

Határainkon túl eredő vízkészleteink 1981-2020 közötti változásának integrált elemzése

Báder László¹, Iritz László², Nagy Eszter Dóra¹, Négyesi Klaudia¹, Szalay Miklós^{† 3}

¹ Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék. 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3, K épület magASFöldszint 12. (e-mail: laszlo.bader@edu.bme.hu, nagy.eszter@emk.bme.hu, negyesiklaudia@edu.bme.hu)

² VIZITERV Environ Nonprofit Kft., 1012 Budapest, Kuny Domokos utca 13-15. (e-mail: iritz.laszlo@environ.hu)

³ Országos Vízügyi Főigazgatóság, 1012 Budapest, Márvány utca 1/D. † Elhunyt 2024. december 24-én

DOI:10.59258/hk.19230



„Szalay Miklós emlékére”

Kivonat

Magyarország felszíni vízkészletének döntő mennyisége, mintegy 90%-a, a határainkon túli vízgyűjtőkön ered. A határszelvények vízhozamát elemezve az 1981-2020 időszakban kimutatható, hogy a beérkező oldalon a Dráva éves átlagos vízhozama nőtt, míg a Duna, valamint a Tisza és mellékfolyóinak vízhozama csökkent. A Tisza-vízgyűjtőnek – vagyis a Tisza és főbb mellékfolyóinak – az 1981-2010 időszakban hazánkba beérkező vízhozama 957 m³/s volt, míg a 2011-2020 évek átlaga csak 690 m³/s értéket ért el. A Duna esetében ezen a paraméterek értéke 2 068, illetve 1 899 m³/s volt. A kilépő oldalon a Tisza vízhozama csökkenést mutat, vízhozama 855 m³/s volt az 1981-2010 időszakban, míg a 2011-2020 évek átlaga csak 785 m³/s. Összesítve a Duna vízgyűjtőjén a csapadék és a párolgás az ECMWF ERA5-Land hidrometeorológiai adatai szerint egyaránt nőtt. A párolgás átlagos havi értéke 1961 és 1990 között csak júliusban haladta meg a csapadék nagyságát. 1991-2020 között már áprilisban és májusban is megközelítette a csapadék értékét, és minden nyári hónapban pedig meghaladta azt. Az éves átlagos csapadékmennyiség nem lett kevesebb, de áprilisban csökkent, ősszel nőtt. Összehasonlítva a lefolyás vízrajzi adatok alapján mért változásait a hidrometeorológiai adatokból vízmérleg alapján számolt értékekkel (csapadék - párolás ≈ lefolyás) megállapítható, hogy mindkettő jól jelzi a kedvezőtlen változásokat a Tisza vízgyűjtőjén. A tények ismeretében különös figyelmet kell fordítani a határszelvényeken keresztül hazánk területére belépő vízmennyiségek alakulására és hasznosítására. Emellett erőfeszítések szükségesek a hazai csapadék felszíni lefolyásának lassítása, beszívargásának elősegítése érdekében is.

Kulcsszavak

Vízhozam, vízmérleg, vízkészlet-gazdálkodás, határszelvények, határon túli vízgyűjtők, éghajlatváltozás.

Water resources changes in Hungary between 1981-2020 based on an integrated analysis of hydrographic and hydrometeorological data

Abstract

The majority of Hungary's surface water resources, about 90%, originates from watersheds beyond the country's borders. Analysing the water discharge series recorded in the river border cross-sections recorded during the period 1981-2020, it can be seen that the yearly mean values in the Dráva river have increased, while in the Danube and the Tisza rivers and also its tributaries have decreased. The yearly mean water discharge of the Tisza catchment - i.e. the Tisza and its main tributaries together - reached 957 m³/s, while the same parameter for years 2011-2020 stayed at 690 m³/s. In the case of the Danube, the values of these parameters were 2 068 and 1 899 m³/s, respectively. Similar characteristics in the Tisza downstream boarder cross section (where the flow enters Serbia) was 855 m³/s in the period 1981- 2010, while for the years 2011-2020 was only 785 m³/s. Precipitation and evaporation both increased in the Danube watershed based on ECMWF ERA5-Land hydrometeorological data. The average monthly evaporation values for 1961-1990, exceeded the precipitation amount only in July, while during the period 1991-2020, already approached the precipitation value in April and May, and exceeded it in every summer month. The average annual rainfall decreased in April and increased in autumn. By comparing the changes in runoff measured in hydrometric cross-sections with the values calculated on water balance derived from hydrometeorological data (precipitation - evaporation ≈ runoff), it can be concluded that both clearly indicate unfavourable changes in the water resources of Tisza basin. Acknowledging this fact, special attention to be paid to the development and utilization of the water resources entering the country territory. In addition, efforts should be made to store the precipitation falling within the country's boarder and facilitate its infiltration into the soil.

Keywords

Water flow, water balance, water resource management, border sections, transboundary watersheds, climate change.

BEVEZETÉS

A Magyar Hidrológiai Társaság XL. Vándorgyűlésén, 2023-ban Győrben, a vízkészlet-gazdálkodás szekcióban két előadás foglalkozott Magyarország vízmérlegének alakulásával (Báder és Négyesi 2023, Szalay és társai 2023). A szerzők a vízkészletek és hidrometeorológiai adatok

elemzését egy közös vizsgálatban folytatták, amelynek részeredményeit 2024-ben a XLI. Vándorgyűlésen, Szolnokon be is mutatták (Báder és társai 2024). Jelen tanulmány a Vándorgyűlésen elhangzott javaslatok és a szerzők által szükségesnek tartott további elemzések alapján került kidolgozásra.

A 2022-ben beköszöntött aszály súlyosabb volt és hosszabb ideig tartott, mint a 2012-es szárazság, vagy bármely más aszályos időszak 1951 óta. Visszatekintve, a Tisza zárhonyi szelvényében 1951-ig, összesen 5 évet találunk, ahol egyáltalán előfordult $90 \text{ m}^3/\text{s}$ -nál kisebb júliusi-augusztusi vízhozam, és ezen aszályos időszakok sohasem haladták meg a 25 napot, sőt általában lényegesen rövidebb voltak. A vízkészletekben beálló változásokat szemléltető példát szolgáltat a két aszályos év (2012 és 2022) július-augusztusi időszakában számított napi vízhozamok összehasonlítása is. Míg 2012-ben a jelzett két hónapban a $90 \text{ m}^3/\text{s}$ -ot, vagyis a tiszalöki és kiskörei öntöző főcsatornákon keresztül kivezendő vízmennyiségnél kisebb középvízhozamú napok száma Záhonynál huszonöt volt, addig 2022-ben ezen napok száma már elérte a negyvenhármát.

A Duna és Tisza hazánkon túli vízgyűjtőinek összterülete meghaladja a háromszázezer km^2 -t, vagyis valamivel több mint háromszorosa hazánk területének. Viszont folyóink vízkészletének mintegy 90%-a határainkon túli vízgyűjtőkről származik. Az eltolódás oka, hogy a felső vízgyűjtők magasabb régiókban találhatók, ahol sűrűbb a vízfolyáshálózat, a csapadék felülmúlja a párolgást, és a meredek lejtőkön kisebb a felszíni vizek beszivárgása. Következésképpen, vízkészlet-gazdálkodásunkban különös figyelmet kell fordítani a hazánk területére belépő vízmennyiségek alakulására, melynek nyomon követéséhez nagy segítséget nyújt a magyar vízrajzi szolgálat által gyűjtött adatok egységes vízrajzi adatbázisa (URL2). Ugyanakkor, a határainkon túli felső vízgyűjtőkön történő és tervezett vízhasználatokról csak korlátozott adatokkal rendelkezünk. Az 1970-es években a Tiszavölgyi ún. „Ötoldali Együttműködés” kölcsönös tájékoztatást szolgáló, és még ma is széleskörben hivatkozott vízhasználati adatszámai mára már teljesen elvesztették információértéküket. A 2024-ben indult nemzetközi „Danube

Water Balance” (Duna Vízmérleg) INTERREG projekt (URL1) lehetőséget ad vízmennyiségek becslési módszereinek és készlet adatainak bizonyos összevetésére. Mindemellett, a vízkészlet-gazdálkodást érintő együttműködések felújítása – ideértve a határvízi kereteket is – rendkívül időszerűvé vált.

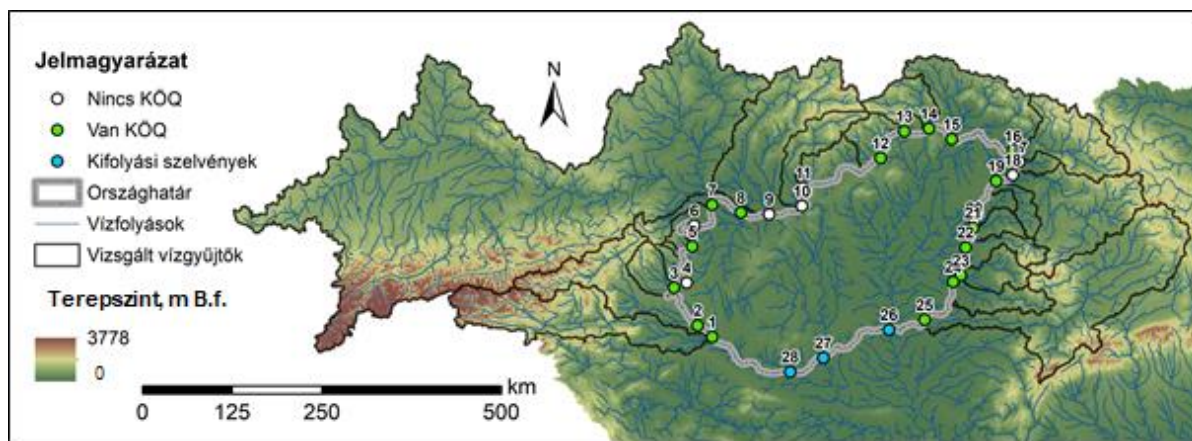
A felszíni vízkivételek mennyisége a partiszűrészű kuttak termelését is ide értve mintegy $5 \text{ km}^3/\text{év}$. Nagy folyók (Duna, Dráva, Mura, Rába, Tisza, Szamos, Bodrog, Sajó, Hernád, Körösök és Maros) beérkező és az országon keresztül folyó vízmennyisége ($100 \text{ km}^3/\text{év}$ nagyságrendben) sokszorosan meghaladja az országunkban megvalósuló vízkivételeket (Kocsis 2018, 2024). Mindazonáltal a területi és időbeni változékonyság következtében számos tájegységben időszakos vízhiányok jelentkeznek, vagy legalábbis a vízmérleg feszítetté válik. Ilyen földrajzi tájegységek többek között a Nyírség középtáj bizonyos részei és a Duna-Tisza közti Homokhátság. Ezen két középtáj vízkészlet-gazdálkodási helyzetének felmérésére két tanulmány készült a közelmúltban (VIZITERV Environ 2020, 2022), amelyek kimutatták, hogy a vízhiányos területek vízkészlet-gazdálkodási egyensúlyának megteremtéséhez folyóink vízkészlete nélkülözhetetlen.

JELEN TANULMÁNY TÁRGYA ÉS AZ ALKALMAZOTT VIZSGÁLATI MÓDSZER

A jelen tanulmány keretében megvizsgálásra került Magyarország határain túl eredő vízkészleteinek változása az 1981-2020 időszak vízrajzi és hidrometeorológiai adatai alapján.

A vizsgált terület

Az 1. ábra a Magyarországra belépő 25 vízfolyás határszelvényeit mutatja, amelyek sorszámozása a Drávánál kezdődik és az óramutató járásával egyező irányban körbe haladva a Marosnál végződik



1. ábra. Magyarország határszelvényei és azok vízgyűjtőterületei a Duna vízgyűjtő terepmodell térképén
Figure 1. Map of Hungary's border sections on the Digital Elevation Model with watershed areas

Vízrajzi adatok

A külföldről hazánkba érkező vízkészleteket a magyarországi határszelvények vízhozamidősorainak segítségével számítottuk meghatározva az éves középvízhozamokat (KÖQ) a Dráva, a Duna, a Tisza és mellékfolyóik adatai alapján. A Duna esetében 40 éves belépő vízhozam idősort csak közvetetten tudtunk előállítani (a vízierőmű építéssel kapcsolatos szigetközi változások miatt). A nagymarosi

szelvényhez érkező vízhozamot megközelítőleg három részből származtathatjuk: a határt átlépő jobb parti kisebb mellékfolyók határszelvényeiből, a Duna belépő vízhozamából és a Duna bal parti mellékfolyóinak vízhozamából. Mivel Pozsony és Nagymaros között nincsenek saját mért adataink a Vág, a Garam és az Ipoly folyókra, illetve a Duna határt átlépő szelvényére, ezért közvetett módszert alkalmaztunk. Az 1. ábrán jelzett 8. határszelvény adata az

ismert jobb parti 40 éves hozamokat levonva a nagymarosi vízhozamból adja meg a Duna származtatott beérkező vízhozamát.

A Dunának az Ausztriát elhagyó, a felső vízgyűjtő területéről származó vízhozama a Duna és Morva folyók követező vízmércéi alapján számolható: Hainburg illetve Angern an der March vízmércék, amelyek egy fiktív pozsonyi szelvénynek felelnek meg. (Ennek a részvízgyűjtőnek a területével számolunk a csapadék, párolgás és hozam értékek összehasonlításakor is, a Vág, Garam Ipoly területét nem elemezzük.) Rajka és Vámoszabadi vízmércéinek adatait közvetlenül nem használtuk ebben az elemzésben. A nagymarosi szelvényt felhasználva így integrált módon a közös magyar-szlovák Duna-szakaszt elhagyó vízkészletet számba lehetett venni. Hasonló elvet követtünk a Berettyó esetében is, a Berettyó és az Ér-főcsatorna együttes területével számoltuk lefolyást, valamint a Tisza esetében az ukrán-magyar határszakaszt követően számoltuk a hozánk belépő vízkészleteket Tiszabecsnél.

Hidrometeorológiai adatok

A vizsgált hidrometeorológiai adatok az ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) ERA5 reanalízis adatbázisából származtak. Az ECMWF által készített 5. generációs légköri klíma modell alapján készültek el (*Hersbach és társai 2020*). A reanalízis rövid – 12 órás – modellfuttatásokból áll és minden két futtatás között adatasszimilációt végeznek az összegyűjtött megfigyelésekkel. Az asszimiláció során hozzáigazítják az észlelt adatokhoz a modell eredményeket, ezzel megakadályozzák, hogy a modell nagymértékben eltérjen a valóságtól. Az ERA5-Land produktum (C3S) felszínközeli adatokat állít elő 1950-től napjainkig, órás vagy havi időbeli felbontásban az ERA5 adataiból (*Muñoz Sabater 2019, URL3*). Jelen kutatásban havi időbeli felbontást alkalmaztunk. Az adatok térbeli felbontása $0,1^\circ \times 0,1^\circ$ ($\sim 9 \times 11$ km). Az adatbázisból számos paraméter elérhető, ezek közül a csapadék és a párolgás 1981-2010, 1991-2020 és 2011-2020 közötti idősorait vetettük össze. A Duna vízgyűjtőjének meteorológiai adatait a $8,0^\circ$ K – $29,9^\circ$ K hosszúsági és $42,0^\circ$ É – $50,3^\circ$ É, szélességi körök közötti területre töltöttük le.

Adatfeldolgozás

Az adatok feldolgozását MATLAB numerikus számítások elvégzésére alkalmas speciális programrendszerben és programozási nyelven végeztük, a megjelenítéshez a térképeket nyílt forráskódú Quantum GIS térinformatikai szoftverrel (*Quantum Geographic Information Systemben* – QGIS), illetve ArcGIS térinformatikai szoftverrel állítottuk elő. Az ERA5-Land rácsponti adatbázisból a teljes Duna vízgyűjtőre és minden rácspontra a tárgyidőszak minden hónapjára letöltöttük a csapadék (tp, „total precipitation” paraméter) és a párolgás („land evaporation” paraméter) havi adatait. A víz- és energiamérleg összehasonlításához letöltöttük a nettó sugárzás kiszámításához szükséges rövidhullámú (ssr, „surface solar radiation”) és hosszuhullámú (str, „surface thermal radiation”) sugárzás komponenseinek adatait is. Az éves nettó sugárzás mértékegysége energiamennyiségről (J/m^2) vízegyenértékre

(mm) van átszámolva. Az $1 m^2$ -ről elpároló 1 liter (azaz 1 kg) víz szétterülve 1 mm vírzétegnek felel meg. Ennek a párolgásához szükséges energia a vízegyenérték, amelyhez a víz párolgáshőjét $2,480 MJ/kg$ értékkel számoltuk (kWh-ban kifejezve $2\,480 kJ/3600 s = 0,69 kWh$).

Az adatok éves átlagainak és idősorainak MATLAB-ban történt összesítése után a Meteorológiai Világszervezet ajánlása szerinti 30 éves időszakokra (*WMO 2017*) előállítottuk az 1981-2010 és 1991-2020 időszakok éves átlagértékeit. Kellően hosszú időszak alatt a kiugró értékek hatása elhanyagolhatóvá válik, a tendenciák megbízhatóbban felismerhetők. Kiszámoltuk a 2011-2020 időszak éves átlagértékeit is, majd azokból a GIS (térinformatikai) feldolgozáshoz szükséges raszteres állományokat. A további feldolgozáshoz vízgyűjtőként és időszakonként lehatároltuk a területeket, és meghatároztuk a rájuk vonatkozó értékeket, és az időszakok közötti változásokat.

Az országba érkező vízfolyások országhatáron túli vízgyűjtőterületeit az ERC (European River Catchments) és a CCM (Catchment Characterisation Model) adatbázisok alapján határoztuk meg (*URL4, de Jager és Vogt 2007*). Előbbi, az utóbbira épülve már az ötöd rendű vízfolyások (folyók) vízgyűjtőit tartalmazza. A CCM adatbázis ezzel szemben egy részletesebb, sokkal kisebb részvízgyűjtőkből álló adatbázis. Ennek segítségével minden vízfolyás esetén csak az országhatáron kívülre eső vízgyűjtőterületek adatait használtuk fel. Nem vettük figyelembe a területi csapadék és a párolgás számításánál a határszelvények és az országhatár közé eső sávokat, mivel ezek kiterjedése a teljes felvízi vízgyűjtőterületekhez képest elhanyagolható volt. A grid (rácspont) alapú csapadék és párolgás térképekből – amelyek minden időszakra elkészültek – térinformatikai alkalmazás (GIS) segítségével lehatároltuk az egyes vízgyűjtőterületekre és vizsgált időszakokra vonatkozó átlagokat. A KÖQ (a középvízhozamok sokéves átlaga a vizsgált időszakokban) értékekből számolt átlagos éves vízmennyiséget elosztva a vízgyűjtőterületek GIS-ben meghatározott területével számítottuk ki a sokéves átlagos lefolyást milliméterben kifejezve. A számításokat vízmércénként és vizsgált periódusonként is elvégeztük.

EREDMÉNYEK

A határszelvények középvízhozamai és azok változásai

A Magyarországra belépő és onnan kilépő folyók vízgyűjtő területének nagysága, középvízhozamai és azok változásai 1981 és 2020 között a vizsgált időszakokban az 1. táblázatban láthatók az 1. ábrán megadott sorrendben. A két egymást részben átfedő harmincéves időszak adatait összehasonlítva felismerhetők a nagyobb változások. A beérkező oldalon a Dráva vízhozama nőtt, ezzel ellentétben a Duna, valamint a Tisza és mellékfolyóinak vízhozama csökkent. A változások mértéke és iránya jobban felismerhető az utolsó 10 éves időszak (2011-2020) és az előtte lévő 30 éves időszak (1981-2010) adatainak összehasonlításával (csökkenések utolsó oszlopban félkövér kiemeléssel).

1. táblázat. A Magyarországra belépő és onnan kilépő folyók vízgyűjtő területe, a középvízhozam (KÖQ) sokéves átlagai és azok változásai (dKÖQ) 1981 és 2020 között a vizsgált időszakokban

Table 1. Catchment area of rivers entering and leaving Hungary, long-term averages of mean water discharge (KÖQ) and their changes (dKÖQ) between 1981 and 2020 in the examined periods

ID	Vízfolyás	Állomás	Terület [km ²]	KÖQ 1981-2010 [m ³ /s] A (30 év)	KÖQ 1991-2020 [m ³ /s] B (30 év)	KÖQ 2011-2020 [m ³ /s] C (10 év)	dKÖQ 30vs30 [m ³ /s] B-A	dKÖQ 30*vs10 [m ³ /s] C-A
Dráva vízgyűjtő belépő oldala								
1	Dráva	Botovo	16 057	299,9	316,5	350,8	16,0	50,9
2	Mura	Letenye	13 033	168,8	168,3	168,7	-0,5	-0,1
Dráva belépő összesen				468,7	484,8	519,5	15,5	50,8
Duna vízgyűjtő belépő oldala								
3	Rába és Lapincs	Szentgotthárd	3 084	21,6	21,8	22,7	0,2	1,1
4	Pinka	Felsőcsatár	668	3,15	3,00	3,03	-0,2	-0,1
5	Répcse**	Répcsevis	612	2,21	2,23	2,13	0,0	-0,1
6	Hanság-főcsat.***	-	-	-	-	-	-	-
7	Lajta (+bp.-i.csat.)	Hegyeshalom	2 320	9,87	10,12	9,03	0,3	-0,8
8	Duna****	(származtatott)	131 605	2 031	1 976	1 862	-54,7	-168,7
9	Vág***	-	-	-	-	-	-	-
10	Garam***	-	-	-	-	-	-	-
11	Ipoly***	-	-	-	-	-	-	-
Duna belépő összesen				2067,83	2013,15	1898,89	-54,4	-168,7
Tisza vízgyűjtő belépő oldala								
12	Sajó	Sajópüspöki	3 224	16,6	19,5	19,7	2,9	3,1
13	Bódva**	Hídvégardó	875	3,25	3,42	3,44	0,2	0,2
14	Hernád	Hidasnémeti	4 515	29,2	29,9	27,3	0,7	-1,9
15	Bodrog	Felsőberekci	12 886	117,1	108,4	87,2	-8,7	-29,9
16	Tisza	/Tiszabecs	9 707	373,8	344,3	262,3	-29,5	-111,5
17	Túr	Garbolc	1 527	11,1	10,1	7,1	-1,0	-4,0
18	Szamos	Csenger	15 283	128,6	116,9	86,8	-11,8	-41,8
19	Kraszna	Ágerdómajor	1 974	7,0	6,0	3,4	-1,0	-3,6
20	Ér-főcsatorna***	-	-	-	-	-	-	-
21	Berettyó**	Pocsaj	3 502	10	8,9	5,6	-1,0	-4,4
22	Sebes-Körös	Körösszakál	2 489	24,4	23,6	18,5	-0,8	-5,9
23	Fekete-Körös	Sarkad	4 302	33,7	31,1	24,2	-2,6	-9,5
24	Fehér-Körös	Gyula	4 251	23,4	20,9	15,2	-2,5	-8,2
25	Maros	Makó	30 149	179	168	126	-11,4	-53
Tisza belépő összesen				957,15	891,02	689,74	-66,3	-270,41

* 1981-2010 időszak - Period 1981-2010.

** Kisebbségi adat hiány volt a Répcse, Bódva, Berettyó esetében is, de az idősorok létrehozása lehetséges volt.

Minor lack of data in the case of Répcse, Bódva, and Berettyó, but it was possible to create time series.

*** Adathiány a Vág, Garam, Ipoly és az Ér-főcsatorna esetében. A Hansági-főcsatorna adatait nem használtuk.

Lack of data for Vág, Garam, Ipoly and the Ér-main canal. Data for the Hansági-main canal were not used.

**** 2001-2020 időszakról álltak csak rendelkezésre közvetlen adatok Városszabadira.

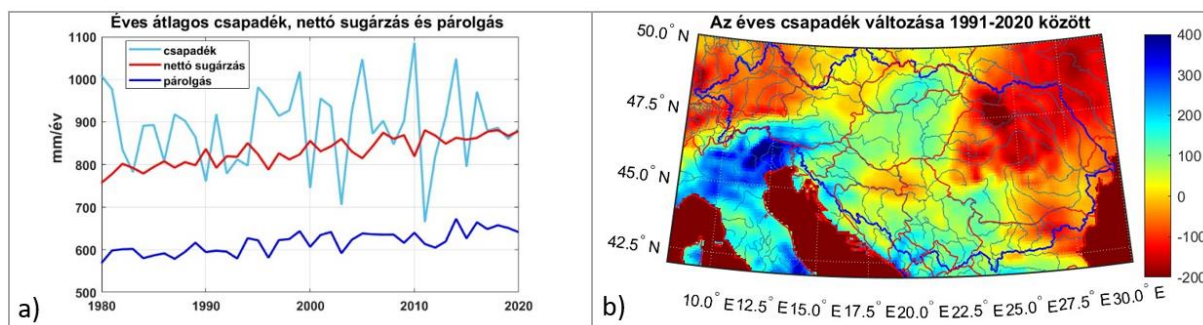
Egységes 40 éves adatsort a Duna és Morva határ előtti, illetve a nagymarosi mércék alapján számoltunk.

Direct data were available only for the period 2001-2020. Values were calculated for the entire period by using the time series of neighbouring staff gauges (Hainburg, Angern an der March and Nagymaros).

Csapadék, párolgás és nettó sugárzás a határainkon túli vízgyűjtőkön

A meteorológiai adatok csapadék, nettó sugárzás és párolgás éves adatait elemezve a Duna vízgyűjtőjén az 1981-2020 időszakban felismerhetők a változások. Az éves nettó sugárzás és párolgás adatai növekedést mutatnak, a csapadék éves adatait pedig növekvő szélső értékek jellemzik (2a ábra). Szélsőséges esetben a párolgás értéke majdnem eléri

a csapadék értékét a vízgyűjtőn (2011-ben), a csapadék mennyisége pedig a nettó besugárzás értékét (2018, 2019 és 2020-ban). A nettó sugárzás elemzésével a továbbiakban nem foglalkozunk, csak emlékeztetőnek mutatjuk be, hogy látható legyen az aránya a vizsgált paraméterekhez viszonyítva. A 2b ábra a csapadék változásának területi eloszlását mutatja, amely szerint Tisza és mellékfolyói vízgyűjtő területén csökkent a csapadék az 1991-2020 időszakban.

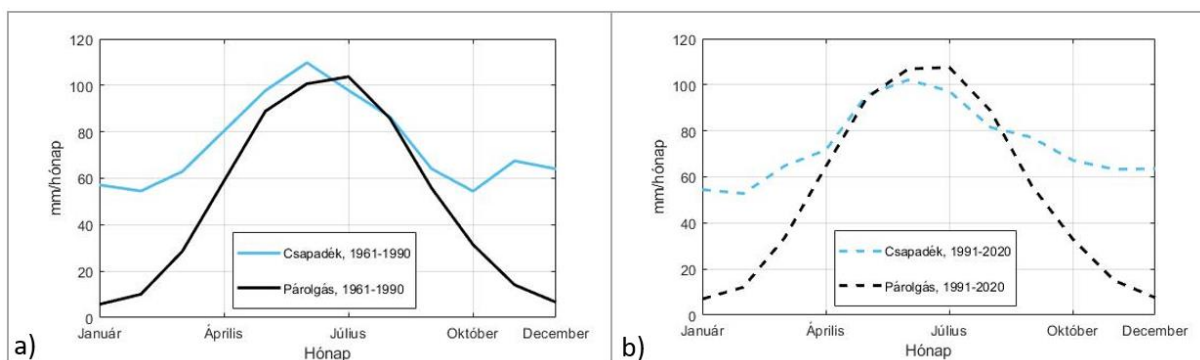


2. ábra. a) A csapadék, nettó sugárzás és párolgás sokéves változása a Duna vízgyűjtő területén az 1981-2020 időszakban. Az adatok éves átlagok mm/év vízegyenértékben megadva az ECMWF ERA5-Land adatbázis alapján. b) A csapadékmennyiség változásának térbeli eloszlása 1991-2020 között (mm)

Figure 2. a) Multi-year changes in precipitation, net radiation and evaporation in the Danube catchment area for the period 1981-2020. The data are annual averages in mm/year water equivalent based on the ECMWF ERA5-Land database. b) Spatial distribution of precipitation changes between 1991-2020 (mm)

A csapadék és párolgás éven belüli eloszlásának adatait és változásait mutatja be a 3. ábra. A csapadék átlagos havi mennyisége 1961 és 1990 közötti időszakban július hónapjának kivételével minden hónapban meghaladta a párolgás értékét (3a. ábra). A következő harminc éves időszakban, 1991 és 2020 között a párolgás már áprilisban és májusban megközelíti a csapadék értékét, és mindhárom nyári hónapban meghaladja azt (3b. ábra). Tovább növeli az aszály előfordulásának valószínűségét, hogy az 1991-2020 periódusban áprilisi

és májusi a párolgáshoz képest korábban tapasztalt csapadéktöbblet megfogytakozott. Hasonlóan csökkent az 1961-1990 időszakhoz képest a júniusi csapadékmaximum értéke az 1991-2020-as időszakra, az őszi csapadék mennyisége pedig nőtt (Báder és társai 2023). Összefoglalva a csapadék és párolgás változásának vizsgálatát észrevehető, hogy ha nem is csökkent országunkban az éves csapadékmennyiség, az eloszlás változása önmagában is kedvezőtlenebb körülményeket teremtett a melegebb hónapokban.



3. ábra. A csapadék és párolgás 30 éves átlagának havi eloszlása a Duna vízgyűjtőjén az ECMWF ERA5-Land adatbázisa alapján: a) az 1961-1990 időszak, b) az 1991-2020 időszak (URL5)

Figure 3. Monthly distribution of the 30-year average of precipitation and evaporation in the Danube basin based on the ECMWF ERA5-Land database: a) the period 1961-1990, b) the period 1991-2020 (URL5)

A hidrometeorológiai és a vízrajzi adatok összehasonlítása

A csapadék, párolgás és a lefolyás sokéves átlagos összegeinek változását mutatja be a 2. táblázat utolsó három oszlopa milliméterben megadva a vizsgált időszakban (a határszelvények vízgyűjtő területeire számolt 2011-2020 közötti 10 éves időszak átlagának változását az 1981-2010 30 éves időszak átlagához képest). A 4. ábra térképszelvényein pedig a változások térbeli eloszlását mutatjuk be, százalékban megadva a változás mértékét az 1981-2010 időszaktól az 1991-2020 időszakig.

Az ERA5-Land adataiból látható, hogy a csapadékoszszeg változása kettős képet mutat. A Dráva és Mura vízgyűjtőjén jelentősen nőtt a csapadék (77-104 mm), míg a keleti határon átlépő vízfolyások esetében jelentősen csökkent (-60 – -165 mm). A többi vízgyűjtő esetében a változás kevésbé jelentős, és a változások előjele is eltérő.

A szintén ERA5-Land adatokból a beérkező vízgyűjtőkre lebontott területi párolgás éves növekménye 0-64 mm között változott, és sehol sem csökkent. Az északkeleti régióban a párolgás jelentősebb növekedését tapasztalhattuk, mint délkeleten, valamint a Duna vízgyűjtőjén. Utóbbi esetben azonban feltehetően árnyaltabb képet kapnánk, ha a vízgyűjtőt további részvízgyűjtőkre bontanánk.

A vízmérceszelvények éves középvízhozamának (KÖQ) változási iránya (előjele) erősen differenciált a keleti, és a nyugati határon belépő vízfolyások esetében. Előbbiek lefolyása jellemzően jelentősen csökkent, míg utóbbiaké nőtt. Kivételt képez a Fekete- és a Sebes-Körös, melyek lefolyásnövekményt mutatnak a csökkenő csapadékoszszeg és növekvő párolgáösszeg ellenére. A legjelentősebb lefolyáscsökkenés a Tiszán tapasztalható 57 mm, míg a legnagyobb növekmény a Dráván jelentkező 72 mm. A Duna felső vízgyűjtője minimális lefolyáscsökkenést mutat.

A vízhozam idősorok trendvizsgálata

A havi és éves vízhozamok 1981-2020 közötti 40 éves idősoraira előállítottuk az 5 és 10 éves mozgóátlagokat, és vizsgáltuk az idősorban kimutatható lineáris trendeket. A mért értékek idősorára illesztett trendvizsgálat célja az volt, hogy kimutassuk melyik időszakokban volt erősebb a trend. A szignifikancia határát a havi idősorok esetén $0,05 > p$ -re, az éves idősorok esetén $0,10 > p$ -re vettük fel. A havi adatok változékonysága elősegíti a trend kimutatását, az éves átlagolás viszont csillapítja. Statisztikailag

szignifikáns változás kevés vízfolyás esetében volt kimutatható a havi adatokban, és még kevésbé az éves idősorok esetében, annak ellenére, hogy az utóbbi esetében enyhébb szignifikancia szint került alkalmazásra. Az elemzés során azonban kiderült, hogy az idősorokon belül vannak kissé meredekebb változás irányok. A 2. táblázat középső KÖQ trend oszlopai a trend meredekségének értékét tartalmazzák $\text{m}^3/\text{s}/\text{évtized}$ mértékegységben. Zöld háttér jelöli a szignifikáns növekedést, piros háttér a szignifikáns csökkenést.

2. táblázat. A csapadék (C) és párolgás (P) ERA5-Land adatainak, valamint a lefolyás (L) sokéves vízmérce adatai átlagösszegének változása 1981-2010 és 2011-2020 között. A zölddel jelölt adatok szignifikánsan növekvő, a pirossal jelöltek szignifikánsan csökkenő trendet mutatnak. A trendelemzés havi és éves adataiból készített eredménye a 3. ill. 4. oszlopban.

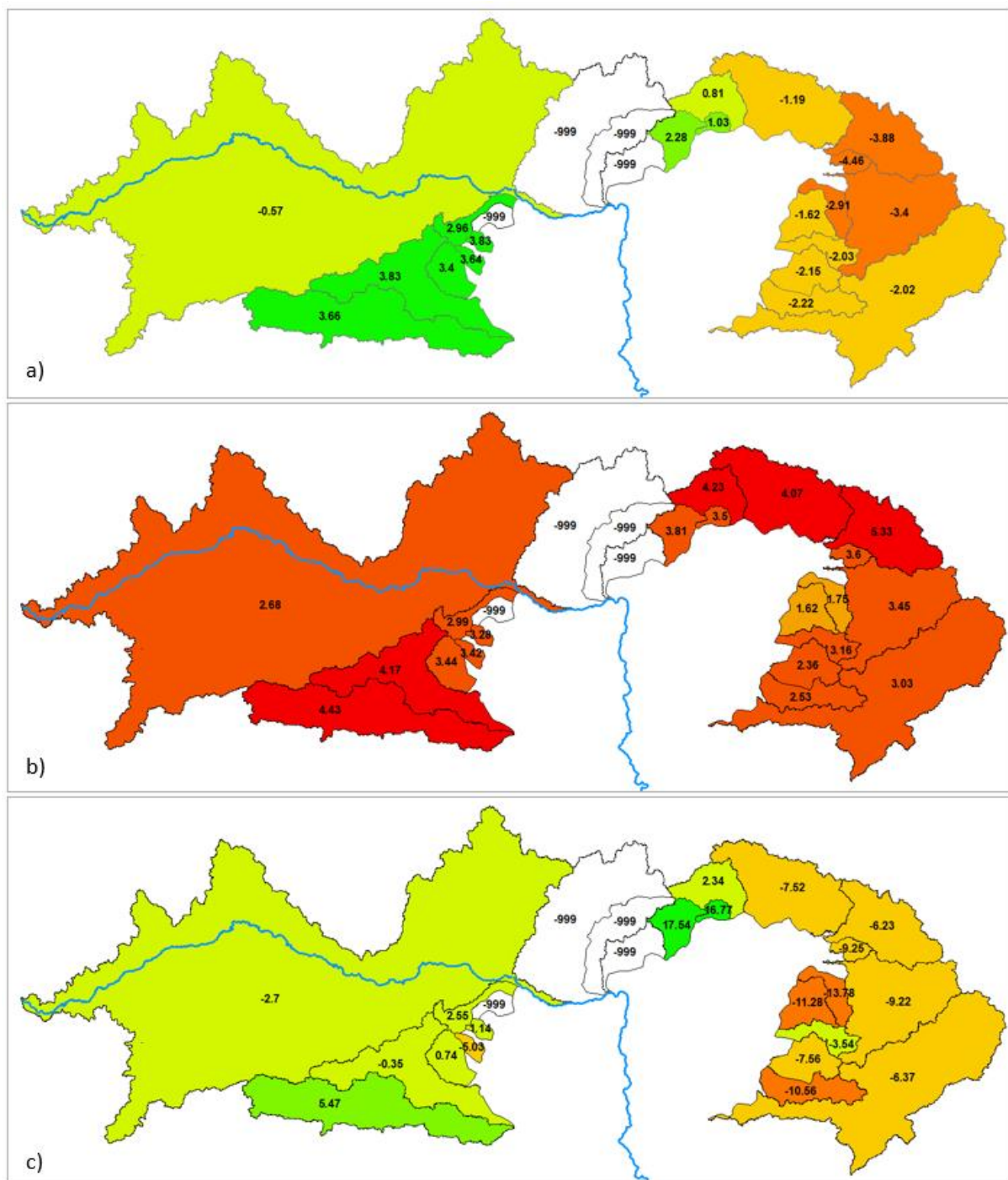
Table 2. Changes in the average sum of precipitation (C) and evaporation (P) ERA5-Land data and runoff (L) multi-year water gauge data between 1981-2010 and 2011-2020. Data marked in green show a significantly increasing trend, while data marked in red show a significantly decreasing trend.

ID	Vízgyűjtő-területek határon túl	Terület [km ²]	KÖQ trend $\text{m}^3/\text{s}/\text{évtized}$ (havi, $p < 0,05$)	KÖQ trend $\text{m}^3/\text{s}/\text{évtized}$ (éves, $p < 0,10$)	ΔP [mm] ERA	ΔC [mm] ERA	ΔL [mm] mérce
1	Dráva	16 057	14,6	17,14	47	104	72
2	Mura	13 033	-0,58	-0,84	46	77	20
3	Rába	3 084	-0,02	-0,03	46	45	26
4	Pinka	668	-0,27	-0,32	46	34	-2
5	Répcse	612	0,03	-0,027	45	23	0
6	Hansági főcsatorna	1 320	-	-	41	5	-
7	Lajta	2 320	0,19	0,25	38	9	-1
8	Duna	131 605	-50,5	-52,6	29	-34	13
9	Vág	19 907	-	-	44	-5	-
10	Garam	5 486	-	-	52	28	-
11	Ipoly	3 673	-	-	49	33	-
12	Sajó	3 224	2,95	3,63	45	27	59
13	Bódva	875	0,43	0,54	44	8	41
14	Hernád	4 515	2,04	2,55	50	6	15
15	Bodrog	12 886	-4,4	-4,53	51	-60	-43
16	Tisza	9707	-8,89	-9,7	64	-165	-57
17	Túr	1 212	-0,78	-0,85	47	-156	-
18	Szamos	15 773	-7,48	-8,05	42	-125	-
19	Kraszna	1 974	-0,61	-0,67	18	-90	-31
20	Berettyó	3 502	-0,71	-0,65	21	-64	-18
21	Ér-főcsatorna	1 404	-	-	0	-70	-
22	Sebes-Körös	2 489	-0,3	-0,22	38	-77	47
23	Fekete-Körös	4 302	-1,73	-1,79	32	-93	13
24	Fehér-Körös	4 251	-1,83	-1,96	25	-97	-13
25	Maros	30 149	-7,4	-7,93	31	-97	-7

A vízmérleg főbb tagjainak változása a határszelvények vízgyűjtőin

A vizsgált 40 év két egymást részben átfedő 30 éves időszakára (1981-2010 és 1991-2020) megvizsgáltuk,

hogy a vízmérleg főbb tagjainak területi átlaga hogyan változik a határszelvények feletti vízgyűjtőkön. A 4. ábra bemutatja százalékban a csapadék (C), párolgás (P) és a lefolyás (L) sokéves átlagának változását.



4. ábra. Az 1981-2010 és 1991-2020 harmincéves időszakok éves átlagos adatainak változása a Duna vízgyűjtőjének Magyarországra befolyó részvízgyűjtőinek területén, %-ban megadva. Nincs adat jelölése: -999

a) felül: a csapadék értékek relatív változása %-ban az ERA5-Land adatbázis alapján. Élénk zöld árnyalat: növekvő trend, sárga és piros árnyalat: csökkenő trend; b) középen: a párolgás értékek változása %-ban az ERA5-Land adatbázis alapján; c) alul: a lefolyás értékek változása %-ban a vízrajzi hálózat vízhozam mérései alapján. Élénk zöld árnyalat: növekvő trend, sárga és piros árnyalat: csökkenő trend

Figure 4. Change in annual average data for the thirty-year periods 1981-2010 and 1991-2020 in the area of the sub-catchments of the Danube River basin flowing into Hungary, given in %. No data marked: -999

a) top: relative change in precipitation values in %, based on the ERA5-Land database. Bright green shade: increasing trend, yellow and red shades: decreasing trend; b) middle: change in evaporation values in %, based on the ERA5-Land database; c) bottom: change in runoff values in %, based on the flow measurements of the hydrographic network. Bright green shade: increasing trend, yellow and red shades: decreasing trend

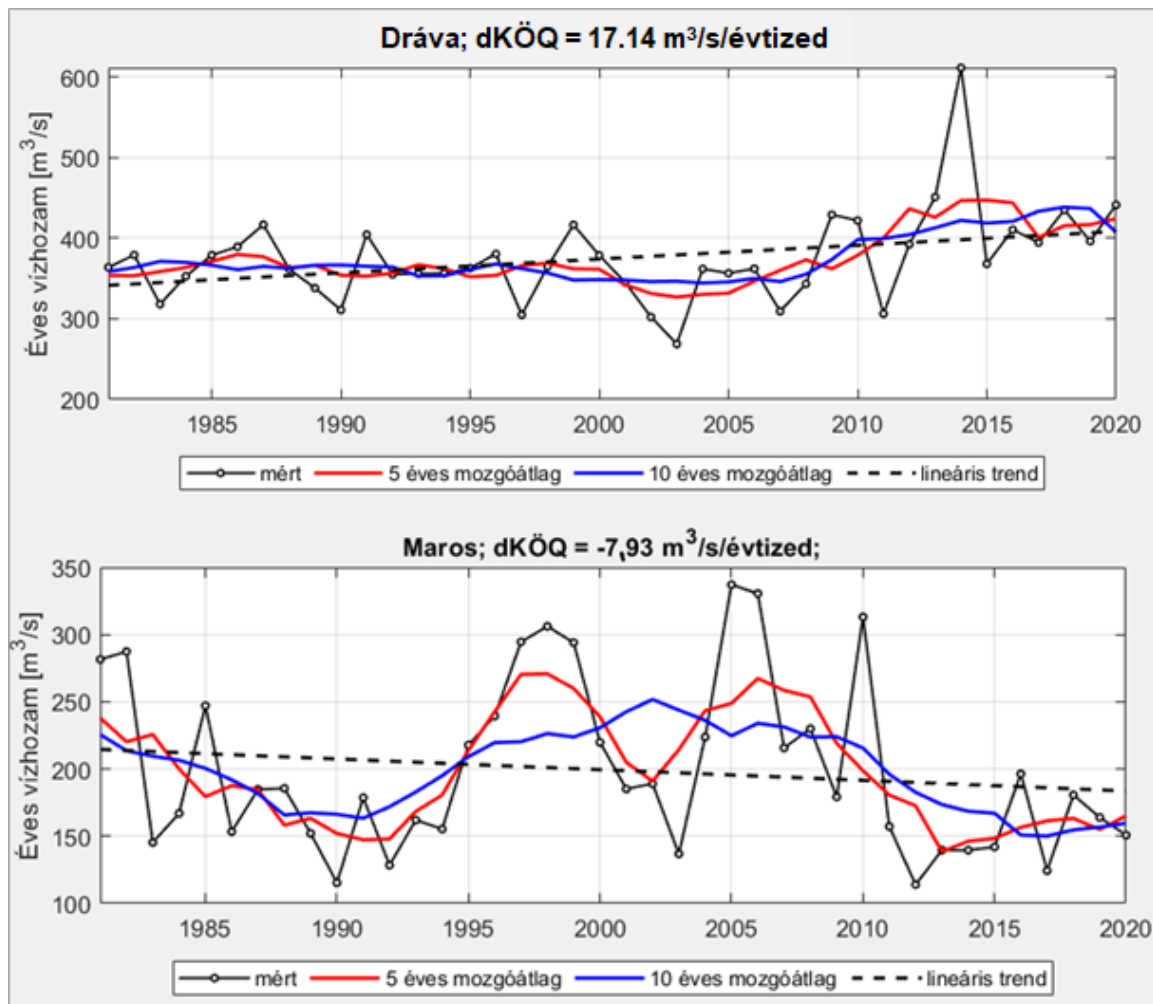
A vízmérleg bevételi oldalán a csapadék mennyisége nő a nyugati határszelvények vízgyűjtőin, a Duna belépő szelvénye feletti területen alig változik, a keleti határszel-

vények vízgyűjtőin pedig csökken (4a. ábra). A kiadási oldal legnagyobb tagja a területi párolgás mindenütt nő (4b. ábra). Ez azért rendkívül fontos jelenség, mert értéke Ma-

gyarországon a csapadék 86-90%-át is elérheti.

A lefolyás változása (4c. ábra) ismét differenciált képet mutat: a nyugati és keleti határszelvényeinkben. A Dráva vízgyűjtőjén nőtt a lefolyás, míg a keleti határon át-lépő vízfolyások esetében jelentősen csökkentek az átlagos középvízhozam értékek.

A vizsgált 40 éves időszakban a határszelvények vízhozamának változásaira mutat be példákat az 5. ábra. A délnyugati határszelvényen a Dráva vízhozama növekszik, a 10 éves mozgó átlag évtizedenként $17,1 \text{ m}^3/\text{s}$ értékkel. A keleti határszelvényeken csökkenő vízhozamokat látunk, amely a Maros esetében évtizedenként $-7,93 \text{ m}^3/\text{s}$.



5. ábra. A nyugati és keleti határszelvények vízhozama eltérően változik

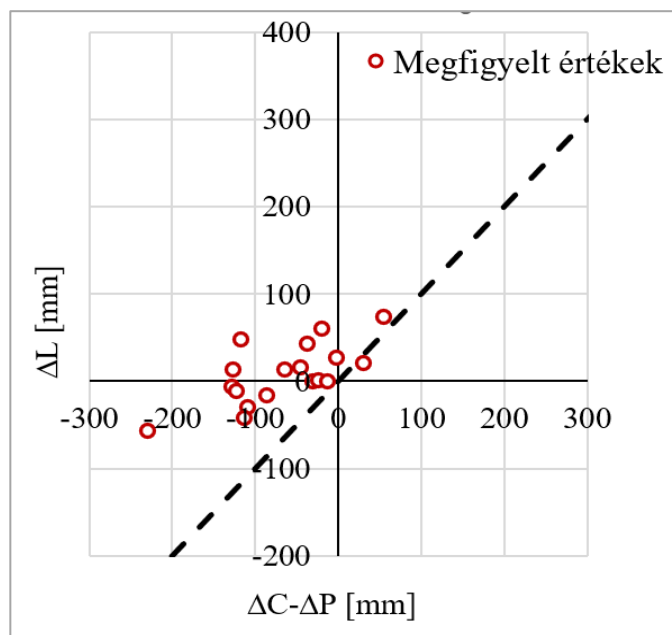
a) A Dráva vízhozama emelkedő tendenciát mutat; b) A Maros vízhozama csökken

Figure 5. Discharge of the rivers is changing differently on the western and eastern side of the country

a) Discharge of the Dráva (Drava) river is increasing; b) Discharge of the Maros (Mures) river is decreasing

Fontos kihangsúlyozni, hogy a felhasznált reanalízis adatok abszolút értékei természetüknél fogva eltérhetnek a valóságtól (a meteorológiai modell záródást igénylő algoritmusai miatt). Azonban az itt is bemutatott változások értékei nagyobb fölé- vagy alábecsléseket már nem tartalmaznak, így alapvetően a változások megbízhatónak fogadhatók el, ahogy ezt már korábbi összehasonlító elemzések is mutatták (Báder 2023). A vizsgált vízgyűjtők esetén – a nemzetközi gyakorlatnak megfelelően – feltételeztük, hogy a hosszú távú vízmérleget a három vizsgált fő komponens (csapadék, párolgás és lefolyás) alkotja. Ebben az esetben a csapadék, illetve a párolgás különbségének alakulása egyenértékű kell, hogy legyen a lefolyásban tapasztalt változással. A 2. táblázat utolsó három oszlopában szereplő adatok alapján végzett ellenőrző számításainkra kapott értékeket az 6. ábra szemlélteti, ahol az ábrázolt pontoknak ideális esetben az 1:1 egyenes körül kéne mo-

zogniuk. Látható azonban, hogy a kapott pontok többségében az egyenes fölött találhatók, vagyis a tényleges mért lefolyás nagyobb, mint a hidrometeorológiai adatokból származtatott érték (csapadék – párolgás). Sőt, bizonyos esetekben a csapadék és a párolgás különbségéből adódó változás ellentétes irányú a lefolyás alakulásával (Sebes- és Fekete-Körösök). Vélhető, hogy a lefolyás a román tározók hatásának köszönhetően nem csökkent, vagy éppen sőt némileg nőtt. Tudomásul kell venni, hogy nincsenek olyan méretű tározók a hozzánk érkező vízfolyásokon, amelyek képesek lennének átlagos vízhozamokat befolyásolni. Az éves átlagos vízhozam éghajlattól függő paraméter (Gardner 2009). A vízhozamokból kapott lefolyás és az egyes szelvényekhez tartozó vízgyűjtőterületek meghatározása is pontosnak tekinthető, tehát az eltérés oka a reanalízis adataiban, valamint részben a felszínalatti vízkészletek változásában keresendő (Báder és társai 2023).



6. ábra. A vízgyűjtők határszelvényein mért lefolyás változása (L [mm]) a számolt csapadék-párolgás változásának (C [mm], P [mm]) függvényében az 1981-2010 és 2011-2020 időszakok között

Figure 6. Change in runoff measured at the boundary sections of the watersheds (L [mm]) as a function of the change in calculated precipitation-evaporation (C [mm] - P [mm]) between the periods 1981-2010 and 2011-2020

Az itt bemutatott változások a határszelvények vízhozamaiban, valamint a felső vízgyűjtők a hidrometeorológia adataiban összhangot mutatnak Magyarország Nemzeti Atlaszában (MNA) nemrégiben megjelent vízmérleg adatokkal (Kocsis 2024), mely szerint változások álltak be a

korábbi kiadáshoz képest (Kocsis 2018). Fontos megjegyezni, hogy az Atlaszból bemutatott adatok Magyarország területére vonatkoznak (3. táblázat), így közvetlenül nem hasonlíthatók a határszelvények határon kívüli vízgyűjtőinek adataihoz.

3. táblázat. Magyarország vízmérlegének csapadék, párolgás és lefolyás adatai Magyarország Nemzeti Atlasza (Kocsis 2024) alapján. Az első kiadásból a 2001-2010 tíz éves időszak átlagai, a másodikból a 2001-2020 húsz éves időszak átlagai származnak, a 2011-2020 időszak adatai ez utóbbiak átszámolt értékek ($\text{km}^3/\text{év}$)

Table 3. Precipitation, evaporation and runoff data of Hungary's water balance based on the National Atlas of Hungary (Kocsis 2024). The first edition contains the averages for the ten-year period 2001-2010, the second edition contains the averages for the twenty-year period 2001-2020, the latter data for the period 2011-2020 are converted values (km^3/year)

	2001-2010 (MNA2018)	2011-2020 (számolt)	2001-2020 (MNA2024)	2001-2010 (MNA2018)	2011-2020 (számolt)	2001-2020 (MNA2024)
	$\text{km}^3/\text{év}$	$\text{km}^3/\text{év}$	$\text{km}^3/\text{év}$	%	%	%
Csapadék	55,9	61,1	58,5	100%	100%	100%
Párolgás	48,0	54,8	51,4	86%	90%	88%
Lefolyás	7,90	6,30	7,10	14%	10%	12%

A csapadék százalékában kifejezett párolgási érték az első tíz éves periódusról (2001-2010) 86%-ról a második tíz éves periódusra (2011-2020) 90%-ra nőtt. A vizsgált tíz éves periódusok rövidek (a WMO harminc éves ajánlásához képest), azonban a változások gyorsasága és nagyságrendje mindenképpen kiemelt figyelmet kíván.

ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK

Az elemzésben bemutatott adatok jelzik, hogy a globális felmelegedés hatására történő változások közvetlen érintenek bennünket is. A Dráva vízhozamának növekedése arra utalhat, hogy a melegebb légköri hőmérséklet hatására a levegő párafelvevő és szállító képessége megnő, amely a csapadék növekedéséhez és nagyobb párolgáshoz is vezethet, ami a kölcsönhatások eredőjeként a megnövekedett lefolyásban is megnyilvánulhat (Putnam és Broecker 2017). A Tisza és mellékfolyói ellenkező irányú változásokat jeleznek, itt már nem érvényesül a csapadék növekedése, de a párolgás nő, a lefolyás pedig jelentősen csökkent.

A csapadék havi eloszlásának a változása – a nyári csapadék csökkenése és az őszi csapadék növekedése – azonban arra is rámutat, hogy a csapadékosabb hónapok nagyvízeinek megőrzése kulcsfontosságúvá válik, arra szükség lesz a következő év szárazabb hónapjaiban. Mindez a vízügyi gyakorlat újragondolására késztet bennünket: akkor kell a vizet megtartani és előre gondoskodni a következő szárazabb időszak vízellátásáról amikor a víz rendelkezésre áll.

A folyamatok jobb megértése érdekében a vizsgálatokat célszerű továbbfejleszteni. Ennek lehetőségei:

- reanalízis adatok használata helyett a párolgás megbízhatóbb meghatározása (Báder és Szilágyi 2023);
- korrigált csapadékadatok használata (lásd FORESEE adatbázis);
- vízmérleg záróhibájának ellenőrzése éves időbeli léptéken;
- két klimatikus (30 éves) időszak eredményeinek összehasonlítása (a jelenlegi 30 és 10 éves periódus összehasonlítása helyett);

- e) talajvízszint változásainak figyelembevétele;
- f) felszínborítás hatásának vizsgálata a folyamatokra;
- g) csapadéktípusok (nagyiskálájú vagy helyi-konvektív) változásának vizsgálata.

A becslési hibák így feltehetően csökkenthetők lesznek. Megfelelően pontos vízmérleg esetén a számítások kiterjeszthetők különböző klímaszcenáriók vizsgálatára is, amennyiben a párolgás számításához szükséges adatok rendelkezésre állnak.

Már korábbi vizsgálatok – így például az Integrált Vízkészletgazdálkodási Országos Terv (VIZITERV *Environ* 2023) – is rámutatott, hogy a nagy folyóink képezik az ország legfontosabb vízkészleteit. Ennek megfelelően, kulcskérdés számunkra a hozzánk érkező vízkészletek biztosítása megfelelő mennyiségben és minőségben. Következésképpen, számunkra rendkívül fontos a vízkészletgazdálkodási kérdések napirenden tartása bi- és multi-laterális együttműködésekben. Ennek eszközei elsősorban a konzultációk, együttműködések és tárgyalást igénylő eljárásai szabályok, valamint a közös tanulmányozáshoz szükséges intézményi mechanizmusok (Wouters és társai 2005). A 2024-ben indult nemzetközi „Danube Water Balance” (Duna Vízmérleg) INTERREG projekt (URL1) bizonyos mértékű lehetőséget ad az adatok és módszerek egységesítésére.

A megbízható vízszolgáltatás érdekében a hazai vízkészlet-gazdálkodás előtt tornyosuló feladatokat el kell végezni. Hosszabb időtávon megkerülhetetlen a vízkészlet-gazdálkodás létesítmény-rendszerének továbbfejlesztése, többek között, a tározó kapacitások növelésével, a vízszállító és elosztó rendszerek felújításával, illetve újak építésével. Ami magát a vízkészlet-gazdálkodás üzemirányítását illeti, a vízigények és tényleges vízhasználatok mainál sokkal pontosabb nyomonkövetése, és előrejelzése, valamint engedélyezésének korszerű jogi szabályozása szükséges.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást az MTA „Fenntartható Fejlődés és Technológiák Nemzeti Program” (FFT NP FTA) támogatta. A vízkészlet-gazdálkodási számítások a Környezeti és Energiahatékonysági Operatív Program (KEHOP) keretében „A klímaváltozás hatásaihoz való alkalmazkodás” célterületéhez tartozó munkák, továbbá a Víz Keretirányelv előírásai szerinti állapotértékelések, elemzések, vizsgálatok, valamint a vízgyűjtő-gazdálkodási tervek második felülvizsgálata és korszerűsítése során kapott eredményekre támaszkodtak.

IRODALOMJEGYZÉK

Báder L. (2023). Magyarország vízmérlege és az éghajlatváltozás. *Hidrológiai Közöny*. 103. évf. 1. sz. pp. 4-16. <https://doi.org/10.59258/hk.10410>

Báder L., Négyesi K. (2023). A vízbiztonsági paradox számokban: aszályok, trendszerű változások és a kiút. In: Kaszás, Gábor (szerk.) *A Magyar Hidrológiai Társaság XL. Országos Vándorgyűlés dolgozatai* Budapest, Magyarország. Magyar Hidrológiai Társaság Paper: 0203, p. 10. ISBN 978-963-8172-45-7

Báder L., Iritz L., Nagy E.D., Négyesi K., Szalay M. (2024). Vízkészleteink változása 1981-2020 között vízrajzi és hidrometeorológiai adatok alapján, *A Magyar Hidrológiai Társaság XLI. Országos Vándorgyűlés dolgozatai*. Szolnok, 2024. július 3-5. Magyar Hidrológiai Társaság Paper: 0207, p. 12. ISBN 978-963-8172-46-4

Báder, L., Szilágyi, J., Négyesi, K., Nagy, E.D., Földvár, L. (2023). Changes and trends in the climatic water balance of the Danube river basin. *Hydrocarpath international conference, Hydrology of the Carpathian basin: catchment experiments and modeling for improved description and prediction of hydrological processes*, Vienna, Austria, 9 November 2023.

Báder, L., Szilágyi, J. (2023). Widening Gap of Land Evaporation to Reference Evapotranspiration Implies Increasing Vulnerability to Droughts in Hungary, *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 67(4), pp. 1028-1037. <https://doi.org/10.3311/PPci.21836>

Gardner, L.R. (2009). Assessing the effect of climate change on mean annual runoff, *Journal of Hydrology* 379(3). pp. 351-359. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.10.021>

Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Abdalla, S., Abellan, X., Balsamo, G., Bechtold, P., Biavati, G., Bidlot, J., Bonavita, M., Thépaut, J.-N. (2020). The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(730). pp. 1999-2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>

de Jager, A., Vogt, J. (2007). Rivers and Catchments of Europe - Catchment Characterisation Model (CCM). European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset] PID: <http://data.europa.eu/89h/fe1878e8-7541-4c66-8453-afdae7469221>

Kocsis K. (főszerk.) (2018). Magyarország Nemzeti Atlasza – Természeti környezet. Budapest, HUN-REN CSFK Földrajztudományi Intézet. p. 187. https://nemzetiatlasz.hu/MNA/2_kiadasok.html

Kocsis K. (főszerk.) (2024). Magyarország Nemzeti Atlasza – Természeti környezet. 2., átdolgozott kiadás Budapest, HUN-REN CSFK Földrajztudományi Intézet. p. 188. https://nemzetiatlasz.hu/MNA/2_kiadasok.html

Muñoz Sabater, J. (2019). ERA5-Land Monthly averaged data from 1950 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS)

Putnam, A., Broecker, W. (2017). Human-induced changes in the distribution of rainfall, *Science Advances*. Vol. 3, Issue 5. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600871>

Szalay M., Iritz L., Ganszky M., Laurinyecz P., Rátky É. (2023). Felszíni vízkészlet-gazdálkodási mérleg alkalmazása nagytérégi és országos stratégiai vízgazdálkodási döntések támogatásához. In: Kaszás Gábor (szerk.) *A Magyar Hidrológiai Társaság XL. Országos Vándorgyűlés dolgozatai* Budapest, Magyarország. Magyar Hidrológiai Társaság Paper: 0213, p. 18. ISBN 978-963-8172-45-7

VIZITERV *Environ* (2020). A Nyírség (Lónyay-főcsatorna vízgyűjtőjének) vízpótlása (konceptiótanulmány konzultációs változata), Nyíregyháza.

VIZITERV Environ (2022). A Duna-Tisza köze átfogó hidrológiai elemzése, „KEHOP 1.3.0-15-2022-003 számú A Duna-Tisza közti Homokhátság vízhiányos ökológiai állapotának javítása, helyreállítása II. ütem” projekthez, Budapest.

VIZITERV Environ Nonprofit Kft. (2023). Integrált Vízkészletgazdálkodási Országos Terv, Budapest, 2022.

VIZITERV Environ Nonprofit Kft. (2024). A Tisza-völgy vízkészlet megosztásáról szóló OVf utasítás; Vízkorlátozási Intézkedési Terv, Budapest.

WMO (2017). Guidelines on the Calculation of Climate Normals WMO-No. 1203; WMO: Geneva, Switzerland, pp. 1-18.

Wouters, P.K., Vinogradov, S., Allan, A., Jones, P., Rieu-Clarke Sharing, A. (2005). Transboundary Waters An Integrated Assessment of Equitable Entitlement: The

Legal Assessment Model By IHP-VI, Technical Documents in Hydrology, No. 74 UNESCO, Paris, 2005.

URL1: <https://www.ovf.hu/projektek/futo-nemzetkozi-projektek/egyuttmukodes-a-kozos-dunai-vizmerleg-modell-kidolgozasaert> (Letöltés dátuma: 2024.11.30)

URL2: <https://www.ovf.hu/vizrajz-vizminoseg/vizrajzi-adatok-> (Letöltés dátuma: 2024. 11. 30)

URL3: <https://cds.climate.copernicus.eu/datasets/reanalysis-era5-land-monthly-means?tab=overview> (ERA5-Land monthly averaged data from 1950 to present) (Letöltés dátuma: 2023.07.01)

URL4: ERC adatbázis: <https://data.europa.eu/data/datasets/dat-59-en?locale=en> (Letöltés dátuma: 2023.07.01)

URL5: ECMWF ERA5-Land adatbázisa: <https://www.ecmwf.int/en/era5-land> (Letöltés dátuma: 2023.07.01)

A SZERZŐK



BÁDER LÁSZLÓ okleveles villamosmérnök (Cseh Műszaki Egyetem, Prága 1981), MBA (Pittsburgh 1995), geográfus (Eszterházy Károly Egyetem, Eger 2020). Jelenleg a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem doktorandusza az Építőmérnöki Karon, a Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszéken. Kutatási területe a párolgás becslése és az éghajlati víz-, és energiamérleg alakulásának vizsgálata. 2022 óta a Magyar Hidrológiai Társaság tagja.



IRITZ LÁSZLÓ okleveles hidrológus mérnök (Szt. Pétervári Hidrológiai Egyetem, 1972), PhD hidrológiában (Uppsala University, 1990), nyugalmazott egyetemi tanár (Lund Műszaki Egyetem Vízmérnöki Tanszék, Svédország), és c. egyetemi tanár (Pannon Egyetem), VIZITERV Environ Nonprofit Kft. Hidrológus tervező mérnöke, hidrológiai és vízkészlet-gazdálkodási feladatokon dolgozik. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja.



NÉGYESI KLAUDIA 2022-ben szerzett okleveles infrastruktúra-építőmérnök diplomát a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőmérnöki Karán, jelenleg a Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék másodéves doktorandusz hallgatója. Doktori témájának címe „Kisvízgyűjtők csapadék-lefolyás kapcsolatának modellezése”. 2020 óta a Magyar Hidrológiai Társaság tagja.



NAGY ESZTER DÓRA okleveles infrastruktúra-építőmérnök (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2017), 2023-ban szerzett PhD fokozatot a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen a földtudományok területén, építőmérnöki tudományágból. 2022 óta főállású oktató, jelenleg ugyanezen egyetem Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszékén adjunktus. Túlnyomórészt hidrológiával, vízkészletgazdálkodással kapcsolatos tárgyakat oktat, fő kutatási területe a kisvízgyűjtők hidrológiája és a csapadék-lefolyás modellezés. 2016 óta a Magyar Hidrológiai Társaság tagja.



SZALAY MIKLÓS[†] okleveles vízépítőmérnök (Budapesti Műszaki Egyetem, 1975), okleveles hidrológus (Dipl. Hydrol, Delft, IHE 1980) az MHT tagja. A vízügyi ágazatban több évtizedes múlttal rendelkező. Az utóbbi évek során az Országos Vízügyi Főigazgatóság Vízügytő-gazdálkodási Osztályán és a VIZITERV Environ Nonprofit Kft.-nél szakági szakértőként dolgozott vízkészlet-gazdálkodási és hidrológiai feladatokon. 2024. december 24-én hunyt el.