

Jégjárásváltozás a Dráva alsó szakaszán 1876 óta

Takács Katalin

*Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természetföldrajzi Tanszék
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c
e-mail: takacs_kata@yahoo.com*

1. Bevezetés

A Kárpát-medence éghajlati adottságai miatt az itt található folyókon telente korábban rendszeresen megjelent a jég, hidegebb teleken a folyók beállása sem volt ritka jelenség, azonban a múlt század során változott a helyzet.

Nemcsak hazánkban, hanem az egész északi félgömb folyóiról is növekvő számban jelennek meg tudományos publikációk nemzetközi szakfolyóiratokban, melyek arról számolnak be, hogy az utóbbi évtizedekben a folyók jégjárása jelentősen megváltozott (Lemke–Ren et al. 2007, Prowse et al. 2007a, Jiang et al. 2008). Ez abban nyilvánul meg, hogy a beállás időpontja átlagosan későbbre, a felszakadás időpontja pedig egyre korábbra tolódik, így rövidül a jeges időszak a folyókon, továbbá csökken a jégtakaró vastagsága is. A mintegy 150 évre visszanyúló észlelések adatai alapján az állójég megjelenésének időpontja kb. 6 nappal későbbre, a felszakadás időpontja pedig kb. 6,5 nappal korábbra tolódik évszázadonként az északi félgömb vizsgált folyóin és tavain (Magnuson et al. 2000). Ezek a változások azonban regionálisan igen nagy különbségeket mutatnak, de követik a hőmérséklet ingadozásait, így jó indikátorai a klíma változásának, illetve változékonyságának (Prowse et al. 2007b).

Hazánkban is nagy múltja van a folyók jégjárás-kutatásának, Magyarországon főként a 18-19. században gyakori, pusztító jeges árvizek okainak kutatása miatt került előtérbe ez a téma (Déri 1989, Ihrig 1956, Károlyi 1963, 1982, Lászlóffy 1934). A későbbiekben a folyószabályozás eredményességét vizsgálták a jégviszonyok tanulmányozásával (Horváth 1969, 1973), majd a jégjelenségek előrejelzéséhez szolgáltatott adatokat (Keve 2002), azonban a legutolsó ilyen jellegű tanulmányok az 1970-es években készültek (Tóth 1973, Zorkóczy 1973, Kovács–Károlyi 1977). Napjainkban a jégviszonyok kutatása az éghajlatváltozással kapcsolatban vált fontossá (Kiss et al. 2006), mivel a hőmérséklet-emelkedés miatt bekövetkező jégjárás-változásnak további környezeti és hidrológiai hatásai vannak. Az utolsó elemzések óta eltelt 30 esztendő számottevően gyarapította az észlelések számát, ezért a folyóvízi jégre vonatkozó idősorok újraértékelése kiemelkedően aktuális. Ez a munka diplomamunka formájában már elkezdődött (Takács 2008), jelen tanulmányban a Drávára vonatkozó eredmények kerülnek összefoglalásra.

2. Módszerek és mintaterület

2.1. Jégmegfigyelési adatok

Több Dráva menti hidrológiai állomáson – pl. Zákány-Örtiloson, Baracson, Eszéken – már a 19. század végén megkezdődött az észlelés. Ezek a jégmegfigyelési adatok 1900 és 1970 között a VITUKI egyik kiadványából (Stelczer 1974), 1876–1900 és 1970–2001 évekre vonatkozóan a Központi Hidrológiai Adattárból hozzáférhetők, az ennél frissebb adatok még feldolgozás alatt vannak. Az állomások adatai azonban az 1876–2001-es időszakra nem hiánytalanok. A zákányi vízmércét többször át kellett helyezni a feliszapolódás miatt, ezért az 1916–1937 közti adatok bizonytalanok, így ezeket nem tudtam bevonni a számításokba, végül ezt a vízmércét 1951-ben áthelyezték Örtilosba, de a rendszeres észlelés csak 1957-ben indult

meg. A barcsi állomáson a második világháború miatt hiányoznak mérési adatok az 1944–1945-ös időszakról. Drávaszabolcson pedig csak 1935-ben kezdődtek a jégmegfigyelések. Eszékről a 2 világháború közötti és a rendszerváltást követő időszakról (1991-től) nincsenek adatok (1. táblázat, 1. ábra).

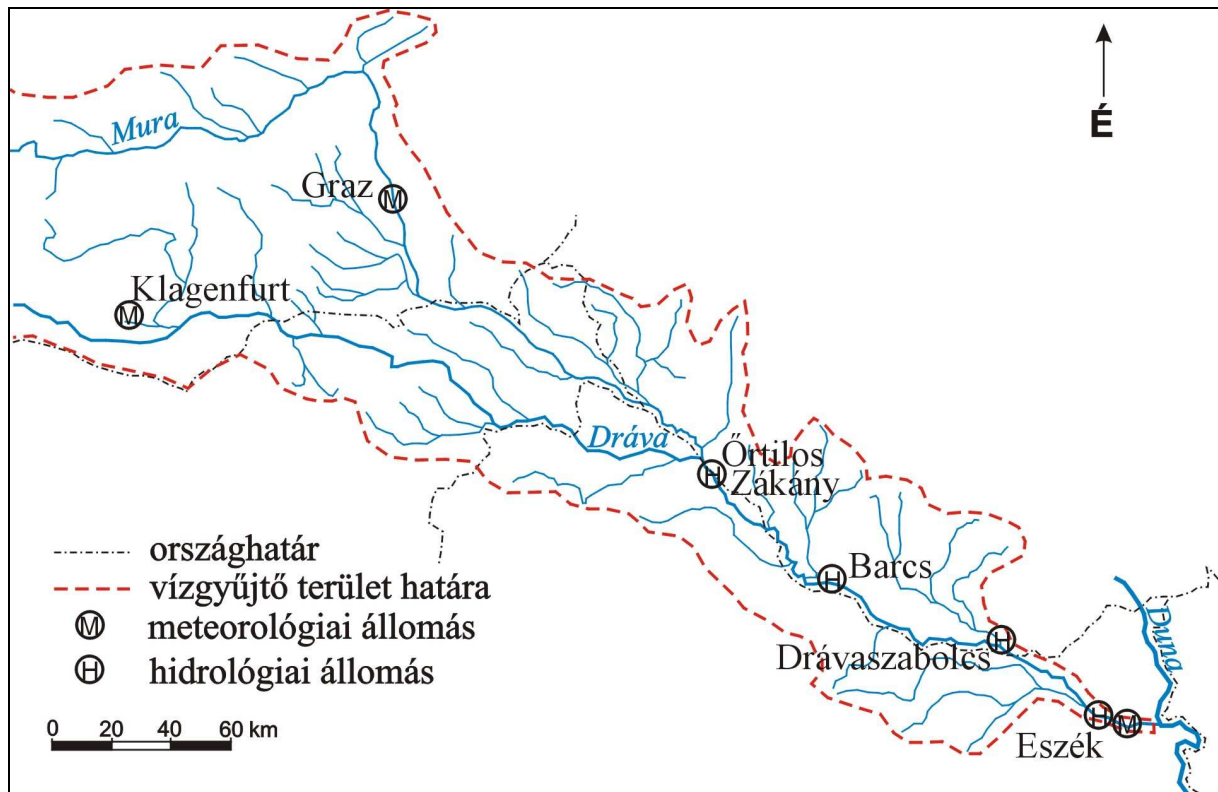
állomás			időszak	forrás
<i>jégmegfigyelési adatok</i>				
Zákány-Örtilos	napi		1887–1899	Központi Hidrológiai Adattár
			1900–1916	Stelczer K. 1974
			1937–1970	
			1971–2001	Központi Hidrológiai Adattár
Barcs	napi		1876–1899	Központi Hidrológiai Adattár
			1900–1970	Stelczer K. 1974
			1971–2001	Központi Hidrológiai Adattár
Drávaszabolcs	napi		1935–1970	Stelczer K. 1974
			1971–2001	Központi Hidrológiai Adattár
Eszék	napi		1876–1916	Központi Hidrológiai Adattár
			1946–1970	Stelczer K. 1974
			1971–1991	Központi Hidrológiai Adattár
<i>levegőhőmérsékleti adatok</i>				
Klagenfurt	havi	ellenőrzött	1847–1991	Oldenborgh, G. J. van et al. 2005
	havi	nem homogenizált	1992–2008	Oldenborgh, G. J. van et al. 2005
Graz	napi	ellenőrzött	1894–2008	Klein Tank, A. M. G. et al. 2002
	havi	ellenőrzött	1949–1991	Oldenborgh, G. J. van et al. 2005
			1894–1948 1992–2008	napi adatokból számított
Eszék	napi	ellenőrzött	1899–2008	Klein Tank, A. M. G. et al. 2002
	havi	ellenőrzött	1882–1955	Oldenborgh, G. J. van et al. 2005
			1956–2008	napi adatokból számított
<i>víz hőmérsékleti adatok</i>				
Zákány-Örtilos	napi		1958–1972, 1974–1977, 1988, 1991–1992, 1995–2009	http://www.vizadat.hu
Barcs	napi		1946–1975, 1988, 1990–2009	
Drávaszabolcs	napi		1946–1947, 1950–1951, 1959–1975, 1988, 1990–2009	
Eszék	napi		2003–2009	

1. táblázat. A felhasznált adatok és forrásaik.

2.2. Hőmérsékleti adatok

A Dráva vízgyűjtő területéről 3 meteorológiai állomás hosszú távú megfigyelési adatai érhetőek el a <http://climexp.knmi.nl> weblapról (Oldenborgh et al. 2005). Klagenfurtról ellenőrzött havi középhőmérséklet értékek 1847–1991 között állnak rendelkezésre, ennek kiegészítéseképpen 1813–1847 és 1991–2008 közötti, nem homogenizált adatok is elérhetőek. A grazi észlelések alapján 1894–2008 ellenőrzött napi adatok hozzáférhetőek. Eszékről pedig 1882 és 1955 között ellenőrzött, 1991-ig nem homogenizált havi adatsor elérhető, illetve napi középhőmérséklet-értékek is rendelkezésre állnak az 1899–2008-as időszakra (Klein Tank 2002) (1. táblázat).

Továbbá a <http://www.vizadat.hu> weboldalról vízhőmérsékleti adatok is elérhetőek: Zákány-Örtilos 1958–2009, Barcs 1946–2009, Drávaszabolcs 1946–2009 és Eszék 2003–2009. Ezek az adatsorok sem hiánytalanok, 1976 és 1987 között szüneteltek a mérések (1. ábra, 1. táblázat).



1. ábra. A Dráva alsó szakaszának vízgyűjtő területe és a megfigyelési állomások elhelyezkedése

2.3. Módszerek

A jégmegfigyelések a jégjelenségek (zajló jég, állójég) megjelenési és eltűnési időpontjait rögzítik. A Dráva-vízgyűjtő éghajlati sajátosságai miatt ezek a jelenségek szakaszosan lépnek fel egy tél során. Így a jégmegjelenés időpontja az első zajló jeges napot, a beállás időpontja az első állójeges napot, a felszakadás időpontja az utolsó állójeges napot, a jégeltűnés időpontja pedig az utolsó zajló jeges napot jelenti. Az állójeges időszak hossza az állójeges napok számával jellemezhető, a jeges időszak hossza pedig a zajló és az állójeges napok összegével, vagyis az összes jeges nap számával fejezhető ki. Az említett adatok

időbeli változását statisztikai módszerek alkalmazásával, trend-vizsgálattal elemeztem, melynek helyességét szignifikancia-vizsgálattal ellenőriztem.

A jégjárás és a hőmérséklet kapcsolatát korreláció-elemzéssel tanulmányoztam. A hőmérsékleti viszonyok változásának vizsgálatánál a téli középhőmérsékletet, – mely a decemberi, januári és februári havi középhőmérsékletek átlaga – elemeztem.

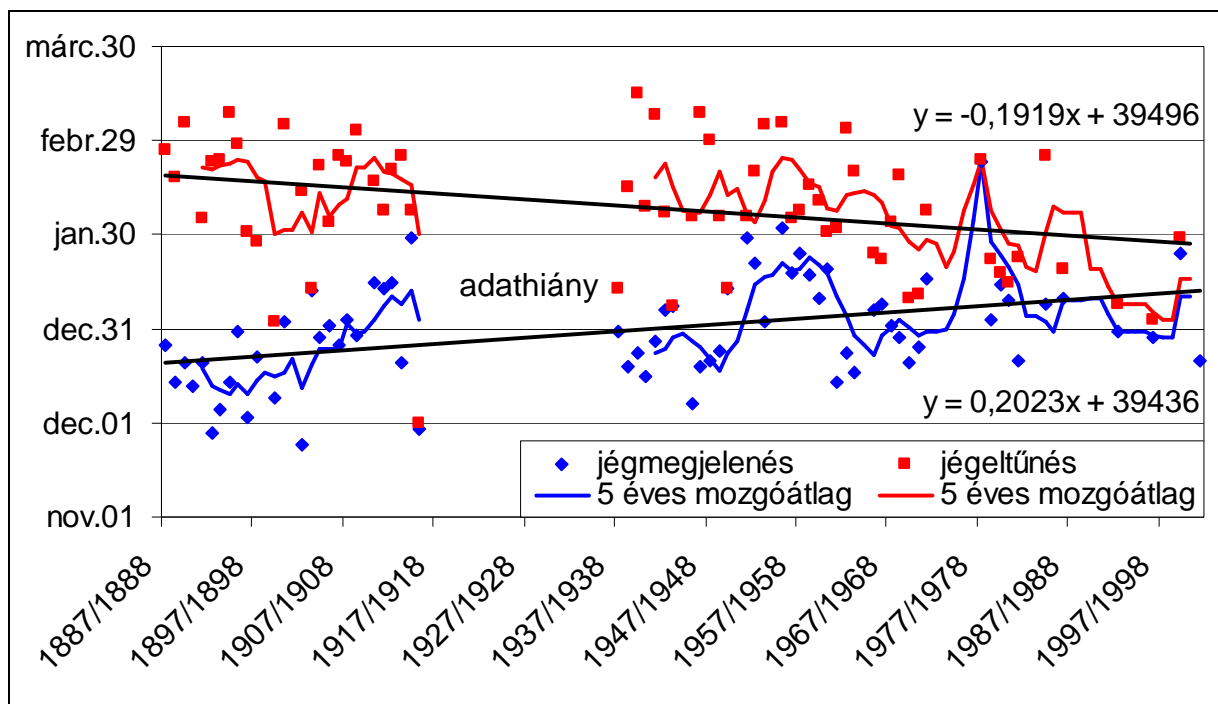
3. Eredmények

A Dráva alsó szakaszán, az eddigi észlelések szerint november 23. és március 19. között jelentkezhet jég, állójég megjelenésére azonban csak a december 10. és március 18. közötti időszakban számíthatunk. A jeges időszak hossza átlagosan 23 nap, melyből átlagosan az álló jeges időszak 12 napig tart.

3.1. Zákány-Órtilos

A Dráván Zákány-Órtilosnál átlagosan december 30-tól február 8-ig tart a jeges időszak, azonban 1902-ben előfordult, hogy a jégzajlás november 24-én kezdődött, továbbá 1940 tavaszán március 15-ig tartott. Állójég megjelenésére átlagosan január 10. és február 13. között számíthatunk, de 1945-ben észleltek már december 14-én is állójeget és 1940-ben előfordult, hogy csak március 13-án szakadt fel a jégtakaró a folyón. A jeges időszak hossza átlagosan 22 nap, az eddigi megfigyelések alapján maximálisan 84 napig (1939/40) is tarthat. Átlagosan 10 napra áll be a Dráva Zákány-Órtilosnál, az eddigi leghosszabb állójeges időszak 73 napig tartott az 1946/47-es télen.

A vizsgált időszak során a jégmegjelenés időpontja átlagosan 20 nappal későbbre, a jégeltűnés időpontja 19 nappal korábbra tolódott. Hasonló a helyzet a beállítás és a felszakadás időpontjával kapcsolatban is, ezek a dátumok 2 nappal későbbre, illetve 19 nappal tolódtak korábbra átlagosan (2. ábra). Ezzel párhuzamosan az állójeges napok száma 100 éves átlagban 13 nappal csökken, a jeges időszak hossza pedig 33 nappal lett rövidebb.

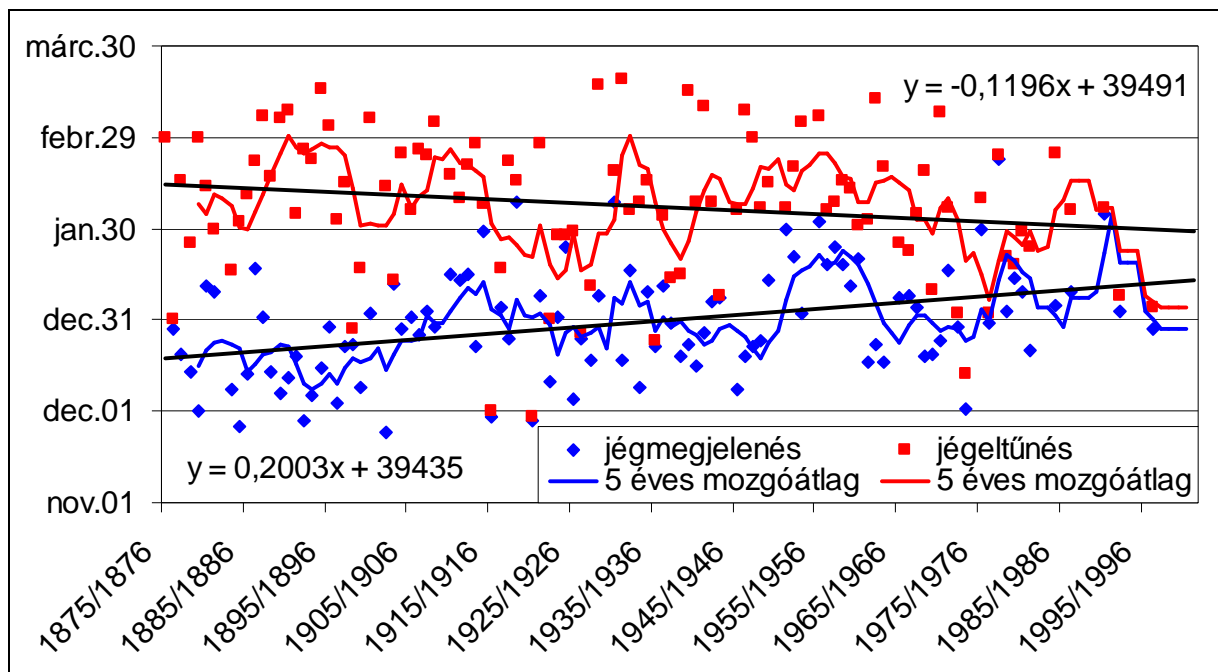


2. ábra. A jégmegjelenés és a jégeltűnés időpontjának változása a Dráván Zákány-Órtilosnál 1887–2001.

3.2. Barcs

Jégmegjelenésre a Dráván Barcsnál átlagosan december 29. és február 6. között lehet számítani, de 1902-ben észleltek már zajlást november 24-én is, továbbá 1932-ben csak március 19-én tűnt el a jég a folyóról. Átlagosan január 14-től február 8-ig tart az állójezes időszak, azonban 1879-ben december 10-én állt be a Dráva jege, a felszakadás időpontja pedig 1932-ben március 19-re esett. Átlagosan 23 napos a jeges időszak, maximálisan 91 napig (1879/80) tarthat. Az állójezes időszak átlagosan 11 napig tart, az eddigi legnagyobb értéket az 1946/47-es télen érte el, ekkor 76 napig tartott.

1876 és 2001 között átlagosan 20 nappal későbbre tolódott a jégmegjelenés időpontja, illetve 12 nappal korábbra tolódott a jégeltűnés dátuma. Ezzel párhuzamosan az állójég megjelenés dátuma átlagosan 4 nappal későbbre és az állójég felszakadás időpontja pedig átlagosan 11 nappal korábbra tolódott (3. ábra). A jeges és állójezes időszakok hossza is csökkent 26 illetve 13 nappal százéves átlagban.



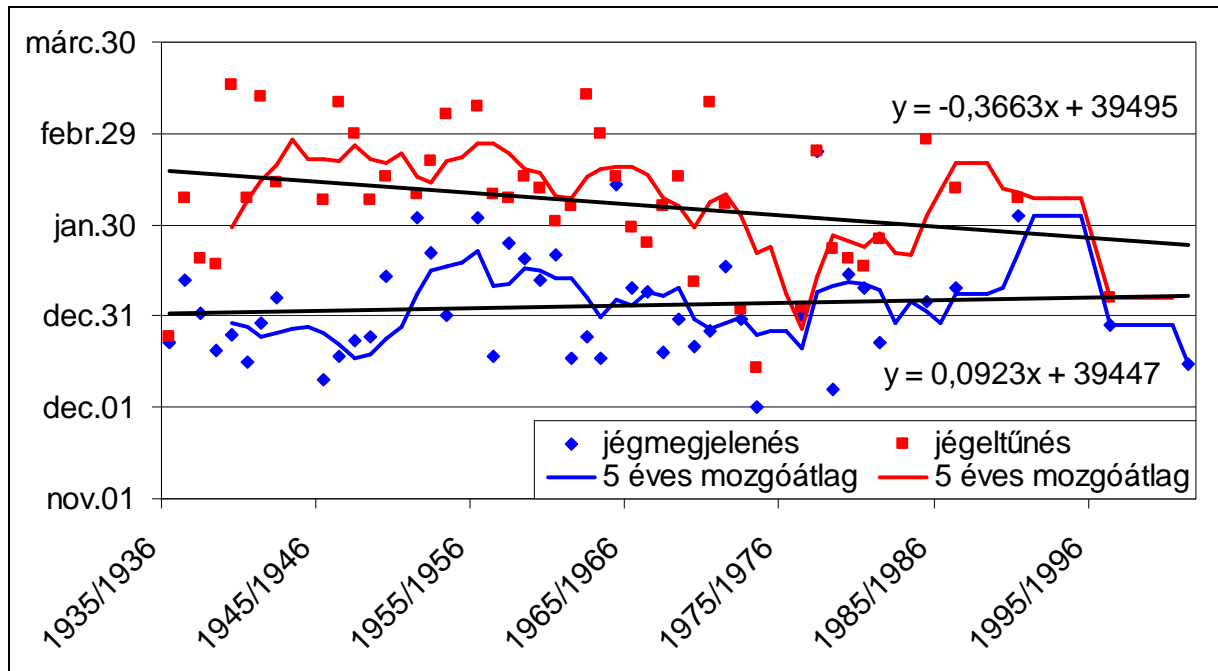
3. ábra. A jégmegjelenés és a jégeltűnés időpontjának változása a Dráván Barcsnál 1876–2001.

3.3. Drávaszabolcs

A Dráván Drávaszabolcsnál a jeges időszak átlagosan január 3-tól február 7-ig tart, azonban 1973-ban előfordult, hogy a jégzajlás december 1-én kezdődött, továbbá március 16-ig tartott 1940 tavaszán. Átlagosan az állójezes időszak január 7-től február 8-ig tart, azonban a Dráva jege 1945-ben december 12-én állt be, a felszakadás időpontja pedig 1940-ben március 16-ra esett. Drávaszabolcsnál a jeges időszak hossza átlagosan 19 nap, legtovább 1939/40-es télen tartott, ekkor 83 napos volt. Átlagosan 11 napra áll be a Dráva, a leghosszabb állójezes időszak szintén az 1939/40-es télen volt, ekkor 77 napig tartott.

A vizsgált időszak folyamán a jégmegjelenés időpontja átlagosan 9 nappal későbbre, a jégeltűnés dátuma pedig 37 nappal korábbra tolódott. Hasonlóan változott a beállás és a felszakadás időpontja is, ezek a dátumok 19 nappal későbbre, illetve 18 nappal korábbra tolódtak százéves átlagban (4. ábra). Ezzel párhuzamosan az állójezes napok száma 62 nappal

csökken 100 éves átlagban, a jeges időszak hossza pedig átlagosan 47 nappal lett rövidebb a vizsgált időszakban.

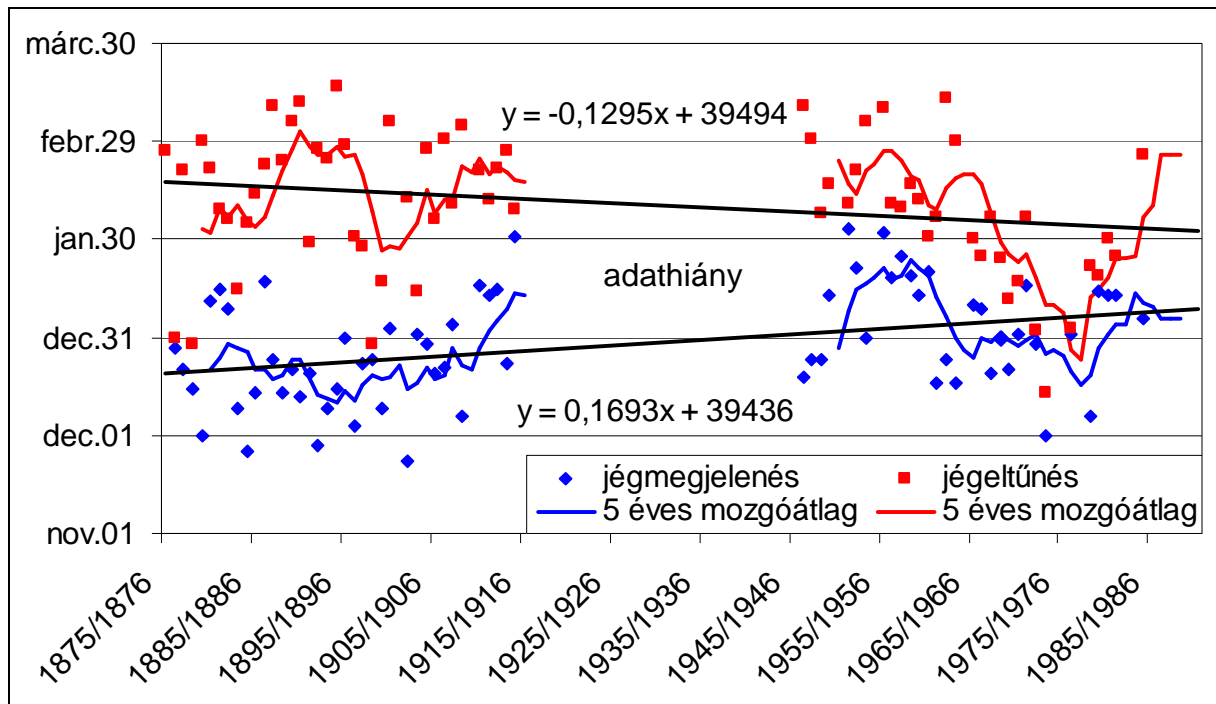


4. ábra. A jégmegjelenés és a jégeltűnés időpontjának változása a Dráván Drávaszabolcsnál 1935–2001.

3.4. Eszék

Jégmegjelenésre a Dráván Eszéknél átlagosan december 28. és február 9. között lehet számítani, beállásra pedig január 8. és február 14. között. Ezzel szemben 1902-ben már november 24-én megkezdődött a jégzajlás és 1895-ben csak március 17-én fejeződött be a zajlás a folyón. Észleltek már állójeget december 12-én is (1879-ben), továbbá 1895-ben március 15-ig borította állójég a Drávát. A jeges időszak hossza átlagosan 26 nap, maximálisan a 91 napot is eléri (1879/80). Az állójezes időszak átlagosan 16 napig tart, eddig az 1890/91-es télen tartott a legtovább, akkor 86 napos volt.

1876 és 2002 között a jégmegjelenés időpontja százéves átlagban 17 nappal tolódott későbbre, a jégeltűnés dátuma pedig 13 nappal tolódott korábbra. Hasonlóan változott a beállás és a felszakadás időpontja is: 6 nappal tolódott későbbre, illetve 9 nappal tolódott korábbra százéves átlagban (5. ábra). A jeges napok száma átlagosan 29 nappal, az állójezes napok száma pedig 23 nappal csökken százévenként.



5. ábra. A jégmegjelenés és a jégeltűnés időpontjának változása a Dráván Eszéknél 1876–2001.

4. Értékelés

A kimutatott hosszú távú trendek esetében a szignifikancia-vizsgálat egyöntetű eredményt hozott. A jégmegjelenés későbbre tolódásának trendjének szignifikanciája – Drávaszabolcs kivételével – közel 100%-os. A jégeltűnés szignifikanciája minden esetben meghaladja a 90%-os szintet. A beállás és a felszakadás eltolódásának szignifikancia szintje ennél jóval alacsonyabb, azonban az állomások idősoraiban tapasztalt nagy hasonlóság ennek ellenére is megerősíti és hangsúlyozza a jégjelenségekben észlelt változások észlelését. Az állójezes napok és a jeges időszak hosszának esetében a csökkenő trend szignifikanciája szintén közel 100%-os (2. táblázat).

	Zákány–Örtilos	Barcs	Drávaszabolcs	Eszék
jégmegjelenés	0,0006	0,0002	0,5668	0,0025
állójég megjelenés	0,8337	0,5601	0,3469	0,4755
állójég felszakadás	0,2918	0,2600	0,5774	0,3360
jégeltűnés	0,0128	0,0876	0,0799	0,0627
állójezes napok száma	0,0148	0,0040	0,0002	0,0004
összes jeges nap	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

2. táblázat. A szignifikancia-vizsgálat eredményei.

A Dráva alsó szakaszán a jégviszonyokban hasonló trendek figyelhetők meg, mint más észak-amerikai, skandináviai vagy ázsiai folyókon. Ezeket összehasonlítva a Dráván tapasztaltakkal megállapítható, hogy a beállás időpontja hasonlóan változik, azonban felszakadás dátuma lényegesen gyorsabban változik a Dráván, mint a többi vizsgált vízfolyáson. A Sárga-folyón azonban még ennél is gyorsabb az időpontok eltolódása, az elmúlt 30 évben nagyobb mértékű változás történt, mint a Dráván százéves átlagban (3. táblázat).

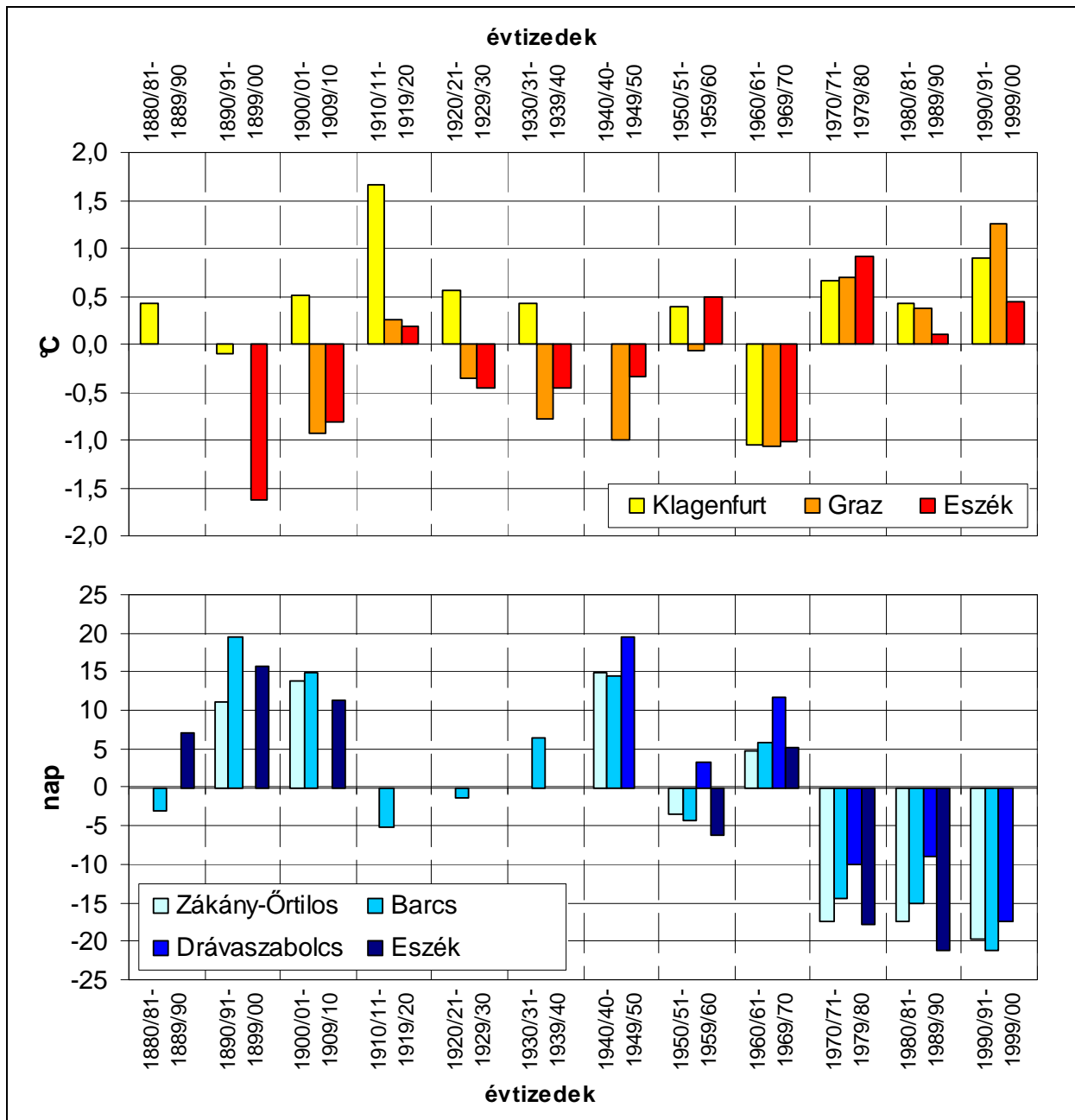
Folyó	az állójég megjelenésének későbbre tolódása (nap/100 év)	az állójég felszakadásának korábbra tolódása (nap/100 év)	az állójezes napok számának csökkenése (nap/100 év)
MacKenzie	6,1	n. a.	n. a.
Vörös-folyó	13,2	10,6	n. a.
Miramichi	n. a.	7,3	n. a.
Tornionjoki	n. a.	6,6	n. a.
Angara	8,5	2,1	n. a.
Sárga-folyó*	11,6*	15,6*	25*
Dráva	7,9	14,0	24

3. táblázat. A jégviszonyok változása az északi félgömb néhány folyóján. (* = 33 éves átlag)
 Adatforrás: Magnuson, J. J. et al. 2000, Jiang, Y. et al. 2008.

A Dráva alsó szakaszán, a vizsgált időszakban, az adatok elemzése és a folyószabályozás eseményeit áttekintve nagyobb beavatkozások nem történtek, mivel a munkálatok jelentős része még a 19. század végére elkészült. Tehát lényeges antropogén zavaró tényezőt (Takács et al. 2008), mely a Dráva természetes tényezők hatására kialakuló jégjárását befolyásolná, nem ismertem fel (Takács 2008), így a jégviszonyok változásának oka a hőmérséklet-emelkedésben keresendő.

A Dráva vízgyűjtőjének hőmérsékleti viszonyai a klagenfurti, a grazi és az eszéki meteorológiai állomások adatai alapján jellemezhető. Ezek a meteorológiai állomások ugyan távolabb esnek a hidrológiai megfigyelő állomásoktól, de a Dráván mért vízhőmérsékletek a napi középhőmérsékletekkel szoros kapcsolatot mutatnak. A korrelációs együttható értéke mindhárom állomás esetében 0,92. Továbbá a keresztkorrelációs vizsgálat arra is rámutatott, hogy a vízhőmérséklet 2 napos késéssel követi Eszék, illetve 3 napos késéssel Graz léghőmérsékletének alakulását.

Klagenfurtban a téli középhőmérséklet 0,7 °C-kal emelkedik százéves átlagban. A jeges időszak havi középhőmérsékletei közül pedig márciusban a leggyorsabb a növekedés, átlagosan 1,3 °C százévente. Grazban a hőmérséklet-emelkedés mértéke százéves átlagban 1,9 °C. A melegedés februárban a leggyorsabb, a havi középhőmérséklet átlagosan 2,5 °C-kal emelkedik százévente. Eszéken átlagosan 1,7 °C-kal növekszik a téli középhőmérséklet százéves átlagban. Legnagyobb növekedés januárban és februárban figyelhető meg, 2,1 °C, illetve 1,9 °C százéves átlagban. Ez az oka annak, hogy mindegyik hidrológiai állomás esetében az állójég felszakadása változik gyorsabban, hiszen ezek a dátumok esnek általában februárra, márciusra.



6. ábra. Téli középhőmérsékleti anomália az 1961–1990-es átlaghoz képest és a jeges napok számának eltérése az 1875-2000-es átlagtól.

A téli középhőmérséklet emelkedése azonban nem volt egyenletes a vizsgált időszak során, voltak az átlagosnál hidegebb és melegebb évtizedek. A 19. század vége az átlagosnál hidegebb időjárású volt, mely folytatódott a 20. század elején is, utána átlagos vagy melegebb évtizedek következtek. Hasonló módon változott a jeges időszak hossza is, a század elején az átlagosnál jóval hosszabb ideig tartott a jeges időszak. A következő évtizedekben az összes jeges nap száma átlagos volt, vagy annál kevesebb. 1940 és 1970 között újabb hűvösebb időszak következett, csak az 50-es években történt egy kis enyhülés, ezzel párhuzamosan a jeges időszak hossza is megnövekedett. Az 1970-es évek óta azonban folyamatos a hőmérséklet-emelkedés, az átlagosnál egyre melegebb évtizedek következtek, a jeges időszak hossza pedig drasztikusan lecsökkent. (6. ábra.)

5. Összegzés

A jégmegfigyelések a Dráva vízgyűjtőterületén hosszú távra tekintenek vissza. 4 hidrológiai megfigyelő állomás – Zákány-Órtilos, Barcs, Drávaszabolcs és Eszék – adatai alapján kimutatható, hogy a vizsgált időszak során a Dráva alsó szakaszának jégjárása megváltozott és szignifikáns trend figyelhető meg. 100 éves átlagban a folyó beállásának időpontja 8 nappal későbbre, a felszakadás időpontja pedig 14 nappal korábbra tolódott. Hasonló trendet mutat a jégmegjelenés és a jégeltűnés időpontja is, ezek átlagosan 17 nappal későbbre és 18 nappal korábbra tolódtak a múlt század során. Ezek következtében a jeges és állójege napok száma is csökken a Dráván, száz éves átlagban 38, illetve 24 nappal.

A Dráva vízgyűjtőjén 3 meteorológiai állomás – Klagenfurt, Graz és Eszék – észlelési adatai alapján igazolható, hogy a téli középhőmérsékletek alakulásában is növekvő trend mutatkozik. Ennek mértéke átlagosan 0,7–1,9 °C százévente.

Bizonyítást nyert, hogy a jégjárás változásának mértéke összhangban van a téli középhőmérsékleti viszonyokkal.

6. Irodalomjegyzék

- Déri J. 1989: A Duna jeges árvizei évezredünkben. Hidrológiai Közlöny 69/3, 151–158.
- Horváth S. 1969: A folyószabályozás és a jégjelenségek kapcsolata. In: Bogárdi I. (szerk.): Korszerű folyószabályozás. OVH, Budapest 71–80.
- Horváth S. 1973: A folyószabályozások hatása a folyók jégjárására. In: Kovács D. (szerk.): A jégveszély elleni védekezés, Vízügyi Műszaki Gazdasági Tájékoztató. VIZDOK, Budapest 127–146.
- Ihrig D. 1956: Az 1956. évi dunai jeges árvíz Magyarországon. Vízügyi Közlemények 38/4, 389–424.
- Jiang, Y. – Dong, W. – Yang, S. – Ma, J. 2008: Long-term changes in ice phenology of the Yellow River in the past decades. Journal of Climate 21, 4879–4886.
- Károlyi Z. 1963: A Duna 1962–63. évi jégviszonyai. Vízügyi Közlemények 45/3, 287–300.
- Károlyi Z. 1982: A Baja alatti Duna-szakasz jégviszonyai 1982 telén. Vízügyi Közlemények 65/3, 465–468.
- Keve G. 2002: A jégmegfigyelés korszerűsítési lehetőségei. Vízügyi Közlemények 84/3, 358–378.
- Kiss A. – Sümeghy Z. – Danku Gy. 2006: 1783-1784. évi szélsőséges tél és a Maros jeges árvize. In: Kiss A. – Mezősi G. – Sümeghy Z. (szerk.): Táj, környezet és társadalom. Ünnepi tanulmányok Keveiné Bárány Ilona professzor asszony tiszteletére. SZTE, Szeged 353-362.
- Klein Tank, A. M. G. – Wijngaard, J. B. – Können, G. P. – Böhm, R. – Demarée, G. – Gocheva, A. – Miletta, M. – Pashiardis, S. – Hejkrlik, L. – Kern-Hansen, C. – Heino, R. – Bessemoulin, P. – Müller-Westermeier, G. – Tzanakou, M. – Szalai, S. – Pálsdóttir, T. – Fitzgerald, D. – Rubin, S. – Capaldo, M. – Maugeri, M. – Leitass, A. – Bukantis, A. – Aberfeld, R. – Engelen, A. F. V. van – Forland, E. – Miletus, M. – Coelho, F. – Mares, C. – Razuvaev, V. – Nieplova, E. – Cegnar, T. – Antonio López, J. – Dahlström, B. – Moberg, A. – Kirchhofer, W. – Ceylan, A. – Pachaliuk, O. – Alexander, L. V. – Petrovic, P. 2002: Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. International Journal of Climatology 22, 1441-1453.
- Kovács D. – Károlyi Z. 1977: A Magyar-Jugoszláv közös érdekeltégű Duna-szakasz jégjárásváltozásának vizsgálata. Vízügyi Közlemények 59/3, 373–391.
- Lászlóffy W. 1934: A folyók jégviszonyai, különös tekintettel a magyar Dunára. Vízügyi Közlemények 16/3, 369–435.
- Lemke, P. – Ren, J. – Alley, R. B. – Allison, I. – Carrasco, J. – Flato, G. – Fujii, Y. – Kaser, G. – Mote, P. – Thomas, R. H. – Zhang, T. 2007: Observations: Changes in snow, ice and frozen ground. In: Climate Change Synthesis Report. IPCC 337–383.
- Magnuson, J. J. – Robertson, D. M. – Benson, B. J. – Wynne, R. H. – Livingstone, D. M. – Arai, T. – Assel, R. A. – Barry, R. G. – Card, V. – Kuusisto, E. – Granin, N. G. – Prowse, T. D. – Stewart, K. M. – Vuglinski, V. S. 2000: Historical trends in lake and river ice cover in the Northern Hemisphere. Science 289, 1743–1746.
- Oldenborgh, G. J. van – Balmaseda M. A. – Ferranti, L. – Stockdale, T. N. – Anderson, D. L. T. 2004: Evaluation of atmospheric fields from the ECMWF seasonal forecasts over a 15 year period. Journal of Climate, 2005, 18, 16, 3250-3269.
- Prowse, T. D. – Bonsal, B. R. – Duguay, C. R. – Lacroix, M. P. 2007a: River-ice break-up/freezing-up: a review of climatic drivers, historical trends and future. Annals of Glaciology 46, 443-451.

- Prowse, T. D. – Bonsal, B. R. – Duguay, C. R. – Hessen, D. O. – Vuglinsky, V. S. 2007b: River and Lake Ice. In: Global Outlook for Ice and Snow. UNEP 201–213.
- Stelczer K. (szerk.) 1974: Adatgyűjtemény folyóink jégviszonyairól. VIZDOK, Budapest 60-66.
- Takács K. 2008: Jégképződés összehasonlító vizsgálata a Duna vízrendszerében. Diplomamunka, ELTE, kézirat, 66.
- Takács K. – Nagy B. – Kern Z. 2008: Anthropogenic effects on river ice regime – river regulation, reservoir and water pollution. 1st International Geographical Scientific Colloquium Mostar–Budapest–Zagreb, Book of abstracts, 45–46.
- Tóth L. 1973: A Dráva jégviszonyai. In: Kovács D. (szerk.): A jégveszély elleni védekezés, Vízügyi Műszaki Gazdasági Tájékoztató. VIZDOK, Budapest 119–125.
- Zorkóczy Z. 1973: A Rába jégviszonyai. In: Kovács D. (szerk.): A jégveszély elleni védekezés, Vízügyi Műszaki Gazdasági Tájékoztató. VIZDOK, Budapest 85–91.