

# **A Duna és a Tisza hidroklimatológiai jellemzése napi vízállásadatok felhasználásával**

**SZAKDOLGOZAT  
FÖLDTUDOMÁNYI ALAPSZAK  
METEOROLÓGUS SZAKIRÁNY**



Készítette:

**Bokodi Eszter Kata**

Témavezető:

**Dr. Pongrácz Rita**

ELTE TTK, Meteorológiai Tanszék

Eötvös Loránd Tudományegyetem  
Földrajz- és Földtudományi Intézet  
Meteorológiai Tanszék

Budapest, 2017

# Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	2
2. Irodalmi áttekintés.....	4
3. Felhasznált adatok, módszertan .....	10
4. Statisztikai vizsgálatok eredménye .....	14
4.1. Havi és éves átlagok meghatározása.....	14
4.2. Empirikus eloszlásfüggvény meghatározása .....	18
4.3. Küszöbértékek meghaladási valószínűsége.....	24
4.4. Időbeli változások elemzése .....	39
5. Összefoglalás.....	51
Köszönetnyilvánítás .....	54
Irodalomjegyzék.....	55
Függelék .....	57

# 1. Bevezetés

A Duna 2 860 km-es hosszával a Volga után Európa második leghosszabb és legbővizűbb folyója. A teljes vízgyűjtő területének kiterjedése 817 000 km<sup>2</sup>, mely több országot érint, illetve teljesen magába foglal. Például hazánk teljes egészében a vízgyűjtő területén található (1.ábra), s így a Duna Magyarország fő folyója. Az országon belüli szakasz hossza 417 km. A Duna leghosszabb mellékfolyója a Tisza, amely Közép-Európa legfontosabb folyóinak egyike. 966 km-es teljes hosszából a hajózható rész ma 780 km [1 - [www.vizugy.hu](http://www.vizugy.hu)]. A Tisza vízgyűjtő területe eléri a 157 000 km<sup>2</sup>-t. A folyó vízállása erősen ingadozó.

A folyók vizét számos módon hasznosítjuk, például vízenergia termelésére. A Duna nagyobb sodrású szakaszain sok vízerőmű épült, például Németországban és Ausztriában. 1972-ben a Vaskapunál hozták létre Európa egyik legnagyobb vízerőművét két duzzasztógáttal. A lassúbb szakaszokon, sík területen az energiatermeléshez a folyó felduzzasztása szükséges, így működik például a szlovákiai Bősnél található vízerőmű is. [1 - [www.vizugy.hu](http://www.vizugy.hu)]



1. ábra: A képen a Duna vízgyűjtőterülete látható [2 - <http://www.terport.hu>].

A Duna vizének az ivóvízellátásban is fontos szerepe van. Budapest közelében található 21 település és a főváros több mint 1,7 millió lakója, a Margit-szigeten, a Csepel-szigeten, a Szentendrei-szigeten, valamint a Duna jobb és bal partjára telepített kutak révén jut ivóvízhez. A fővárosban és a vonzáskörzetében számos gyártó vagy szolgáltató üzem található, amelyeknek az ivóvízhez képest kevésbé „tisztá”, de meglehetősen nagy mennyiségű vízre, ipari vízre van szüksége. A Duna menti kutak az év minden napján

összesen mintegy 1 000 000 m<sup>3</sup> ivóvíz kitermelését, illetve továbbítását teszik lehetővé [3 - vizmuvek.hu].

A Duna mellett a Tisza is fontos ivóvízbázisnak tekinthető, hiszen a folyó látja el például Szolnokot és további hét közeli települést ivóvízzel. A Szolnoki Felszíni Vízmű a Tisza jobb partján, a Zagyva folyó torkolatánál található. A vízmű vízkitermelési teljesítménye 50 000 m<sup>3</sup>/nap [4 - <http://www.vcsm.hu> ].

A Duna hajózás stratégiai szempontból is rendkívül fontos, mivel nemzetközi vízi összeköttetést biztosít Közép-Európa, Nyugat-Európa és a Fekete-tenger között (*Hasenbichler, 2013*). Nagy szerepet játszik továbbá a folyó menti országok gazdasági életében, elsősorban a teherszállításban, ami az egyéb szállítási formákhoz viszonyított kisebb költségeknek köszönhető. Uszályokon, vontatóhajókon szállítják a rakományt, jellemzően takarmányt, gabonaféléket, építési, illetve kohászati anyagokat [1 - [www.vizugy.hu](http://www.vizugy.hu) ]. A Tisza szerepe a hajózásban még nem túl nagy, de ez a 2017 februárjában elfogadott szerb-magyar államközi szerződés hatására – mely a Tisza nemzetközi vízi úttá nyilvánításáról szól – megváltozhat.

A fentiekből egyértelműen kitűnik, hogy mind a Duna, mind a Tisza fontos ivóvízforrásként szolgál, jelentős vízforgalom helyszíne, továbbá kulturális és ökológiai értékek otthona. Ebből adódik, hogy a folyókat érintő bármilyen, a vízhozamhoz köthető változás jelentős hatást gyakorol a térségre. Ilyen változás lehet például akár a Duna, akár a Tisza vízszintjének trendjellegű csökkenése, ugyanis ekkor a folyók bizonyos szakaszokon hajózhatatlanná válhatnak, illetve az alacsonyabb vízszintek következtében több település vízellátásában komoly problémák jelentkezhetnek. Több tanulmány (*Fejes és munkatársai, 2014*) vizsgálja a folyók vízállása és a talajvízszint közötti szoros kapcsolatot. Vízi utak, kikötők, erőművek, árvízvédelmi rendszerek tervezése során is rendkívül fontosak az adott folyó vízállásában bekövetkező változások. Mindezek kiemelik a Duna, illetve a Tisza vízhozamára és vízállására vonatkozó vizsgálatok szükségességét.

E szakdolgozat célja, három dunai (Nagymaros, Budapest, Mohács) és három tiszai (Vásárosnamény, Szolnok, Szeged) szelvényen mért vízállások idősorainak részletes elemzése, az idősorokon végzett különböző statisztikai vizsgálatok eredményeinek szisztematikus bemutatása.

## 2. Irodalmi áttekintés

Napjainkban az éghajlati rendszerről rendelkezésre álló ismereteink, illetve számos modellszimuláció eredménye alapján elmondható, hogy az üvegházhatású gázok légköri koncentrációjának növekedése globális hőmérsékletemelkedést, s ennek következtében globális és regionális klímaváltozást okoz (*Barcza és munkatársai*, 2011). Az éghajlati modellek számításai szerint mind a hőmérséklet, mind a csapadék átlagértékeiben, illetve szélsőségeiben jelentős változás várható (*IPCC<sup>1</sup>*, 2012). Magyarországon az 1901–2009 időszak hőmérsékleti adatsorát vizsgálva a középhőmérséklet 0,99 °C-os emelkedése figyelhető meg. *Lakatos és Bihari* (2011) vizsgálatai szerint a legnagyobb melegedési tendencia a nyári évszakra jellemző. Hazánkban az összcsapadék mennyisége csökkenést mutat. Évszakos viszonylatban a legnagyobb csökkenés tavasszal tapasztalható. Az 1901–2009 időszakban a csapadék nyáron és télen növekedett, ősszel viszont csökkent. Ezek a detektált változások azonban statisztikailag nem szignifikánsak. Az extrém csapadékok előfordulását mutatja, hogy 2009-hez közelítve a csapadékos napok száma csökkent, míg a 20 mm-t meghaladó összcsapadékos napok gyakoribbá váltak. A regionális klímamodellek szerint az átlaghőmérséklet emelkedése a XXI. században folytatódni fog, ez az emelkedés pedig a nyári évszakban lesz a legnagyobb mértékű (*Pongrácz és munkatársai*, 2011). A klímaváltozás hatására a XXI. század végére a csapadékösszeg mennyiségének nagymértékű változása ugyan nem várható, de éven belüli eloszlása módosulni fog. Ennek következtében nyáron a csapadék mennyisége valószínűsíthetően kevesebb, míg télen több lesz (*Bartholy és munkatársai*, 2011).

Hasonló jellegű változás a folyók vízhozamában már napjainkban is tapasztalható. *Pekarova és munkatársai* (2008a, b) vizsgálatai alapján, a Dunán Pozsonynál 1941 és 2005 között az 1876-tól 1940-ig tartó időszak vízhozamához képest magasabb értékek voltak tapasztalhatók. Késő márciusban a vízhozam közel 500 m<sup>3</sup>/s-mal haladta meg a vizsgált teljes időszak első felében tapasztalható értékeket. Ezzel szemben a nyári időszakban átlag alatti értékek voltak megfigyelhetők, szeptemberben kb. 550 m<sup>3</sup>/s-os csökkenést tapasztaltak. A kora tavaszi jelenség a hó korábbra tolódó olvadásával magyarázható, ami a magasabb léghőmérséklet következménye. A nyári alacsonyabb vízhozam pedig a nagyobb mértékű párolgásnak, illetve a hóolvadásból származó utánpótlás korábbi levonulásának tudható be.

---

<sup>1</sup> IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change): Éghajlatváltozási Kormányközi Testület

Az extrémításokkal foglalkozó *IPCC* jelentés (*IPCC*, 2012) egyértelműen megállapítja, hogy a XX. század második feléből származó adatsorok alapján számos szélsőséges időjárási esemény gyakorisága, illetve intenzitása is megváltozott. Az éghajlati modellek becslése szerint a hőmérséklettel kapcsolatos extrém időjárási események gyakorisága a XXI. század végére még tovább fog növekedni, s ezáltal a hőstressz fokozódása valószínűsíthető (*Pongrácz és munkatársai*, 2013). Emellett bolygónk számos pontján az extrémcsapadékok gyakorisága, valamint ezen heves csapadékok aránya az összcsapadékon belül valószínűsíthetően nőni fog. A Kárpát-medence térségében várható változásokat *Bartholy és munkatársai* (2015) jellemezték. Az extrém csapadékok gyakoribbá válása számottevően növeli az árvizek és belvizek kockázatát, a csapadék és a vízhozam közötti szoros összefüggés miatt. A Dunára egy Németországban, két Ausztriában, illetve egy Szlovákiában található állomáson *Szolgoyova és munkatársai* (2014) négyéves periódusokat vizsgálva kimutatták, hogy a vízhozam változása 6 hónappal a csapadékhullást követően jelentkezett. *Parajka és munkatársai* (2009) vizsgálatai szerint az extrém árvizes helyzetek általában mindig egy bizonyos hónapban fordulnak elő, míg a kisebb vízállások évről évre eltérő hónapokban is bekövetkezhetnek. További problémákat okozhat a jövőben, hogy a hőmérséklet várható emelkedése miatt a téli csapadék valószínűsíthetően egyre inkább eső, és nem hó formájában fog hullani, mely a téli lefolyás növekedéséhez fog vezetni. Ennek következtében a jelenleginél korábban érkező és magasabban tetőző árhullámok előfordulása gyakoribb lesz, ugyanis a korábban hó formájában tárolt víz késleltetés nélkül tud majd lefolyni. Erre példa 2016 februárja, amikor a mért csapadék mennyisége elérte a sokéves átlag kétszeresét, melynek számottevő része eső formájában hullott le (*Lendér*, 2016).

Az extrém csapadékok gyakoriságának növekedése mellett az aszályok kockázata is növekszik (*Bartholy és munkatársai*, 2013; *Sábitz és munkatársai*, 2014; *Pongrácz és munkatársai*, 2014), hiszen a kisebb nyári csapadékmennyiség és a nagyobb mértékű potenciális párolgás miatt a nyári kisvizek vízszintjének jelentős csökkenésére számíthatunk. Mivel a kisvízhozamok az eddigiéknél kisebbek lesznek, előfordulhat, hogy egyes felszíni vízfolyások időszakossá válnak. *Somlyódy és munkatársai* (2010) szerint ezért elengedhetetlen, hogy felkészültek legyünk a szárazodás miatt bekövetkező, hosszútávon jelentkező vízgazdálkodási hatásokra, mint például a vízkészletek jelentős csökkenésére, illetve az egyre súlyosabb aszályokra.

A Duna magyarországi szakaszán is számos kutató vizsgálta a folyó különböző hidrológiai karakterisztikáit. Ezen kutatások eredményeit foglaljuk össze a következőkben.

A Duna vízszintjének hosszú távú megváltozása leginkább az Alpokat borító hó mennyiségének csökkenése miatt válik egyre érezhetőbbé, de a felszíni vizek lefolyását kisebb mértékben a természetes növénytakaró, illetve a mezőgazdasági termelés megváltozása is befolyásolhatja. Az említett változásokat már napjainkban is tapasztalhatjuk szokatlanul kisvizes, valamint jelentős árvizes időszakok formájában [5 - <http://wwf.hu>]. Ha kifejezetten a Duna magyarországi vízgyűjtőjére végzett kutatásokat tekintjük, a fentebb bemutatott külföldi kutatási eredményekhez hasonlóan, a nagyvizek az év első, a kisvizek pedig jórészt az év második felében fordulnak elő. Persze ezt számos klimatikus hatás, vagy a földtani viszonyok módosíthatják. Ennek következtében előbb is jelentkezhetnek nagyvízi időszakok, valamint eltarthatnak akár augusztusig is. Ezzel szemben a kisvizes időszakok júliustól egészen a következő év márciusáig is elhúzódhatnak a Dunán és a mellékfolyók vízgyűjtőin egyaránt (Kovács, 2009). A legmagasabb vízhozamok általában nyáron (júniusban és júliusban), illetve tavasszal (márciusban) jelentkeznek, míg a legalacsonyabb vízhozamok november és január között (Konecsny és Nagy, 2014). Mecs (2007) az 1971–2006 időszakban a Duna vízszintjének 12600 megfigyelési napi adatait tekintve megállapította, hogy a minimum vízállások október-novemberben tapasztalhatók, míg a maximumok április és június között.

Az 1900–2016 időszak napi vízállásadatakra trendvonalat illesztve Nagy-Kovács és Takácsné György (2016) arra az eredményre jutottak, hogy a Duna vízállása Nagymarosnál és Budapestnél csökkenő trendet mutat. Ez a csökkenés a nyári és a téli időszakot egyaránt érinti, azonban nem egyforma mértékben. A nyári hónapokban nagyobb mértékű csökkenés tapasztalható, mint télen. Az 1994–1999 időszakot vizsgálva megállapítható, hogy a vízszint az 1960–1967 időszakhoz viszonyítva jelentősen, csaknem 70-100 cm-rel csökkent. Tehát a Duna vízállásában egy átlagosan apadó tendencia detektálható. Ebből következik, hogy a kisvízi időszakokkal érintett napok száma egyre nőtt (Bárdossy és Molnár, 2002). Az 1901-től 2000-ig tartó adatsort Kovács (2009) egy 70 éves és egy 30 éves időszakra bontotta, amire további trendelemzéseket végzett. Ennek eredményei azt igazolják, hogy a nyári félév lefolyásában csökkenés, míg a téli félévben növekedés történt.

Konecsny (2014) az 1930 és 2013 közötti időszakot 21 éves részidőszakokra bontva azt tapasztalta, hogy Nagymarosnál a vizsgált időszak elején jóval magasabbak voltak a közepes- és a kisvizek, mint az utóbbi évtizedekben. Bárdossy és Molnár (2002)

megállapította, hogy a Duna medre megváltozott, ugyanis a közepes és kisvizek annak ellenére mutatnak csökkenő tendenciát, hogy a vízhozam nőtt. A mederszabályozás, a mederkotrás, illetve a vízlépcsők megépítése miatt a Duna lebegtetett hordalékszállítása jelentősen lecsökkent. *Kavrán* (2009) megállapította, hogy ennek következtében a laza alluviális rétegen létrejött mederrészek rohamos mértékben elkezdtek berágódni, hiszen a folyó a kevesebb szállított hordalék miatt a felgyülemlett energiatöbbletet a meder mélyítésére fordította. Ennek hatására csökkent a kisvizek vízszintje.

Ugyancsak *Konecsny* (2014) állapította meg, hogy az 1930 és 2013 közötti időszakban a sokéves maximumot mind Bajánál, mind pedig Nagymarosnál 2013-ban érte el a Duna. Szintén ebben az időintervallumban Nagymarosnál az évi közepes, valamint az évi minimális vízállások csaknem 1,5 m-es csökkenése volt tapasztalható. A maximális vízállásokra illesztett trend csak kismértékű emelkedést jelez. Bajánál az 1930 és 2013 közötti időszakban, az évi közepes, valamint az évi minimális vízállások kisebb mértékben, míg a maximális vízállások közel 2 m-rel emelkedtek. Nagymarosnál 1930 és 1971 között a vízállások tekintetében nem mutatható ki szignifikáns változás, ezzel szemben az 1972–2013 időszakban az évi közepes vízállás, illetve az évi minimális vízállás csekély csökkenése, az évi maximális vízállás jelentős emelkedése figyelhető meg. Bajánál 1930–1950 és 1951–1971 részintervallumokban a közepes- és kisvizek szintje emelkedett, míg 1972–1992 és 1993–2013 között a vízszintek csökkenése volt tapasztalható. A II. fokú árvízvédelmi készültségi szint felett tetőző évi maximális vízállások egyre gyakoribbak lettek. Ha az évi szélsőséges és közepes vízhozam idősorokat tekintjük, láthatjuk, hogy Nagymarosnál és Bajánál is az 1930–2013 időszakban az évi közepes vízhozamok enyhe csökkenést, a maximális és minimális vízhozamok pedig emelkedést mutatnak (*Konecsny*, 2014).

A Dunához képest a Tisza kisebb jelentőségű folyó, mindössze 966 km hosszú, és vízgyűjtő területe is csak kevés országot érint, ezért lényegesen kevesebb, a vízállását és egyéb hidrológiai karakterisztikáit elemző tanulmány született. A következőkben a Tiszáról készült vizsgálatok eredményeit foglaljuk össze.

*Konecsny és Nagy* (2014) vizsgálatai szerint, a folyó vízszintjének változására legfőképpen a hegyvidéki területeken a mérsékelt kontinentális klíma okozta csapadékos és száraz időszakok gyakorolnak hatást. A Tiszán a közepes és az alacsony vízállások az 1921-től 2012-ig tartó időszakban erősen csökkenő, ezzel szemben a magas vízállások növekvő trendet mutatnak. A kisvizek szintjének csökkenésére példaként említhető a Szamos

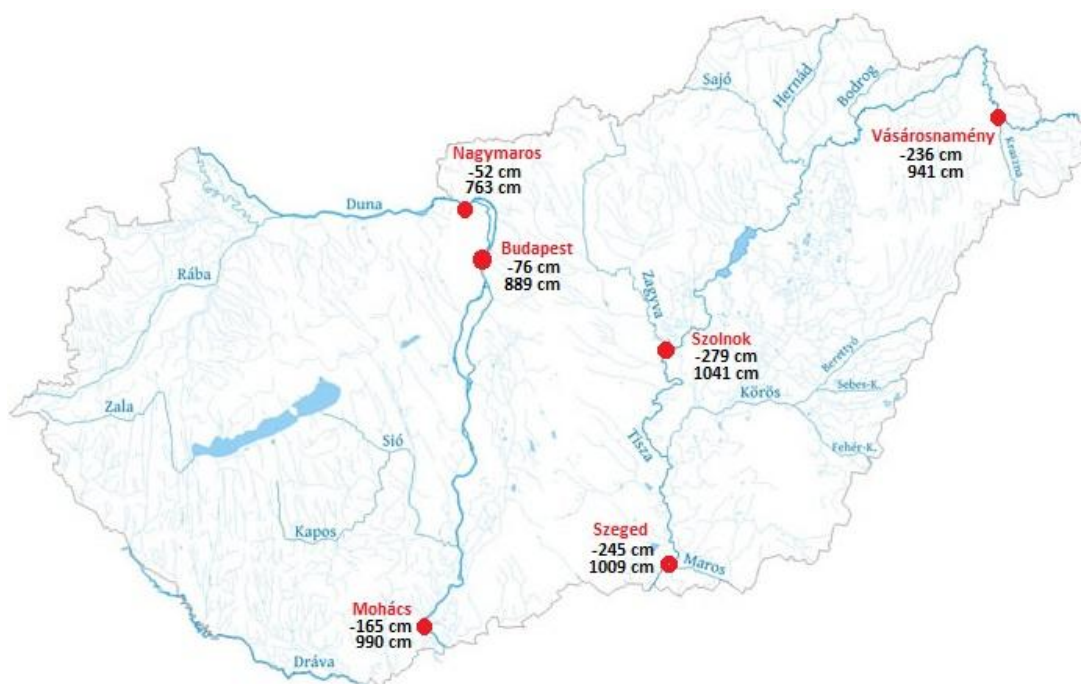


torkolata, ahol az évenkénti kisvizek szintje mintegy 1,5 m-rel süllyedt a XX. század elején mért értékekhez képest. A kisvizek szintjének csökkenését a Tiszán is a medersüllyedés okozza, ami a Dunához hasonlóan itt is a szabályozás következménye. A nagyvizek az extrém nagy vízhozamok hatására alakulnak ki, ezen felül tavasszal és nyáron jelentős árhullámok követik egymást. Szegednél az éves maximum és a közepes vízállás mérsékelten emelkedett, míg az éves minimális vízállás közel 3 m-t nőtt. Ezzel összhangban az éves közepes, a maximális, illetve a minimális vízhozam egyaránt nőtt. A Tiszán a legnagyobb vízhozam március és május között, a legkisebb pedig ősszel és télen, szeptember és január között fordul elő (*Konecsny és Nagy, 2014*). Kovács (2009) a Dunához hasonlóan a Tiszán is az 1901 és 2000 közötti 100 évre vonatkozó adatsorokat osztotta fel egy 70 éves és egy 30 éves részidőszakra. Vizsgálatai során megállapította, hogy a korábbi lefolyási csúcsot megelőző február-márciusi időszakból a lefolyt vízmennyiség jelentős része júniusra és júliusra helyeződött át. A jelenség azzal magyarázható, hogy a téli lefolyás megnövekedésével, tavasszal hiány keletkezik. Az 1976-ban Törökbecsén épített duzzasztómű duzzasztó hatása egészen Tiszaugig érzékelhető. *Bezdán* (2011) szerint az épített gát nélkül, a kisvizek szintje még alacsonyabb lenne, ugyanis a tározott víz mind a tározótérben, mind pedig alatta a vízszint növekedését okozza. A duzzasztóműnek negatív hatása is van. Ugyanis nagy szerepet játszik az árvízszintek növekedésében, mivel mederszűkületet okoz. Továbbá a tározóterükben felgyülemlett jelentős mennyiségű vízzel, illetve a mögöttes szelvényekben megemelt vízszintekkel módosítják egy esetleges árhullám levonulásának kezdeti feltételeit. Ennek következtében nem kisvízre, hanem egy magasabb vízszintre érkeznek meg az árhullámok. Manapság nemcsak az árhullámok tetőzési szintjének emelkedése, hanem azok tartóssága is egyre nagyobb problémát okoz. Az 1888-as tiszai árvíz során a folyó vízállása Vásárosnaménynál 16 napon át meghaladta a 790 cm-t (*Kovács és munkatársai, 2016*). Ezen a szelvényen az utóbbi években egyetlen egyszer sem fordult elő, hogy az árvíz 790 cm feletti tartóssága meghaladta volna a 3,5 napot. 1881 és 1910 között az árhullám évente átlagosan 5,4 napon keresztül lépte át a 650 cm-es magasságot a Közép-Tiszán, napjainkra ez mintegy ötszörösére, azaz 23 napra emelkedett. A problémát súlyosbítja, hogy az árvizek idején leülepedett hordalék a hullámtér magasságának növekedését okozza. Ahogyan a folyóban a víz sebessége csökken, a mozgási energiája egyre kisebbé válik, ami a helyzeti energia növekedésével, egyúttal a vízszint emelkedésével jár. Ennek következtében az árhullámok tartóssága is hosszabb lesz (*Kovács és munkatársai, 2016*).

Összességében tehát mind a Duna, mind a Tisza hidrológiai karakterisztikáit vizsgáló kutatások azt mutatják, hogy a nagyvizek jellemzően tavasszal és nyáron, míg a kisvizek ősszel és télen fordulnak elő. Ezen felül az is megállapítható, hogy mindkét folyón a magas vízállások növekvő, ezzel szemben a közepes és az alacsony vízállások határozottan csökkenő tendenciát mutattak.

### 3. Felhasznált adatok, módszertan

A szakdolgozat elkészítése során felhasznált adatok az OVSZ<sup>2</sup> honlapjáról [6 - <http://www.hydroinfo.hu> ] származnak. A honlapon elérhető adatsorok a Központi Hidrológiai Adattárban rendelkezésre álló szelvények közül hatra (2. ábra) a mért reggeli vízállásokat tartalmazzák 1876-tól. Ezek az adatok ugyan nem hitelesítettek, de nem is teljesen nyers adatok, mivel már több ellenőrzési folyamaton átesetek. Az adathiányos idősorok kiegészítése interpolációs eljárással történt. A letölthető adatsorok tartalmazzák a jéghelyzetek kódolását is, de ezeket a dolgozatban nem használtuk fel. A táblázatok tartalmazzák továbbá az adott állomásra jellemző törzsadatokat, például a szelvény torkolattól vett távolságát, vagy a vízmérce nullpontjának tengerszint feletti magasságát. Az évenként letölthető adatbázisban megtalálhatók olyan statisztikai mutatók is, melyek a vízjárás éves, valamint havi jellemzőire vonatkoznak.



2. ábra: Vizsgált dunai és tiszai szelvények földrajzi elhelyezkedése. A vízmérce neve alatt a teljes adatbázis (1876-2016) alapján meghatározott abszolút maximum és abszolút minimum vízállások láthatók [7 - <http://magyarorszag.terkepek.net>].

Az 1. táblázatban a vizsgált szelvényekre vonatkozó törzsadatokat szerepelnek. A táblázatból kitűnik, hogy a nagymarosi, illetve a budapesti kereszt-szelvényekhez tartozó vízgyűjtő területek nagysága között nincs számottevő különbség, hiszen meglehetősen közel található egymáshoz a két szelvény. A Duna vízgyűjtő területe Mohácsnál valamivel

<sup>2</sup> OVSZ: Országos Vízelző Szolgálat

nagyobb, ugyanis ekkor már a folyóhoz csatlakozik a Sió csatorna révén a Balaton vízgyűjtője is.

A Tisza vízgyűjtő területére tekintve láthatjuk, hogy az egyes szelvények közötti különbségek nagyobbak, hiszen a folyóba torkolló vízfolyások nagyobb arányú változást okoznak. Vásárosnamény után a területnövekedés többek között a Tiszába torkolló Bodrognak és Sajónak köszönhető. Szolnoknál ömlik a Tiszába a Zagyva, majd Szolnok után, de még Szeged előtt a Körös. Ezt követően Szegednél a Maros torkollik a Tiszába.

**1. táblázat: Vizsgált szelvények törzsadatai [ - <http://www.hydroinfo.hu>].**

	<b>Vízgyűjtő terület nagysága (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Távolság a torkolattól (km)</b>	<b>Vízmérce „0” pontjának jelenlegi magassága (mBf)</b>
<b>Nagymaros</b>	183 534	1 694,6	99,43
<b>Budapest</b>	184 893	1 646,5	94,98
<b>Mohács</b>	209 064	1 446,9	79,2
<b>Vásárosnamény</b>	29 057	684,5	101,98
<b>Szolnok</b>	73 113	334,6	78,78
<b>Szeged</b>	138 408	173,5	73,7

Az idősorokban negatív vízállások is előfordulnak, ugyanis a folyók medre folyamatos átalakulásban van, ezért a meder aljának távolsága is változik a nullponthoz képest. *Kavrán* (2009) megállapította, hogy ez főként a mederszabályozás, mederkostrás miatt történik, mivel a folyó a lebegtetett hordalék szállítása helyett a meder mélyítésére fordítja energiáját.

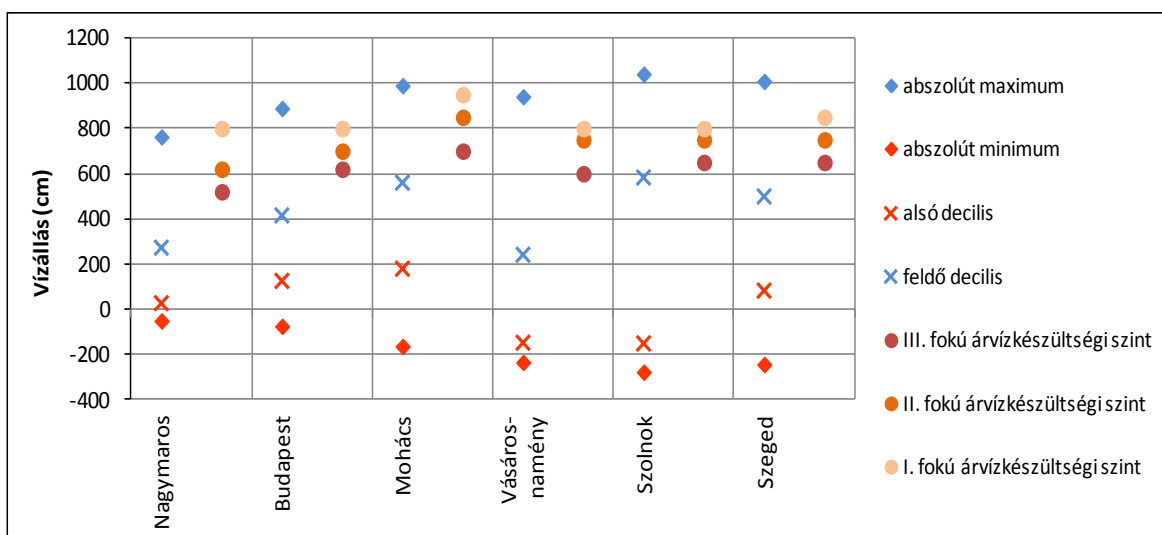
A dolgozat elkészítése során letöltött 1876-tól 2016-ig tartó idősorokat FORTRAN77 nyelven írt saját programok segítségével dolgoztuk fel. Az adatsorokat a hibás adatok (2. táblázat) kiszűrése után hidrológiai évekbe rendeztük, amelyek novembertől a következő év októberéig tartanak. A dolgozatban feltüntetett évszámok tehát azt az évet jelölik, amelyben az adott hidrológiai év kezdődik.

**2. táblázat: A teljes vizsgált 1876-2015 időszakban előforduló adathiány.**

	<b>Nagymaros</b>	<b>Budapest</b>	<b>Mohács</b>	<b>Vásárosnamény</b>	<b>Szolnok</b>	<b>Szeged</b>
<b>Adathiányok száma</b>	196 db	32 db	115 db	751 db	388 db	103 db
<b>Adathiányok aránya</b>	0,4%	0,1%	0,2%	1,5%	0,8 %	0,2 %

Az adatsorok hidrológiai évvé alakítását statisztikai vizsgálatok követték. Meghatároztuk az idősorok havi és éves átlagait, megvizsgáltuk a vízállások átlagos éves menetét, illetve az idősorokon lineáris trendvizsgálatot hajtottunk végre. Az abszolút eloszlásokból kapott empirikus sűrűségfüggvény segítségével állapítottuk meg az éves és havi maximumok, valamint minimumok értékét. Továbbá az 1981–2010 referencia időszak napi vízállásának az empirikus eloszlásfüggvényéből határoztuk meg a 30 év alsó, illetve felső decilist.

A 3. ábrán látható extrém vízállás értékek meghaladási valószínűségét vizsgálva határoztuk meg a vízállások három árvíz-készültségi szint feletti, valamint az alsó decilis alatti teljes előfordulását, a vízállások leghosszabb alsó decilist el nem érő, illetve a felső decilist meghaladó egybefüggő időtartamát.



3. ábra: A vizsgált szelvényekre meghatározott abszolút maximumok és minimumok, alsó és felső decilisek, illetve a három árvíz-készültségi szint vízállásértéke.

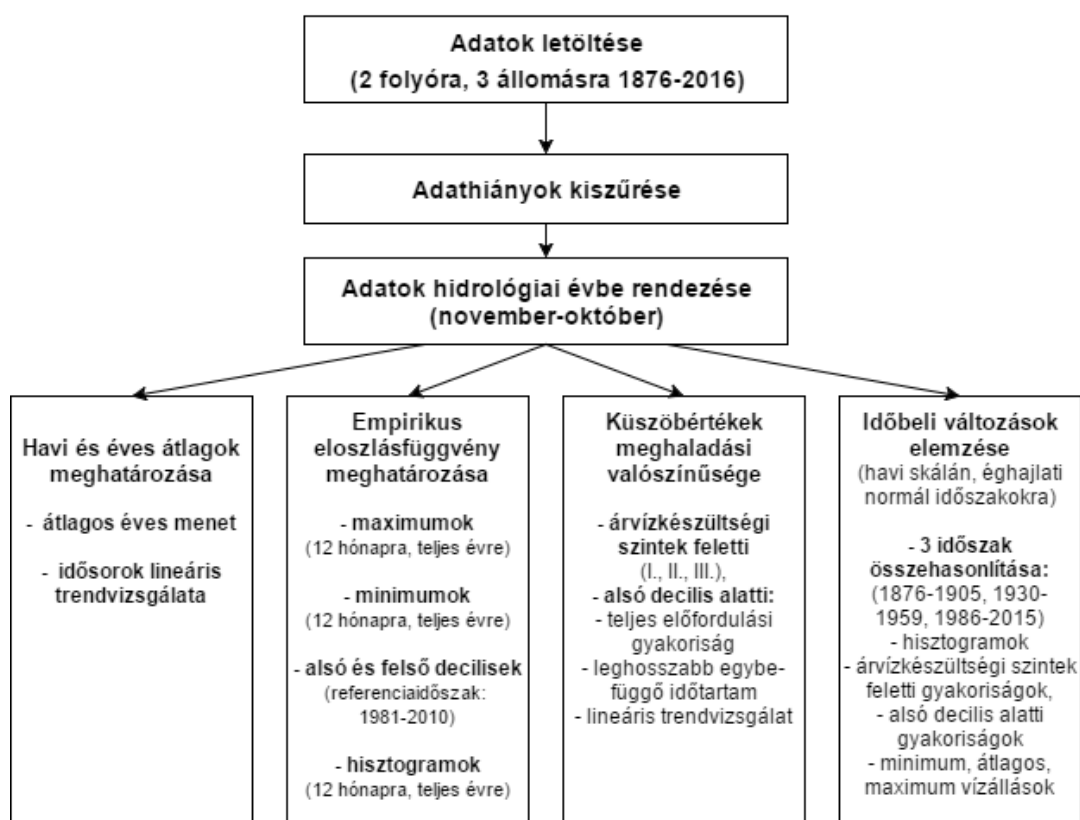
Ezt követően lineáris trendelemzést végeztünk a kapott idősorokon. Végül havi skálán vizsgáltuk a teljes idősor elején, közepén és végén definiálható 30 éves éghajlati normál-időszakok (azaz rendre 1876–1905, 1930–1959, és 1986–2015) közötti különbségeket. A lineáris trendelemzés során a trendegyütthatóra vonatkozóan t-próbát (Dévényi és Gulyás, 1988) alkalmaztunk annak megállapítására, hogy statisztikailag szignifikánsnak tekinthető-e az illetett lineáris trend. Az egyes árvíz-készültségi szinteket meghaladó vízállású napok gyakoriságában, a vízállás alsó decilis értékét el nem érő napok gyakoriságában, valamint a vízállások maximum, minimum és átlagos értékében bekövetkezett változásokat határoztuk meg és értékeltük.

A vizsgált karakterisztikák leírása során a 3. táblázatban feltüntetett indexeket használtuk.

**3. táblázat: A dolgozat elkészítése során használt indexek.**

Éves átlag	$H_{\text{átlag}}$
Éves maximum	$H_{\text{max}}$
Éves minimum	$H_{\text{min}}$
I. fokú árvízkeszültségi szintet elérő napok gyakorisága	$H_{\text{I}}$
II. fokú árvízkeszültségi szintet elérő napok gyakorisága	$H_{\text{II}}$
III. fokú árvízkeszültségi szintet elérő napok gyakorisága	$H_{\text{III}}$
Alsó decilis értékét el nem érő vízállású napok gyakorisága	$H_{0,1}$
Felső decilis értékét elérő vízállású napok gyakorisága	$H_{0,9}$
Vízállások leghosszabb egybefüggő alsó decilis alatt tartózkodásának időtartama	$t_{0,1}$
Vízállások leghosszabb egybefüggő felső decilis felett tartózkodásának időtartama	$t_{0,9}$

A dolgozat elkészítése során végzett vizsgálatok vázlatos tömör összefoglalása a 4. ábrán látható.



**4. ábra: Végrehajtott vizsgálatok összefoglalása.**

## 4. Eredmények

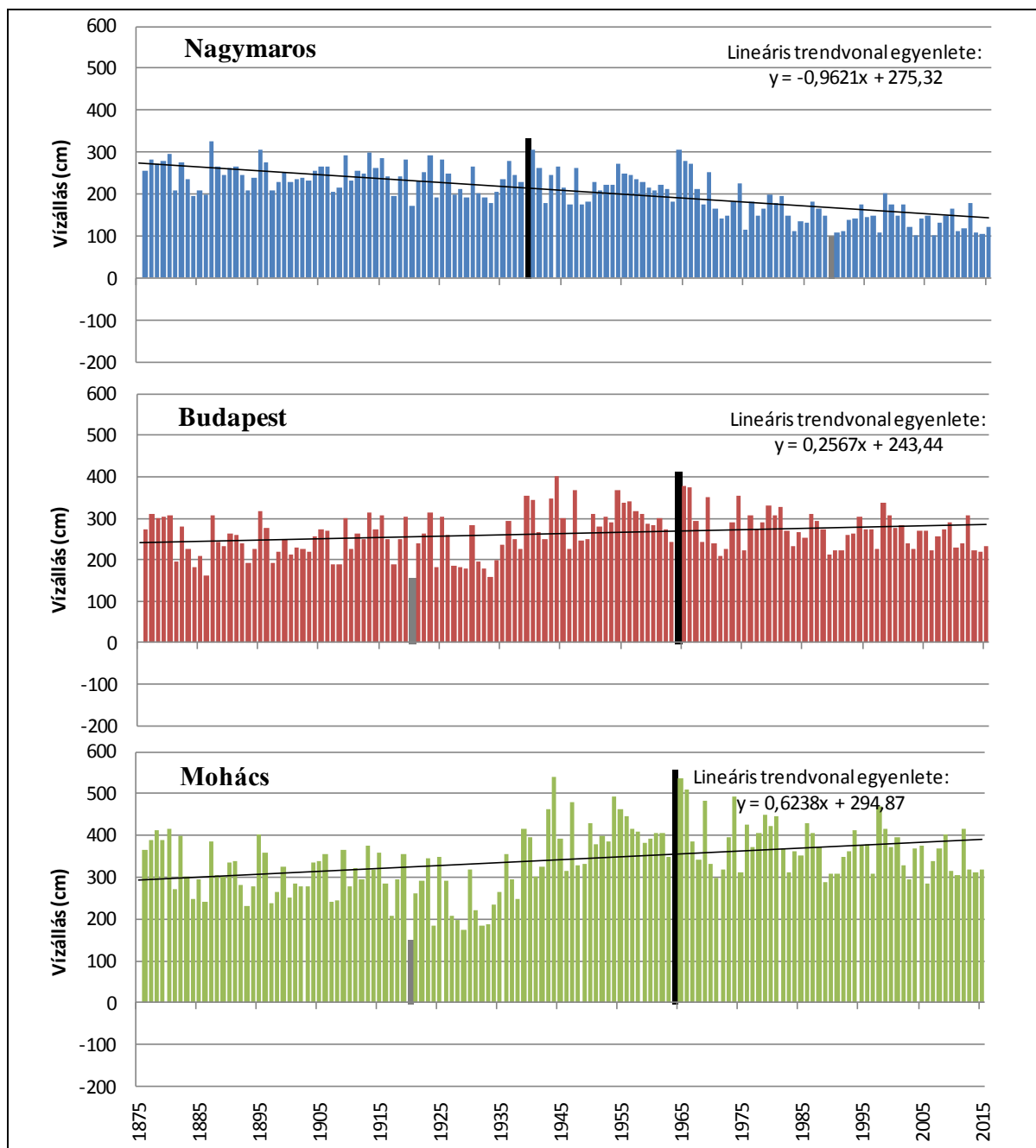
Vizsgálataink során három dunai és három tiszai szelvény 1876-2015 időszakra vonatkozó vízállás idősorán részletes statisztikai elemzéseket végeztünk. Meghatároztuk az adatsorok átlagait, maximumait, minimumait. Kiszámítottuk az 1981-2010 referencia-időszak alsó és felső decilisét. Megadtuk az egyes szelvényekre vonatkozó empirikus eloszlásfüggvényeket. Vizsgáltuk továbbá az egyes küszöbértékek meghaladási valószínűségét. Emellett az adatsorok időbeli változásának elemzését is elvégeztük. A következőkben a végrehajtott vizsgálatok eredményét mutatjuk be szisztematikusan.

### 4.1. A vízállás éves átlagai

Elsőként a hidrológiai évekre szelvényenként számított átlagos vízállásokat elemezzük. Az 5. ábrán a Nagymarosnál, Budapestnél, valamint Mohácsnál található dunai szelvényre vonatkozó teljes 1876–2016 időszakban megfigyelhető napi vízállásokból számolt  $H_{\text{átlag}}$  vízállás értékek idősorai láthatók. A származtatott  $H_{\text{átlag}}$  értékek teljes intervallumát jellemezhetjük a legnagyobb és legkisebb értékekkel, amiket külön kiemeltünk a diagramokon.

A nagymarosi szelvény  $H_{\text{átlag}}$  vízállás értékeiben összességében szignifikáns csökkenés figyelhető meg, melynek mértéke csaknem 10 cm/évtized nagyságú. Az 1960-as évek elejétől az 1980-as évek közepéig nagymértékű mederkostrás történt a Felső-Dunán a hajóutak kiépítése, és a kisvizek vízszintjének növelése érdekében (Kovács és munkatársai, 1979). A vizsgált időszak utolsó harmadában az intenzívebb csökkenés valószínűsíthetően ezen munkálatok következménye. A szelvényen a legalacsonyabb  $H_{\text{átlag}}$  – 99 cm – 1989-ben, míg a legmagasabb  $H_{\text{átlag}}$  – 332 cm – 1939-ben lépett fel. A szelvényen jelentkező  $H_{\text{átlag}}$  értékek teljes 140 évre számított átlaga 210 cm, szórása 56 cm. A nagymarosi szelvény  $H_{\text{átlag}}$  vízszintjének csökkenését Konecsy (2014) is említette tanulmányában.

Budapesten és Mohácsnál igen hasonlóan változnak a  $H_{\text{átlag}}$  értékek. Mindkét szelvényen a vízállások  $H_{\text{átlag}}$  értékei szignifikáns növekedést mutatnak (Budapestnél 2,6 cm/évtized, Mohácsnál 6,2 cm/évtized nagyságú trendegyütthatóval). A budapesti szelvényen az értékek teljes időszakra vonatkozó átlaga 265 cm, a mohácsi szelvényen pedig 344 cm.



5. ábra: A Dunán vizgált szelvények  $H_{\text{átlag}}$  értékei, az 1876-2015 időszak idősoraira illesztett trendegyenessel. A fekete, illetve szürke vízállás érték a teljes vizgált időszak legnagyobb, illetve legkisebb  $H_{\text{átlag}}$  értékét jelölik. A diagramon feltüntetett évszámok hidrológiai éveket jelölnek.

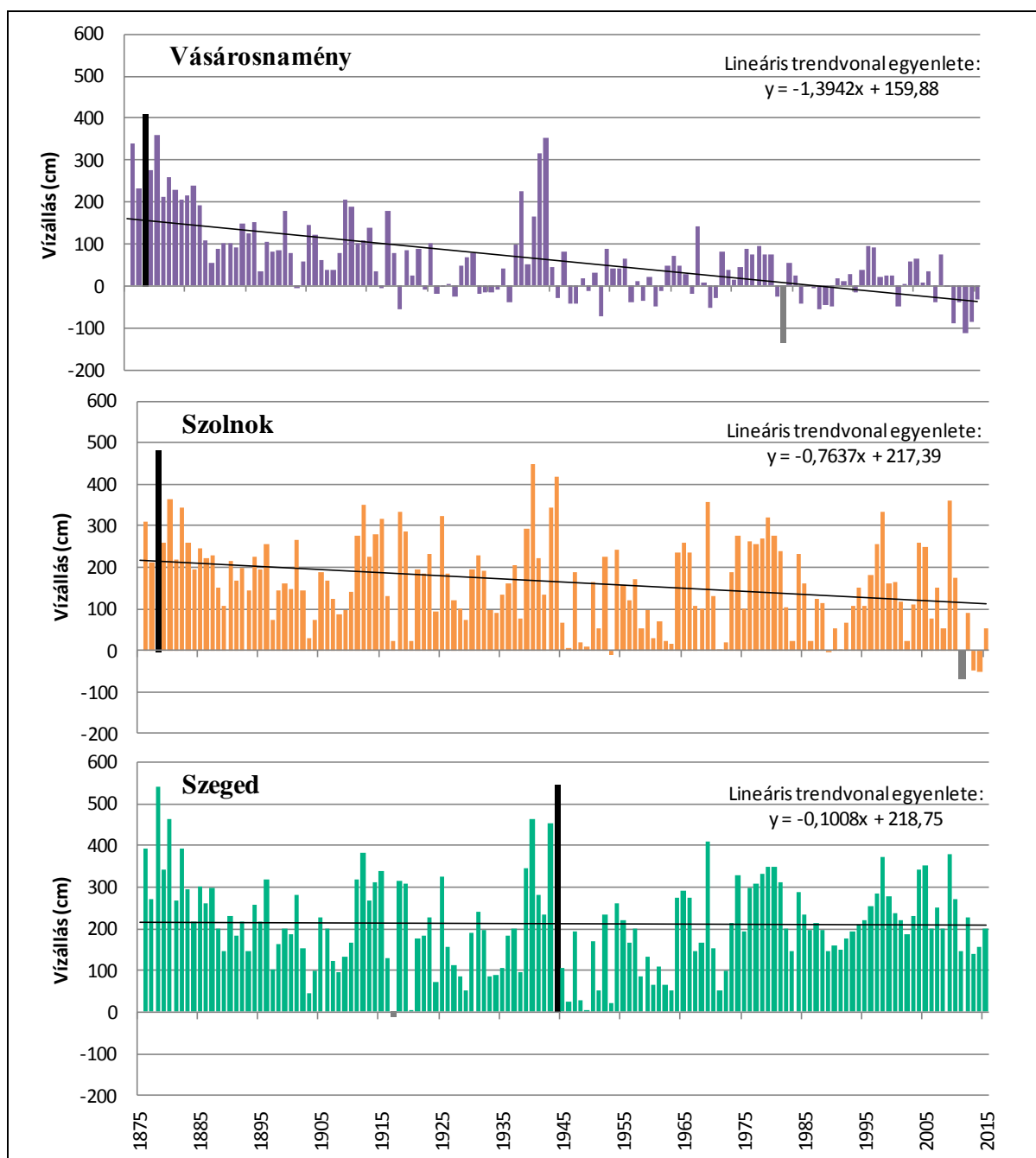
A legmagasabb  $H_{\text{átlag}}$  vízállást a budapesti és a mohácsi vízmércén is 1964-ben detektálták (Budapestnél 412 cm, Mohácsnál 557 cm). A legalacsonyabb  $H_{\text{átlag}}$  vízállás szintén ugyanabban az évben, 1920-ban jelentkezett (Budapesten 152 cm-es, Mohácsnál pedig 150 cm). A vizgált dunai szelvények közül Mohácsnál figyelhető meg a  $H_{\text{átlag}}$  legnagyobb szórása, 78 cm, míg ez az érték Budapestnél mindössze 52 cm.

1910-ben Budapest és Baja között jelentős, a folyószabályozás érdekében végzett földmunkák és burkolatépítések történtek (Szabó, 1912), ennek következménye lehet a



Budapestnél, illetve Mohácsnál mutatkozó 1910 utáni kisebb visszaesés. Szintén e két vízmérce adatsorán jelenik meg az 1930-as évek elejétől az 1950-es évekig jól lehatárolható emelkedés. Ez valószínűsíthetően a XX. század elején kezdett, és az 1940-es évek elején befejezett kisvízszabályozások következménye (Kovács, 1979).

A dunai szelvényekhez hasonlóan a tiszai szelvényekre is elvégeztük a fenti vizsgálatokat, melynek eredménye a 6. ábrán látható.

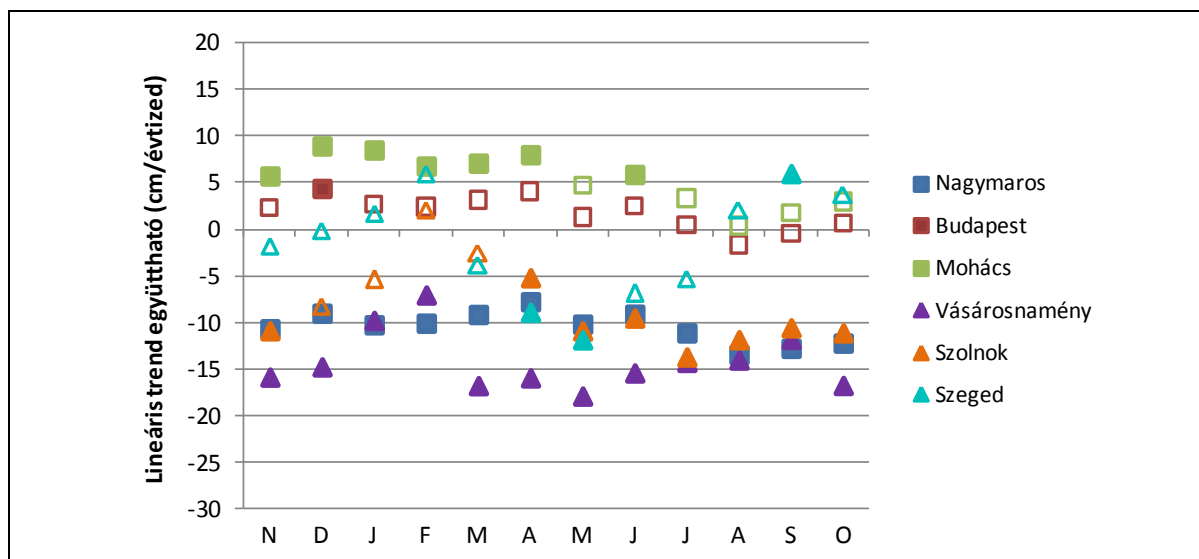


**6. ábra: A Tiszán vizsgált szelvények  $H_{\text{átlag}}$  értékei, az 1876-2015 időszak idősoraira illesztett trendegyenessel. A fekete, illetve szürke vízállás érték a teljes vizsgált időszak legnagyobb, illetve legkisebb  $H_{\text{átlag}}$  értékét jelölik. A diagramon feltüntetett évszámok hidrológiai éveket jelölnék.**

A Tisza szabályozása Vásárhelyi Pál 1845-ös tervei alapján kezdődött. Mivel ezek a munkálatok nem bizonyultak elegendőnek, ezért az 1885-ös tiszai vízjogi törvény megszületése után újabb szabályozások történtek (*Károlyi és munkatársai*, 1973). Ennek következtében detektálható nagyobb mértékű vízszintcsökkenés a tiszai szelvények éves átlagos vízállás idősorain. A tiszai szelvényeken a  $H_{\text{átlag}}$  vízállásértékek jellemzően alacsonyabbak és szélsőségesebbek, mint a dunai szelvényeken. A  $H_{\text{átlag}}$  értékek tekintetében mindhárom szelvényen csökkenő tendenciát láthatunk, ezek közül Vásárosnaménynál tapasztalható a legnagyobb mértékű – 14 cm/évtized – szignifikáns visszaesés. A  $H_{\text{átlag}}$  értékek teljes 140 éves vizsgált időszakra számított átlaga 61 cm. A legnagyobb  $H_{\text{átlag}}$  vízállás értéket – 409 cm-t – 1878-ban, míg a legkisebb értéket – 135 cm-t – 1983-ban regisztrálták. A számított értékek szórása 98 cm.

A vizsgált dunai szelvényekhez hasonlóan a tiszai szelvények közül is a két alsó vízmércén jelentkező  $H_{\text{átlag}}$  vízállások mutatnak hasonlóságot. Szolnokon a  $H_{\text{átlag}}$  értékek szignifikáns – 7,6 cm/évtized – csökkenése jelentkezett. A  $H_{\text{átlag}}$  értékek teljes 140 évre számított átlaga 165 cm. A legnagyobb  $H_{\text{átlag}}$  érték – 480 cm – 1878-ban jelentkezett, míg a legkisebb érték – -64 cm – 2011-ben. Szegednél detektálható a  $H_{\text{átlag}}$  értékek legkisebb mértékű csökkenése. A szelvényen a 140 évre számított értékek átlaga 108 cm. A legnagyobb  $H_{\text{átlag}}$  vízállás érték 1944-ben jelentkezett, 543 cm-es magassággal, míg a legalacsonyabb 1917-ben, -7 cm-rel. A szelvényekre számított  $H_{\text{átlag}}$  értékek szórása Szolnoknál és Szegednél egyaránt 108 cm. A szegedi szelvényen a többi tiszai szelvénytől eltérően az 1970-es évek közepétől a  $H_{\text{átlag}}$  értékek jóval magasabbak, mint azt megelőzően. A jelenség feltehetően a törökbecsei vízlépcső 1976-os üzembe helyezésének következménye, ugyanis a vízlépcső duzzasztó hatása egészen Csongrádig érezhető [8 - <http://www2.ativizig.hu> ]. A  $H_{\text{átlag}}$  vízállás értékek enyhe csökkenését *Konecsny és Nagy* (2014) is említette kutatásában.

A teljes hidrológiai évet egyben tekintő éves átlagos vízállások mellett a vizsgált hat szelvényre kiszámítottuk az egyes hónapokat külön-külön kezelő havi átlagos vízállások 140 évre vonatkozó idősorait, melyekre meghatároztuk az illeszthető lineáris trendegyütthatók értékét (7. ábra).



7. ábra: A vizgált szelvények havonkénti átlag idősoraira illesztett lineáris trendegyütthatók. A kitöltött alakzatok a szignifikáns változást, míg az üres alakzatok a nem szignifikáns változást jelölik.

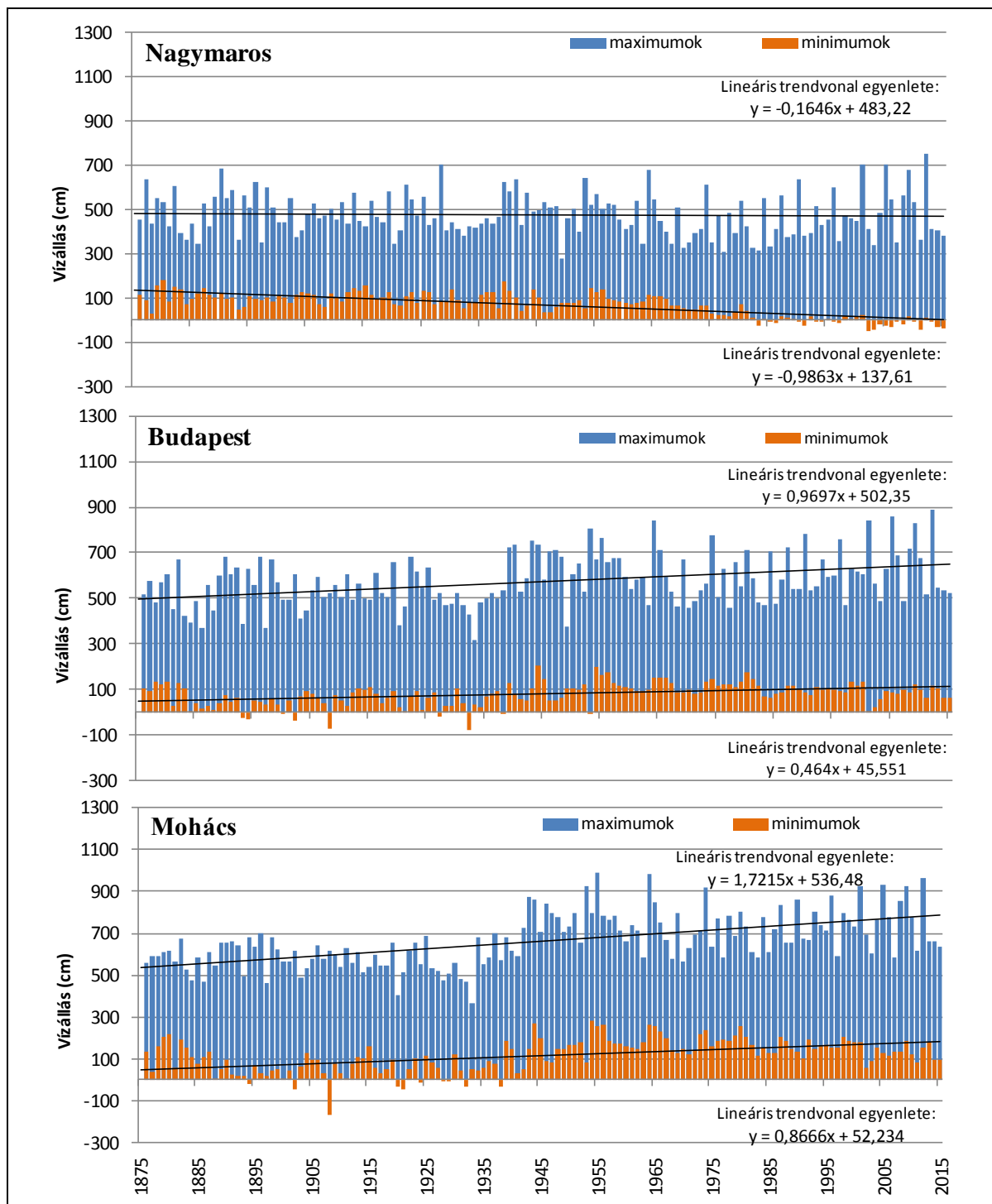
Az év nagy részében (augusztus, szeptember és október kivételével) a legnagyobb trendegyüttható értékek – azaz a legnagyobb mértékű növekedő tendencia – Mohácsnál, míg a legkisebbek – azaz a legnagyobb mértékű csökkenő tendencia – Vásárosnaménynél jelentkeznek. Nagymarosnál minden hónapban szignifikáns csökkenés detektálható, mely augusztusban a legerősebb. A másik két dunai szelvény esetén jellemzően növekedő trendeket találtunk, amelyek viszont nem minden esetben bizonyultak szignifikánsnak a t-próba alapján. Budapestnél csak decemberben, Mohácsnál az év első felében és júniusban figyelhető meg szignifikáns növekedés.

A tiszai szelvények közül Vásárosnaménynél minden hónapban, Szolnoknál az év nagy részében (december-március kivételével) szignifikáns csökkenés tapasztalható. Szeged esetén az éven belül különböző irányú trendeket kaptunk: szeptemberben szignifikánsan növekedő, míg áprilisban és májusban szignifikáns csökkenő trend jelentkezett.

#### 4.2. Empirikus eloszlásfüggvény alapján meghatározott karakterisztikák

Az empirikus sűrűségfüggvény meghatározását követően állapítottuk meg a teljes 1876–2016 időszakban megfigyelhető vízállásokból származtatott éves és havi maximumok, illetve minimumok értékét, valamint az alsó és felső deciliseket. Ebben az alfejezetben a szélsőértékek idősorait elemezzük. A 8. ábrán a három dunai szelvényre vonatkozó  $H_{max}$  és  $H_{min}$  vízállás értékek idősorai láthatók. A dunai szelvények közül Nagymarosnál a  $H_{max}$  értékek rendkívül enyhe csökkenése (1,6 cm/évtized), míg a  $H_{min}$  értékek szignifikáns csökkenése (9,9 cm/évtized) figyelhető meg. Eredményeinkhez hasonlóan *Konecsny*

(2014) is jelentősen csökkenést említ a nagymarosi szelvényen a  $H_{\min}$  vízállásokban, azonban a  $H_{\max}$  vízállások tekintetében enyhe emelkedést talált. Az eltérés valószínűsíthető oka, hogy az általunk vizsgált időszak jóval hosszabb volt.



8. ábra: A Dunán vizsgált szelvények  $H_{\max}$ , illetve  $H_{\min}$  értékei, az 1876-2015 időszak idősoraira illesztett trendegyenessel. A diagramon feltüntetett évszámok hidrológiai éveket jelölnek.

Az 5. ábrán bemutatott  $H_{\text{átlag}}$  értékekhez hasonlóan a  $H_{\max}$  és  $H_{\min}$  vízállások idősorai is Budapestnél és Mohácsnál mutatnak egymáshoz viszonyítva nagyobb hasonlóságot,

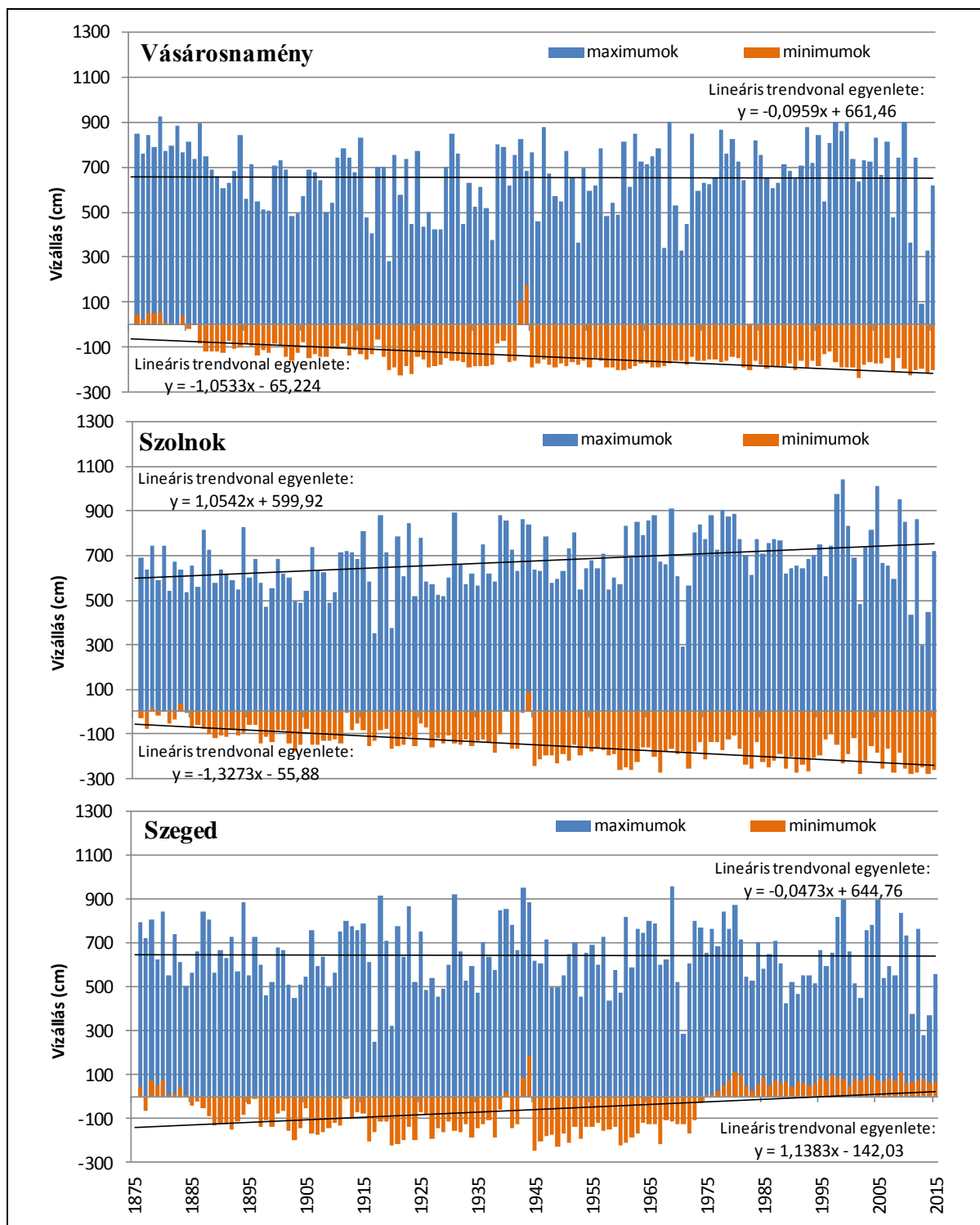
mindkét szelvényen szignifikánsan növekedő trendet azonosíthatunk, melyek trendegyütthatói  $H_{\max}$ -ra, illetve  $H_{\min}$ -re Budapestnél rendre 9,8 cm/évtized, illetve 4,6 cm/évtized, Mohácsnál rendre 17,2 cm/évtized, illetve 8,6 cm/évtized. A dunai szelvényeken regisztrált legnagyobb és legkisebb  $H_{\max}$ , illetve  $H_{\min}$  értékeket, a teljes 140 éves idősort figyelembe véve az átlagos  $H_{\max}$ , illetve  $H_{\min}$  értékeket, valamint szórásukat a 4. táblázatban foglaltuk össze. A legmagasabb  $H_{\max}$  vízállást a nagymarosi és a budapesti szelvényen is a 2012/2013 hidrológiai évben regisztrálták, ami a júniusi árvizes időszakhoz kapcsolódott, a lejjebb lévő szakaszokon – Mohácsnál – már nem döntött rekordot. A legalacsonyabb  $H_{\max}$  vízállást viszont Budapesten és Mohácsnál észlelték azonos hidrológiai évben (1933/1934-ben).

**4. táblázat: A dunai szelvényeken detektált legnagyobb és legkisebb  $H_{\max}$ , illetve  $H_{\min}$  értékek, a teljes 1876-2015 időszakra számított átlaguk és szórásuk.**

	<b>Legmagasabb (detektálás éve)</b>	<b>Legalacsonyabb (detektálás éve)</b>	<b>Átlag</b>	<b>Szórás</b>
<b>Nagymaros</b>				
$H_{\max}$	750 cm (2012/2013)	280 cm (1949/1950)	478 cm	97 cm
$H_{\min}$	175 cm (1939/1940)	52 cm (2002/2003)	68 cm	54 cm
<b>Budapest</b>				
$H_{\max}$	889 cm (2012/2013)	315 cm (1933/1934)	578 cm	79 cm
$H_{\min}$	203 cm (1944/1945)	-76 cm (1932/1933)	112 cm	49 cm
<b>Mohács</b>				
$H_{\max}$	990 cm (1955/1956)	364 cm (1933/1934)	666 cm	124 cm
$H_{\min}$	280 cm (1954/1955)	-165 cm (1908/1909)	116 cm	77 cm

A tiszai szelvényekre szintén elvégeztük a  $H_{\max}$  és  $H_{\min}$  értékek hidrológiai évenkénti meghatározását (9. ábra). A kapott idősorok alapján a Vásárosnaményi szelvény  $H_{\min}$  vízállás értékek szignifikáns csökkenését – 10,5 cm/évtized – emelhetjük ki. Szolnoknál szintén szignifikánsan csökkenő – 13,3 cm/évtized mértékű – trendet olvashatunk le a grafikonról a  $H_{\min}$  vízállásokra. A  $H_{\max}$  vízállás értékek idősorára ellenben szignifikánsan növekvő – 10,5 cm/évtized mértékű – lineáris trendegyütthatót kaptunk. E két szelvényen a fellépő változásokat tekintve megállapíthatjuk, hogy a vizsgált 140 éves időszakban a  $H_{\max}$  vízállásértékek növekvő tendenciája és a  $H_{\min}$  értékek csökkenő tendenciája miatt a vízállások egyre szélsőségesebbé váltak.

A Tiszán vizsgált harmadik szelvényen, Szegednél az  $H_{\max}$  értékek nagyon enyhe csökkenést – csupán 0,4 cm/évtized a lineáris trendegyüttható értéke –, ezzel szemben a  $H_{\min}$  értékek 11,4 cm/évtized mértékű trendegyütthatójú szignifikáns növekedést mutatnak.



9. ábra: A Tiszán vizsgált szelvények  $H_{\max}$ , illetve  $H_{\min}$  értékei, az 1876-2015 időszak idősoraira illesztett trendegyenessel. A diagramon feltüntetett évszámok hidrológiai éveket jelölnek.

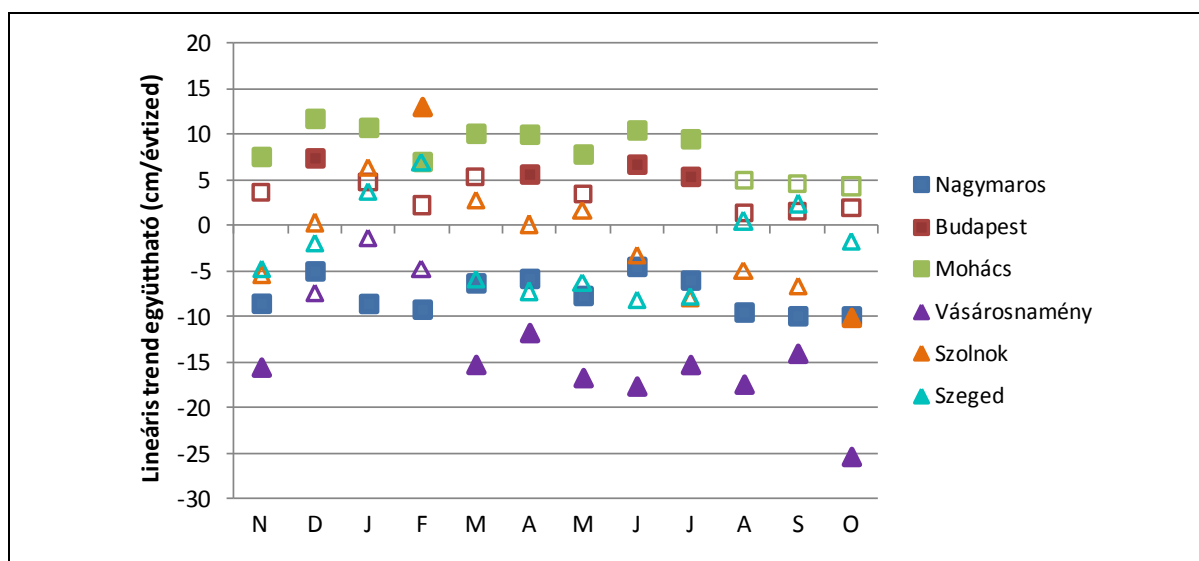
Hasonló következtetést vont le a Tisza szegedi  $H_{\min}$  értékeire *Konecsny és Nagy (2014)* is, a szegedi  $H_{\max}$  értékekre viszont enyhén növekedő tendenciát kapott, ami ugyan ellentétes az általunk kapott eredményekkel, ám az eltérés itt is a különböző hosszúságú vizsgált időszakokkal magyarázható (*Konecsny és Nagy (2014)* vizsgálata csak 1921-től 2012-ig terjedt).

A tiszai szelvényekre vonatkozó legnagyobb és legkisebb  $H_{\max}$ , illetve  $H_{\min}$  értékeket, valamint ezen értékek átlagát és szórását az 5. táblázatban összesítettük. A kapott értékek alapján kiemelendő, hogy mindhárom vizsgált tiszai szelvényen a legnagyobb  $H_{\min}$  értéket az 1944/1945 hidrológiai évben regisztrálták, valamint a legalacsonyabb  $H_{\min}$  értékek Vásárosnaménynél és Szolnoknál egyaránt a 2002/2003 hidrológiai évre estek.

**5. táblázat: A tiszai szelvényeken detektált legnagyobb és legkisebb  $H_{\max}$ , illetve  $H_{\min}$  értékek, a teljes 1876-2015 időszakra számított átlaguk és szórásuk.**

	Legmagasabb (detektálás éve)	Legalacsonyabb (detektálás éve)	Átlag	Szórás
<b>Vásárosnamény</b>				
$H_{\max}$	927 cm (1880/1881)	280 cm (1920/1921)	661 cm	164 cm
$H_{\min}$	178 cm (1944/1945)	-236 cm (2002/2003)	-141 cm	70 cm
<b>Szolnok</b>				
$H_{\max}$	1041 cm (1999/2000)	289 cm (1971/1972)	680 cm	138 cm
$H_{\min}$	87 cm (1944/1945)	-279 cm (2002/2003)	-151 cm	75 cm
<b>Szeged</b>				
$H_{\max}$	959 cm (1969/1970)	253 cm (1917/1918)	646 cm	146 cm
$H_{\min}$	184 cm (1944/1945)	-245 cm (1945/1946)	-60 cm	107 cm

A teljes hidrológiai évet egyben kezelő elemzések után az egyes hónapokra külön-külön is meghatároztuk az empirikus eloszlásfüggvényeket, s ezek alapján idősorba rendeztük az évenkénti szélsőértékeket. A 10. ábrán a vizsgált hat szelvény havonkénti maximális vízállás értékein végzett lineáris trendvizsgálat eredménye látható. Mohácsnál és Budapestnél egész évben a növekedő trendek jellemzőek, Nagymarosnál és Vásárosnaménynél viszont szignifikánsan csökkenő tendenciák figyelhetők meg.

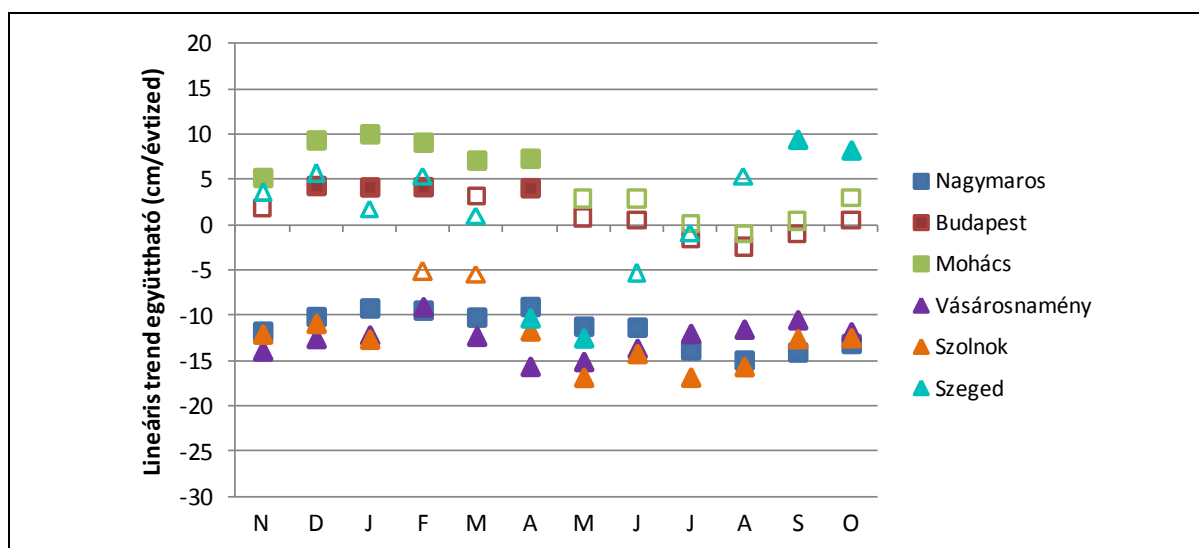


**10. ábra: A vizsgált szelvények havonkénti maximum idősoraira illesztett lineáris trendegyütthatók. A kitöltött alakzatok a szignifikáns változást, míg az üres alakzatok a nem szignifikáns változást jelölik.**

Szolnoknál a legtöbb hónapban az alkalmazott t-próba alapján nem szignifikáns a kapott lineáris trendegyüttható, csupán februárban detektálható szignifikánsan növekedő, és októberben szignifikánsan csökkenő lineáris trend. Szegednél egyetlen hónapra vonatkozóan sem kaptunk statisztikailag szignifikáns lineáris trendegyütthatót.

Minden hónapban – február kivételével, ekkor Szolnoknál – a legnagyobb mértékű növekedés Mohácsnál jelentkezett. A legnagyobb mértékű csökkenés pedig január és február kivételével Vásárosnaménynél detektálható.

Hasonlóképpen a szelvények havonkénti minimum idősoraira illesztett lineáris trendegyütthatók a 11. ábráról olvashatók le. A kapott trendegyütthatók esetén sokkal nagyobb a hasonlóság az egyes szelvényeknél, mint a havonkénti maximumok esetén.



11. ábra: A vizsgált szelvények havonkénti minimum idősoraira illesztett lineáris trendegyütthatók. A kitöltött alakzatok a szignifikáns változást, míg az üres alakzatok a nem szignifikáns változást jelölik.

A hidrológiai év első felében – télen és tavasszal a legnagyobb mértékű növekedő trendek Mohácsnál detektálhatók (itt a kapott trendegyütthatók november és április között szignifikánsak). A hidrológiai év végén, azaz szeptemberben és októberben viszont Szegednél jelentkezett a lineáris trendegyütthatók legnagyobb mértékű szignifikáns növekedése. A budapesti szelvényen a hidrológiai év első felében a Mohácsnál tapasztalhatóhoz képest kisebb mértékű (a téli hónapokban, valamint áprilisban szignifikáns) növekedés detektálható. Nagymarosnál, Vásárosnaménynél és Szolnoknál minden hónapban szignifikáns csökkenés figyelhető meg. Szegednél az év nagy részében nem szignifikánsak a havonkénti minimum idősorokra illesztett lineáris trendegyütthatók, csak áprilisban és májusban detektálhatunk szignifikáns csökkenést, illetve szeptemberben és októberben szignifikáns növekedést.



### 4.3. Küszöbértékek meghaladási valószínűsége

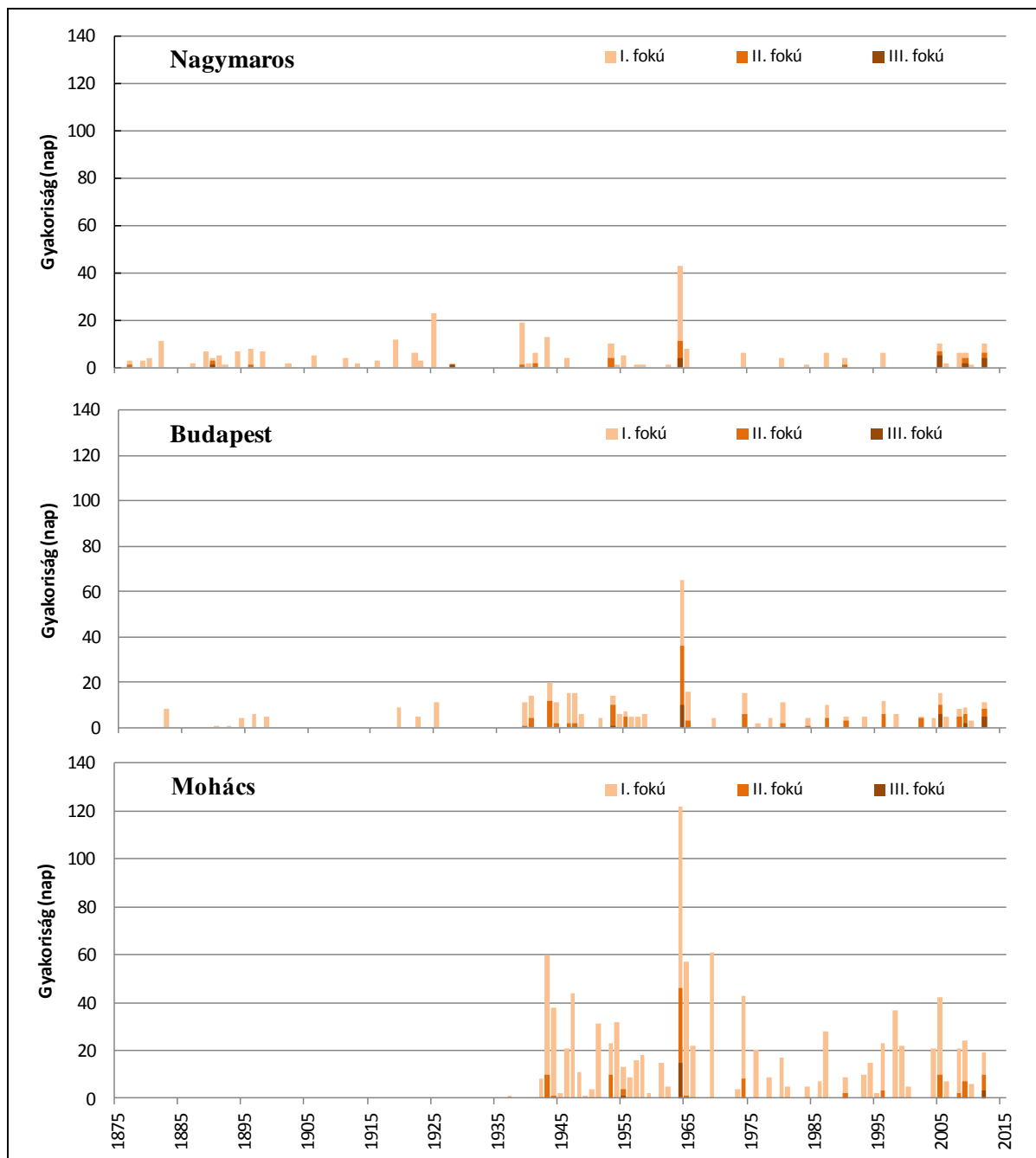
A folyókon levonuló árhullámok jellemzőinek minél pontosabb megismerése, az árvizekre való felkészülés, védekezés érdekében kiemelten fontos a magas vízállások, árvizek külön hidroklimatológiai elemzése, ezért a teljes 1876–2016 időszak vízállás időszora alapján vizsgáltuk a vízmércénként meghatározott három árvízkészültségi szint meghaladásának gyakoriságait is. A szelvényekre vonatkozó árvízkészültségi határértékeket a 3. fejezetben a 3. ábrán foglaltuk össze. Vizsgálataink eredményei a 12. és 13. ábrán láthatók, rendre a dunai és a tiszai vízmércékre. Az alkalmazott definíciók kumulatív jellegűek, azaz az alacsonyabb szintek meghaladási gyakorisága a magasabb készültségi szintek meghaladásának gyakoriságát is magába foglalja.

A Dunán vizsgált legfelső szelvényen, Nagymarosnál igen kevés árvizes napot detektálhatunk, ezért az egyes készültségi szintek meghaladásának tendenciáját nem részletezzük. Budapestnél mindhárom árvízkészültségi szint elérésének gyakorisága nőtt, melyek közül a  $H_I$  és  $H_{II}$  detektált növekedése szignifikáns. A mohácsi szelvényen az egyes árvízkészültségi szinteket meghaladó napok gyakorisága szintén nőtt, melyek közül csak a  $H_I$  növekedése szignifikáns a t-próba alapján. Mind a budapesti, mind a mohácsi szelvényen jól látszik az 1940-es évekig a Felső-Dunán kivitelezett mederszűkítés hatása, ugyanis az 1940-es évek közepétől mindkét vízmércén jóval több árvizes nap volt detektálható, mint azt megelőzően. A dunai szelvényeken a legtöbb árvízkészültségi szintet elérő napot az 1964/1965 hidrológiai évben detektálták.

**6. táblázat: A dunai szelvényeken az árvízkészültségi szintek meghaladásának gyakoriságára vonatkozó értékek.**

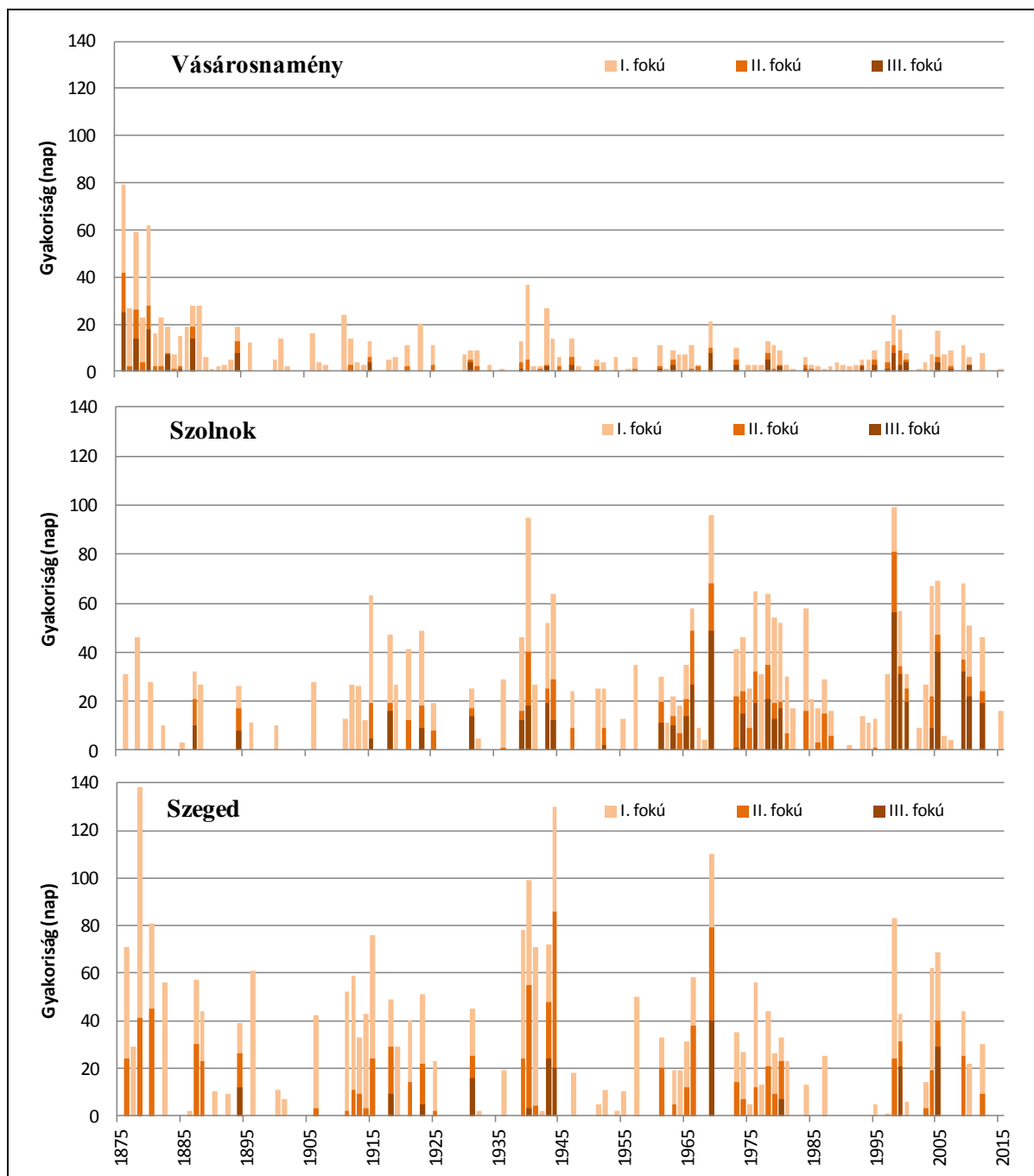
	Árvizes napok 1964/1965-ben	Átlagos gyakoriság 10 évente	Szórás
<b>Nagymaros</b>			
$H_I$ ( $H \geq 520$ cm)	43 nap	22 nap	5 nap
$H_{II}$ ( $H \geq 620$ cm)	11 nap	3 nap	1,3 nap
$H_{III}$ ( $H \geq 800$ cm)	4 nap	1 nap	0,6 nap
<b>Budapest</b>			
$H_I$ ( $H \geq 620$ cm)	65 nap	30 nap	7 nap
$H_{II}$ ( $H \geq 700$ cm)	36 nap	10 nap	4 nap
$H_{III}$ ( $H \geq 800$ cm)	10 nap	2 nap	1 nap
<b>Mohács</b>			
$H_I$ ( $H \geq 700$ cm)	122 nap	70 nap	16 nap
$H_{II}$ ( $H \geq 850$ cm)	46 nap	8 nap	4,3 nap
$H_{III}$ ( $H \geq 950$ cm)	15 nap	2 nap	1,3 nap

A 6. táblázatban összegzett információk alapján az árvizes napok gyakorisága Mohácsnál volt a legnagyobb, s Nagymarosnál a legkisebb.



22. ábra: A dunai szelvényeken a teljes 1876-2015 időszakban vizsgált három árvízkezelési szint elérési gyakorisága. Az egyes szelvényekre vonatkozó árvízkezelési szintekhez tartozó határértékeket a 3. ábrán, illetve a 6. táblázatban foglaltuk össze. A diagramon feltüntetett évszámok hidrológiai éveket jelölnek.

A tiszai szelvények közül Vásárosnaménynél a  $H_I$ ,  $H_{II}$ ,  $H_{III}$  értékek szignifikáns csökkenése, ezzel szemben Szolnoknál szignifikáns növekedése figyelhető meg (13. ábra). A harmadik tiszai szelvényénél, Szegednél a  $H_I$ ,  $H_{II}$  csökkenését, és a  $H_{III}$  növekedését detektálhatjuk, ám ezek a tendenciák a t-próba alapján nem szignifikánsak.



**13. ábra A tiszai szelvényeken a teljes 1876-2015 időszakban vizsgált három árvízkezütségi szint elérési gyakorisága. Az egyes szelvényekre vonatkozó árvízkezütségi szintekhez tartozó határértékeket a 3. ábrán, illetve a 7. táblázatban foglaltuk össze. A diagramon feltüntetett évszámok hidrológiai éveket jelölnek.**

A vizsgált tiszai szelvényeken az egyes árvizek levonulása jól követhető, azonban az árvizes napok gyakorisága eltérő: a folyón lefelé haladva egyre nő. A legkevesebb árvizes nap Vásárosnaménynál, a legtöbb pedig Szegednél volt detektálható. A legtöbb árvizes nap az 1876/1877 hidrológiai évben (Vásárosnaménynál), az 1998/1999 hidrológiai évben (Szolnoknál), illetve az 1878/1879 hidrológiai évben (Szegednél) jelentkezett. Az tiszai szelvényekre vonatkozó egyes árvízkezütségi szintek meghaladási gyakoriságának

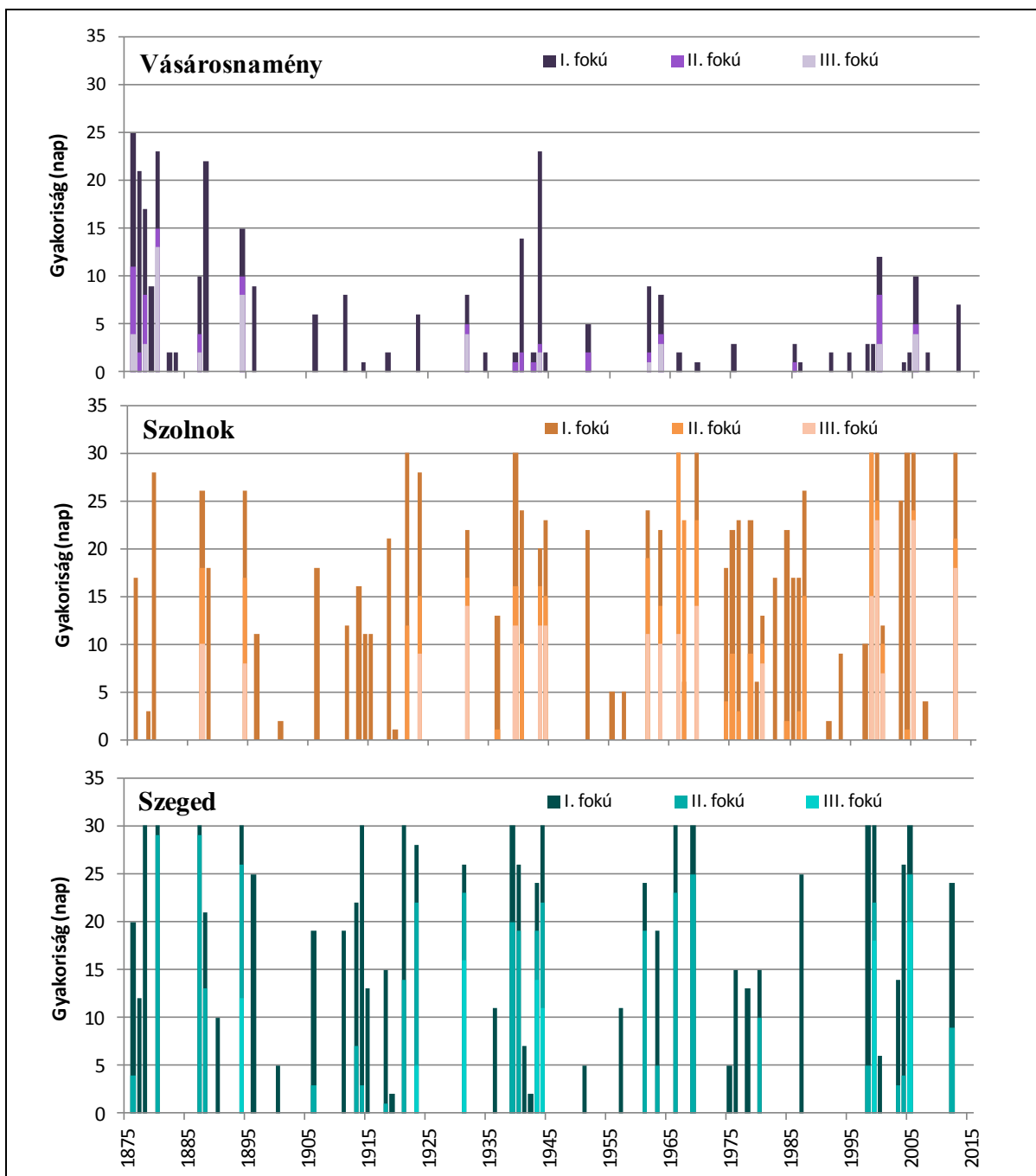
jellemzőit a 7. táblázatban foglaltuk össze.

**7. táblázat: A tiszai szelvényeken az árvízkezütségi szintek meghaladásának gyakoriságára vonatkozó értékek.**

Vásárosnamény	Árvizes napok 1876/1877-ben	Átlagos gyakoriság 10 évenként	Szórás
H <sub>I</sub> . (H ≥ 600 cm)	79 nap	70 nap	12 nap
H <sub>II</sub> . (H ≥ 750 cm)	42 nap	20 nap	5 nap
H <sub>III</sub> . (H ≥ 800 cm)	25 nap	10 nap	3 nap
<b>Szolnok</b>	<b>Árvizes napok 1998/1999-ben</b>		
H <sub>I</sub> . (H ≥ 650 cm)	99 nap	180 nap	23 nap
H <sub>II</sub> . (H ≥ 750 cm)	81 nap	70 nap	14 nap
H <sub>III</sub> . (H ≥ 800 cm)	56 nap	40 nap	10 nap
<b>Szeged</b>	<b>Árvizes napok 1878/1879-ben</b>		
H <sub>I</sub> . (H ≥ 650 cm)	138 nap	190 nap	29 nap
H <sub>II</sub> . (H ≥ 750 cm)	41 nap	70 nap	15 nap
H <sub>III</sub> . (H ≥ 800 cm)	0 nap	10 nap	5 nap

A teljes hidrológiai évet egyben tekintő elemzések mellett elvégeztük az egyes hónapok elkülönülten való elemzését is, melyek közül a 14. ábrán az áprilisban jelentkező árvizes napok gyakoriságát mutatjuk be a tiszai szelvényekre. A nagyszámú elkészített grafikon közül a választás azért esett áprilusra, mert a vízállások árvízkezütségi szintek elérésének gyakoriságát vizsgálva úgy tapasztaltuk, hogy ebben a hónapban a legnagyobb az árvizes napok száma.

1885 után számos folyószabályozási munkát végeztek a Tiszán az árvizek elkerülése érdekében. A három szelvény közül Vásárosnaménynál a legszembetűnőbb ennek eredménye, ugyanis látható, hogy a meder átalakítások után szignifikánsan csökkent mind a három árvízvédelmi küszöbértéket elérő napok gyakorisága. Vásárosnaménynál áprilisban az árvizes napok gyakorisága 1876-ban volt a legnagyobb. Ebben az évben a H<sub>I</sub>. értéke 25 nap, a H<sub>II</sub>. értéke 11 nap, míg a H<sub>III</sub>. értéke 4 nap volt. Áprilisban átlagosan a H<sub>I</sub>. értéke 10 évenként 20 nap, a H<sub>II</sub>. értéke 6 nap, a H<sub>III</sub>. értéke pedig 3 nap. A szelvényen áprilisban az egyes árvízkezütségi szintekhez tartozó szórás rendre 5,1 nap, 2,1 nap, illetve 1,4 nap.



14. ábra: A tiszai szelvényeken a teljes 1876-2015 időszakban vizsgált három árvízkezütségi szint meghaladási gyakorisága áprilisban. A diagramon feltüntetett évszámok hidrológiai éveket jelölnek.

Szolnoknál Vásárosnaményhoz képest sokkal nagyobb az árvizes napok áprilisi gyakorisága. Ezen a szelvényen több (kilenc) olyan évet is regisztráltak, mely során a vízszint április minden napján elérte legalább az I. fokú árvízkezütségi szintet. Ezen években az egyes árvízkezütségi küszöbértéket elérő napok számát a 8. táblázatban összesítettük.

**8. táblázat: Szolnoknál az egyes árvízkezelési szinteket elérő napok gyakorisága a végig árvizes áprilisú években. A táblázatban hidrológiai évek szerepelnek.**

	1921/ 1922	1939/ 1940	1966/ 1967	1969/ 1970	1998/ 1999	1999/ 2000	2004/ 2005	2005/ 2006	2012/ 2013
<b>H<sub>I</sub></b>	30	30	30	30	30	30	30	30	30
<b>H<sub>II</sub></b>	12	16	30	23	30	25	1	24	21
<b>H<sub>III</sub></b>	0	12	11	14	15	23	0	23	18

Szolnoknál áprilisban a H<sub>I</sub>, a H<sub>II</sub> és a H<sub>III</sub> értéke 10 évente átlagosan rendre 70 nap, 30 nap, illetve 20 nap. A vizsgált hónapban a H<sub>I</sub>-hez tartozó szórás 10 nap, a H<sub>II</sub>-höz tartozó 7 nap, a H<sub>III</sub>-hoz tartozó pedig 5 nap. A szolnoki szelvényen mind a három árvízkezelési szinthez tartozó előfordulási gyakoriságok nőttek, melyek közül a H<sub>II</sub> és H<sub>III</sub> változása szignifikáns a t-próba alapján.

A szegedi szelvényen a H<sub>I</sub> és H<sub>II</sub> értéke áprilisban enyhén csökkent, míg a H<sub>III</sub> értéke kismértékben nőtt, ám egyik változás sem bizonyult szignifikánsnak az elvégzett t-próba alapján. Szolnokhoz képest valamivel több (13) olyan évet jegyeztek fel, amikor áprilisban mind a harminc napon elérte a vízállás legalább az I. fokú árvízkezelési küszöbértéket. Ezekben az években az egyes kezelési szinteket elérő napok száma a 9. táblázatból olvasható le.

**9. táblázat: Szegednél az egyes árvízkezelési szinteket elérő napok gyakorisága a végig árvizes áprilisú években. A táblázatban feltüntetett évszámok hidrológiai éveket jelölnek.**

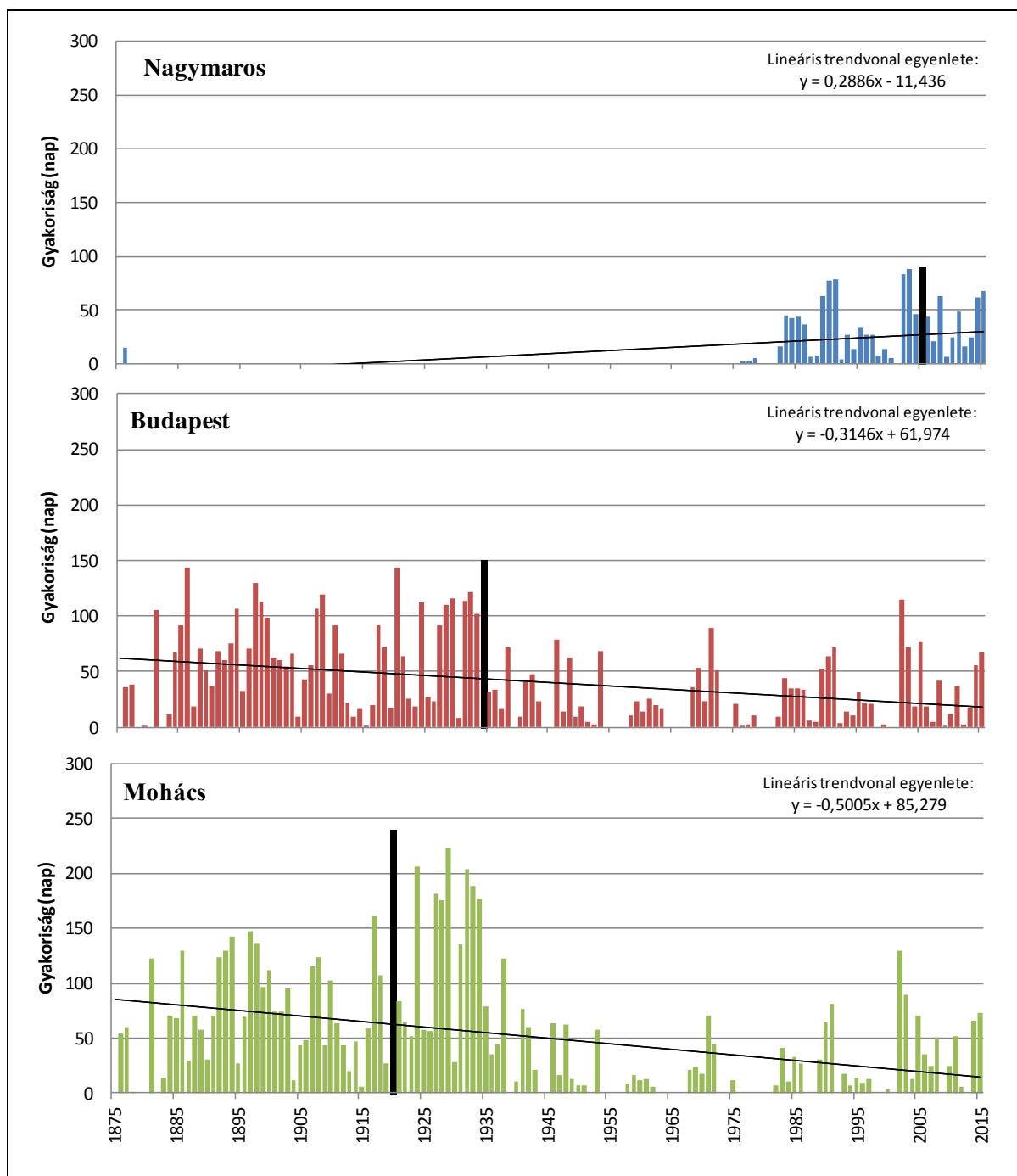
	1878/ 1879	1880/ 1881	1887/ 1888	1894/ 1895	1914/ 1915	1921/ 1922	1939/ 1940	1944/ 1945	1966/ 1967	1969/ 1970	1998/ 1999	1999/ 2000	2005/ 2006
<b>H<sub>I</sub></b>	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
<b>H<sub>II</sub></b>	0	29	29	26	3	14	20	22	23	25	5	22	25
<b>H<sub>III</sub></b>	0	0	0	12	0	0	0	11	0	0	0	18	20

Az áprilisi napok részletes elemzése alapján Szegednél 10 évre vetítve a H<sub>I</sub> értéke átlagosan 60 nap volt, a H<sub>II</sub> értéke 30 nap, a H<sub>III</sub> értéke pedig 10 nap. A H<sub>I</sub>, H<sub>II</sub>, H<sub>III</sub> értékek szórása rendre 11 nap, 7 nap, illetve 3 nap.

Vizsgálataink során az 1981–2010 referencia időszak napi vízállásainak alapján meghatároztuk az egyes szelvényekre vonatkozó empirikus eloszlásfüggvényeket, ezekből kijelöltük az alsó és felső deciliseket (melyeket a 3. fejezetben található 3. ábrán szemléltettünk). A rögzített küszöbértékek mellett az alsó deciliseket el nem érő vízállások

előfordulási gyakoriságát ( $H_{0,1}$ ) elemeztük.

A 15. ábrán a dunai szelvényekre vonatkozó  $H_{0,1}$  értékek láthatók, a jelentkező legnagyobb értékeket feketével emeltük ki.



**15. ábra: A Dunán vizsgált szelvényeken a  $H_{0,1}$  értékek, az 1876-2015 időszak idősoraira illetett trendegyenessel. A fekete oszlop a teljes vizsgált időszak maximum értékét jelöli. A diagramon feltüntetett évszámok hidrológiai éveket jelölnek.**

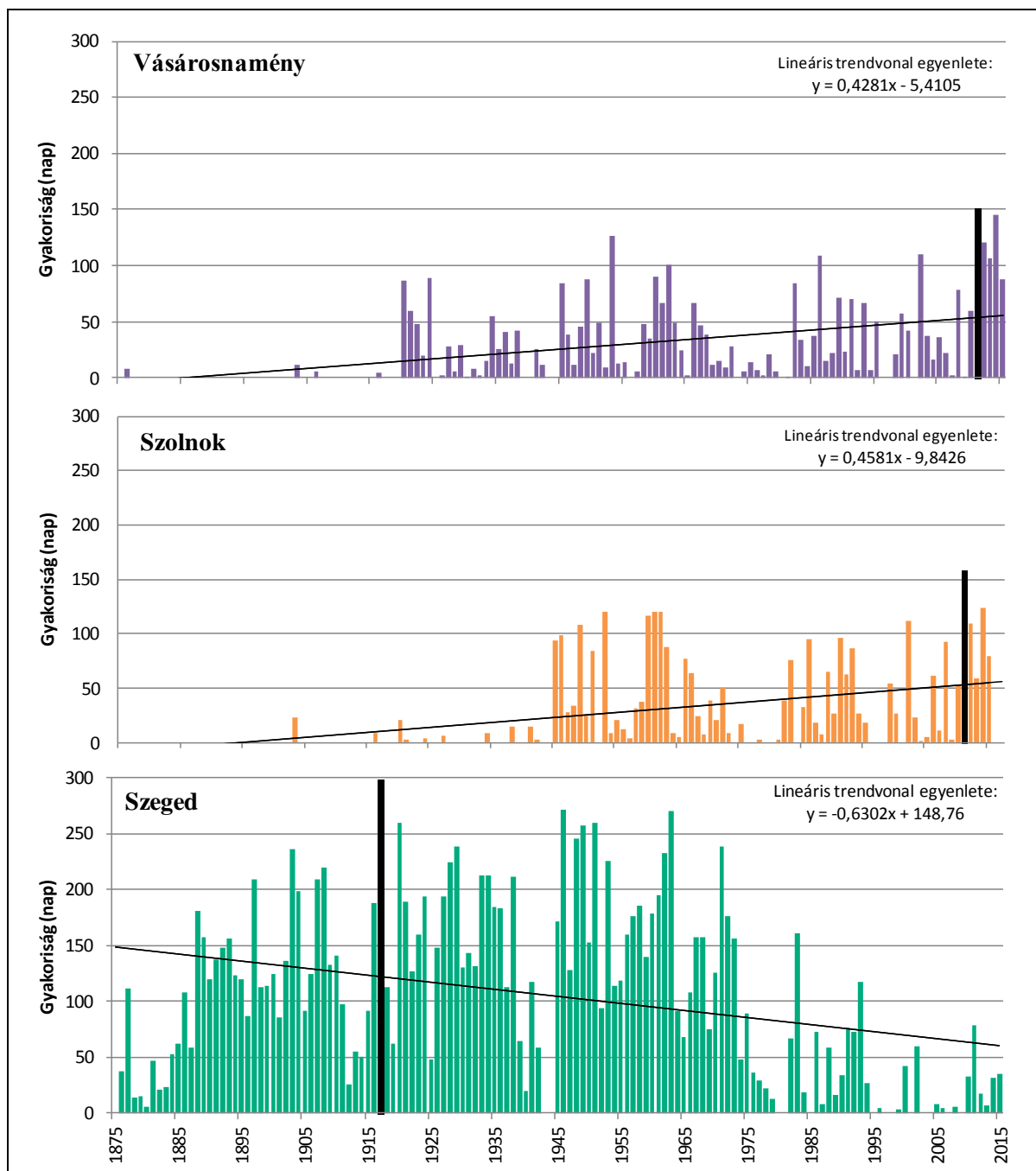
Az 1960-as évek elejétől az 1980-as évek közepéig nagymértékű mederkotrás történt a Felső-Dunán a hajóutak kiépítése és a kisvizek vízszintjének növelése érdekében (Kovács

és munkatársai, 1979). Valószínűsíthetően ennek következménye a nagymarosi szelvényen a  $H_{0,1}$  értékek drasztikus növekedése az 1970-es évek után. A legnagyobb  $H_{0,1}$  értéket – 89 nap – 2005-ben detektálták. Nagymarossal ellentétben a másik két dunai szelvényen feltehetően az 1940-es években befejezett, a kisvizek vízszintjének emelése érdekében végzett folyószabályozási munkák hatása érvényesül (Kovács és munkatársai, 1979). Mind Budapestnél, mind Mohácsnál a  $H_{0,1}$  értékek szignifikáns csökkenése észlelhető. Budapestnél 1934-ben, Mohácsnál 1920-ban fordult elő a legnagyobb  $H_{0,1}$  érték, rendre 150 nap, illetve 239 nap. Budapestnél a  $H_{0,1}$  értéke évente átlagosan 40 nap, szórása 39 nap. Mohácsnál Budapesthez képest a  $H_{0,1}$  értéke valamivel több, átlagosan 50 nap. Ezen a szelvényen a  $H_{0,1}$  szórása is nagyobb: 55 nap.

A tiszai szelvényekre hasonlóképpen elvégeztük a  $H_{0,1}$  értékeinek vizsgálatát (16. ábra). Az idősorokban jelentkező legnagyobb  $H_{0,1}$  értékeket ezúttal is feketével kiemeltük a grafikonokon. A tiszai szelvények közül Vásárosnaménynál és Szolnoknál jelentkeztek közel azonos években a nagyobb értékek. Mindkét szelvényen az 1890-es évek után fordult elő egyre több alsó decilis értéket el nem érő nap. Ennek oka feltehetően az 1892–1904 időszakban végzett nagyvízi szabályozás (Király és Nemes, 1975). A  $H_{0,1}$  értéke Vásárosnaménynál és Szolnoknál is szignifikánsan emelkedő tendenciát mutat. Mindkét szelvényen a vizsgált időszak végén, 2011-ben detektálták a legnagyobb  $H_{0,1}$  értéket (Vásárosnaménynál: 151 nap, Szolnoknál: 159 nap). A teljes 140 éves időszakot tekintve az átlagos  $H_{0,1}$  érték Vásárosnaménynál 25 nap, Szolnoknál 23 nap. A vizsgált  $H_{0,1}$  értékek szórása Szolnoknál nagyobb (37 nap), mint Vásárosnaménynál (35 nap).

A két felső tiszai szelvényel ellentétben Szegednél a  $H_{0,1}$  értékek szignifikáns csökkenését detektálhatjuk. A vizsgált időszak utolsó harmadában látható nagymértékű gyakoriságsökkenés oka feltehetően az, hogy az általunk kiválasztott referencia-időszakban a teljes vizsgált időszakhoz képest nagyobb vízállások fordultak elő. Ez valószínűleg a törökbecsei vízlépcső duzzasztó hatása miatt következett be [8 - <http://www2.ativizig.hu> ]. A legnagyobb  $H_{0,1}$  érték 1917-ben fordult elő Szegednél, amikor 298 igen alacsony vízállású napot jegyeztek fel. Ezen a szelvényen évente átlagosan 105 nap a  $H_{0,1}$  értéke, s az évi előfordulási gyakoriságok szórása 79 nap.

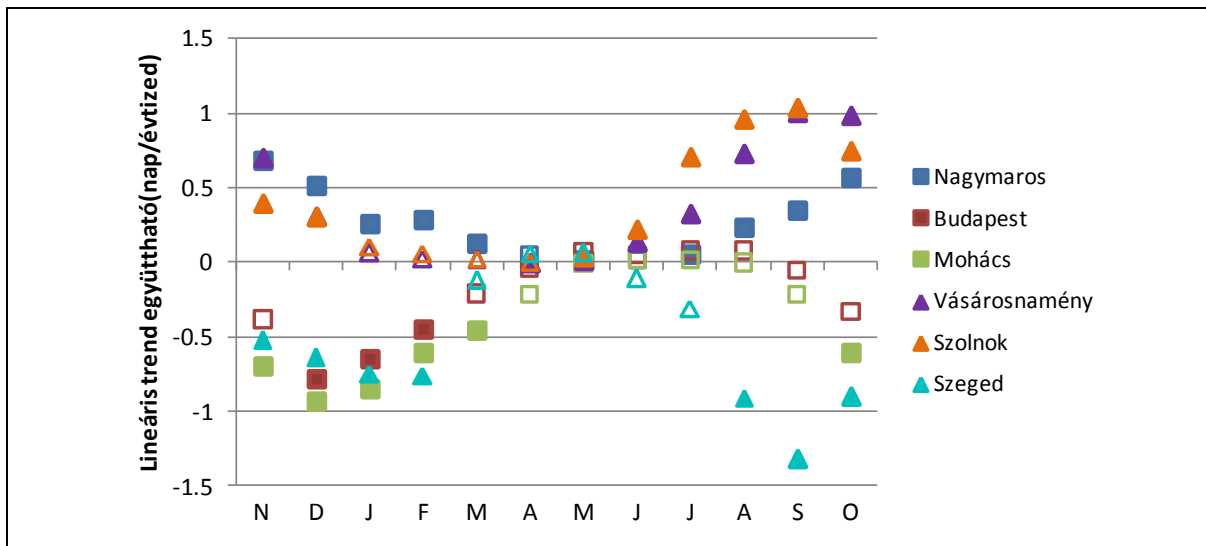




**16. ábra: A Tiszán vizsgált szelvényeken a  $H_{0,1}$  értékek, az 1876-2015 időszak idősoraira illesztett trendegyenessel. A fekete oszlop a teljes vizsgált időszak maximum értékét jelöli. A diagramon feltüntetett évszámok hidrológiai éveket jelölnek.**

A teljes hidrológiai évet egyben tekintő elemzések mellett a vizsgálatot kiterjesztettük az egyes hónapokra külön-külön is, melyek teljes 1876–2015 időszakra vonatkozó idősorait a szakdolgozat terjedelmi korlátai miatt nem mutatjuk be. A havonkénti  $H_{0,1}$  értékekre az egyes szelvényekre elvégzett lineáris trendvizsgálat eredményét összegezzük a 17. ábrán. Elmondhatjuk, hogy a téli félévben Nagymarosnál, Vásárosnaménynál és Szolnoknál a hónapok múlásával egyre kisebb mértékű szignifikáns növekedés, a hidrológiai év közepén stagnálás, majd a nyári félévben újra egyre erőteljesebb szignifikáns növekedés

detektálható. A téli félévben Nagymarosnál, míg a nyári félévben Szolnoknál a legnagyobb mértékű az észlelt növekedés. Budapestnél, Mohácsnál és Szegednél a hidrológiai év első felében csökkenő trendet kaptunk, amely a téli hónapokban mindhárom szelvénynél szignifikáns. A tavaszi és nyári hónapokban ezen állomásoknál is nagyrészt stagnálás jellemző, s csak Szegednél detektálható újból szignifikáns csökkenés augusztustól októberig (továbbá Mohácsnál csak októberben).

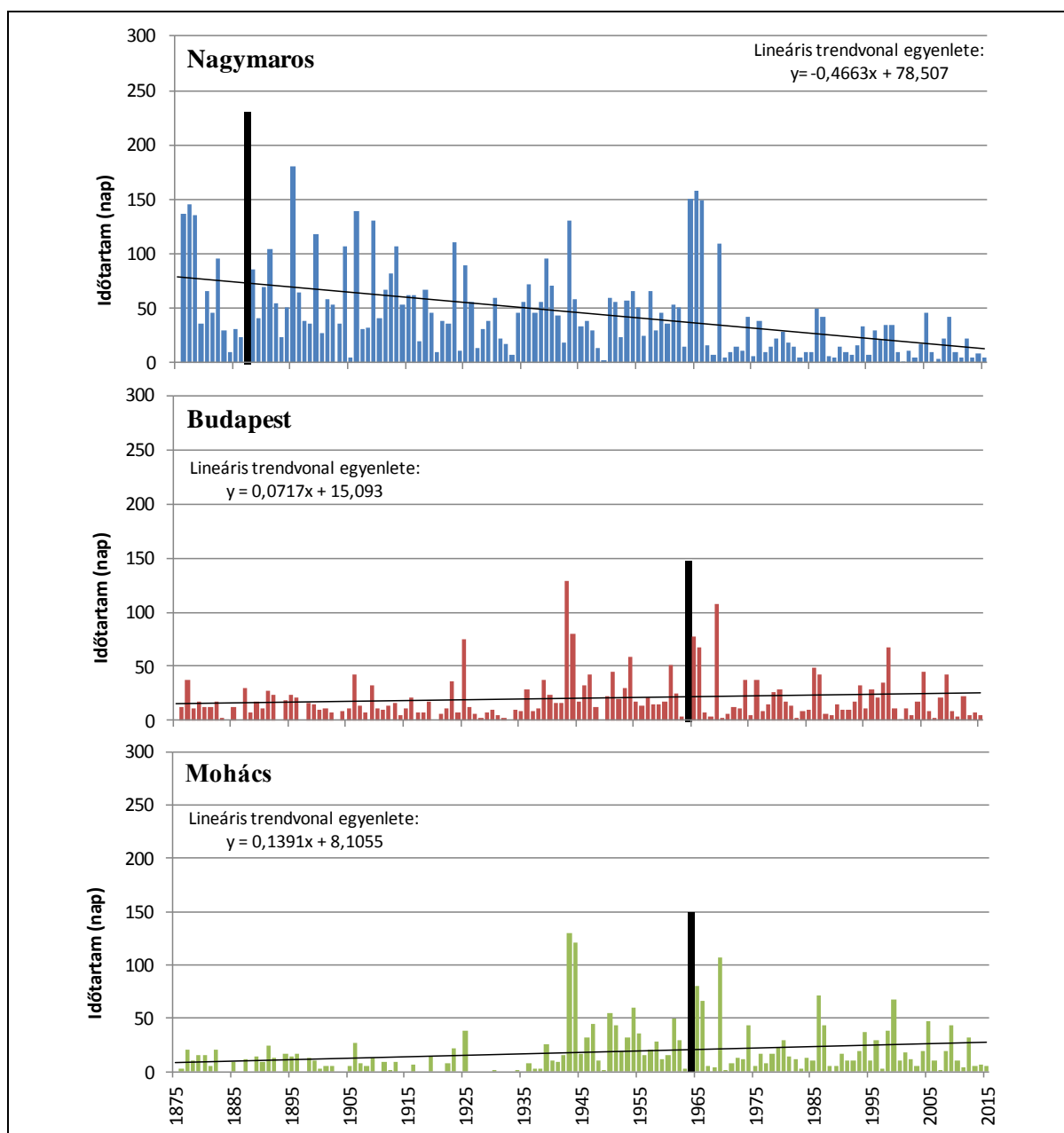


17. ábra: A vizsgált szelvények havonkénti alsó decilis értékét el nem érő napok gyakoriság idősoraira illesztett lineáris trendegyütthatók. A kitöltött alakzatok a szignifikáns változást, míg az üres alakzatok a nem szignifikáns változást jelölik.

Hidroklimatológiai célú statisztikai vizsgálataink következő lépéseként az egyes szelvények empirikus eloszlásfüggvényei alapján kijelölt alsó és felső decilisek felhasználásával meghatároztuk az ezen küszöbértékeknél rendre alacsonyabb, illetve magasabb vízállású egybefüggő időszakok hosszát. Az időszakok közül minden egyes évben a leghosszabbat tekintve ( $t_{0,1}$ , illetve  $t_{0,9}$ ) a kapott idősorokat szintén a teljes 140 éves időszakra vonatkozóan elemeztük.

A 18. ábrán a vizsgált dunai szelvények  $t_{0,9}$  értékeire kapott eredményeket mutatjuk be. Nagymarosnál a többi dunai szelvényvel ellentétben a  $t_{0,9}$  értékek szignifikáns csökkenése detektálható, ami az 1970-es évek elejétől a legszembetűnőbb. Ezt feltehetően a korábban már említett 1960-as és 1980-as évek között végzett Felső-Dunai mederkotrások eredményezték. Nagymarossal ellentétben a másik két dunai szelvényen valószínűsíthetően az 1940-es években befejezett, a kisvizek vízszintjének emelése érdekében végzett folyószabályozási munkák hatása érvényesül (Kovács és munkatársai, 1979). Budapestnél a  $t_{0,9}$  értékek enyhén növekvő (ám nem szignifikáns), Mohácsnál viszont szignifikánsan növekvő tendenciát mutatnak. Mindhárom dunai szelvény  $t_{0,9}$  idősorán jól kivehető az

1943-ban, illetve az 1964-ben detektált jelentős árvíz.



18. ábra: A Dunán vizsgált szelvényeken a  $t_{0,9}$  értékei, az 1876-2015 időszak idősoraira illesztett trendegyenessel. A fekete oszlop a teljes vizsgált időszak maximum értékét jelöli. A diagramon feltüntetett évszámok hidrológiai éveket jelölnek.

A nagymarosi szelvényen minden évben, a másik két dunai szelvényen pedig 1935 után minden évben volt legalább egy olyan nap, amikor a vízállás elérte a referencia időszak felső decilisének értékét. A 10. táblázatban a nagymarosi, budapesti és mohácsi szelvényen jelentkező  $t_{0,9}$  értékek jellemzése látható. Átlagosan tekintve a nagymarosi vízmércére kapott időtartamok voltak a leghosszabbak (46 nap), s a mohácsi vízmércére kapott tartózkodási időtartamok a legrövidebbek (18 nap). A teljes 140 éves vizsgált időszakban a

leghosszabb – csaknem öthónapos – egybefüggő magas vízállású időszakot Budapest és Mohács esetén is az 1964/1965 hidrológiai évben regisztrálták. Ezen időszakok mindkét szelvényen március végén kezdődtek és augusztusban értek véget. A kapott időtartamok a Dunán átlagosan magasabb vízállású hónapokat öleli fel.

**10. táblázat: A dunai szelvényeken detektált  $t_{0,9}$  értékek fontosabb jellemzői.**

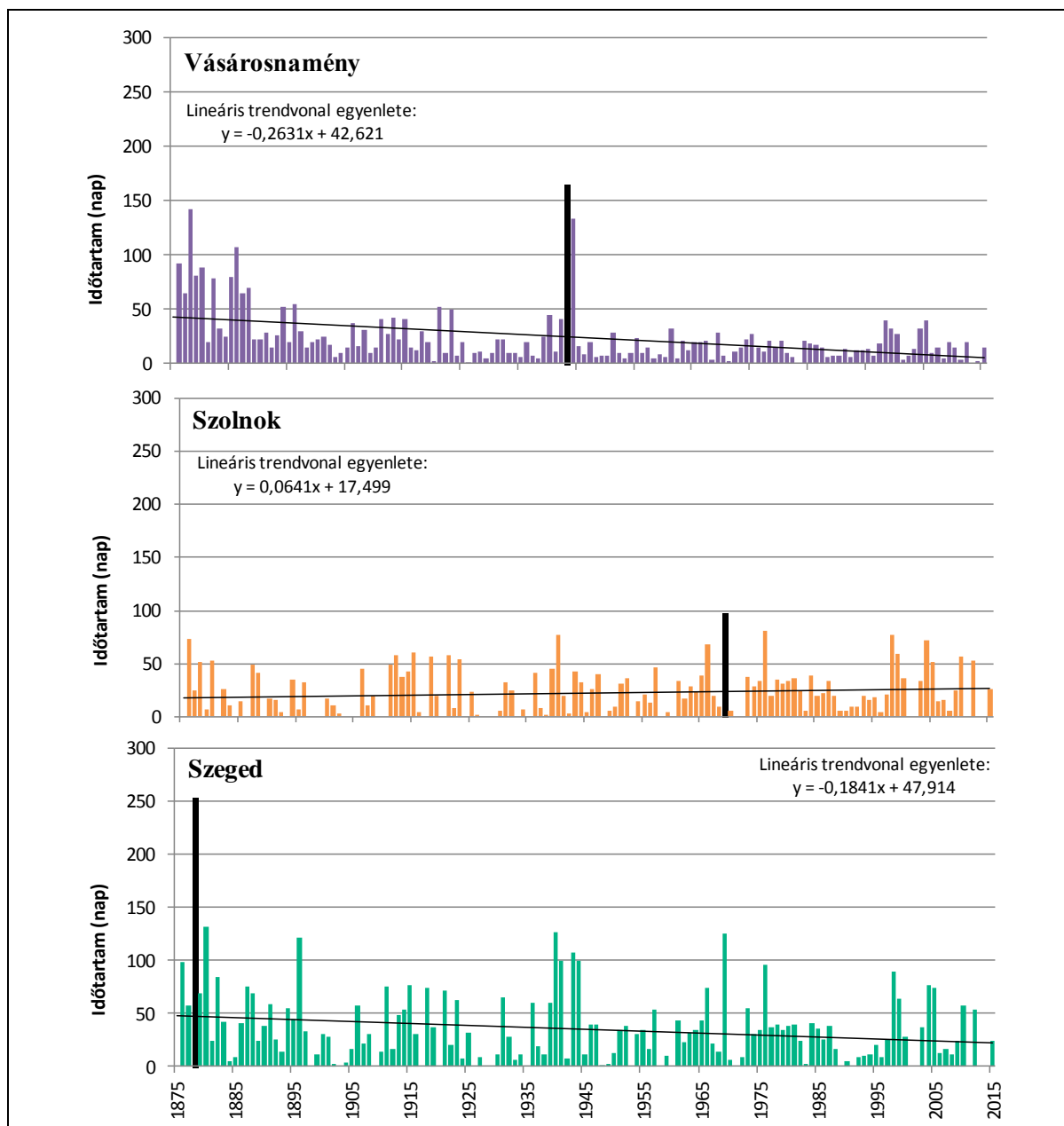
	<b>Legnagyobb <math>t_{0,9}</math> (detektálás éve)</b>	<b>Átlagos <math>t_{0,9}</math> érték</b>	<b><math>t_{0,9}</math> értékek szórása</b>
<b>Nagymaros</b>	230 nap (1887/1888)	46 nap	42 nap
<b>Budapest</b>	147 nap (1964/1965)	20 nap	23 nap
<b>Mohács</b>	149 nap (1964/1965)	18 nap	25 nap

A 19. ábrán a tiszai szelvények  $t_{0,9}$  idősorán végrehajtott vizsgálataink eredménye látható. Vásárosnaménynál és Szegednél a  $t_{0,9}$  értékeinek szignifikáns csökkenése, míg Szolnoknál enyhe – nem szignifikáns – növekedése figyelhető meg. Vásárosnaménynál az értékek valószínűsíthetően az 1880-as években megkezdett folyószabályozási munkálatok következtében meglehetősen kiegyensúlyozott értékeket mutatnak.

A 11. táblázatban láthatók a tiszai szelvények  $t_{0,9}$  idősorainak statisztikai jellemzői, melyekből kitűnik, hogy a teljes vizsgált időszakot összességében tekintve Szegednél mutatkoznak a leghosszabb egybefüggő magas vízállású időszakok (átlagosan több mint 1 hónap), míg Szolnoknál a legrövidebbek (mintegy 3 hét). A szegedi szelvényenél kapott magas értékek feltehetően a referencia-időszak magas vízállásainak következménye.

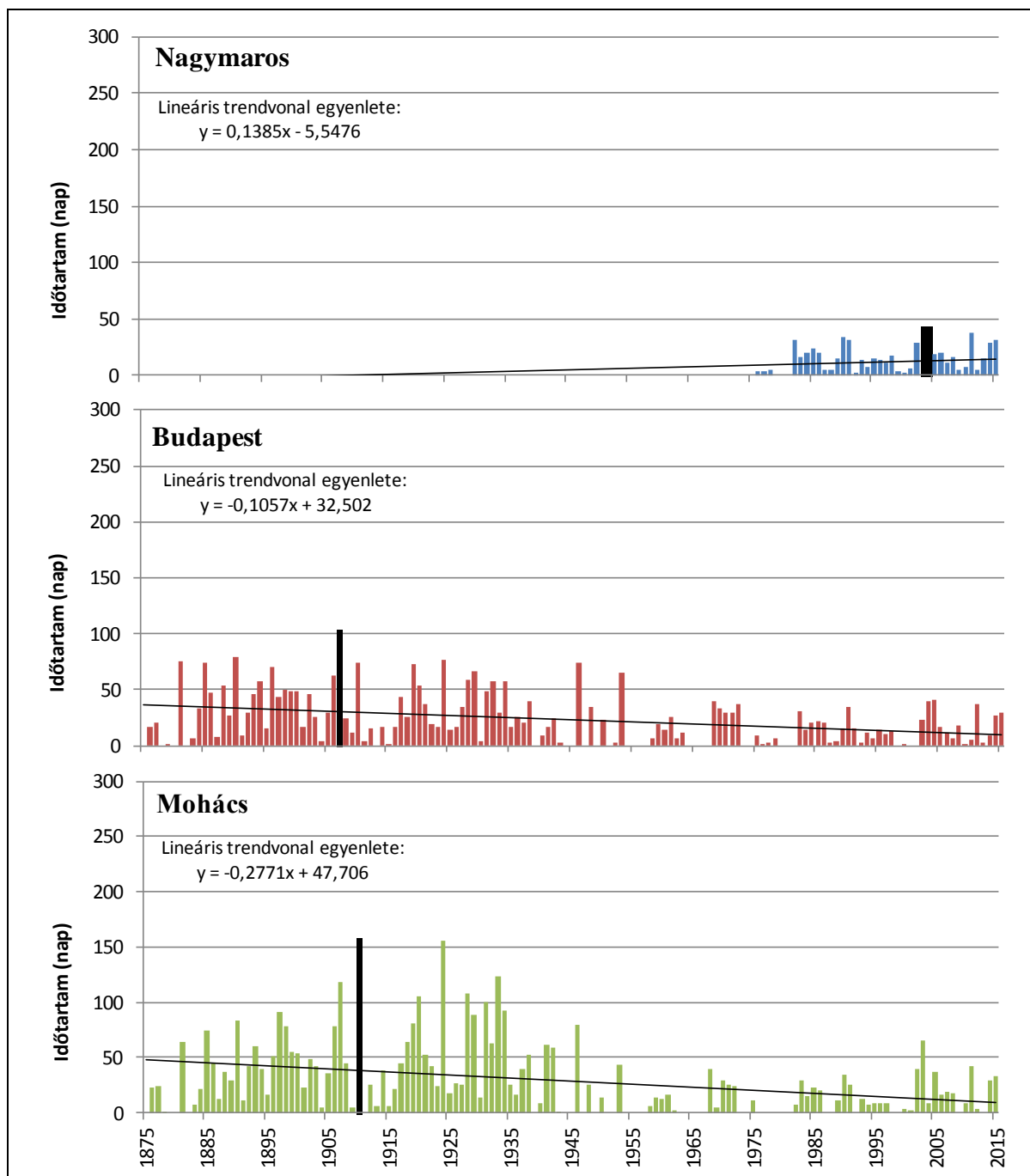
**11. táblázat: A tiszai szelvényeken detektált  $t_{0,9}$  értékek fontosabb jellemzői.**

	<b>Legnagyobb <math>t_{0,9}</math> (detektálás éve)</b>	<b>Átlagos <math>t_{0,9}</math> érték</b>	<b><math>t_{0,9}</math> értékek szórása</b>
<b>Vásárosnamény</b>	164 nap (1943/1944)	24 nap	27 nap
<b>Szolnok</b>	98 nap (1969/1970)	22 nap	22 nap
<b>Szeged</b>	253 nap (1878/1879)	35 nap	36 nap



**19. ábra: A Tiszán vizsgált szelvényeken a  $t_{0,9}$  értékei, az 1876-2015 időszak idősoraira illesztett trendegyenessel. A fekete oszlop a teljes vizsgált időszak maximum értékét jelöli. A diagramon feltüntetett évszámok hidrológiai éveket jelölnek.**

A magas vízállású időszakok jellemzése után végezetül a kisvizek időtartamának elemzését részletezzük az alábbiakban. A 20. ábra a dunai szelvényeken az egyes évek  $t_{0,1}$  értékeit mutatja. A nagymarosi szelvényen a  $H_{0,1}$  értékei 1975-től válnak egyre nagyobbá, ebből következik, hogy a  $t_{0,1}$  értékei is ekkortól nőnek, méghozzá szignifikánsan. Budapestnél és Mohácsnál a  $t_{0,1}$  értékek szignifikáns csökkenést mutattak. Ezen változások okát a 15. ábra elemzése során részleteztük.



20. ábra: A Dunán vizsgált szelvényeken a  $t_{0,1}$  értékei, az 1876-2015 időszak idősoraira illesztett trendegyenessel. A fekete oszlop a teljes vizsgált időszak maximum értékét jelöli. A diagramon feltüntetett évszámok hidrológiai éveket jelölnek.

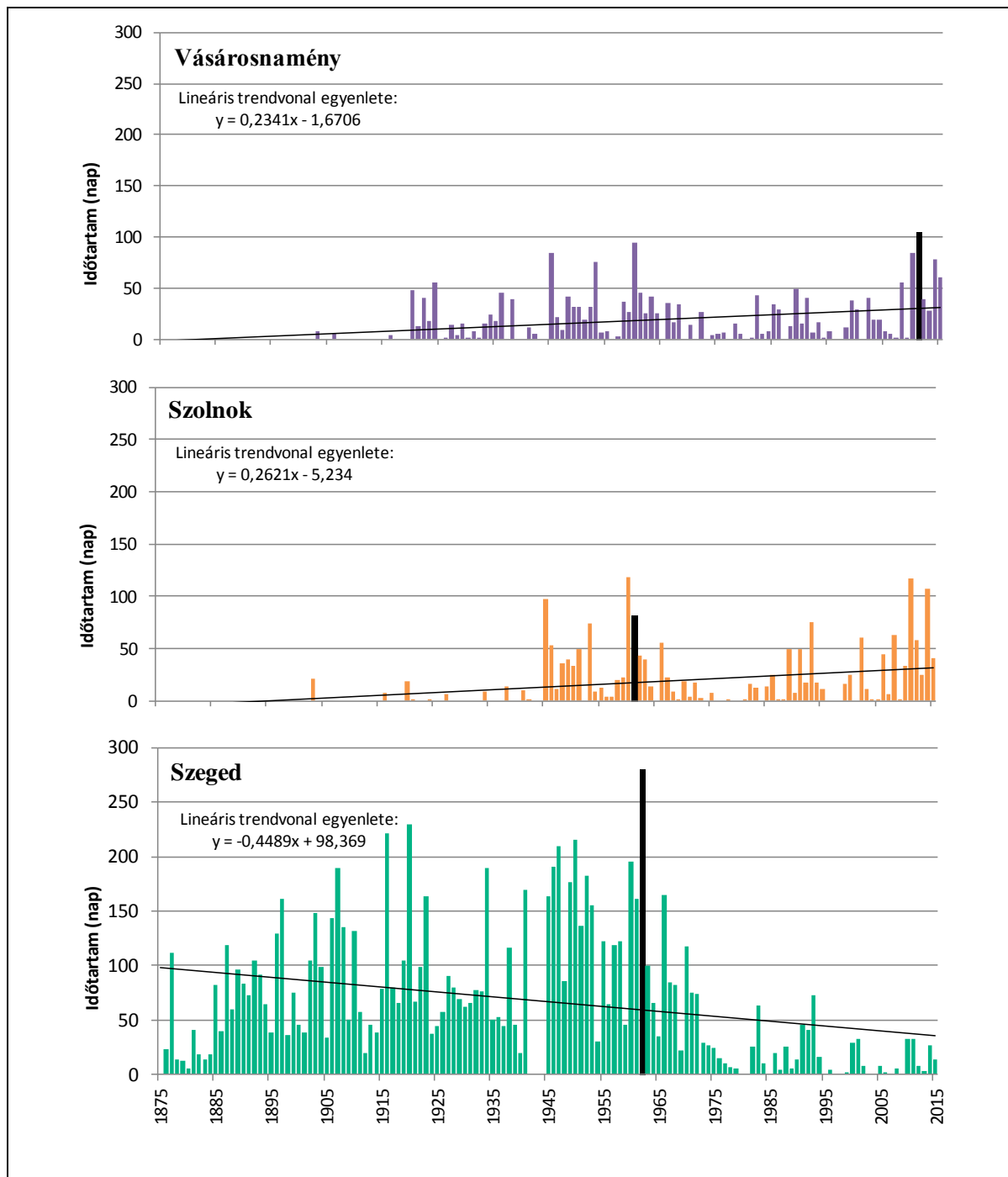
A 12. táblázat a dunai szelvények  $t_{0,1}$  idősorainak néhány statisztikai karakterisztikáit foglalja össze.

12. táblázat: A dunai szelvényeken detektált  $t_{0,1}$  értékek fontosabb jellemzői.

	Legnagyobb $t_{0,1}$ (detektálás éve)	Átlagos $t_{0,1}$ érték	$t_{0,1}$ értékek szórása
<b>Nagymaros</b>	42 nap (2003/2004, 2004/2005)	4 nap	9 nap
<b>Budapest</b>	104 nap (1907/1908)	23 nap	23 nap
<b>Mohács</b>	158 nap (1910/1911)	28 nap	33 nap

Mindhárom kiemelt jellemzőre a leghosszabb tartamokat a mohácsi szelvényen, míg a legrövidebbeket Nagymarosnál láthatjuk.

A 21. ábra szemlélteti a tiszai szelvényekre kiszámított  $t_{0,1}$  értékek idősorát. A 15. ábrán láttuk, hogy Vásárosnaménynál a vizsgált időszak első harmadában a  $H_{0,1}$  értéke közel nulla volt, így a  $t_{0,1}$  értékeinek is csaknem nullát kell adniuk.



**21. ábra: A Tiszán vizsgált szelvényeken a  $t_{0,1}$  értékei, az 1876-2015 időszak idősoraira illesztett trendegyenessel. A fekete oszlop a teljes vizsgált időszak maximum értékét jelöli. A diagramon feltüntetett évszámok hidrológiai éveket jelölnek.**

Vásárosnaménynál és Szolnoknál a  $t_{0,1}$  idősora szignifikáns növekedést mutat, míg Szegednél a  $t_{0,1}$  értékek szignifikáns csökkenő trendjét detektálhatjuk. Ez a  $H_{0,1}$  idősoraihoz hasonlóan a referencia-időszakban jelentkező magasabb vízállások miatt alakulhatott így.

**13. táblázat: A tiszai szelvényeken detektált  $t_{0,1}$  értékek fontosabb jellemzői.**

	<b>Legnagyobb <math>t_{0,1}</math> (detektálás éve)</b>	<b>Átlagos <math>t_{0,1}</math> érték</b>	<b><math>t_{0,1}</math> értékek szórása</b>
<b>Vásárosnamény</b>	104 nap (2011/2012)	15 nap	22 nap
<b>Szolnok</b>	119 nap (1960/1961)	13 nap	25 nap
<b>Szeged</b>	281 nap (1962/1963)	67 nap	62 nap

Az összegző 13. táblázat alapján megállapítható, hogy a tiszai szelvények  $t_{0,1}$  idősoraiból meghatározott karakterisztikák legnagyobb értékei Szegednél fordultak elő. A legkisebb  $t_{0,1}$  maximumot és szórást Vásárosnaménynál, míg a legkisebb átlagos  $t_{0,1}$  értéket Szolnoknál detektálták.

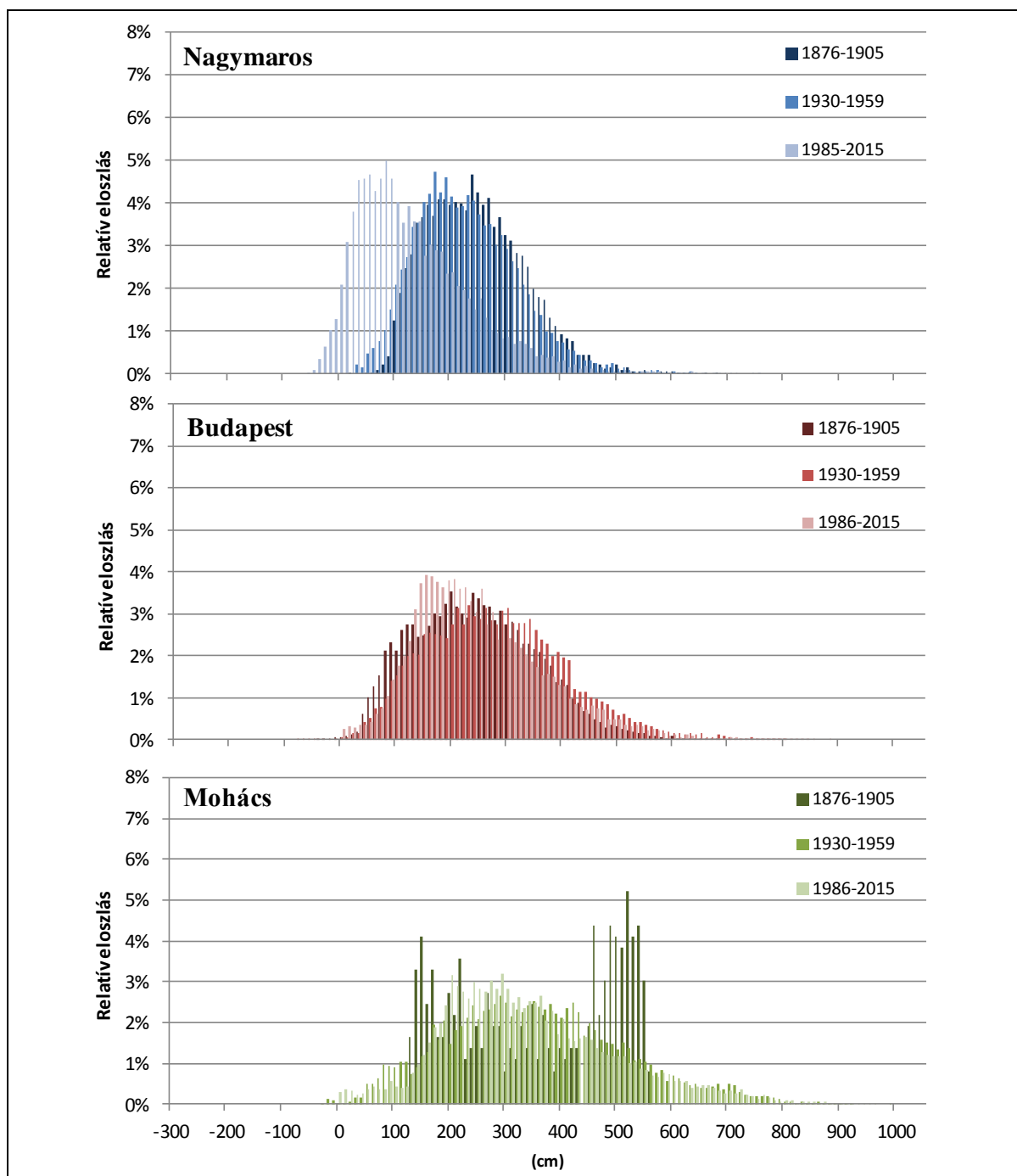
#### **4.4. Időbeli változások elemzése**

Az elvégzett hidroklimatológiai vizsgálatok keretében utolsó nagyobb egységként a teljes 140 éves időszak elején, közepén és végén egy-egy kiválasztott éghajlati normál időszakban (1876–1905, 1930–1959, 1986–2015) regisztrált napi vízállások néhány statisztikai karakterisztikájának időbeli változását elemeztük.

A 22. ábrán a dunai szelvényeken rögzített napi vízállás értékek alapján a három éghajlati normálidőszakra meghatározott empirikus eloszlásfüggvényének eltolódása követhető. A nagymarosi szelvényénél kitűnik, hogy az 1930–1959 és 1985–2015 időszakban detektált vízállások empirikus eloszlásfüggvénye is az alacsonyabb vízállások irányába tolódott. Ez az eltolódás a dunai szelvények közül Nagymarosnál a legnagyobb mértékű. Továbbá az is megfigyelhető, hogy a napi vízállás értékek egyre szélesebb intervallumon belül mozognak, ugyanis az egyes eloszlásfüggvények egyre szélesebbé váltak az idő múlásával. Budapestenél 1930–1959 időszakra a magasabb vízállások felé tolódott el az empirikus eloszlásfüggvény. Ez arra utal, hogy a vízállások növekedtek, ennek okát az 5. ábra elemzése során részleteztük. A harmadik vizsgált időszakra a vízállások empirikus eloszlásfüggvénye visszatért az alacsonyabb vízállásokhoz. Ugyanakkor a nagymarosi szelvényen tapasztaltakhoz hasonlóan – a dunai szelvények közül a legkisebb mértékben – a vízállások intervallumának kiszélesedését figyelhetjük meg, tehát a szelvényen detektált vízállások kismértékben szélsőségesebbek lettek a vizsgált 140 év végére.



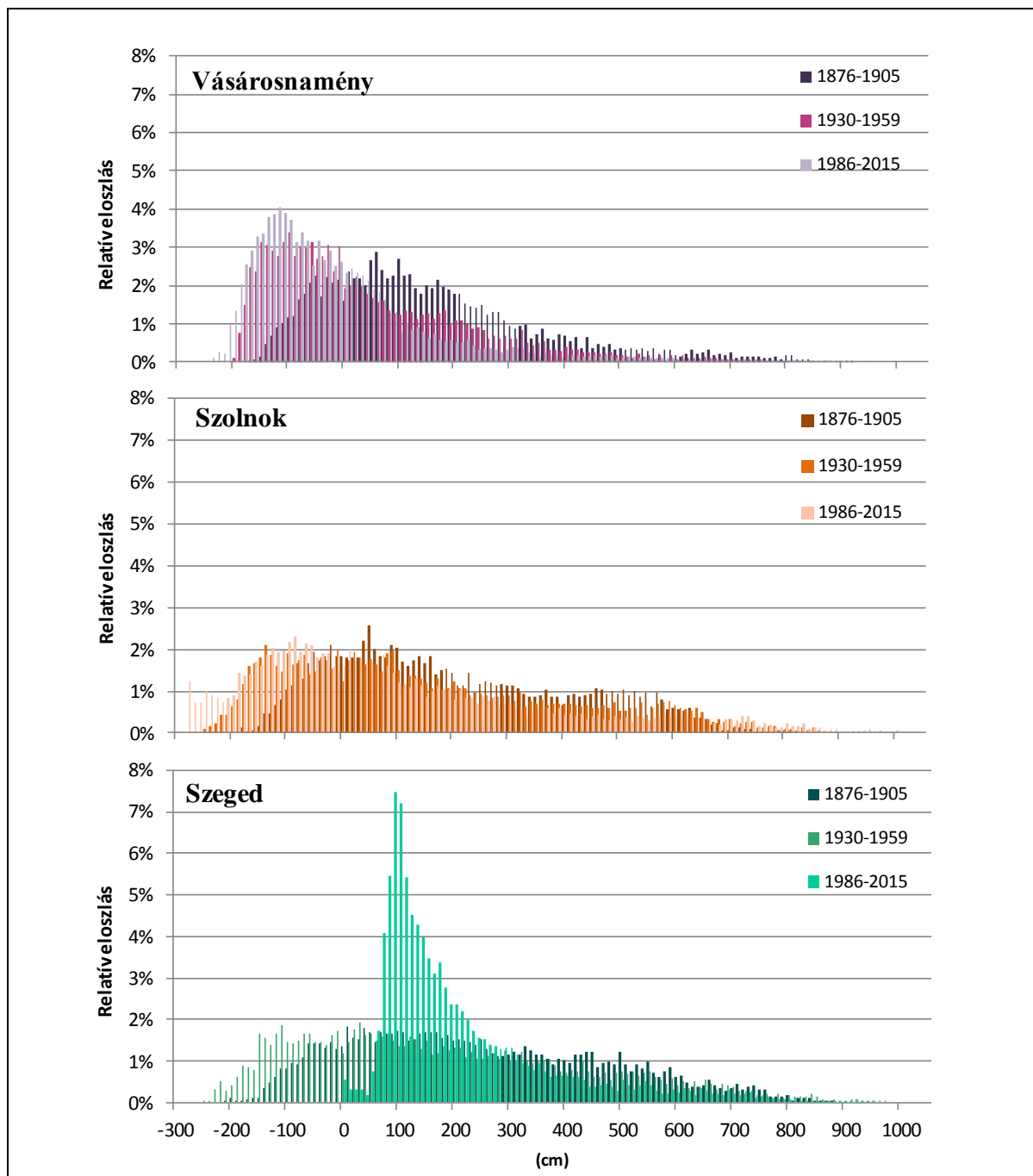
A mohácsi szelvényen az idő múlásával szintén egyre szélesebbé váltak az empirikus eloszlásfüggvények, valamint az 1986–2015 időszakra a vízállások az alacsonyabb értékek felé mozdultak el.



22. ábra: A dunai szelvények napi vízállás adatainak empirikus eloszlásfüggvény a három kiválasztott éghajlati normálidőszakban (1876–1905, 1930–1959, 1986–2015).

A 23. ábrán a vizsgált tiszai szelvények három kiválasztott éghajlati normálidőszakban regisztrált napi vízállásainak empirikus eloszlásfüggvénye hasonlítható össze. Vásárosnaménynél az 1876–1905 időszakhoz képest mind az 1930–1959 időszakra, mind

az 1986–2015 időszakra szélesedett a napi vízállások teljes intervalluma, valamint egyértelműen megfigyelhető a kisvízállások felé eltolódás.



**33. ábra: A tiszai szelvények napi vízállás adatainak empirikus eloszlásfüggvénye a három kiválasztott éghajlati normálidőszakban (1876–1905, 1930–1959, 1986–2015).**

A szolnoki szelvényen az empirikus eloszlásfüggvény még szembetűnőbben – a tiszai szelvények közül a legerőteljesebben – mutatja ellaposodásával és szélesedésével a vízállás értékek egyre szélsőségesebbé válását. Ez a tendencia a 9. ábrán – amely a  $H_{\max}$  és  $H_{\min}$  vízállásokban megfigyelhető változásokat illusztrálja – is jól látszik. Továbbá ezen a szelvényen is egyértelműen kitűnik az eloszlásfüggvények alacsonyabb vízállások irányába

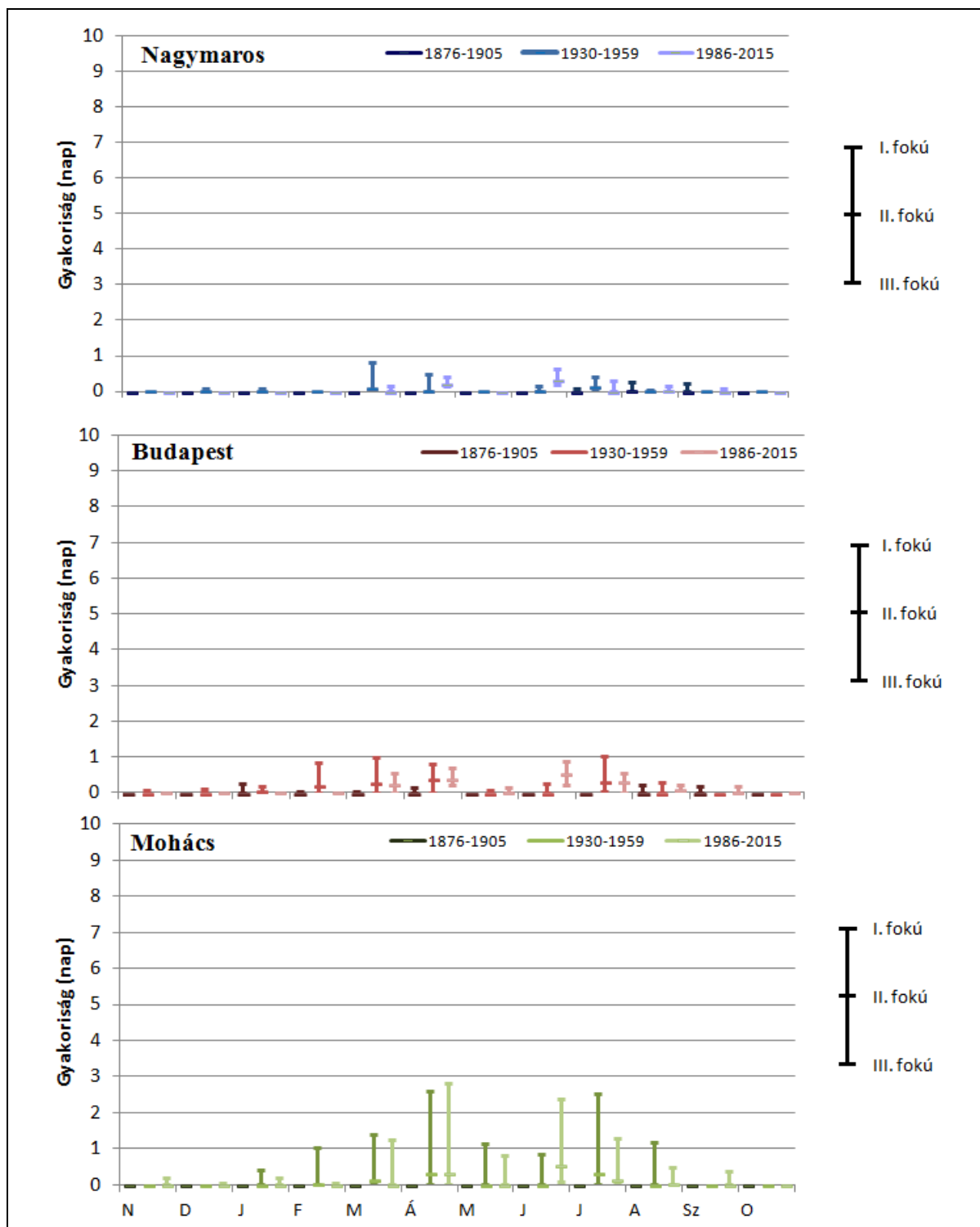
tolódása.

Szegednél az 1930–1959 időszakban az 1876–1905 időszakhoz képest a vízállások szintén a kisebb vízállások felé toldódtak, illetve extrémebbé is váltak. Ezzel szemben a harmadik, 1986–2015 időszakban – a vizsgált szelvények közül csupán itt – szűkebb intervalumot fed le az empirikus eloszlásfüggvény, aminek az az oka, hogy csökkent a szelvényen jelentkező szélsőségesen alacsony vízállások gyakorisága. Ezt támasztja alá a 9. ábrán látható  $H_{\min}$  vízállások magasságának növekvő tendenciája is. A jelenség okát a 16. ábra elemzésénél részleteztük.

A három éghajlati normálidőszakban kiemelten a négy évszak középső hónapjában (januárban, áprilisban, júliusban és októberben) meghatározott empirikus eloszlásfüggvényeket is elemeztük, a kirajzolt grafikonsorozat a Függelékben található. A nagymarosi szelvényről (F.1. ábra) összességében elmondhatjuk, hogy az idő múlásával a regisztrált vízállások, ezáltal az empirikus eloszlásfüggvények is az alacsonyabb vízállások irányába toldódtak el a kiemelt hónapokban. Áprilisban és júliusban az empirikus eloszlásfüggvények szélesedése is szembeűnő, jelezve a vízállások extrémebbé válását. Budapestnél (F.2. ábra) a kiválasztott hónapok közül csupán júliusban jelentkezett a Duna napi vízállásainak alacsonyabb értékek irányába való eltolódása. Mind a négy hónapban egységesen keskenyebbé váltak az empirikus eloszlásfüggvények. A harmadik dunai szelvényen, Mohácsnál (F.3. ábra) összességében elmondható, hogy nőtt az empirikus eloszlásfüggvények szélessége, mely októberben jelentkezett a legkisebb mértékben. Ezenfelül az is leolvasható, hogy a legalacsonyabb vízállások szintje emelkedett. Ezt a 8. ábrán szemléltetett  $H_{\max}$  és  $H_{\min}$  vízállások változása is alátámasztja.

A tiszai szelvények közül Vásárosnaménynál (F.4. ábra) mind a négy kiemelt hónapban az empirikus eloszlásfüggvények alacsonyabb vízállások felé toldódása figyelhető meg, valamint csökkent a szélességük, ugyanis a maximum vízállások szintje egyre alacsonyabb lett. Szolnoknál (F.5. ábra) a regisztrált napi vízállások szélsőségesebbé válása, az empirikus eloszlásfüggvények szélesedése jellemző. Továbbá júliusban a vízállások nagymértékű csökkenése detektálható. Szegednél (F.6. ábra) a vízállások egyre kevésbé szélsőségesek, a magasabb vízállások váltak gyakoribbá. Ennek okát az 16. ábra elemzésénél részleteztük.

A 24. és a 25. ábrán rendre a dunai és a tiszai szelvényeken az egyes árvízkezülségi szinteket elérő vízállású napok átlagos előfordulási gyakoriságának éves menetét láttatjuk. Nagymarosnál és Budapestnél is szembeűnően kevés az árvizes napok száma, melyet már 12. ábra elemzése során is láthattunk

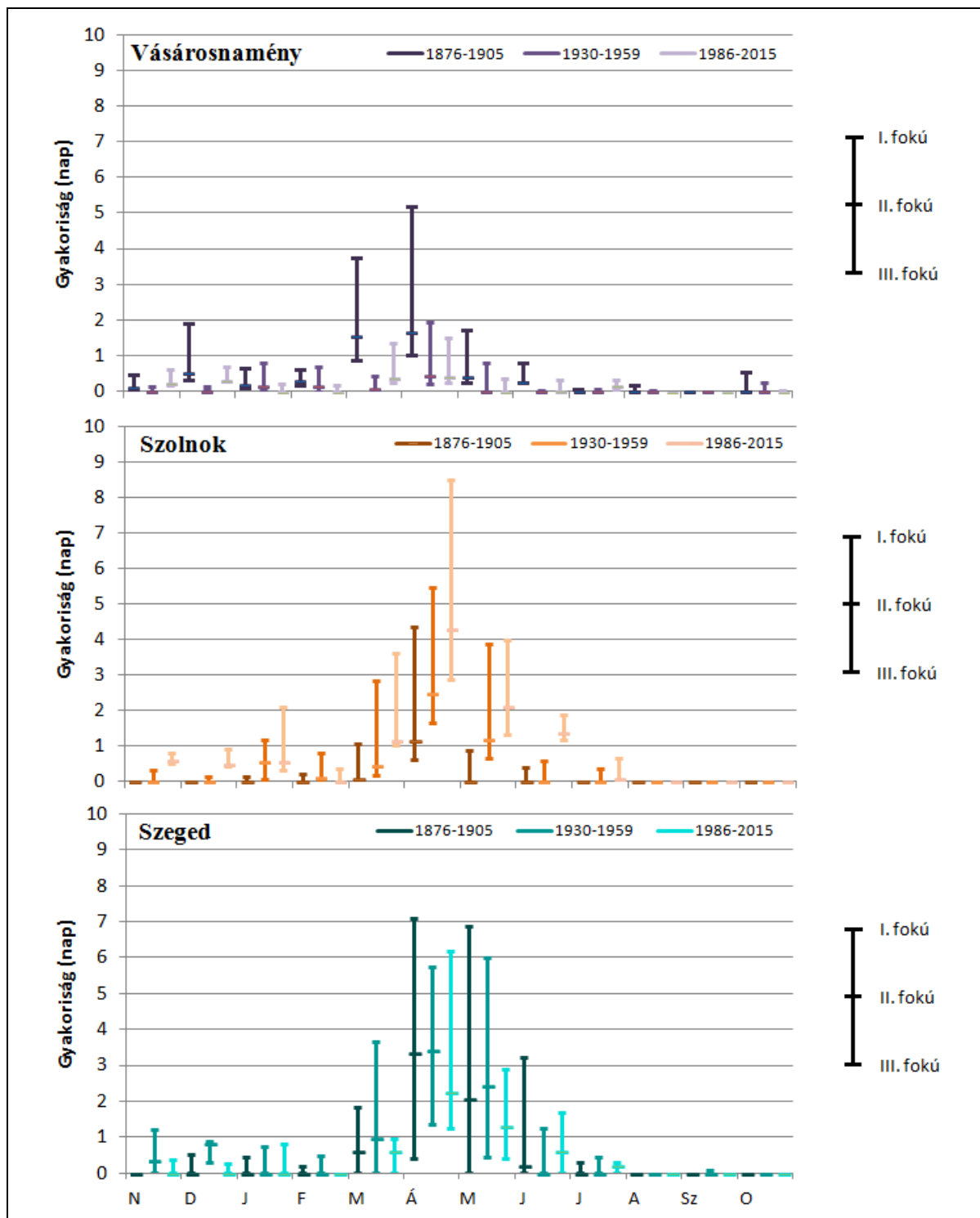


24. ábra: A dunai szelvényeken a három éghajlati normálidőszakban (1876–1905, 1930–1959, 1986–2015) havonként detektált árvizes napok átlagos előfordulási gyakorisága. Az egyes szelvényekre vonatkozó árvízkezülségi szintekhez tartozó határértékeket a 3. ábrán, illetve a 6. táblázatban foglaltuk össze.

Mohácsnál a másik két dunai szelvényhez képest nagyobb az árvizes napok gyakorisága. Jól látszik, hogy az első vizsgált éghajlati normálidőszakban nem detektáltak egy árvizes napot sem. Ezt követően az 1930–1959 és 1986–2015 időszakra egyre nagyobb lett az árvizes napok átlagos gyakorisága, ami a vízállások szélsőségesebbé válását jelzi. A

szelvényen általában áprilisban jelentkeznek a legtöbb árvíz.

A tiszai szelvények közül Vásárosnaménynál a 6. ábra elemzése során részletezett okok miatt az árvizes napok gyakorisága csökkent, mely a három kiválasztott éghajlati normálidőszakkal szemléltetett időbeli változást bemutató 25. ábráról is kitűnik.



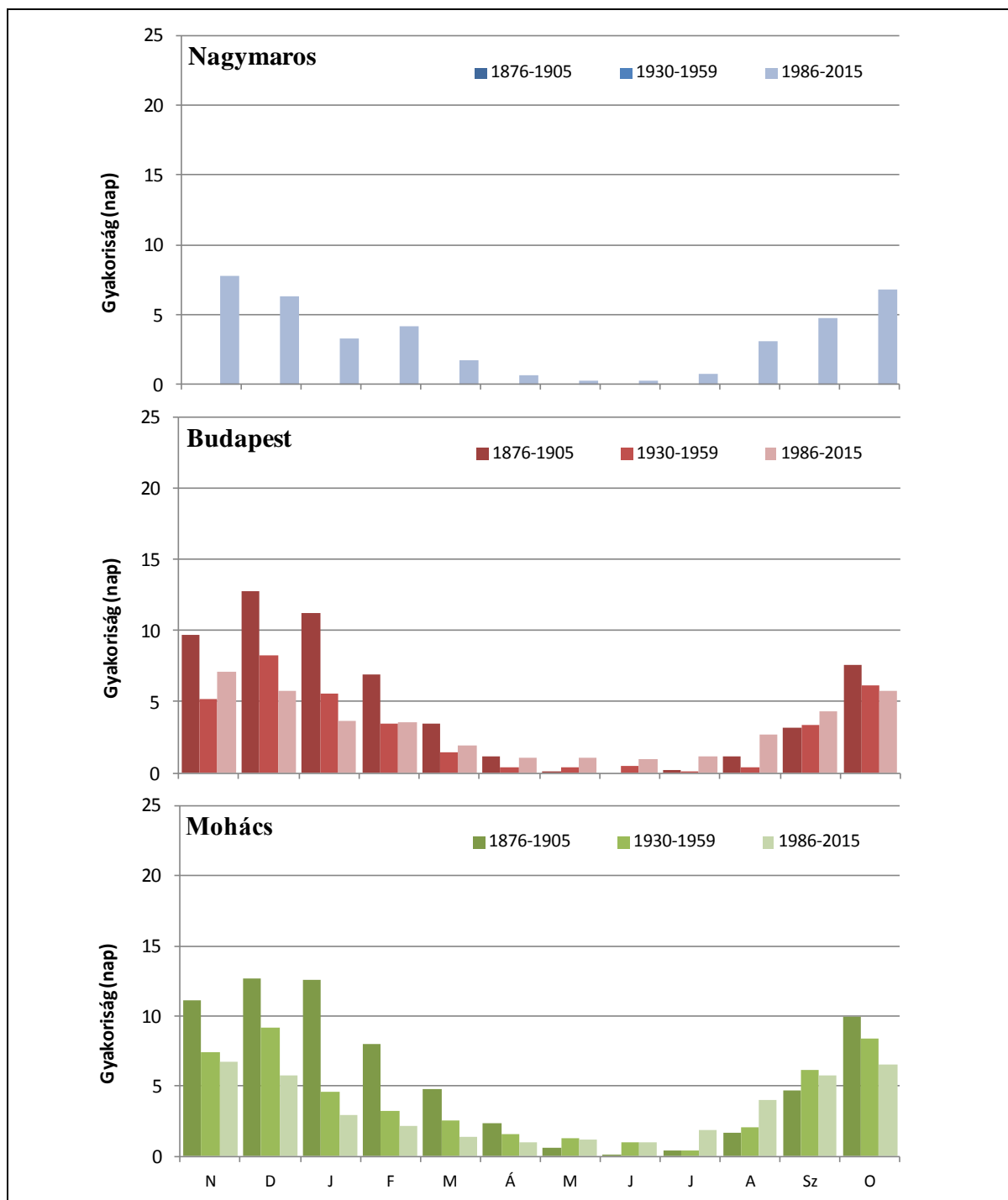
25. ábra: A tiszai szelvényeken a három éghajlati normálidőszakban (1876-1905, 1930-1959, 1986-2015) havonként detektált árvizes napok átlagos előfordulási gyakorisága. Az egyes szelvényekre vonatkozó árvízkezelési szintekhez tartozó határértékeket a 3. ábrán, illetve a 7. táblázatban foglaltuk össze.

A legtöbb árvizes napot ezen a szelvényen is áprilisban regisztrálták, azonban itt jellemzően a hidrológiai év első felében jelentek meg árvizek.

A szolnoki és a szegedi szelvényen – az árvízkeszültségi szinteket elérő napok évi gyakoriságát bemutató diagramhoz hasonlóan (13. ábra) – a 25. ábráról is egyértelműen leolvasható, hogy az árvizes napok gyakorisága nőtt az elmúlt 140 év során. Mindkét szelvényen áprilisban a legnagyobb az árvízkeszültségi szintet elérő napok gyakorisága, míg augusztustól októberig a legkisebb. A vizsgált szelvények közül leginkább Szegednél figyelhető meg, hogy az árvizes napok – a megszokottnál korábban jelentkeztek – a hidrológiai év első felébe tolódnak. Az árvizek korábbra tolódó megjelenését, illetve hogy általában egy bizonyos hónapban – az általunk vizsgált két folyón áprilisban – a legnagyobb az árvizes napok gyakorisága *Parajka és munkatársai* (2009) is említik tanulmányukban.

Az éven belüli menetekben detektálható változások közül a továbbiakban a teljes hidrológiai évre meghatározott empirikus eloszlásfüggvények alapján kijelölt alsó decilis értékét el nem érő relatíve alacsony vízállású napok gyakorisági eloszlásait ( $H_{0,1}$ ) elemezzük a 26. ábrán a dunai, s a 27. ábrán a tiszai szelvényekre.

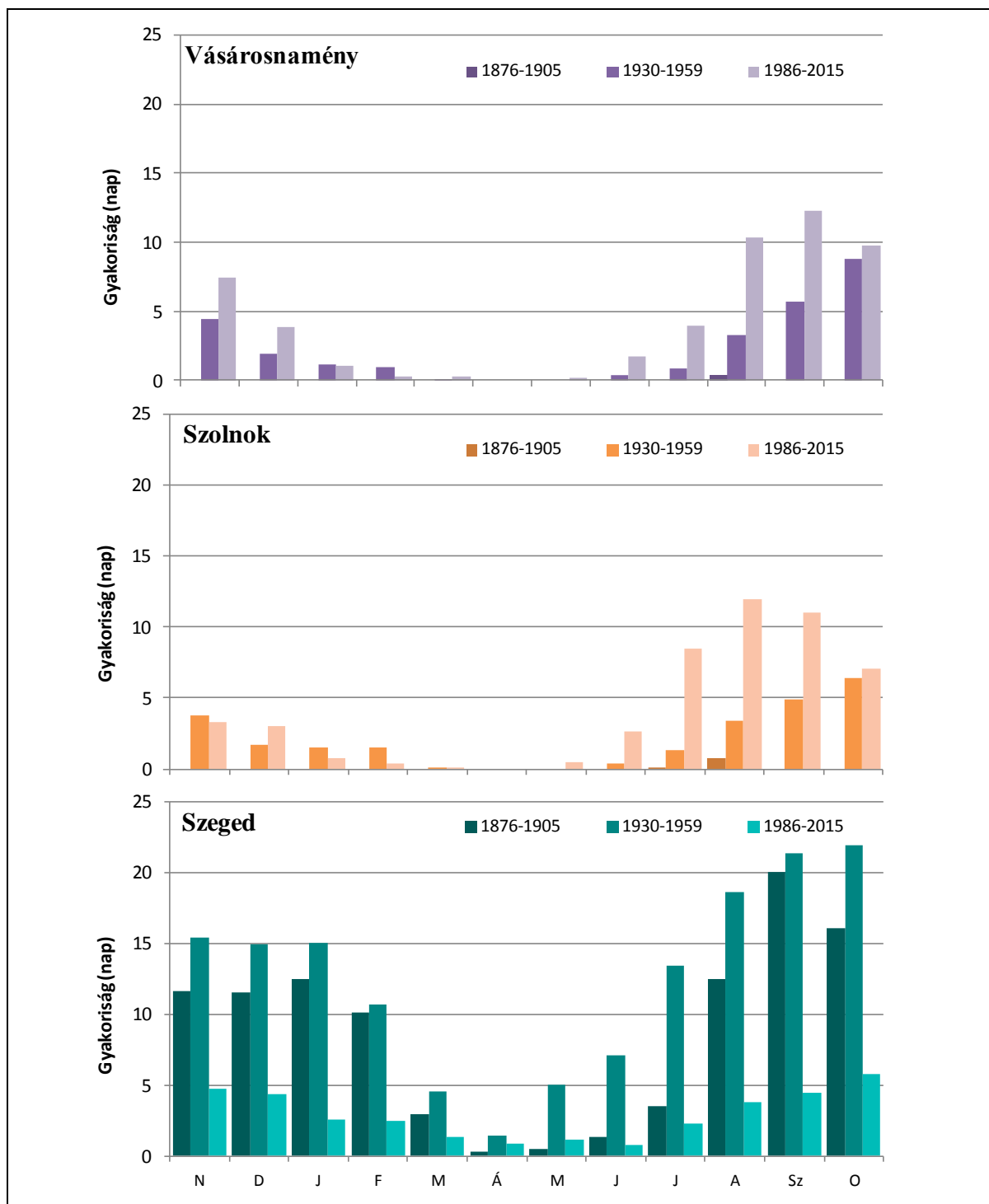
A legkevesebb alacsony vízállású nap mindhárom dunai vízmércén az év közepén, az április-július időszakban jelentkezett (26. ábra). Ez arra utal, hogy a vízállások ebben az időszakban magasabbak. A  $H_{0,1}$  átlagos értékek mindhárom dunai szelvényen november-december folyamán voltak a legnagyobbak. A nagymarosi szelvényen a három vizsgált 30 éves időszak közül csupán az utolsóban detektálhatunk nullától különböző  $H_{0,1}$  értékeket. Budapestenél az 1876–1905 időszakhoz képest 1930–1959 időszakban a hidrológiai év középső részét kivéve csökkent, majd a harmadik vizsgált időszakban (december, január és október kivételével) ismét nőtt a  $H_{0,1}$  index átlagos értéke. Mohácsnál a hidrológiai év első felében és októberben a vizsgált három éghajlati normálidőszakban a  $H_{0,1}$  átlagos értéke egyre csökkent, míg a többi hónapban kissé növekedett.



26. ábra: A dunai szelvényeken a három vizsgált éghajlati normálidőszakban (1876-1905, 1930-1959, 1986-2015) a  $H_{0,1}$  havonkénti értékeinek összehasonlítása.

A tiszai szelvényeken mind a három éghajlati normálidőszakban a  $H_{0,1}$  átlagos értékének csökkenése (27. ábra) a dunai szelvényekhez képest korábban jelentkezik. Tehát azt mondhatjuk, hogy a tiszai szelvényeken korábban detektálhatók magasabb vízállások.

Vásárosnaménynál egyértelműen a  $H_{0,1}$  átlagos értékének növekedése figyelhető meg. Ez a vízállások csökkenésével magyarázható, amit a 6. ábra elemzése során már részleteztünk.



27. ábra: A tiszai szelvényeken a három vizsgált éghajlati normálidőszakban (1876-1905, 1930-1959, 1986-2015) a  $H_{0,1}$  havonkénti értékeinek összehasonlítása.

Vásárosnaménynál és Szolnoknál a tavaszi hónapokban rendkívül kicsi a  $H_{0,1}$  átlagos értéke. A legnagyobb átlagos értékeket 1930–1959 időszakban mindkét szelvényen októberben, míg 1986–2015 időszakban augusztus-szeptemberben detektálhatjuk. A szolnoki szelvényen 1930–1959 időszakra minden hónapban, 1986–2015 időszakra november, február és március kivételével minden hónapban a  $H_{0,1}$  átlagos értékek



növekedése figyelhető meg.

A szegedi szelvényen a kiemelten vizsgált második éghajlati normálidőszakra minden hónapban nőtt a  $H_{0,1}$  átlagos értéke. Ezzel szemben az 1986-2015 utolsó harmincéves időszakra ezen havi átlagértékek jelentős mértékű csökkenése figyelhető meg, tehát átlagosan tekintve magasabb vízállásokat regisztráltak. Ennek okát a 6. ábra elemzésénél részleteztük (a törötkbecsei vízlépcső 1976-os üzembe helyezése). A szelvényen a  $H_{0,1}$  legnagyobb átlagos értéke az első normálidőszakban szeptemberben, míg a másik kettőben októberben jelentkezett.

Legvégül a napi vízállások alapján az egyes hónapokra meghatározott átlagos vízszintek mellett az átlagos maximum és átlagos minimum értékeket elemeztük. Az egyes éghajlati normálidőszakokra vonatkozóan láthatjuk, hogy az éven belüli menetben az alsó decilis alatti vízállású napok havi átlagos gyakoriságából következően a dunai szelvényeken május-június-júliusban magasabbak a származtatott vízállás értékek (28. ábra).

Nagymarosnál mindhárom vizsgált érték minden hónapban jelentősen csökkent az utolsó három évtizedre. A legmagasabb értékek mindhárom változó esetén májusban és júniusban, míg a legalacsonyabbak novemberben és októberben jelentkeztek.

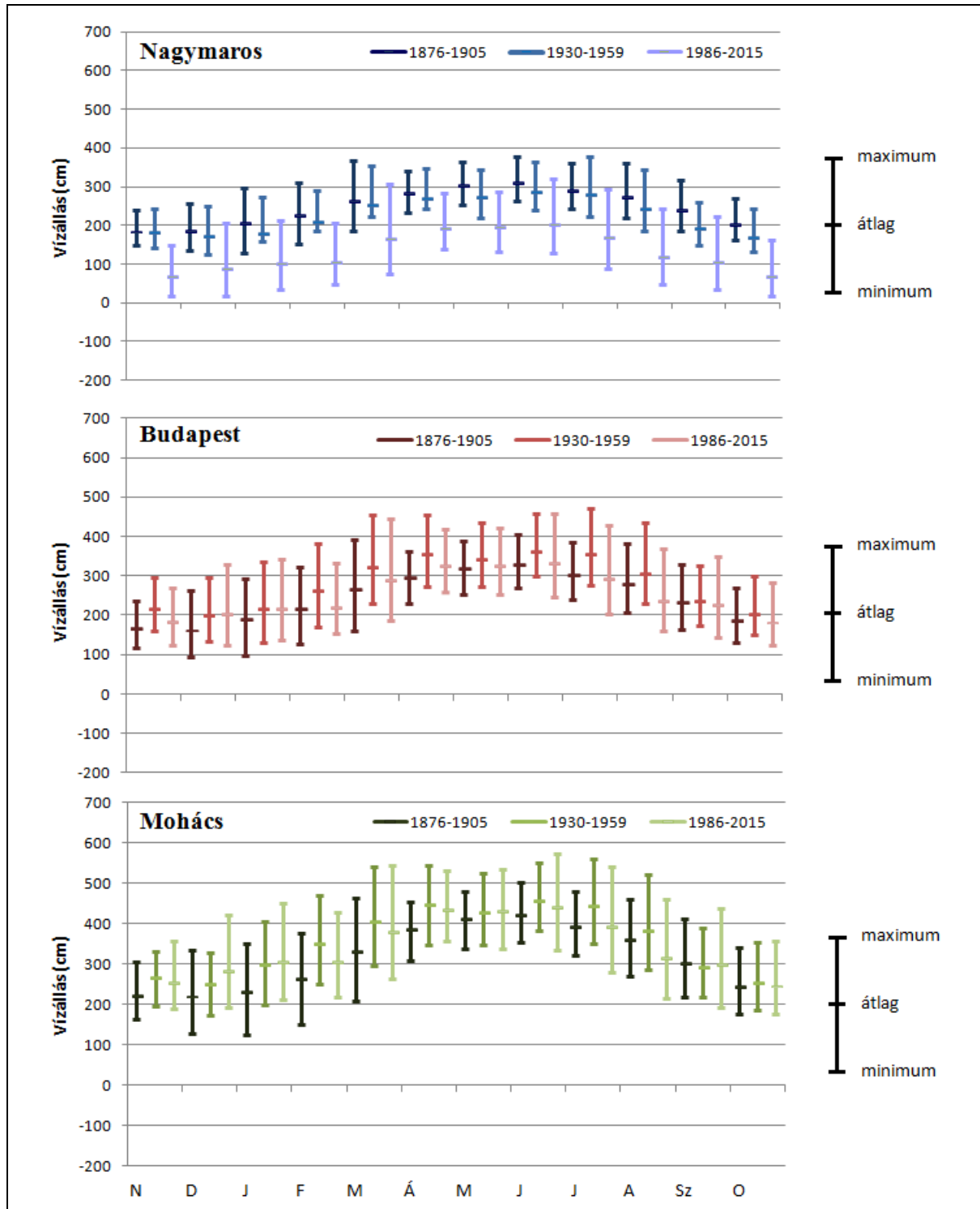
Budapestnél és Mohácsnál mindhárom vizsgált karakterisztikus érték az 1876–1905 időszakhoz képest 1930–1959 időszakra egyértelműen emelkedett, azonban a harmadik éghajlati normál időszakra kisebb mértékben csökkent. Mindkét szelvényen a legmagasabb értékek mindhárom változó tekintetében májusban és júniusban, a legalacsonyabbak pedig decemberben és januárban figyelhetők meg.

Ahogy a havonkénti  $H_{0,1}$  értékek időbeli változásának leírása során láthattuk, a Tiszán a magasabb vízállások korábban jelentkeznek. Ez jól látszik a 29. ábrán is, mely az egyes éghajlati normálidőszakban a havonkénti maximum, átlagos és minimum vízállások értékében bekövetkezett változásokat szemlélteti.

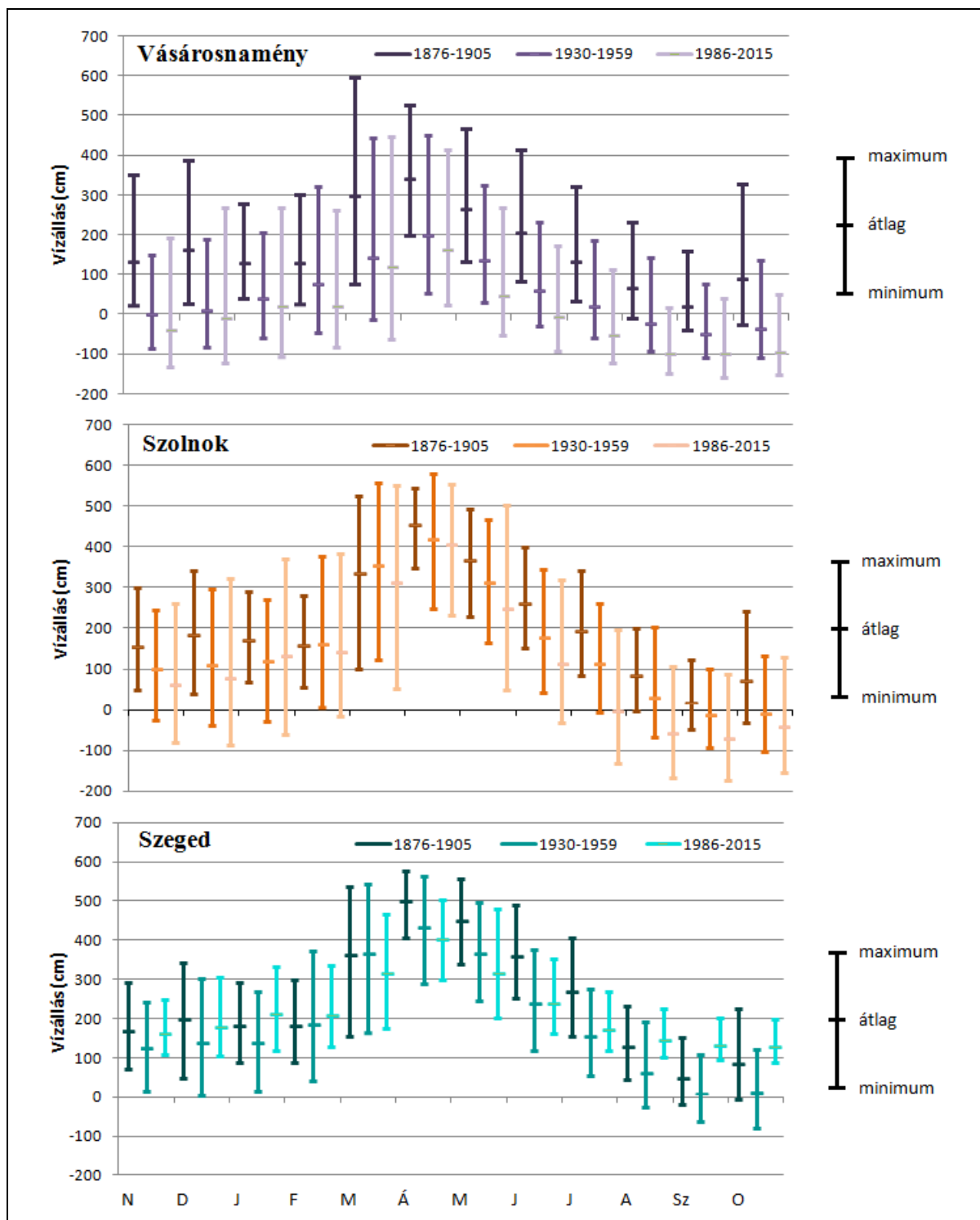
Vásárosnaménynál a vizsgált szélsőértékek és a havi átlagos vízállás értékek is jellemzően csökkentek – kivéve november, december és január esetén, amikor 1986–2015 időszakra az 1930–1959 időszakban tapasztaltakhoz képest az átlagos maximum növekedése figyelhető meg. Szolnoknál szintén összességében a bemutatott szélsőértékek és az átlagok csökkenése rajzolódik ki, kivéve januártól márciusig, amikor valószínűsíthetően a korai hóolvadás miatt jelentkeznek hamarabb magasabb vízállások. Ez a jelenség kisebb mértékben Szegednél is megfigyelhető.

A tiszai szelvényeken a legmagasabb értékeket áprilisban, a legalacsonyabbakat pedig

októberben detektálták. Kovács (2009), valamint Konecsny és Nagy (2014) is megemlíti, hogy a nagyvizek az év első felében, a kisvizek pedig jórészt az év második felében fordulnak elő a Tiszán.



28. ábra: A dunai szelvényeken a három vizsgált éghajlati normálidőszakban (1876-1905, 1930-1959, 1986-2015) a napi vízállások havonkénti átlagos maximumának, átlagának és átlagos minimumának összehasonlítása.



29. ábra: A tiszai szelvényeken a három vizsgált éghajlati normálidőszakban (1876-1905, 1930-1959, 1986-2015) a napi vízállások havonkénti átlagos maximumának, átlagának és átlagos minimumának összehasonlítása.

## 5. Összefoglalás

A Duna és a Tisza hazánk két meghatározó folyója, egyben nélkülözhetetlen ivóvízbázis, továbbá jelentős vízi út. A környezeti, gazdasági hatások minél pontosabb elemzéséhez kiemelten fontos mindkét folyó átfogó hidroklimatológiai vizsgálata. A hidrológiai jellemzés történhet vízhozam és/vagy vízállás adatok felhasználásával. Mivel a két változó nyilvánvalóan összefügg egymással, ezért a rendelkezésre álló adatbázist figyelembe véve az utóbbira fókuszáltunk e dolgozatban.

Az OVSZ honlapjáról [6 - <http://www.hydroinfo.hu>] letöltött, 1876–2016 időszakra hat szelvény vízállás idősorán FORTRAN77 nyelven megírt saját programok segítségével részletes statisztikai elemzést végeztünk. Az adatsorokat hidrológiai évekbe<sup>3</sup> rendeztük, kiszámítottuk többek között a havi és éves átlagok, valamint a maximumok és minimumok 140 évet felölelő idősorát. Meghatároztuk az egyes szelvényekre vonatkozó empirikus eloszlásfüggvényeket, kiszámítottuk az 1981–2010 referencia-időszak alsó és felső deciliseit. Vizsgáltuk továbbá különféle küszöbértékek (alsó, felső decilis; I., II., III. fokú árvízkezülségi szint) meghaladási valószínűségét. Végül az egyes adatsorok időbeli változásának elemzését is elvégeztük a teljes 140 éves időszakon belül három éghajlati normálidőszakot (1876–1905-t a legelejéről, 1930–1959-t a közepéről, s 1986–2015-t a legvégéről) kijelölve.

A dolgozatban részletesen bemutatott vizsgálataink alapján az alábbi legfontosabb következtetéseket vonhatjuk le:

- A vizsgált teljes időszakban Budapestnél és Mohácsnál az éves átlagos vízállás idősorok ( $H_{\text{átlag}}$ ) szignifikáns növekedése; Nagymarosnál, Vásárosnaménynál és Szolnoknál szignifikáns csökkenése detektálható. Szegedre nem mutatható ki szignifikáns változás az évi átlagok idősorában. A havonkénti átlagok idősoraira illesztett lineáris trendegyütthatók Budapestnél és Mohácsnál minden hónapban növekedést, a többi szelvényen pedig általában csökkenést mutattak.
- A  $H_{\text{max}}$  vízállások idősora alapján Budapestnél, Mohácsnál és Szolnoknál szignifikánsan növekvő tendencia figyelhető meg. A  $H_{\text{min}}$  értékei Nagymarosnál, Vásárosnaménynál és Szolnoknál szignifikánsan csökkentek, míg Budapestnél, Mohácsnál és Szegednél szignifikánsan nőttek. A havonkénti minimumok és maximumok idősoraira illesztett lineáris trendegyütthatók az év nagy részében Mohácsnál mutatták a legnagyobb mértékű növekedést. Az illesztett lineáris trendegyütthatók legnagyobb mértékű

---

<sup>3</sup> Hidrológiai év: Az adott év novemberétől a következő év októberéig tart.

csökkenése a havonkénti maximumoknál (január és február kivételével) Vásárosnaménynál, a havonkénti minimumoknál a téli félévben Vásárosnaménynál, a nyári félévben Szolnoknál detektálható. A dunai szelvényeken a legmagasabb átlagos, maximum és minimum vízállás értékek április-július hónapokban, míg a tiszai szelvényen áprilisban és májusban jelentkeztek. A legalacsonyabb átlagos, maximum és minimum vízállás értékek a dunai szelvényen decemberben-januárban fordultak elő, ami alapvetően a csapadék éves menetét tükrözi. A tiszai szelvényeken ez valamelyest módosul: a legalacsonyabb értékek augusztus-október hónapokban, a legmagasabbak pedig április-májusban figyelhetők meg.

- Az  $H_I$  értékek Vásárosnaménynál szignifikánsan csökkentek, míg Budapestnél, Mohácsnál és Szolnoknál szignifikánsan nőttek. A  $H_{II}$  értékei Vásárosnaménynál szintén szignifikánsan csökkentek, Budapestnél és Szolnoknál ezek is szignifikánsan nőttek. A  $H_{III}$  idősorát tekintve Vásárosnaménynál szignifikánsan csökkenő, Nagymarosnál és Szolnoknál viszont szignifikánsan növekvő tendencia detektálható. A legtöbb árvizes nap mind a hat vizsgált szelvényen áprilisban jelentkezett, ami az olvadáshoz kapcsolódó lefolyás és a növekedő csapadékmennyiségek együttes hatását jelzi.
- A  $H_{0,1}$  értékek Nagymarosnál, Vásárosnaménynál és Szolnoknál szignifikánsan növekvő, míg Budapestnél, Mohácsnál és Szegednél szignifikáns csökkenő tendenciát mutattak. A havonkénti  $H_{0,1}$  idősoraira illesztett lineáris trendegyütthatók a téli félévben Nagymarosnál, a nyári félévben Szolnoknál nőttek legerőteljesebben. A legnagyobb csökkenés a téli félévben Mohácsnál, a nyári félévben pedig Szegednél jelentkezett. A  $t_{0,1}$  értéke a nagymarosi, vásárosnaményi és szegedi szelvényeken szignifikánsan csökkent, Mohácsnál pedig szignifikánsan nőtt. Ezzel párhuzamosan Nagymarosnál, Vásárosnaménynál és Szolnoknál a  $t_{0,9}$  értékek szignifikáns növekedése, míg Budapestnél, Mohácsnál és Szegednél szignifikáns csökkenése detektálható.
- A kiválasztott szelvények vízállás idősorára három éghajlati normálidőszakban meghatároztuk az empirikus eloszlásfüggvényeket. Általában az eloszlásfüggvények kisebb vízállások irányába tolódása és kiszélesedése figyelhető meg, tehát a vízállásértékek szélsőségesebbek lettek.

A fentieket összegezve elmondhatjuk, hogy egyrészt Budapestnél és Mohácsnál a vízállások növekedése, a tiszai szelvényeken és Nagymarosnál a vízállások csökkenése detektálható, másrészt a szélsőséges vízállások gyakorisága mind a hat szelvényen nőtt.

További céljaink között szerepel a Duna és a Tisza vízállás idősorainak és e két folyó vízgyűjtő területén jelentkező csapadék idősoroknak az összevetése, továbbá a vizsgált két folyó vízállásainak a valószínűsíthető jövőbeli éghajlati változások figyelembe vételével történő becslése hosszabb időskálán.

## **Köszönetnyilvánítás**

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, Dr Pongrácz Ritának a szükséges adatok eléréséhez nyújtott segítségéért, a lelkiismeretes, türelmes, segítőkész és nem utolsósorban hozzáértő témavezetésért, kérdéseimre adott gyors válaszaiért és lelkesítéséért. Továbbá köszönetemet fejezem ki Dr. Breuer Hajnalkának a programozás során fellépő nehézségek megoldásában nyújtott segítségéért. Ezen kívül köszönöm családomnak, hogy a dolgozat megírása alatt végig lelkesítettek és támogattak.

Kutatásokat támogatta az Agrárklíma2 projekt (VKSZ\_12-1-2013-0034), az OTKA K-120605 számú projektje, valamint az AgroMo kutatási program (GINOP-2.3.2-15-2016-00028).

# Irodalomjegyzék

- Barcza Z., Bartholy J., Mészáros R., Pongrácz R., Radics K., 2011: Várható globális tendenciák. In: Klímaváltozás – 2011 (szerk.: Bartholy J., Bozó L., Haszpra L.). Magyar Tudományos Akadémia és az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszék, Budapest, pp. 100-144.
- Bartholy J., Pongrácz R., Kis A., 2015: Projected changes of extreme precipitation using multi-model approach. Időjárás, 119, pp. 129-142.
- Bárdossy A., Molnár Z., 2002: Nagymaros vízmércéje vízállás és vízhozam idősorainak statisztikai vizsgálata. Hidrológiai közlöny, 82(6), pp. 333-337.
- Bezdán M., 2011: A vízlépcsők hatása a Tisza vízjárására. Hidrológiai közlöny 91(2), pp. 18-21.
- Dévényi D., Gulyás D., 1988: Matematikai statisztikai módszerek a meteorológiában. Tankönyvkiadó, Budapest, 443p.
- Fejes I., M. Tóth T., Farsang A., Muladi B., 2014: A Tisza és a talajvízjárás hosszú távú kapcsolatrendszere Szegeden. Földtani Közönlöny, 144(3), pp. 275–286.
- Hasenbichler H-P., 2013: A dunai hajózás kézikönyve. Rádiós Segélyhívó és Infokommunikációs Országos Egyesület, Budapest, 208p.
- IPCC, 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (szerk.: Field C.B., Barros V., Stocker T.F., Qin D., Dokken D.J., Ebi K.L., Mastrandrea M.D., Mach K.J., Plattner G.-K., Allen S.K., Tignor M., Midgley P.M. ). Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582p.
- Kavrán V., 2009: Duna hajózhatóságának javítását célzó beruházások várható ökológiai hatásai. Szekció-tech, Budapest. 24p.  
(letölthető: [http://wwf.hu/media/file/1271767751\\_Dunahajo\\_Okologia\\_iHatasok.pdf](http://wwf.hu/media/file/1271767751_Dunahajo_Okologia_iHatasok.pdf) )
- Károlyi Z., Károlyi Zs., Vázsonyi Á., 1973: A magyar vízszabályozás története. Országos Vízügyi Hivatal, Budapest, 398p.
- Király Zs., Nemes G., 1975: A Közép-Tiszavidék vízügyi múltja II. Vízügyi Dokumentációs és Tájékoztató Iroda, Budapest, 134p.
- Konecsny K., 2014: A vízjárás szélsőségeinek néhány jellemzője a Duna magyarországi szakaszán. A Magyar Hidrológiai Társaság által rendezett 32. Országos Vándorgyűlés dolgozatai, 16p.  
(letölthető: [http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/32/dolgozatok/word/1110\\_konecsny\\_karoly.pdf](http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/32/dolgozatok/word/1110_konecsny_karoly.pdf) )
- Konecsny K., Nagy Z., 2014: Similarities and differences of the hydrological extremes on the Duna/Danube and Tisza/Tisa rivers (1921-2012). In: „Air and Water Components of the Environment” (szerk.: Serban G. et al.), Cluj-Napoca: Presa Universitara Clujeana / Kolozsvári Egyetemi Kiadó, pp. 134-141.  
(letölthető: <http://aerapa.conference.ubbcluj.ro/2014/PDF/18-Konecsny-Nagy.pdf> )
- Kovács D és munkatársai, 1979: Árvízvédelem, folyó- és tószabályozás, víziutak Magyarországon. Országos Vízügyi Hivatal, Budapest, 734p.
- Kovács P., 2009: Vízjárástípusok és a vízjárás stabilitása a Duna vízgyűjtőterületén. Doktori értekezés, témavezető: Nováky Béla, ELTE, Budapest, 143p.
- Kovács S., Lovas A., Gombás K., 2016: Magyarország árvízvédelme az integrált vízgazdálkodásban a Tisza folyó példáján. Hidrológiai közlöny, 96(4), pp. 6-19.
- Lakatos M., Bihari Z., 2011: A közelmúlt megfigyelt hőmérsékleti- és csapadéktendenciái. In: Klímaváltozás – 2011 (szerk.: Bartholy J., Bozó L., Haszpra L.). Magyar Tudományos Akadémia és az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszék, Budapest, pp. 145-159.
- Lendér H. B., 2016: A klímaváltozás várható hatásai a vízgazdálkodás területén. A Magyar Hidrológiai Társaság által rendezett 34. Országos Vándorgyűlés dolgozatai, 20p.  
(letölthető: [http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/34/dolgozatok/word/0320\\_lender\\_henrik.pdf](http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/34/dolgozatok/word/0320_lender_henrik.pdf) )
- Mecsi J., 2007: A Duna vízszintjének és a környező területek talajvízszintjeinek kapcsolata. In: Mérnökgeológia-Közetmechanika (szerk.: Török Á., Vásárhelyi B.), Műegyetemi Kiadó, Budapest, pp. 153-160.



- Nagy-Kovács Zs., Takácsné György K., 2016: A Duna vízszint-változásainak vizsgálata Nagymaros és Budapest vonatkozásában. In: Proceedings of 8th International Engineering Symposium at Bánki (ISBN: 978-615-5460-95-1), Paper 30, 8p.  
(letölthető: <http://bgk.uni-obuda.hu/iesb/2016/publication/30.pdf> )
- Parajka J., Kohnová S., Merz R., Szolgay J., Hilavcová K., Blöschl G., 2009: Comparative analysis of the seasonality of hydrological characteristics in Slovakia and Austria. *Hydrological Sciences Journal*, 54(3), pp. 456-473.
- Pekarova P., Halmová D., Miklanek P., Onderka M., Pekar J., Skoda P., 2008a: Is the Water Temperature of the Danube River at Bratislava, Slovakia, Rising? *Journal of Hydrometeorology*, 9, pp. 1115-1122.
- Pekarova P., Skoda P., Miklanek P., Halmova D., Pekar J. 2008b: Detection of changes in flow variability of the upper Danube between 1876–2006. In: XXIVth Conference of the Danubian Countries, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 4. Paper 012028, doi:10.1088/1755-1307/4/1/012028, 10p.
- Pongrácz R., Bartholy J., Bartha E.B., 2013: Analysis of projected changes in the occurrence of heat waves in Hungary. *Advances in Geosciences*, 35, pp. 115-122.
- Pongrácz R., Bartholy J., Kis A., 2014: Estimation of future precipitation conditions for Hungary with special focus on dry periods. *Időjárás*, 118, pp. 305-321.
- Pongrácz R., Bartholy J., Miklós E., 2011: Analysis of projected climate change for Hungary using ENSEMBLES simulations. *Applied Ecology and Environmental Research*, 9, pp. 387-398.
- Sábitz J., Pongrácz R., Bartholy J., 2014: Estimated changes of drought tendency in the Carpathian Basin. *Hungarian Geographical Bulletin*, 63, pp. 365–378.
- Somlyódy L., Nováky B., Simonffy Z. 2010: Éghajlatváltozás, szélsőségek és vízgazdálkodás. "KLÍMA-21" Füzetek, 61., pp.15-32.
- Szabó N., 1912: A budapest-bajai Dunaszakaszból szabályozása. *Vízügyi közlemények*, 2(6), pp 191-198
- Szolgovyova E., Parajka J., Blöschl G., Bucher C., 2014: Long term variability of the Danube River flow and its relation to precipitation and air temperature. *Journal of Hydrology*, 519, pp.871–880.

## Internetes források

- [6 - <http://www.hydroinfo.hu> ]  
<http://www.hydroinfo.hu/archivum.html>
- [7 - <http://magyarország.terkepek.net>]  
<http://magyarország.terkepek.net/folyok.html>
- [2 - <http://www.terport.hu> ]  
<http://www.terport.hu/kiemelt-tersegek/duna-mente/mit-teszunk-vizeink-megorzeseert-keszulnek-vizgyujto-gazdalkodasi-tervei>
- [4 - <http://www.vcsn.hu> ]  
<http://www.vcsn.hu/szolgalatas.php#ivoviz>
- [1 - [www.vizugy.hu](http://www.vizugy.hu)]  
<https://www.vizugy.hu/index.php?module=content&programelemid=40>  
<https://www.vizugy.hu/print.php?webdokumentumid=33>
- [3 - [vizmuvek.hu](http://vizmuvek.hu)]  
<http://vizmuvek.hu/hu/fovarosi-vizmuvek/tarsasagi-informaciok/vizellatas/vizellatas>
- [5 - <http://wwf.hu>]  
<http://wwf.hu/archivum/2010ev/1/kevesebb-viz-lesz-a-dunaban-50-ev-mulva>
- [8 - <http://www2.ativizig.hu> ]  
<http://www2.ativizig.hu/karelhx/arviz.aspx>

# Függelék

## **A függelékben található ábrák jegyzéke:**

F.1. ábra: A Nagymarosnál található szelvényen vizsgált három éghajlati normál időszakban, januárra, áprilisa, júliusra és októberre meghatározott empirikus eloszlásfüggvények összehasonlítása.

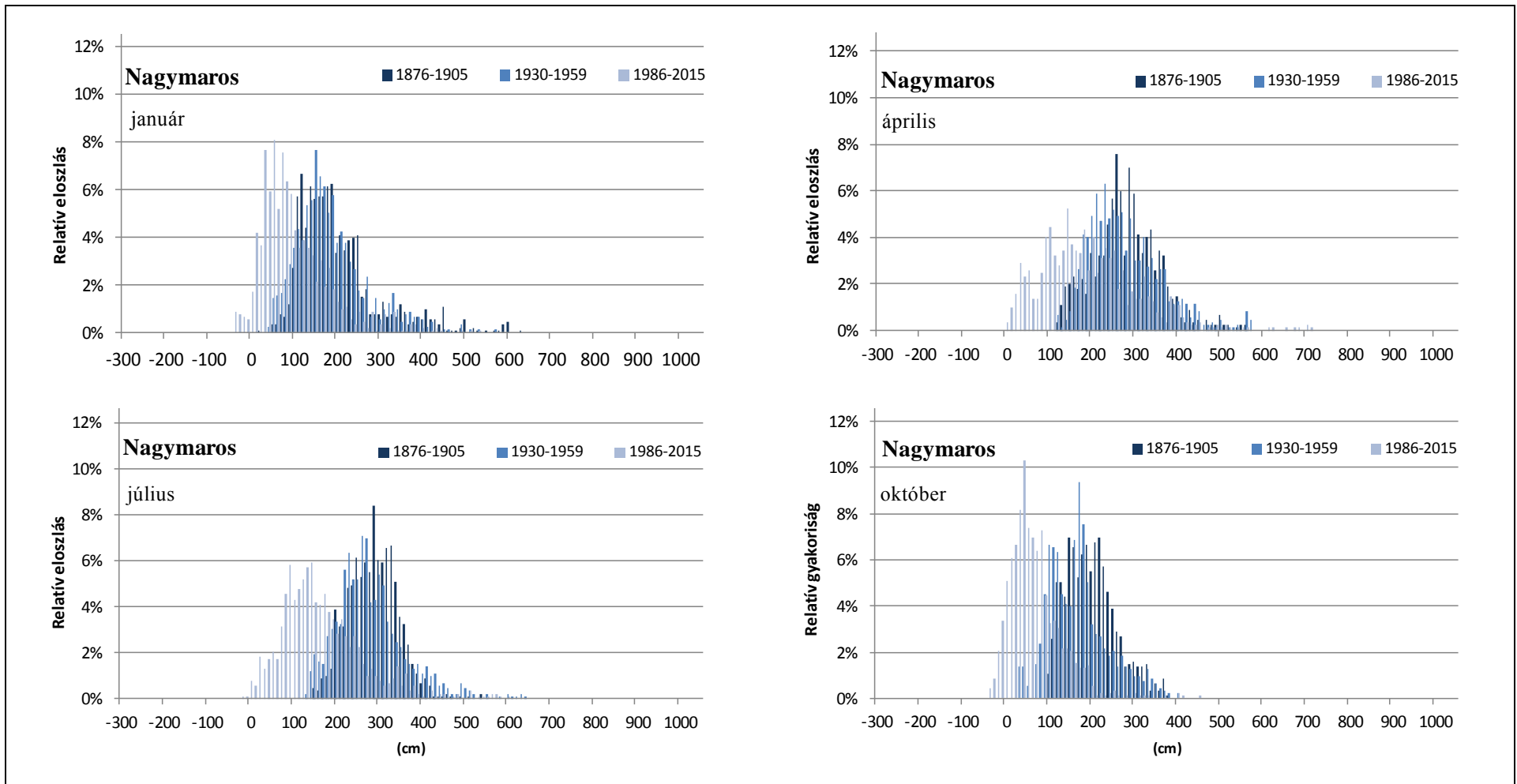
F.2. ábra: A Budapestnél található szelvényen vizsgált három éghajlati normál időszakban, januárra, áprilisa, júliusra és októberre meghatározott empirikus eloszlásfüggvények összehasonlítása.

F.3. ábra: A Mohácsnál található szelvényen vizsgált három éghajlati normál időszakban, januárra, áprilisa, júliusra és októberre meghatározott empirikus eloszlásfüggvények összehasonlítása.

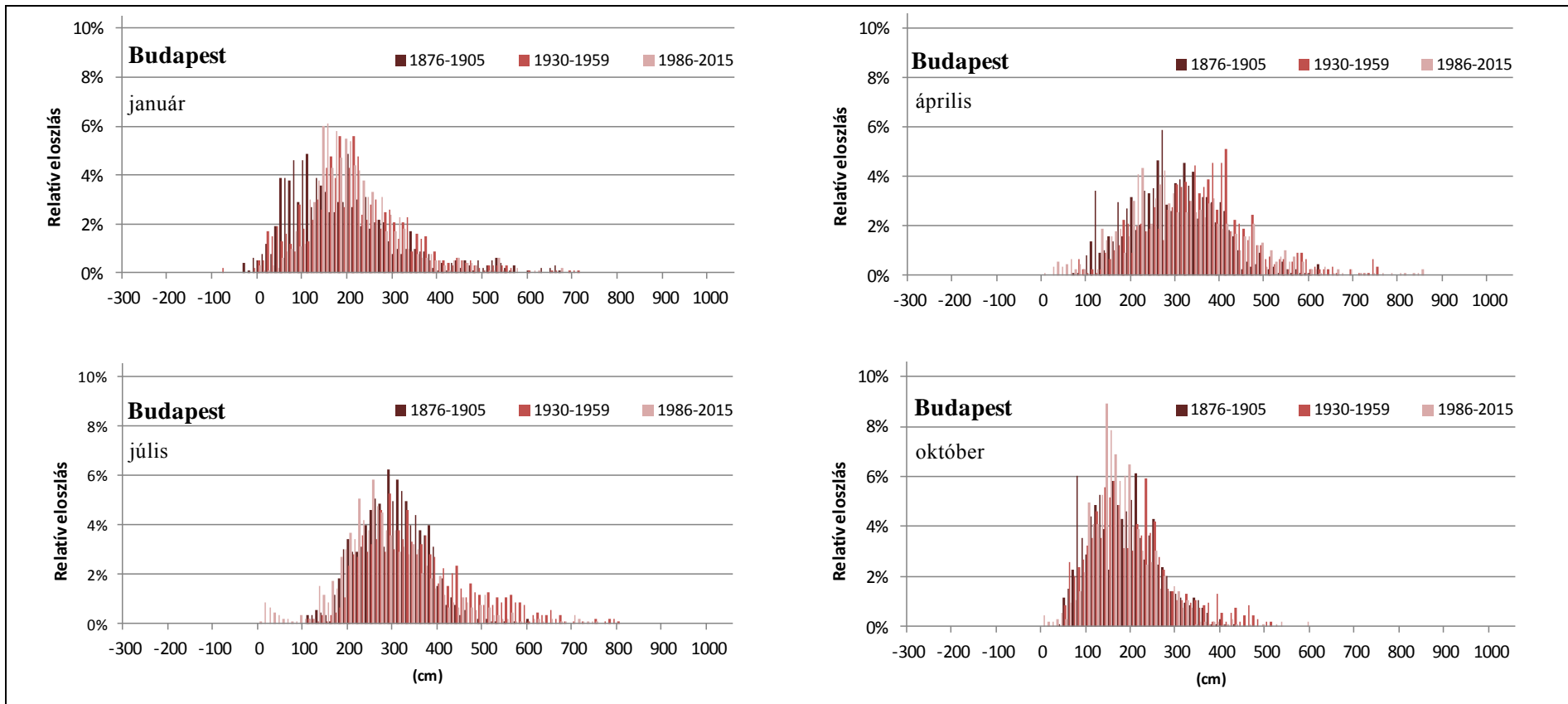
F.4. ábra: A Vásárosnaménynál található szelvényen vizsgált három éghajlati normál időszakban, januárra, áprilisa, júliusra és októberre meghatározott empirikus eloszlásfüggvények összehasonlítása.

F.5. ábra: A Szolnoknál található szelvényen vizsgált három éghajlati normál időszakban, januárra, áprilisa, júliusra és októberre meghatározott empirikus eloszlásfüggvények összehasonlítása.

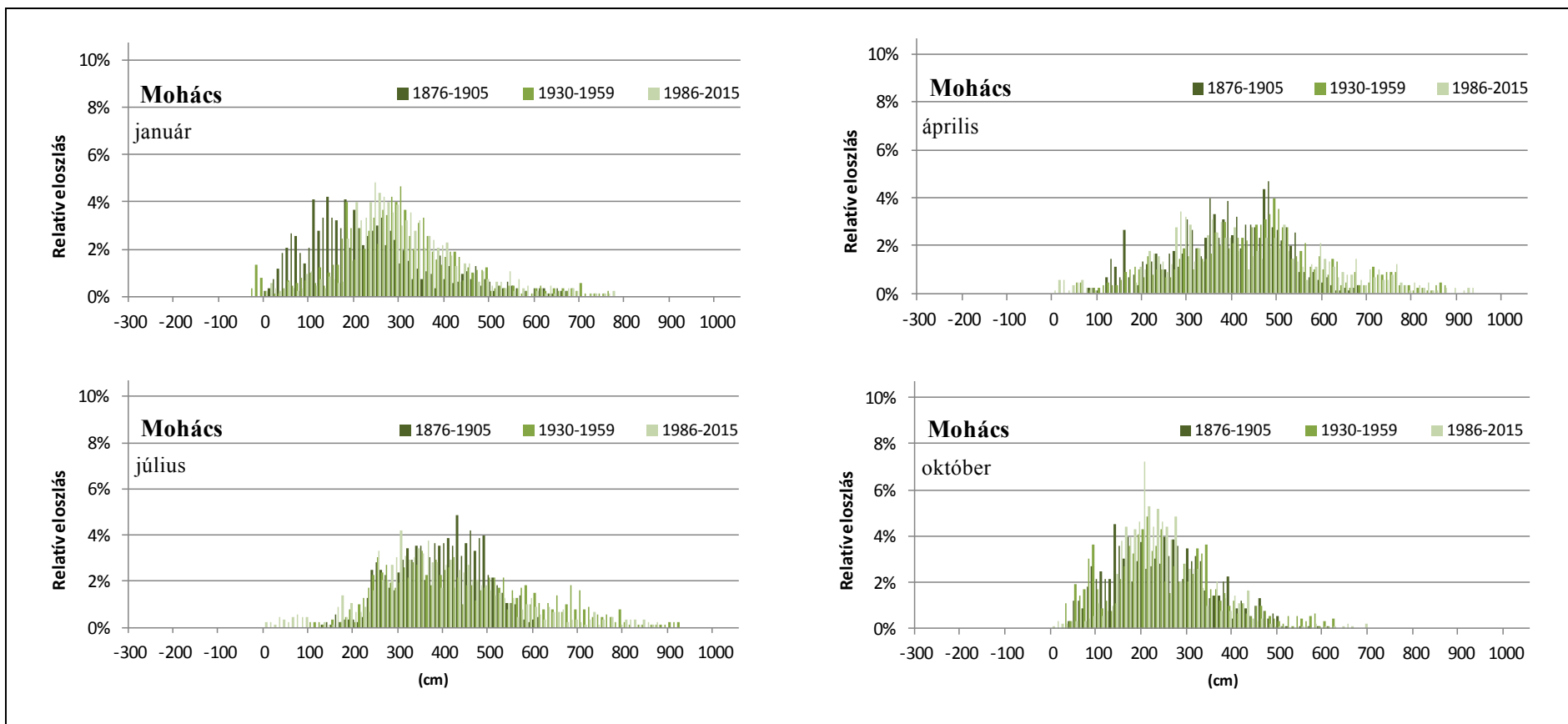
F.6. ábra: A Szegednél található szelvényen vizsgált három éghajlati normál időszakban, januárra, áprilisa, júliusra és októberre meghatározott empirikus eloszlásfüggvények összehasonlítása.



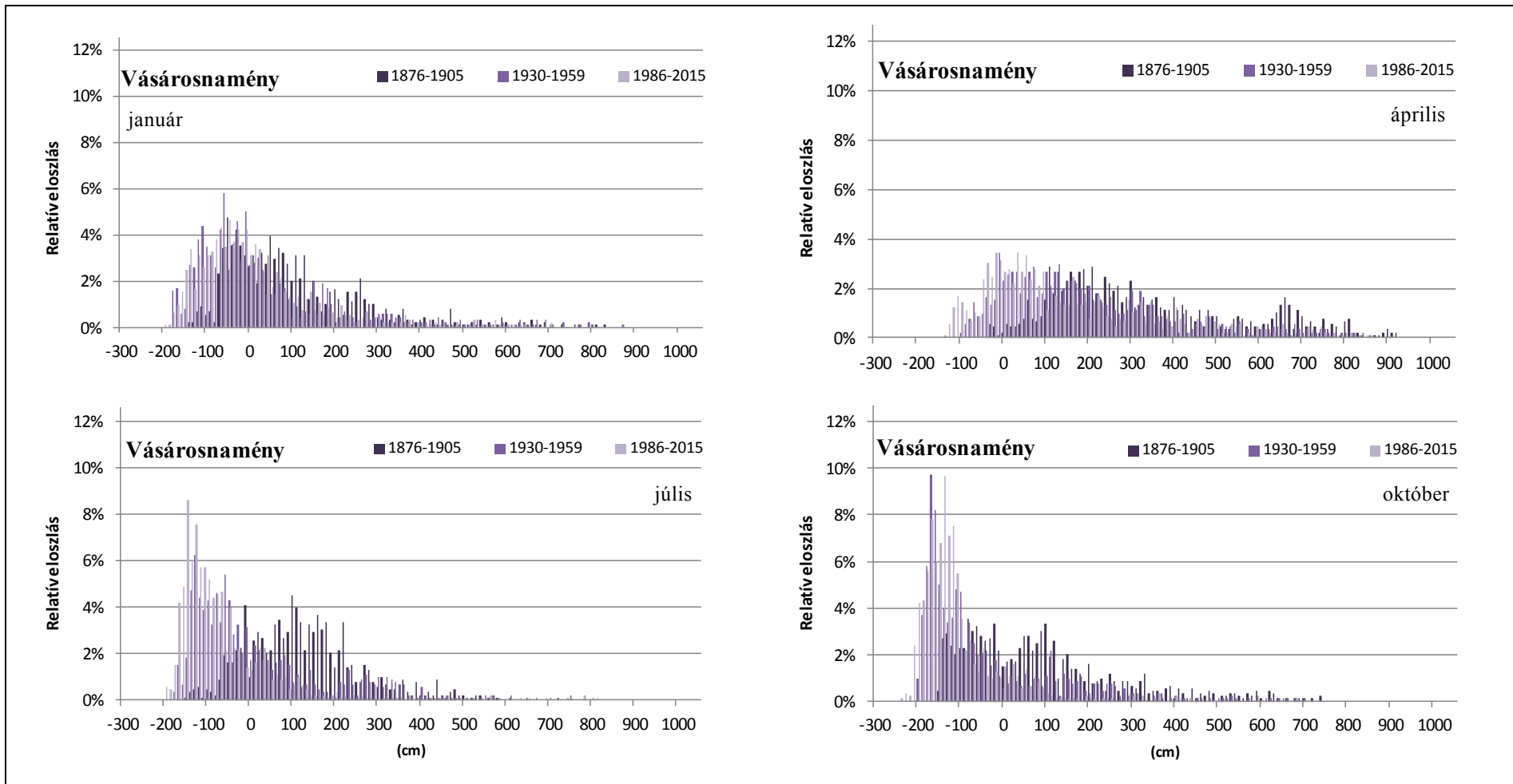
F.1. ábra: A Nagymarosnál található szelvényen vizsgált három éghajlati normál időszakban, januárra, áprilisa, júliusra és októberre meghatározott empirikus eloszlásfüggvények összehasonlítása.



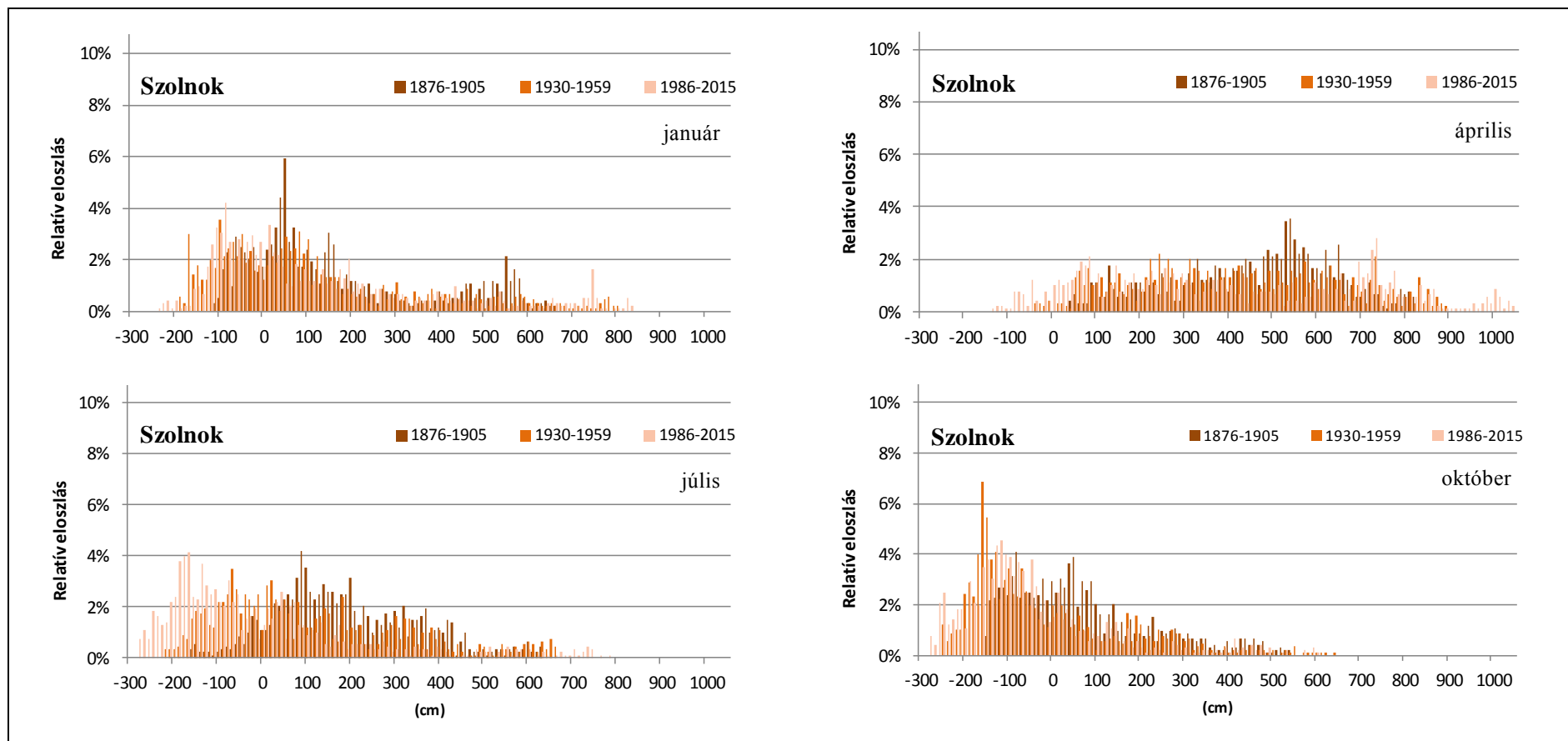
F.2. ábra: A Budapestenél található szelvényen vizsgált három éghajlati normál időszakban, január, áprilisra, júliusra és októberre meghatározott empirikus eloszlásfüggvények összehasonlítása.



F.3. ábra: A Mohácsnál található szelvényen vizsgált három éghajlati normál időszakban, január, április, júliusra és októberre meghatározott empirikus eloszlásfüggvények összehasonlítása.

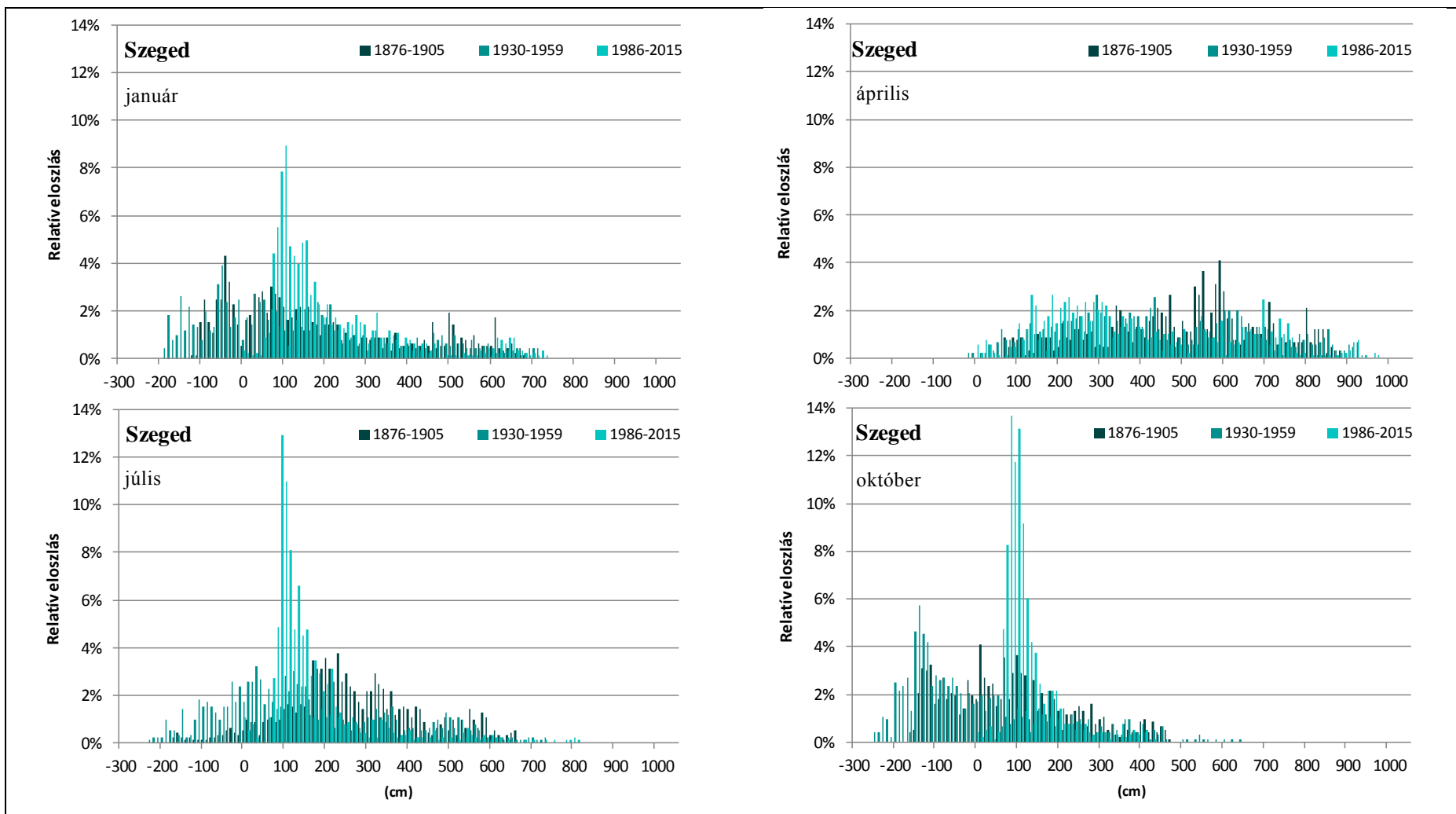


**F.4. ábra: A Vásárosnaménynál található szelvényen vizsgált három éghajlati normál időszakban, januárra, áprilisa, júliusra és októberre meghatározott empirikus eloszlásfüggvények összehasonlítása.**



F.5. ábra: A Szolnoknál található szelvényen vizsgált három éghajlati normál időszakban, január, április, július és októberre meghatározott empirikus eloszlásfüggvények összehasonlítása.





F.6. ábra: A Szegednél található szelvényen vizsgált három éghajlati normál időszakban, január, április, júliusra és októberre meghatározott empirikus eloszlásfüggvények összehasonlítása.