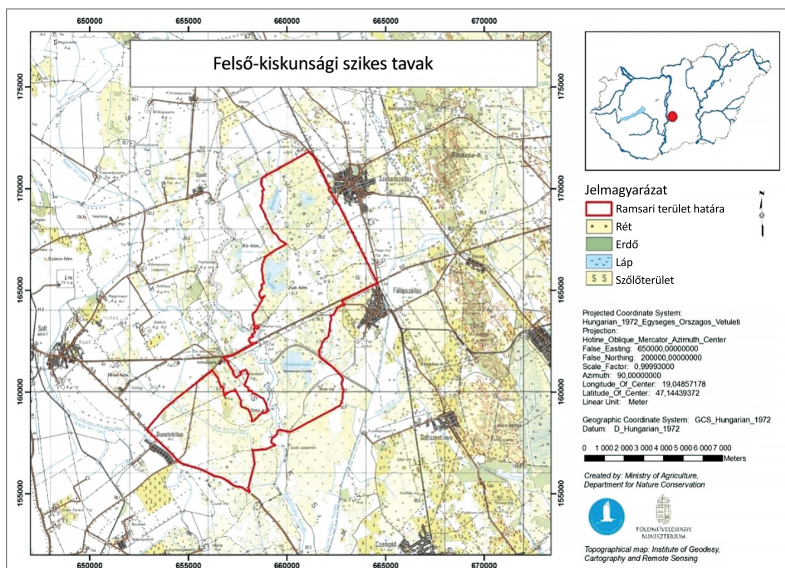
Felső-kiskunsági szikes tavak

Földrajzi elhelyezkedés

A terület a Duna vízgyűjtőjén, az Alföld nyugati részének közepén helyezkedik el, a felső-kiskunsági szikes pusztától 7 kilométerre délre (4. ábra).
Éghajlat

A tájat mérsékelt meleg és száraz éghajlat jellemezi, a napfényes órák száma az év során magas, 2050–2070 óra. Az átlagos évi hőmérséklet 10,4–10,5 °C közötti.

Az éves csapadék mennyisége 550–580 mm körül alakul. Az elmúlt két és fél évtizedben gyakran volt tapasztalható az átlag alatti csapadékmennyiség.



4. ábra: Felső-kiskunsági szikes tavak

Forrás: Ramsar Sites Information Services 2024b

Vízrajzi jellemzők

A szikes tavak kialakulásában kulcsszerepet játszik a felszín alatti, magas sótartalmú talajvíz szezonális mozgása, amely a kontinentális éghajlat hatására jött létre. A tavak vízellátása elsősorban a talajvízből és a csapadékból származik, amelyek a nagy felület miatt csak kis rétegvastagságban terjednek el. Jelenleg a felszíni vízfolyások nem járulnak hozzá a tavak vízkészletéhez, viszont a magasabb fekvésű területekről érkező felületi és felszín alatti hozzáfolyások meghatározók a tavak számára.

A szikes tavak azokon a területeken helyezkednek el, ahol a talajvíz a legközelebb van a felszínhez, vagyis ahol a tavaszi talajvíz maximumszintjekor összefüggő vízfelszín jön létre a tómedrekben. A környező, magasabb fekvésű területekről a talajvíz a tómedrek irányába mozog, ezáltal táplálva azokat.

A talajvíz rendkívül sós, a tavak észak–déli irányú tengelyében az oldott ásványianyag-tartalom átlaga körülbelül 4000–5000 mg/l. A tavak vize a kis rétegvastagság miatt követi a levegő hőmérsékletének ingadozásait, emiatt a hőmérsékleti változások markánsan érzékelhetők a vizekben. Télen a vizek gyakran teljesen befagynak, a nyári időszakokban ki is száradhatnak.

A környék sajátossága az a nyári száraz klíma, amelyben az éves csapadékmennyiség nem tudja ellensúlyozni a párolgási veszteséget. Ennek eredményeként a szikes tavak időszakos jellegűek és gyakran kiszáradnak. A vízszint évente leginkább tavasszal emelkedik, ekkor átlagosan 20–30 cm mély vízréteg alakul ki, amely főként a téli csapadékból származik. A nyári hónapokban a klíma és a kis vízmélység miatt a víz gyorsan elpárolog, és a tavak részlegesen vagy teljesen kiszáradhatnak. Az újbóli feltöltődés az őszi esőzésekkel kezdődik. A talajvízszint évente körülbelül 0,5–1 m-rel változik.

Az oldott ásványianyag-tartalom fordítottan arányos a vízszinttel: minél alacsonyabb a vízszint, annál magasabb az ásványi anyagok koncentrációja. A tavakban a talajvízből származóan nagy mennyiségű oldott só található, különösen Na⁺ és HCO₃ formájában. Ez az érték átlagosan 550–7500 mg/l között mozog, de a nyári bepárlódás miatt a 14 000–15 000 mg/l értéket is elérheti. Mindezt magas pH-érték kíséri, amely 8 és 12 között változik.¹⁴

¹⁴ TARDY 2007.

Természeti értékek

A terület természeti értékeit a jellegzetes szikes életterek és az itt élő növény- és állattársulások alkotják, amelyek közül a legjelentősebbek az országos szinten egyedülálló, de Európa vonatkozásában is ritka szikes tavak élőhelyei.

A földtani értékek közül említendő a Kis-rét. Az egykoron folyami eredetű agyag és kőzetliszt alkotta vízzáró réteg felett kicsapódó karbonát mészszipap képződik a bepárlódás során. Amikor a mészszipap kiszárad és zsugorodik, fizikai-kémiai folyamatok hatására jelenkori tavi mészkő alakul ki, míg a magnézium dominanciája esetén dolomit keletkezik. Ez a ma is zajló tavi kőzetképződés egyedülálló jelenség globális szinten is.

Növényvilágát a magasabban fekvő, érintetlen, löszös-homokos területeken a löszpusztagyepek és a homoki sztyepperétek uralják, míg a szikes, kopár felszíneket a kedvezőtlen viszonyokhoz alkalmazkodott, nagy tűrőképességű félsivatagi-sivatagi növényzet borítja. A tavakhoz közeledve a sziki társulásokat a mocsarak, nádasok, gyékényesek váltják fel, amelyek a vízimadarak számára biztosítanak kedvező költő- és táplálkozóteret. A tavak növényvilága viszonylag szegény a magas sótartalom és kémhatás miatt, csak a nagyobb tűrőképességű hínárfajok jelennek meg helyenként.

A tavak szélsőséges összetétele miatt állatvilágát is csak a magas sótartalomhoz és pH-hoz alkalmazkodott fajok alkotják. A tág tűrésű rákfélék, csigák, férgek, rovarok és ezek lárvái uralják a nyílt víztesteket, míg a parthoz közeli növényzettel borított vízterek a békaféléknek nyújtanak otthont, a legjellemzőbb faj a védett vöröshasú unka.

A sekély tavak és az ezeket körülölelő mocsaras területek kedvező életteret biztosítanak az átvonuló és fészkelő madarak számára. A nagy mennyiségű és változatos fajú madárállománya miatt a terület az elsőek között került a ramsari egyezmény védelme alá. A legjellemzőbbek a különböző vadludak, récefajok, gémfélék, amelyek közül a védett, ritka fajok száma a terület rehabilitációjának köszönhetően növekvő tendenciát mutat.¹⁵

¹⁵ TARDY 2007.

Vízrajzi jellemzők

A víztest öregedő fázisú, feltöltődő, tőzeges, benövényesedett tó, amely a Duna egykori mellékágában megmaradó vizekből jött létre. Természetes vízforrását a magasabb területekről ideáramló talajvizek és csapadékvizek jelentik. Vize a terület többi víztestéhez hasonlóan sós, lúgos, de jelentősen kisebb mértékben. A tó területe átlagosan 10 km², észak–déli irányú hossza 5,5 km, kelet–nyugati kiterjedése 1,5–2,5 km.¹⁶

Az 1900-as évek közepén létesített belvízelvezető rendszer a terület vízkészletének jelentős részét lecsapolta, ami nagy mértékű szárazodást és a tó romlását okozta. A kiszáradt mederrészeket növénytermesztésre fogták, az arra alkalmas helyeken tőzegkitermelést folytattak. Az 1960-as években a tómedret belvíztározóvá alakították, kiépített szabályozórendszerrel látták el, azonban a fokozódó talajvízszintcsökkenés a szabad vízfelületek teljes megszűnéséhez vezetett. A víztest mesterséges szabályozásokkal, beavatkozásokkal, mederkotrásokkal történő helyreállításával nyerte el mai képét.

Természeti értékek

A jelentős antropogén hatások ellenére a táj rendkívül változatos természeti értékekkel és élővilággal rendelkezik.

Növényvilága a tó déli részén a leggazdagabb, a terület védelem alá helyezése óta természetes élővilága szinte teljesen helyreállt. A szárazabb részeken gazdag rétek és kaszálók találhatók, amelyek a Duna–Tisza köztének egyik legjobb állapotú liget- és láperdejét ölelik körül. A vízben gazdag, tóhoz közeli területeken a lápos, mocsaras rétek virágos, füves társulásai dominálnak.

A déli résszel ellentétben a tó nyugati oldalát a homokbuckákkal tarkított, kopárabb, szárazabb felszín jellemzi. A terület szintje a tóéhoz képest 20–25 méterrel is magasabb. Élővilága is e körülményekhez igazodott, főleg jó szárazságtűrő fűfélékből áll.

A sokszínű terület állatvilága rendkívül gazdag. A tavi életközösség nagy számú gerinctelen-, kétéltű- és halpopulációt tart fent. Halai közül kiemelkedő jelentőségű a védett lápi póc és a szintén védett réti csík, a kétéltűek

¹⁶ TARDY 2007.

közül pedig a vöröshasú unka és a dunai tarajosgöte, amelynek magyarországi száma az európai állomány közel felét teszi ki.

Az élőhely madárállománya is rendkívül sokszínű. A szikes tavakéhoz hasonló összetételben találják meg vándorló és fészkelő madarak költő- és táplálékszerző helyüket a Kolon-tó vízi világában.

Az emlősfajok közül a legjellegzetesebb a vidra és a homokos területeket kedvelő borz.¹⁷

A VIZSGÁLATOK ELMÉLETI HÁTTERE

A csapadék területi átlaga

A csapadék területi átlaga az a csapadékmagasság mm-ben kifejezve, amely az adott területet a vizsgált időszakban egyenletesen borítaná. Legegyyszerűbb számítása a csapadékmérő állomásokon mért értékek számtani átlagának meghatározása. Ez a módszer csak akkor ad pontos eredményt, ha a mérőállomások egyenlő távolságra helyezkednek el egymástól. Ez azonban több fizikai akadályba is ütközhet. A nem megfelelő megközelíthetőség, domborzat, növényzet vagy beépítettség miatt csapadékmérők egyes helyeken nem telepíthetők.

A probléma kiküszöbölése súlyozott átlagolással történhet, amelynek egyik megoldása a Thiessen poligon módszer.¹⁸ A területi átlag meghatározásához először a mérőállomásokat hármásával összekötjük úgy, hogy az így kapott háromszögek oldalai a lehető legrövidebbek legyenek, a háromszögek csúcsait pedig az állomások alkossák. A poligonok meghatározásához a háromszögek oldalainak felezőmerőlegesét szerkesztjük, amelyek megadják a csapadékmérők körüli hatásterületek határvonalait. A poligonok területeit lemérve a

¹⁷ TARDY 2007.

¹⁸ ZSUFFA 1996.

$$C_t = \frac{\sum_{i=1}^k C_i \times A_{p,i}}{\sum_{i=1}^n A_{p,i}}$$

képlettel számolható a vizsgált terület csapadékanak területi átlaga, ahol C_i a csapadék területi átlaga, C_i az egyes csapadékmérők által mért adatok, $A_{p,i}$ pedig a C_i csapadékmérőhöz tartozó poligon területe.¹⁹

A STATISZTIKAI MINTA FELTÉTELEI

A megfigyelések során gyűjtött adatokból képzett mintának több feltételt is ki kell elégítenie. Az egyik, hogy az egymást követő megfigyelésekből származó mintaelemek függetlenek legyenek, azaz az egyes észlelt jelenségek ne befolyásolják az utánuk következő észlelt jelenséget. A másik pedig, hogy a minta elemei reprezentatívak legyenek, azaz az adatok ugyanolyan módon jellemezzék a vizsgált valószínűségi változót. Ennek érdekében két feltételnek kell teljesülnie: a megfigyelés a vizsgálni kívánt valószínűségi változóra vonatkozzon, és a megfigyelésekből keletkező minta homogén legyen, azaz minden mintaelem azonos eloszlást kövessen!²⁰

Függetlenségvizsgálat

A vizsgált adatsor független, ha az egymást követő adatok nem befolyásolják az utánuk levő mérési adatot.²¹ A függetlenség meghatározásának egyik statisztikai módszere a Kolmogorov–Szmirnov-féle kétmintás próba, amely a viszonylag kis eltéréseket is kimutatja a részminták eloszlásfüggvényei között.²²

A vizsgálathoz a mintánkból két részmintát képzünk úgy, hogy az eredeti adatsor egymás után következő elemei külön k és n részmintába kerüljenek.

¹⁹ ZSUFFA 1996.

²⁰ CSOMA–SZIGYÁRTÓ 1975.

²¹ KONTUR–KORIS–WINTER 2003.

²² REIMANN – V. NAGY 1984.

Első lépésként a k és az n részminta eloszlásfüggvényeit határozzuk meg. Ehhez a mintaelemeket nagyság szerinti sorba rendezzük. A rendezett minta elemeinek meghatározzuk az empirikus valószínűségét:

$$p_i = \frac{m}{N},$$

amelyben p_i az x_i elemhez tartozó valószínűség, m a rendezett mintaelem sorszáma, N pedig az adatsor elemeinek száma. Az x_i értékek és a kiszámított p_i valószínűségek meghatározzák az empirikus eloszlásfüggvényt.

A két részminta eloszlásfüggvényeinek legnagyobb különbségét megkeresve meghatározzuk a z értékét:

$$z = d \sqrt{\frac{k \cdot n}{N}},$$

amelyben d az eloszlásfüggvények legnagyobb különbsége, k és n a két részminta elemszáma, N pedig a teljes minta elemszáma.

A függetlenség valószínűségét a

$$p = 100[1 - L(z)]$$

képlettel számítjuk, ahol $L(z)$ a Kolmogorov-féle eloszlásfüggvény z értékéhez tartozó függvényérték.²³

A hazai gyakorlat alapján, ha a kapott p valószínűség nagyobb, mint 70%, a vizsgált minta függetlennek tekinthető, ha kisebb, mint 30%, nem független, 70% és 30% között a minta függetlensége kétes. Ezek a feltételezések a többi vizsgálati módszerre is érvényesek.²⁴

Homogenitásvizsgálat

Az adatsor akkor homogén, ha a mérési adatok ugyanazon eloszlásból származnak.

²³ KONTUR–KORIS–WINTER 2003.

²⁴ ZSUFFA 1997.

A függetlenségvizsgálathoz hasonlóan a homogenitás vizsgálata is végrehajtható a Kolmogorov–Szmirnov-féle kétmintás próbával. A homogenitásvizsgálathoz a vizsgált adatsort leggyakrabban középen vagy adathiánynál az idősor törésénél kettéosztjuk, és az így képzett két adatsor eloszlásfüggvényeit vetjük össze.

Első lépésként a k és az n részminta eloszlásfüggvényeit határozzuk meg. Ehhez a mintaelemeket nagyság szerinti sorba rendezzük. A rendezett minta elemeinek meghatározzuk az empirikus valószínűségét:

$$p_i = \frac{m}{N},$$

amelyben p_i az x_i elemhez tartozó valószínűség, m a rendezett mintaelem sorszáma, N pedig az adatsor elemeinek száma. Az x_i értékek és a kiszámított p_i valószínűségek meghatározzák az empirikus eloszlásfüggvényt.

A két részminta eloszlásfüggvényeinek legnagyobb különbségét megkeresve meghatározzuk a z értékét:

$$z = d \sqrt{\frac{k \cdot n}{N}},$$

amelyben d az eloszlásfüggvények legnagyobb különbsége, k és n a két részminta elemszáma, N pedig a teljes minta elemszáma.

A homogenitás valószínűségét a

$$p = 100[1 - L(z)]$$

képlettel számítjuk, ahol $L(z)$ a Kolmogorov-féle eloszlásfüggvény z értékéhez tartozó függvényérték.²⁵ A függetlenségvizsgálathoz hasonlóan, ha a kapott p valószínűség nagyobb, mint 70%, a vizsgált minta homogénnek, ha kisebb, mint 30%, inhomogénnek tekinthető, 70% és 30% között pedig a minta homogenitása kétes.²⁶

²⁵ KONTUR–KORIS–WINTER 2003.

²⁶ ZSUFFA 1997.

TRENDSZÁMÍTÁS

A trend az idősorban a hosszú idő alatt jelentkező tendenciát jelenti.²⁷ A trendszámítás célja megtalálni azt a görbét, amely a vizsgálni kívánt adatsorra a legjobban illeszkedik. Amikor egy koordináta-rendszerben egy görbe körül szétszórt pontok alapján szeretnénk meghatározni a pontok közötti legmegbízhatóbb függvénykapcsolatot, az elvárás az, hogy a pontok szóródása a görbe körül minimális legyen.²⁸ Ennek megoldására a legkisebb négyzetek módszerét alkalmazzuk.

A módszer lényege, hogy megtaláljuk azt a görbét, amelyet az adatsorra tudunk illeszteni úgy, hogy a mért adatok és az ezekből számított görbe közötti különbség négyzetösszege minimum legyen,²⁹ azaz az adatsor adatai és a görbe közötti különbség a lehető legkisebb. Trendszámításnál a vizsgált jelenség egyirányú változását, azaz növekvő, csökkenő vagy stagnáló jellegét keressük. Ennek érdekében az $y=ax+b$ egyenest illesztjük a mintára, amelynek paramétereit a mintaelemekből határozzuk meg.

A vizsgálathoz meghatározzuk a minta korrelációs együtthatóját, valamint x és y szórásait:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum (y - \bar{y})^2}{n}},$$

ahol x_i az egyes mérések időpontjai, y_i az x_i -hez tartozó mért érték és $\bar{x}$ az x és $\bar{y}$ átlagai, n pedig a minta elemszáma.

²⁷ REIMANN – V. NAGY 1984.

²⁸ CSOMA-SZIGYÁRTÓ 1975.

²⁹ KONTUR-KORIS-WINTER 2003.

A fentiekből az egyenes paraméterei az alábbiak szerint számíthatók:

$$a = r \frac{S_x}{S_y}$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x},$$

amelyekből a keresett egyenes egyenlete a

$$y = r \frac{S_x}{S_y} x + \bar{y} - r \frac{S_x}{S_y} \bar{x}$$

képlettel számolható.³⁰

A CSAPADÉK ÉVEN BELÜLI ELOSZLÁSÁNAK VÁLTOZÁSA

A csapadék éven belüli eloszlása időbeli változásának vizsgálatához rendhagyó módszert alkalmaztam. A választott eljárás nemcsak a változásokról ad információt, de egyszerű módszerrel, könnyen érthető módon, grafikusan jeleníti meg a csapadék éves menetének változásait.

A vizsgálathoz egy háromdimenziós felületmodell létrehozására van szükség, amelynek x koordinátái az egyes hónapokat, y koordinátái az éveket, z koordinátái pedig a havi csapadékösszegeket jelölik. A felületmodell elkészítéséhez egy rácshálóra van szükség, ahol az oszlopok az év 12 hónapját, a sorok pedig az éveket jelentik. A rácsháló rácspontjainak z koordinátáihoz az adott évhez és hónaphoz tartozó havi csapadékösszegeket kell rendelni. Az így kapott három térbeli dimenzióval rendelkező rácspontokra digitális módszerrel, lineáris interpoláció segítségével szerkeszthető a háromdimenziós felület³¹ (14. ábra).

³⁰ REIMANN – V. NAGY 1984.

³¹ GIMESI 2006.

A CSAPDÉKADATOK ELEMZÉSÉNEK MENETE

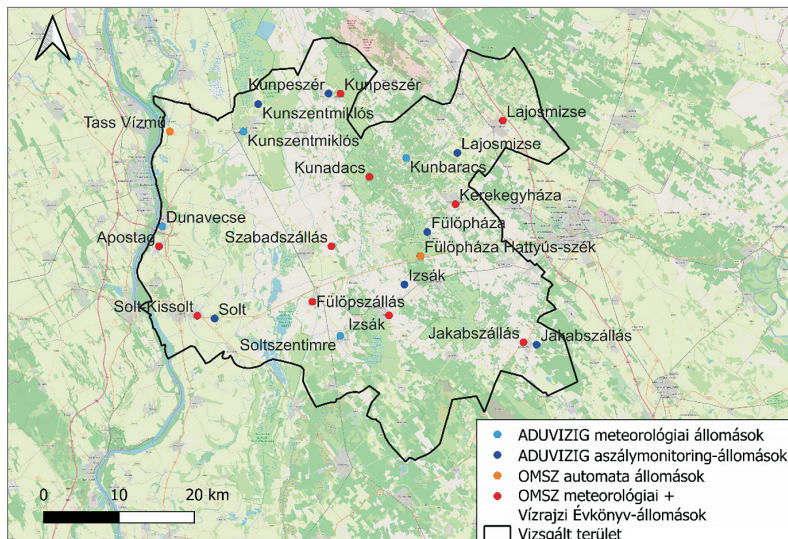
A vizsgálatok során felhasznált adatok

A dolgozat megírása során a vizsgálatokhoz szükséges csapadékadatsorokat, térinformatikai adatokat és térképeket az Alsó-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság (ADUVIZIG) és az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) biztosította, valamint a *Vízrajzi Évkönyvek*ből szereztem be.

Az adatok elsődleges feldolgozása

Az adatbeszerzés során gyűjtött adatok nyers adatok, a mérési hibák, adathiányok nincsenek korrigálva, pótolva. Így elsődleges feladatom a hibás adatsorok javítása, a hiányos adatok kiegészítése, hogy a vizsgálatokhoz megfelelő minőségű adatsorokat nyerjek.

Első lépésként a vizsgálatokhoz használt, a területre eső mérőállomások hálózatát kellett meghatároznom. Ehhez a QGIS programot használtam. Az ADUVIZIG-től kapott területfájl és a mérőállomások helyeit tartalmazó fájl betöltöttem a programba, ezután a mérőállomásokat a terület alapján szűrtem. Az OMSZ, illetve a *Vízrajzi Évkönyvek* mérőállomásainak helyeit manuálisan vittem be a rendelkezésre álló koordináták alapján, a területre való szűrést ezen esetben már előzetesen, az adatgyűjtés során végeztem, így ezekkel nem volt több dolgom. Az így készített állomáshálózatot a 6. ábra mutatja, a további műveleteket már csak ezen állomások adatsoraira végeztem.



6. ábra: A vizsgálatokhoz felhasznált mérőállomások

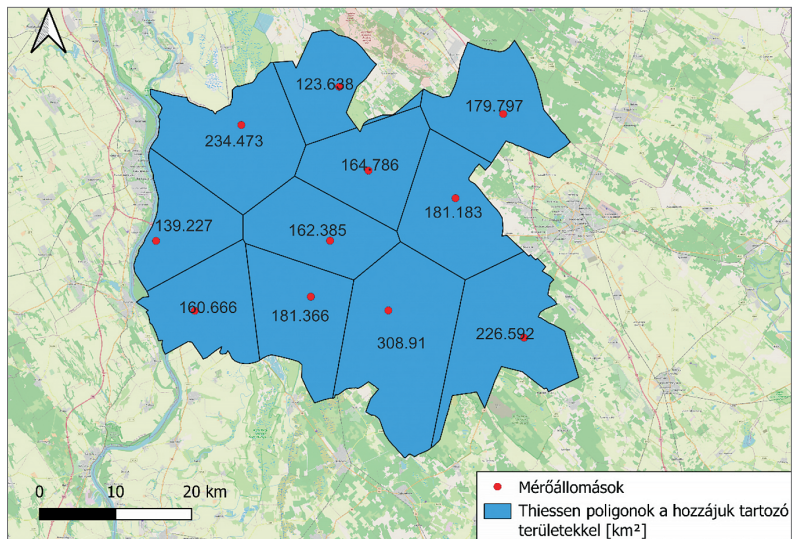
Forrás: a szerző szerkesztése

A továbbiakban az állomási adatsorokat vizsgáltam. Hibás adatsort nem találtam, azonban több állomás adatsora tartalmazott 1-1 napos adathiányokat. Ezen hiányok pótlására egyszerű módszert alkalmaztam. Az adathiányos nap csapadékösszegét az azt megelőző és követő nap csapadékmennyiségeinek átlagával állítottam elő.

Statisztikai vizsgálatok

Az adatok előkészítő feldolgozását követő statisztikai vizsgálatokhoz az állomások havi és éves csapadékösszegeit használtam, ehhez a napi adatok megfelelő összegzésére volt szükségem. A vizsgálatokhoz a havi és az éves csapadékösszeget, valamint a havi és éves csapadékos napok számát határoztam meg.

Az állomási havi és éves adatsorokból területi átlagot képeztem, amelyet Thiessen poligon módszerrel végeztem el. Ehhez a QGIS megfelelő parancsát alkalmaztam. .



7. ábra: Példa a terület Thiessen poligonokra osztására

Forrás: a szerző szerkesztése

A parancs a mérőállomások alapján *A csapadék területi átlaga* alfejezetben ismertetett módszerrel a vizsgált területet részterületekre osztja, amire példa a 7. ábrán látható. A csapadékátlagokat az állomások adatainak az adott állomáshoz tartozó részterületekkel súlyozott átlagából képeztem.

A statisztikai vizsgálatokat a képzett átlagok idősoraira végeztem el, amiben az Excel XLSTAT bővítménye nyújtott segítséget. A függetlenség- és homogenitásvizsgálatokhoz az adatsorokat a *Függetlenségvizsgálat* és a *Homogenitásvizsgálat* alfejezetben ismertetett módon részmintákra osztottam, majd az XLSTAT Kolmogorov–Szmirnov-féle kétmintás próba parancsával meghatároztam a függetlenség és a homogenitás valószínűségét. A *Függetlenségvizsgálat* alfejezetben ismertetett valószínűségi értékek alapján nem voltak tapasztalhatók inhomogén és nem független adatsorok. Az éves és havi adatsorok ezek alapján alkalmasak a további elemzések elvégzésére.

Trendvizsgálat

A csapadék mennyiségének időbeni változásait trendvizsgálattal végeztem. A csapadékidősorokra az Excel a *Trendszámítás* alfejezetben ismertetett legkisebb négyzetek módszerével automatikusan illeszti a legpontosabb trendvonalat. A trendvizsgálatot elvégeztem az éves csapadékösszegekre, az évszakos csapadékösszegekre és az egyes hónapok csapadékösszegeire is. Az idősorokban fellépő egyirányú tendenciák elemzésére lineáris trendet alkalmaztam, míg a változások részletesebb detektálására 10 éves mozgó átlagolást is használtam. A mennyiségi változások eredményei a 8. és a 12–13. ábrán láthatók.

A mennyiségi változások mellett a rendelkezésre álló adatokból lehetőségem volt meghatározni az éves csapadékos napok számát és ezek változását is, amelyet a 9. ábra szemléltet.

A lineáris trendek mellett feltüntettem a 10 éves mozgó átlagolással kapott trendvonalakat is, amelyekkel a vizsgált időszakon belüli kisebb változások is jól kimutathatók voltak.

Eloszlásvizsgálat

A vizsgálatot *A csapadék éven belüli eloszlásának változása* alfejezetben ismertetett módon végeztem el, amelynek végrehajtásában az Autodesk Civil 3D program volt segítségemre. Első lépésként a vizsgálni kívánt átlagos havi csapadékösszeg idősornak megfelelő, 12 oszlopból és 58 sorból álló, tetszőleges kiosztású rácshálót szerkesztettem.

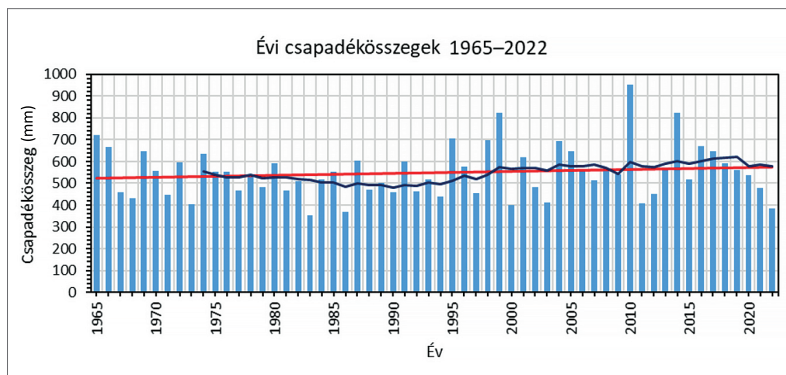
Az elkészített rácsháló rácsponti x és y koordinátájához z koordinátaként az adott évhez és hónaphoz tartozó havi csapadékösszeget rendeltem, így egy olyan ponthálózatot kaptam, amelynek a pontjaihoz tartozó x koordináták az adott hónapot, az y koordináták az évet, a z koordináták pedig az ezeknek megfelelő csapadékösszeget jelölik.

A továbbiakban az előzők során kapott ponthálózatra a program segítségével egy háromdimenziós felületet szerkesztettem, amely a meglévő pontok közötti teret lineáris interpoláció segítségével tölti ki. A felületet az értelmezhetőség miatt szintvonalasan ábrázoltam, ahol a sárga szín a leg-

alacsonyabb, a sötétkék pedig a legmagasabb értékeket mutatja (14. ábra). A színskála beosztása 10 mm-enként történt, ami alól kivétel a 11. kategória, mivel a 100–180 mm közé eső adatok kevesebb mint 10%-át teszik ki az összes adatnak.

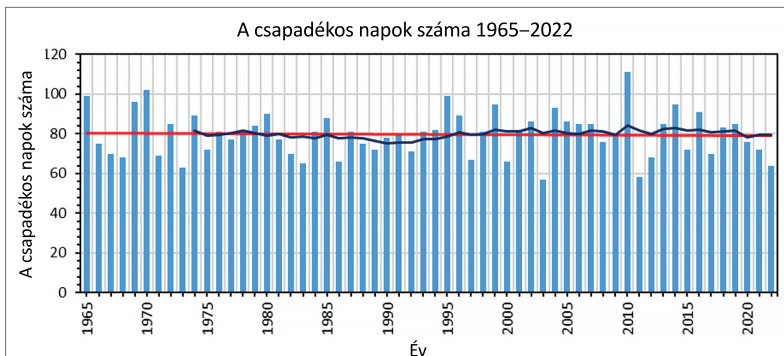
EREDMÉNYEK, KÖVETKEZTETÉSEK

A dolgozat során elvégzett vizsgálatok alapján elmondható, hogy a csapadék-eseményekben jelentkező negatív mennyiségbeli változás éves szinten nem volt tapasztalható a vizsgált területen. A csapadék éves összegeinek alakulása a feltételezett csökkenéssel ellenkezően a vizsgált időszak kezdete óta növekedett, ami az éves csapadékösszeg idősorára állított trendvonalak alapján jól meghatározható (8. ábra). Ez alapján kijelenthető, hogy a terület vízháztartása az éves csapadék mennyiségének szempontjából – legalábbis napjainkig – nem veszélyeztetett. Ezen feltételezés ugyanúgy igaz a csapadékos napok éves számára is, a trendelemzések alapján ugyanis e tényezőben változás nem történt (9. ábra).



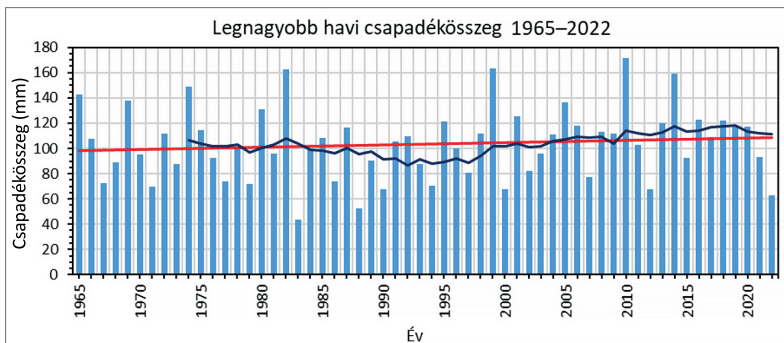
8. ábra: Éves csapadékösszegek lineáris trenddel és 10 éves mozgó átlaggal

Forrás: a szerző szerkesztése

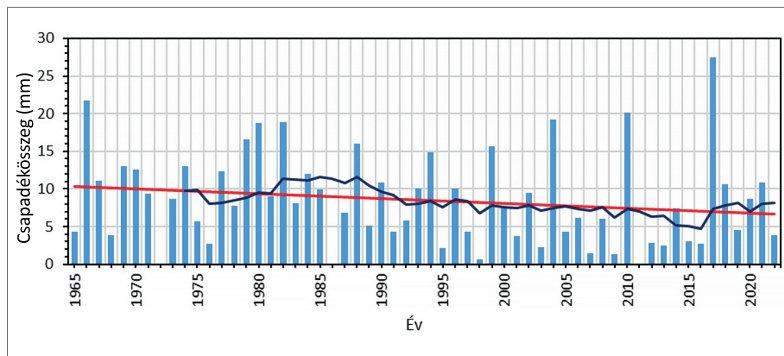


9. ábra: A csapadékos napok száma lineáris trenddel és 10 éves mozgó átlaggal
Forrás: a szerző szerkesztése

A havi és évszakos csapadékváltozások vizsgálatának eredményeiből kapott részletesebb képből már más következtetések vonhatók le. Az évenkénti legnagyobb és legkisebb havi csapadékösszegeket összevetve a maximumok növekedése és a minimumok csökkenése tapasztalható, ami a szélsőségek fokozódására enged következtetni. Bár a csapadékos napok számában változás nem történt, ezen két diagram alapján feltételezhető, hogy az éves csapadékösszeg egyre rövidebb időtartamú, de nagyobb mennyiségű csapadékhullás eredménye (10–11. ábra).

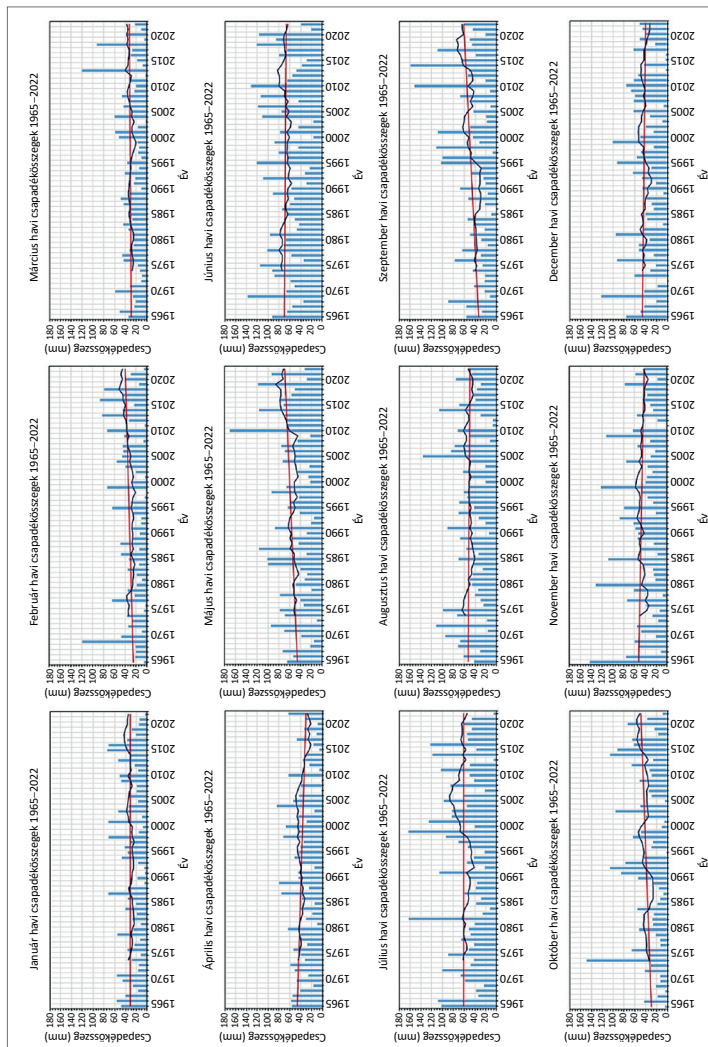


10. ábra: Legnagyobb havi csapadékösszegek
lineáris trenddel és 10 éves mozgó átlaggal
Forrás: a szerző szerkesztése

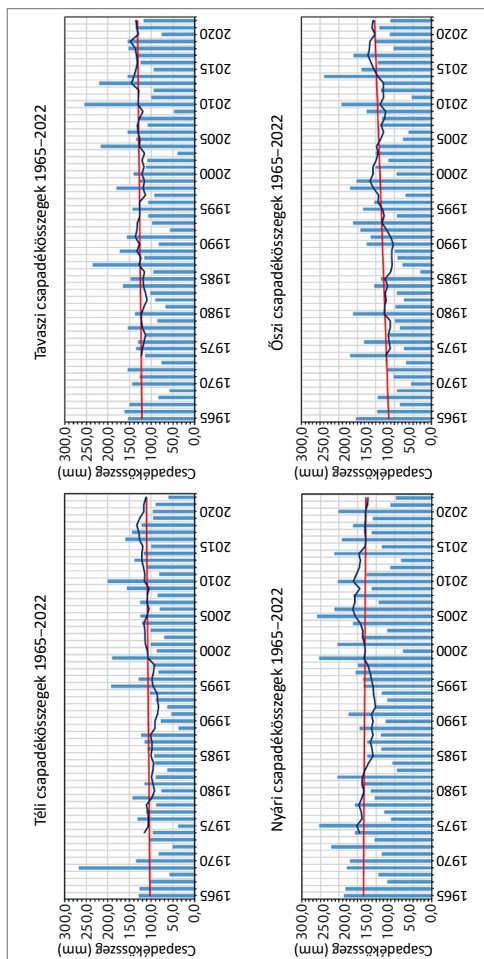


11. ábra: Legkisebb havi csapadékösszegek lineáris trenddel és 10 éves mozgó átlaggal
 Forrás: a szerző szerkesztése

A havi és évszakos változásokat vizsgálva látható, hogy a nyári évszak csapadékmennyisége a vizsgált időszak alatt csökkent, ezzel párhuzamosan a téli, tavaszi és őszi csapadékösszegek nőttek (12–13. ábra). A nyári csapadékhány jelenleg is problémát jelent, a vizes élőhelyek szárazodása, a tavak időszakos kiszáradása a korábbi időszakokban is bekövetkezett már. Az évszak csapadékmennyiségének csökkenése a szárazodás fokozódását, a vízi és vizesélőhelyek romlását, hosszú távon teljes pusztulását okozhatja. Ugyanakkor a túlzott csapadékbőség sem előnyös. Az elöntött száraz területek tartós vízborítottsága kedvezőtlen feltételeket teremt mind a vegetáció, mind az állatvilág számára, az esetleges fenntartási és kezelési munkákat gátolja, nem mellesleg jelentős károkat okoz a mezőgazdaság számára is.

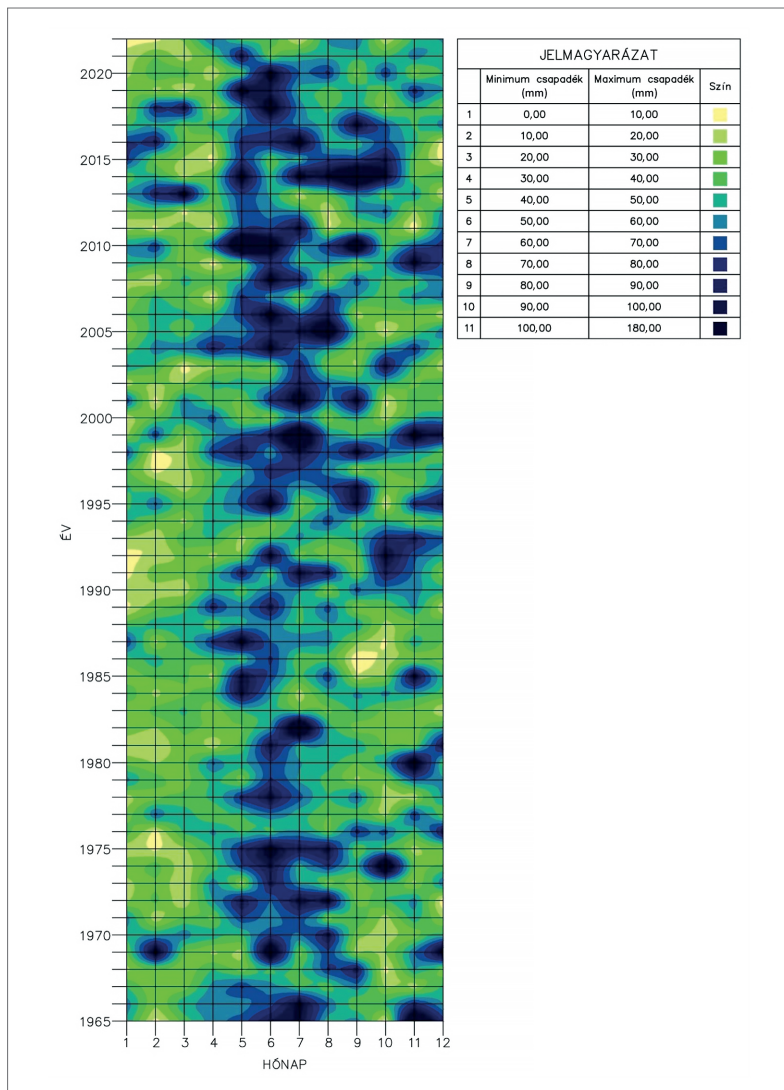


12. ábra: Január–december hónap csapadékösszege lineáris trenddel és 10 éves mozgó átlaggal
 Forrás: a szerző szerkesztése



13. ábra: Évszakos csapadékösszegek lineáris trenddel és 10 éves mozgó átlaggal

Forrás: a szerző szerkesztése



14. ábra: A csapadék éven belüli átrendeződése 3D felületmodellen ábrázolva

Forrás: a szerző szerkesztése

A csapadékhullás éves menetének megváltozása a 14. ábrán is jól megfigyelhető. A vizsgált időszak elején tapasztalható, jellemzően téli és tavaszi minimumokkal, valamint nyári és őszi maximumokkal rendelkező éveket az 1990-es évektől kezdődően egyre szabálytalanabb elrendeződésű évek váltják. A felboruló elrendeződés a vizsgált időszak utolsó 20 évében egyre fokozottabban figyelhető meg. A téli és tavaszi nagy mennyiségű csapadék egyre gyakrabban jelenik meg az évek során, aminek következtében a hazánkban uralkodó klímaviszonyokra jellemző éves csapadékminta fokozatosan eltűnni látszik.

Mivel a terület természetes vízpótlása a csapadékból származik, a talajvíz mennyisége is ezen elemtől függ, így a csapadék éven belüli eloszlásának változása jelentős hatással lehet a talajvízkészletekre. A száraz időszakokban a talajban tározott víz mennyisége jelentősen lecsökken, csapadékból időszakokban pedig telítődik a talaj. A tartós, nagy mennyiségű csapadékot a talaj már nem képes felvenni, a többletvíz nem képes akkumulálódni, a felszínen összegyűlő csapadékvíz elpárolog vagy elfolyik a területről. A tározódás jellemzően az őszi és a tavaszi időszakban történik, vízhiány pedig nyáron alakul ki. A feltárt évszakos tendenciák alapján az őszi és tavaszi csapadékösszegek növekedésével a fentiek figyelembevételével feltételezhető, hogy a vízvesztés fokozódik, ami a talajban tározott vízkészletek folyamatos csökkenését okozza.

Az eredmények alapján elmondható, hogy a jelen- és jövőbeni vízhiány oka feltételezhetően nem a csapadék mennyiségének csökkenése, hanem éven belüli átrendeződése lehet. A vízkészletek csökkenésében jelentős szerepet játszik a hőmérséklet és a párolgás mennyisége is, amelyek szintén romló tendenciát mutatnak. Az országos középhőmérsékletek 1901-től 2016-ig $1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot emelkedtek, az emelkedés üteme 1981-től fokozódott, ezen időszakban a növekedés $1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. A növekvő tendenciák minden évszakot érintenek, a tavaszi hőmérséklet-növekedés $+1,27$, a nyári $+1,2$, az őszi $+0,83$, a téli pedig $+0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ az 1901–2016-os időszakban, amely 1981-től szintén jelentős mértékben fokozódik.

A hőmérsékletek lehetséges változásait klímamodellek segítségével is vizsgálták a 2071-től 2100-ig terjedő időszakra az 1961–1990-es közép-hőmérsékletekhez képest, amelyek az átlaghőmérsékletek további

emelkedését vetítik előre mind éves, mind évszakos szinten. A feltételezett emelkedés éves átlagban a $+3-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot is elérheti a referenciaként vett időszakhoz képest, amellyel hasonló ütemben feltételezhető a párolgás növekedése is.³²

Báder László Kecskemét körüli, 1981–2020-ig terjedő kutatásai a nyári átlaghőmérsékletek növekedése mellett ($+2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) a párolgás növekedését ($+10\text{ mm}$) mutatták ki, amelyek szintén a terület vízmennyiségeinek csökkenésére engednek következtetni.³³

A vízkészletek fokozódó csökkenése megfelelő beavatkozások nélkül a terület veszélyeztetett vizesélőhelyeinek további romlását, teljes pusztulását idézheti elő, valamint a térség gazdasági helyzetére is korlátozó tényezőként hat.

A romló tendenciák miatti jövőbeli vízkárok megelőzése érdekében egy összetett, vízvisszatartó és vízelvezető rendszer kiépítése megoldást jelenthet, amellyel a nagy csapadékú belvizes időszakok káros vizeit megfelelően lehet elvezetni, amellett, hogy a bekövetkező aszályos időszakokra történő vízvisszatartás is egy időben teljesül. Remélem, hogy a tanulmányban feltárt eredményekkel hozzájárulhattam az egyébként is kockázatos, nemzetközi jelentőségű védett területek további, megfelelő állapotú fennmaradásához.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- BÁDER László (2023): Magyarország vízmérlege és az éghajlatváltozás. *Hidrológiai Közlöny*, 103(1), 4–16. Online: <https://doi.org/10.59258/hk.10410>
- CSISZÉR Boglárka Katica (2023): *Felszín alatti vizek monitorozása és modellezése a Kolon-tó vízgyűjtőterületén*. Szakdologozat. Baja: Nemzeti Közszerzői Egyetem Vízstudományi Kar. Online: <http://hdl.handle.net/20.500.12944/21957>
- CSOMA János – SZIGYÁRTÓ Zoltán (1975): *A matematikai statisztika alkalmazása a hidrológiában*. Budapest: Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet.
- GIMESI László (2006): A csapadékváltozás tendenciái Magyarországon. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 10(3), 1–10. Online: <https://journal.uni-mate.hu/index.php/aak/article/view/1819>

³² KOC SIS 2018.

³³ BÁDER 2023.

- KOCSIS Károly szerk. (2018): *Magyarország Nemzeti Atlasza*. Budapest: MTA CSFK Földrajztudományi Intézet.
- KONTUR István – KORIS Kálmán – WINTER János (2003): *Hidrológiai számítások*. Gödöllő: Linograf.
- KOVÁCS György (1972): *Talajvízkérdések a mezőgazdasági vízgazdálkodásban*. Budapest: Tankönyvkiadó.
- Natura 2000 (2024a): *Felső-kiskunsági szikes puszták és turjánvidék*. Online: <https://natura.2000.hu/hu/teruletek/hukn10001>
- Natura 2000 (2024b): *Felső-kiskunsági szikes tavak és Miklapusztá*. Online: <https://natura.2000.hu/hu/teruletek/hukn20009>
- Natura 2000 (2024c): *Izsáki Kolon-tó*. Online: <https://natura.2000.hu/hu/teruletek/hukn30003>
- OVF (2022): *Magyarország vízgyűjtő-gazdálkodási tervének második felülvizsgálata*. Budapest: Országos Vízügyi Főigazgatóság. Online: <https://vizeink.hu/vizgyujto-gazdalkodasi-terv-2019-2021/vgt3-elfogadott/>
- PÁLFAI Imre (2003): A vízháztartás helyzete és a vízgazdálkodás fejlesztési lehetőségei a Duna–Tisza közti Homokhátságon. *Hidrológiai Közöny*, 83 (4), 251–253. Online: https://matarka.hu/klikk.php?cikkmutat=170515&mutat=http://apps.arcanum.hu/app/hidrologia/view/HidrologiaiKozlony_2003/?pg=204&layout=s
- Palustris Bt. (2022): *Talajvízszint és talajvízáramlási viszonyok jellemzése Natura 2000 területeken*. Kutatási jelentés. Kiskunsági Nemzeti Park Igazgatóság VFKF 18-1/2022 megbízási szerződés.
- Ramsar Sites Information Services (2024a): *Lake Kolon at Izsák*. Online: <https://rsis Ramsar.org/ris/902>
- Ramsar Sites Information Services (2024b): *Upper Kiskunság Alkaline Lakes*. Online: <https://rsis Ramsar.org/ris/187>
- Ramsar Sites Information Services (2024c): *Upper Kiskunság Alkaline Steppes*. Online: <https://rsis Ramsar.org/ris/1646>
- REIMANN József – V. NAGY Imre (1984): *Hidrológiai statisztika*. Budapest: Tankönyvkiadó.
- TARDY János szerk. (2007): *A magyarországi vadvizek világa. Hazánk Ramsari területei*. Pécs: Alexandra.
- ZSUFFA István (1996): *Műszaki Hidrológia I*. Budapest: Műegyetemi.
- ZSUFFA István (1997): *Műszaki Hidrológia II*. Budapest: Műegyetemi.