

**Földtudományok Doktori Iskola**  
**Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék**  
**SZTE TTIK**

**A szabályozott Tisza vízjárása tulajdonságai  
a Tiszafüred alatti folyószakaszokon**

**Ph.D. értekezés**

**Bezdán Mária**

**Témavezető:**

**Dr. Zsuffa István (1933–2004), egyetemi tanár, BME**

**és**

**Dr. Rakonczai János, egyetemi docens, SZTE**

**2011.**

# TARTALOMJEGYZÉK

---

|                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. BEVEZETÉS, PROBLÉMAFELVETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK.....                                                                                   | 3   |
| 2. KUTATÁSTÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS.....                                                                                                   | 7   |
| 2.1. A TISZA KÖRNYEZETÉNEK FELSZÍNFEJLŐDÉSE.....                                                                                      | 7   |
| 2.2. A KÖZÉP- ÉS ALSÓ-TISZA VIDÉK VÍZSZABÁLYOZÁSA .....                                                                               | 11  |
| 2.3. A VÍZJÁRÁS VÁLTOZÁSOK A SZABÁLYOZÁST KÖVETŐEN.....                                                                               | 18  |
| 2.4. A TISZAFÜRED ALATTI FOLYÓSZAKASZ TULAJDONSÁGAI, AZOK FÖLDRAJZI HÁTTERE ÉS<br>HIDROLÓGIAI ÉRTÉKELÉSE IRODALMI ADATOK ALAPJÁN..... | 25  |
| 2.5. A DUZZASZTÓMŰVEKRŐL .....                                                                                                        | 30  |
| 3. A KUTATÁS ALAPADATAI ÉS A FELDOLGOZÁS MÓDJA.....                                                                                   | 33  |
| 4. A DUNA, A MELLÉKFOLYÓK ÉS A DUZZASZTÓMŰVEK VÍZJÁRÁSRA GYAKOROLT<br>HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA.....                                       | 36  |
| 4.1. A HÁRMAS-KÖRÖS VÍZJÁRÁSÁNAK HATÁSA A TISZA KISVÍZI VÍZÁLLÁSAINAK LESÜLLYEDÉSÉRE<br>.....                                         | 36  |
| 4.2. A TALAJVÍZ KIS- ÉS NAGYVÍZI SZINTJEINEK VÁLTOZÁSAI .....                                                                         | 41  |
| 4.3. A VÍZSZÍN-ESÉSEK VIZSGÁLATA A KÖZÉP- ÉS ALSÓ-TISZÁN.....                                                                         | 45  |
| 4.4. A „MEDENCE JELLEG” MEGNYILVÁNULÁSA A TISZA VÍZJÁRÁSÁBAN .....                                                                    | 66  |
| 4.5. A FORDÍTOTT ÁRVÍZI HUOKGÖRBE KIALAKULÁSÁNAK SZÜKSÉGES FELTÉTELEI .....                                                           | 70  |
| 4.6. AZ ÁRHULLÁMOK DUZZASZTÁSÁNAK STATISZTIKAI VIZSGÁLATA .....                                                                       | 73  |
| 4.7. A VÍZÁLLÁS-TETŐZÉSEK TÍPUSAINAK STATISZTIKAI VIZSGÁLATA .....                                                                    | 77  |
| 4.8. AZ ÁRHULLÁMOK BEFEJEZŐDÉSÉNEK STATISZTIKAI VIZSGÁLATA .....                                                                      | 79  |
| 4.9. A DUZZASZTÓMŰVEK HATÁSA A VÍZJÁRÁSRA.....                                                                                        | 81  |
| 4.10. A MESTERSÉGES DUZZASZTÁS HATÁSA A MÉRCEKAPCSOLAT- TÖRTÉNETI VONALAKRA .....                                                     | 93  |
| 5. AZ EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA.....                                                                                                  | 96  |
| 6. IRODALOMJEGYZÉK.....                                                                                                               | 100 |
| 7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS .....                                                                                                          | 115 |
| 9. SUMMARY .....                                                                                                                      | 117 |

## 1. BEVEZETÉS, PROBLÉMAFELVETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

---

A Tisza Magyarország második legnagyobb folyója. A XIX. század első felében nyílt meg a lehetősége a Tisza és vízrendszere szabályozásának, amely munkálatok még a XX. századba is áthúzódtak. Az elvégzett munkálatok lényege az árvízvédelmi töltésrendszer megépítése, ezzel párhuzamosan az elfajult folyókanyarulatok átvágása: a főfolyó valamint a mellékfolyók alsó szakasza hosszának megrövidítése volt. A Vásárhelyi Pál által tervezett, és Herrich Károly vezetésével végrehajtott szabályozás átrendezte a Tisza és mellékfolyói lefolyási viszonyait is, jelentősen megemelte (3–4 m-rel) árvizeinek, és ugyanakkor jelentősen lesüllyedtek (2–3 m-rel) a kisvizeinek szintjei. A szabályozás továbbá 1,6:1 arányban megrövidítette a folyó hosszát, és ugyanebben az arányban megnövelte a Tisza medrének átlagos lejtését, ezzel  $\sqrt{1,6} = 1,26$ -szorosára emelte a folyó középvízi átlagsebességét. Ugyancsak megváltoztatta a főfolyó és a mellékfolyók egymásra hatásának időbeliségét és mértékét (Vágás 2007).

A beavatkozással olyan hidrológiai folyamatokat indítottak el, amelyek az addig hitt szabályosságnak és törvényszerűségeknek ellentmondottak, és amely folyamatok magyarázatára az addigi merev felfogás szerint nem minden esetben sikerült a tényleges okot, ill. okokat feltárni. Ide tartozik a **kisvízi vízállások lesüllyedése** (Iványi 1948, Dunka – Fejér – Vágás 1996, Konecsny 2010...), **a talajvíz változásai, a folyók vízjárása** (Rónai 1956, 1958, Tóth 1995, Szalay 2000, Rakonczai 2001, Bozán – Körösparti 2005, Völgyesi 2005, 2009, Pálfai 2005, 2010, Szalai – Lakatos 2007, Marton 2010, Szalai 2011,...), **a nagyvízi vízállások megemelkedése, a duzzasztóművek hatásai** (Koncz 1999, Stegăroiu 1999, Schmutz – Mader – Unfer 1995, Hausenstein et al 1999, Giesecke – Mosonyi 2005...). Az utóbbi időszak kutatásai elsősorban inkább a hullámtér állapotváltozásában (feltöltődés, „dzsumbujosodás”) és meder keresztmetszetek változásában látták a választ a felvetett problémára (Nagy et al 2001, Schweitzer 2001, Gábris et al 2002, Sándor – Kiss 2006, Babák 2010...). Ezeknek is nagy lehet a jelentősége, azonban az általam vázolt hidrológiai körülmények (a vízszín-esések változása, a duzzasztóművek hatása, és a befogadó és a mellékfolyók mindenkor hidrológiai állapota) nagyságrendileg felülírhatják ezeknek lényegesnek mondható hatásait is.

Az utóbbi évtizedekben gyakoribbá vált sebességmérések rámutattak, hogy a tiszai vízhozam-számításoknál figyelembe kell venni a vízfelszín esését is (Dombrádi 2004). A

vízhozam nem ábrázolható kizárólag a vízállás függvényében, és fordítva (egy adott hozamhoz több vízállás érték is tartozhat). A vízszín-esések nagy ingadozásának hatása mértékadó a Tisza nagyvízi vízállásainak és az azokkal egyidejűleg mérhető vízhozamainak összefüggésében (Vágás 2008). "Vajon feltételezhető-e, hogy a nagyvizek esetében a folyómeder érdességi viszonyainak változása az évek múlásával fokozatosan akadályozta, ugyanakkor a kisvizek esetében fokozatosan javította a lefolyási viszonyokat? Lehetséges-e, hogy egyes feltételezhető medermorfológiai okok mellett vagy helyett hidrológiai és hidraulikai okok – a főfolyó és a mellékfolyók egymásra hatásának eddig fel nem tárt változásai – is esetleg közrejátszanak (Vágás 2004)?"

A Tisza ismert különleges hidrológiai sajátosságai közé tartozik az úgynevezett **árvízi hurokgörbe**<sup>1</sup> (Péch – Hajós 1898, Bogdánffy 1906, Schocklitsch 1930, Schaffernak 1935, Korbély 1937, Németh 1954...), és lényeges sajátossága a **tetőző vízállásoknak** hosszú időn, több napon át történő **változatlansága** ugyanabban a szelvényben (Andó 1998). Mindezek következtében a permanens állandó sebességállapotról és változatlan vízszín-esésre vonatkoztatott, a vízhozamokat a vízállás függvényében kifejező görbék egyértelműsége és egyértelmű használhatósága **korlátozott**. Minden árhullám egyedi, mert változatos tényezők befolyásolják azok lefolyását. Több vizsgálat is olyan eredményt hozott, amely rámutatott a merev, az esésváltozásokkal nem számoló mércekapcsolati módszer tiszai használhatóságának erősen korlátozott voltára (Gajdos, 1996, Vágás 2008).

Régóta ismeretes volt, hogy a Felső-Tiszáról elinduló árhullámok a Közép-Tisza elérése előtt gyakran egyesülnek. Később vált ismeretessé, hogy néhány Közép-Tiszáig egyesült árhullám az Alsó-Tiszán újra szétválhat. Ennek okát a mellékfolyóknak, vagy a befogadónak duzzasztó-süllyesztő hatásában lehetett megtalálni (Vágás 1982). A mellékfolyók (Maros és Hármas-Körös) által generált árhullámok a Tiszában, mint kóbor árhullámok jelenhetnek meg a Tisza apadó, vagy áradó ágában, és tetőzéseket idéznek elő. Hasonlóképpen a Duna is elindíthat alulról felfelé tetőző árhullámot. Ezen **kóbor árhullámok megjelenése a Tisza kis esése miatt válik kimutathatóvá és a vízjárás megváltoztatásában igen jelentőssé**. Az utóbbi évtizedekben bekövetkezett számos tiszai árhullám tapasztalatai további adatokat és ösztönzéseket adtak a kutatásoknak.

---

<sup>1</sup> Az árvízi hurokgörbe hurok alakú vízjárás-történeti vonal, amelyben egyetlen árhullám vízhozamainak és a hozzájuk tartozó vízállásoknak az összefüggését ábrázolja.

A Tisza folyó 133 (1876-2009)<sup>2</sup> évre visszanyúló vízjárás- és árvíz-történeti adatai azt mutatták, hogy a lefolyó víz áramlásának sebessége és iránya szembetűnően eltér az ár-hullámok tetőzésének sebességétől és irányától (*Vágás – Simády 1982*). Az áramlási sebességet a hidraulika ismert törvényei szerint a folyó vízhozam-, meder- és vízszín-esés viszonyai határozzák meg, míg ***az ár-hullámok tetőzésének lefutási sebessége – amely tulajdonképpen egy víztükrön tovahaladó hatás – nagymértékben a mellékfolyók vagy a befogadó (Duna) ár-hullámai (1976-ot követően kiegészülve a Törökbecsei duzzasztómű üzeme) által előidézett duzzasztásoktól, illetve vízszín-süllyesztésektől függ.*** Duzzasztás hatására előbb fog tetőzni a vízállás, és csak utána a vízhozam, ami pedig az ***árvízi hurokgörbe megfordulását eredményezi*** (*Vágás 1984*). A vízállás tetőzéseinek haladási iránya hosszú folyószakaszokon ellentétesre fordulhat a víz áramlási irányával: az is gyakran előfordul, hogy ***a Tisza felső szakaszáról elindult ár-hullám időben nem a dunai torkolatban, hanem a folyó középső, vagy alsó szakaszán fejeződik be.*** Az említett jelenségek összefüggése nyilvánvalónak látszik, de ennek kérdéseiben csak nemrégiben kezdődtek behatóbb kutatások.

A külföldi vízgyűjtők hidrometeorológiai és topográfiai viszonyai, valamint méretei következtében kialakuló árvizek Magyarországon kényszerpályán vonulnak végig (*Szeifert 1990*). Ráadásul a Tisza csak a határon kívül torkollik a Dunába. Az egyformán fontos, felettünk lévő vízgyűjtők közül méreteinél fogva kiemelkedő fontosságú az erdélyi területre eső, Tisza bal parti vízfolyásokat tápláló terület: a Bihar hegység, az Erdős- és Keleti-Kárpátok térsége. A mellékfolyók külföldről érkező ár-hullámait sokszor az ott települt tározók üzeme befolyásolja (*Stegăroiu 1999, Szlávik 2000*), s gyér információk alapján hazánk vízügyi szolgálata csak „utólag” értesül az ott bekövetkezett eseményekről (*Szlávik 2001*). Ezzel árvízi előrejelzésünk igen megnehezített feladattal néz szembe.

A Tisza vízjárását kutató és megismerő szerzők közül többen – elsősorban a legújabb időkben – rámutattak, hogy a Tiszán nem célszerű minden más folyókra érvényesnek talált elgondolásokat kritika nélkül alkalmazni (*Vágás – Simády 1982*). Ez indokolja azt a figyelmet, amelyet értekezésemben egyes megoldatlan kérdések feltárására, elméleti és gyakorlati megoldására igyekeztem fordítani. A szabályozást követő 1876–2009 terjedő

---

<sup>2</sup> A hazai folyók vízállásait 1876-tól közlik, mert akkorra készült el az ország vízhálózatának alap adatsora. 1885-ben alakult meg a Vízházi Intézet jogelődje, és visszamenőleg 1876-tól tudta összegyűjteni a hiteles vízrajzi adatokat. 1892-ben egy kötetben adta ki az 1876-1891 évek adatait.

időszak vízjárásának tapasztalatai fontos hidrológiai változásokat, addig nem-, vagy csak kevésbé ismert összefüggéseket igazoltak. A Tisza vízjárásának 133 éves szabatos megfigyelése lehetővé teszi a folyó hidrológiai sajátosságainak kielégítő statisztikai jellemzését.

Célul tűztem ki a **lefolysis és az árhullám előrehaladásának** részletes feltárását, **helyszínrajzi és időbeli** viszonyainak elemzését, **statisztikai** jellemzését, valamint az ezekhez vezető **hidrológiai okok** meghatározását **a Tisza Tiszafüred alatti szakaszain**, tekintettel arra, hogy ezek a más folyókhoz képest rendkívülinek tekinthető tulajdonságok elsősorban az említett folyószakaszokon fordulnak elő.

Az 1876–2009 közötti idő, rendelkezésre álló több mint hatmillió (!) regisztrált vízál-lás közül kiválogatott, ~hatszázezer napi adat felhasználásával (Tiszafüred és Törökbe-cse állomások között) a műszaki- és földrajz tudományok kutatásainak jelen problémái-ban kívántam olyan további elméleti, tervezői és árvízvédelmi gyakorlat számára is hasznosítható megállapításokat kidolgozni, amelyek az árvízvédelem megszervezését, a tudományos kutatást valamint a hidrológiai tevékenységet segítik.

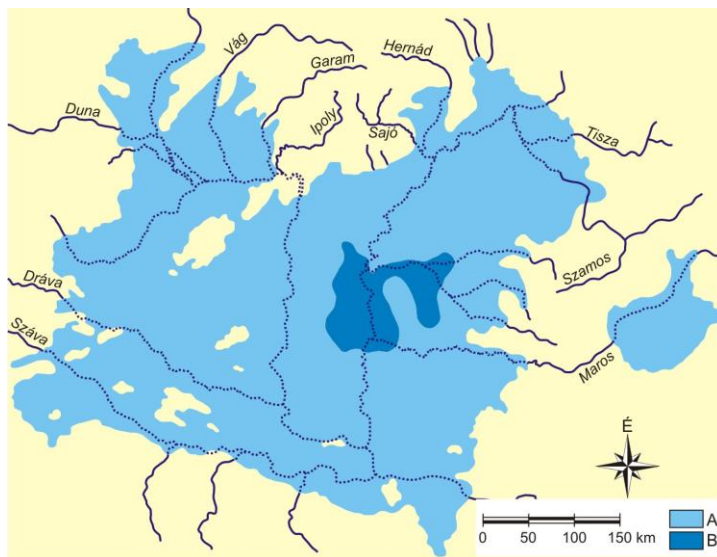
A tudományos kérdéseknek azon területeit igyekeztem új megvilágításba helyezni, amelyek eddig részletesebben nem voltak kidolgozva, de amelynek kiművelését az utóbbi évtizedek árvízvédelmi igényei egyre inkább megkívánták. Ilyen tényezőnek számít a **vízszín-esések** alakulása. Legdöntőbb kérdésnek a **mellékfolyók és a befogadó (a Duna), illetve a duzzasztóművek Tiszára gyakorolt hatásának vizsgálatát** tekin-tettem, amelyre az eddigi kutatások kevés figyelmet fordítottak. Ez a probléma szüksé-gessé tette a víz lefolyási sebessége és a Tiszán haladó árhullámok haladási sebessége és iránya közötti különbségtétel hangsúlyozását, így annak a Tisza hidrológiájában világvi-szonylatban feltehetően ritka jelenségnek a leírását, amely a tetőzés vízáramlással el-lentétes haladási irányát magyarázza (*Vágás 1984*).

A vízállások megváltozásának kiváltó okait a folyó életében történt ismert beavatko-zások időpontjaival igyekeztem összehasonlítani. A nagy Tisza szabályozást követő idő-szak megváltozott vízlevezetése következtében a Tiszafüred alatti Tisza szakaszon be-következő **vízkeszlet-csökkenés** tényére a csapadékszegény időszakokban, az 1930-as évek elejétől kezdődő talajvízszint észlelés adatai alapján kívántam rávilágítani. A **duz-zasztóművek** vizsgálatánál kitértem azok **talajvízszint** változást, továbbá **vízállás- és vízjárást módosító hatásaira**.

## 2.KUTATÁSTÖRTÉNETI ÁTTEKINTÉS

### 2.1. A TISZA KÖRNYEZETÉNEK FELSZÍNFEJLŐDÉSE

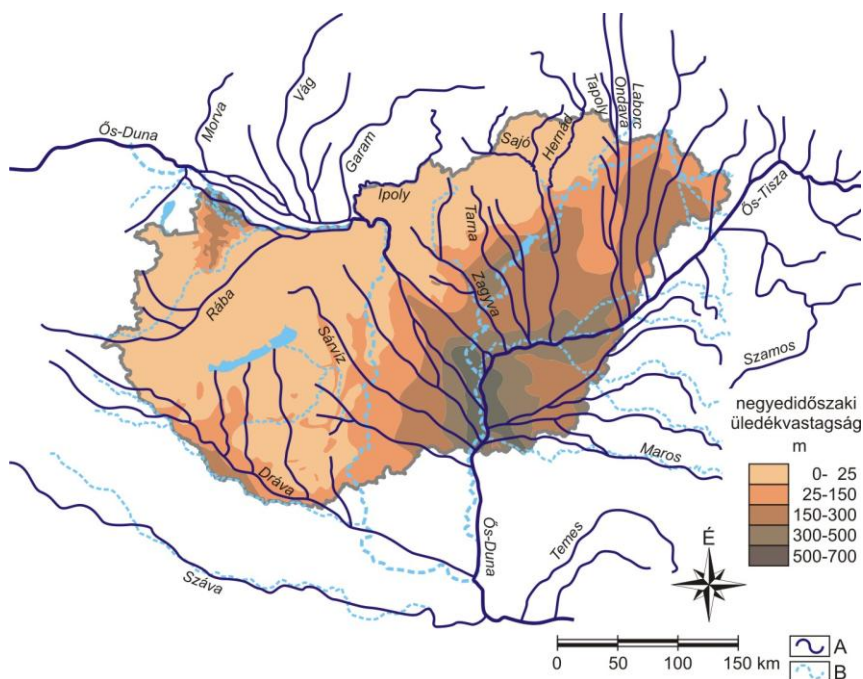
A Kárpát-medence évmilliókkal ezelőtt tenger volt. A pliocén végén elzáródott, mert a Dinári emelkedése miatt megszűnt az összeköttetése a Földközi-tengerrel, a déli-Kárpátok kiemelkedése miatt pedig a Fekete-tengerrel. Ebbe a medencébe hozták be a Kárpátokra hulló csapadékból összegyűlt vizeket a jelenlegi folyók ősei (Borsy 1996). Az idők folyamán a beérkező vizek kiédesítették a medence vizét (Müller 2000), továbbá a vizükkel együtt bőséges hordalékkal is ellátták a Pannon-beltavat, amelynek maradék tagját többen „Alföldi-tó”-ként említenek (Borsy 1989, 1. ábra).



1. ábra. Az „Alföldi-tó” a legnagyobb (A) és a pliocén végi legkisebb (B) kiterjedés idején  
(in: Mezősi 2011, Borsy 1991 szerint)

A folyók közben egyre hosszabbak lettek, a maguk által hozott, és lerakott hordalékon folytatva kanyargós útjukat (Czaya 1981). A hordalék milyensége a folyók kialakulásának helyétől függően eltérő szemcseméretű volt, és ez változott is, attól függően, hogy a folyók mederalakító munkája révén éppen milyen mederanyaggal kerültek kapcsolatba. A Kárpát-medence egykori tengere a sok hordaléktól szép lassan feltöltődött. A különböző fajtájú hordalékok különböző rétegekben egymást váltogatva és átfedve alakultak ki (Martonné 1995, Hartai 2005), nagy mennyiségű vizet beraktározva. A növényi és állati eredetű maradványok szintén a rétegek között a medencére jellemző földgáz és kőolaj alapanyagául szolgáltak.

Az Ős-Duna alföldi szakaszát többen elemezték (*Cholnoky 1910, Sümeghy 1944, Borsy 1989, Gábris – Nádor 2007*). *Mezősi (2011)* elkészítette a negyedidőszak elején és közepén jellemző vízhálózat futásirányát Borsy és Gábris–Nádor adatainak felhasználásával (2. ábra).



2. ábra. A vízhálózat a negyedidőszak elején és közepén

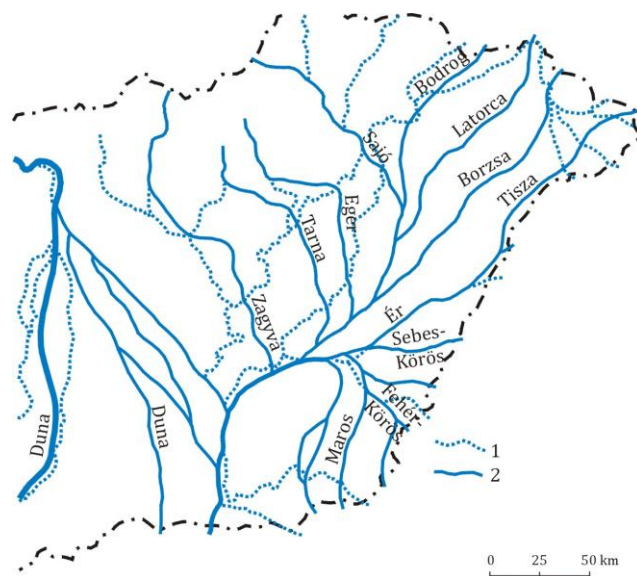
(in: *Mezősi 2011, Borsy 1989, Gábris–Nádor 2007* adatainak felhasználásával).

A - vízhálózat a negyedidőszak elején, B - jelenkori futásirány

*Urbancsek (1960)* több mint 3000 használati kút fajlagos vízhozama, illetőleg vízkémiai adatai alapján készítette el az Alföld területén a felső pleisztocénben uralkodó folyók ősföldrajzi térképét. (3. ábra).

A felső–pleisztocénig teljesen feltöltődött a dunai tektonikus árok, a Zagyva és a Sajó süllyedékterülete. Szerepüket az erősen süllyedő Berettyó–Körösök vidéke vette át, és ezzel maga felé térítette az összes többi alföldi folyót a Duna kivételével. Ezzel a Körösök vidéke a Tiszántúl erózióbázisává vált (*Borsy 1996*). A Körösök a jelenlegi helyükön folytak, és bővebb vizű folyók voltak, mivel a Fehér–Körös dél felől felvette a Maros hordalékkúpjának északi szárnyán a körösi süllyedékterület felé tartó ősi Maros több ágát (*Urbancsek 1960*).



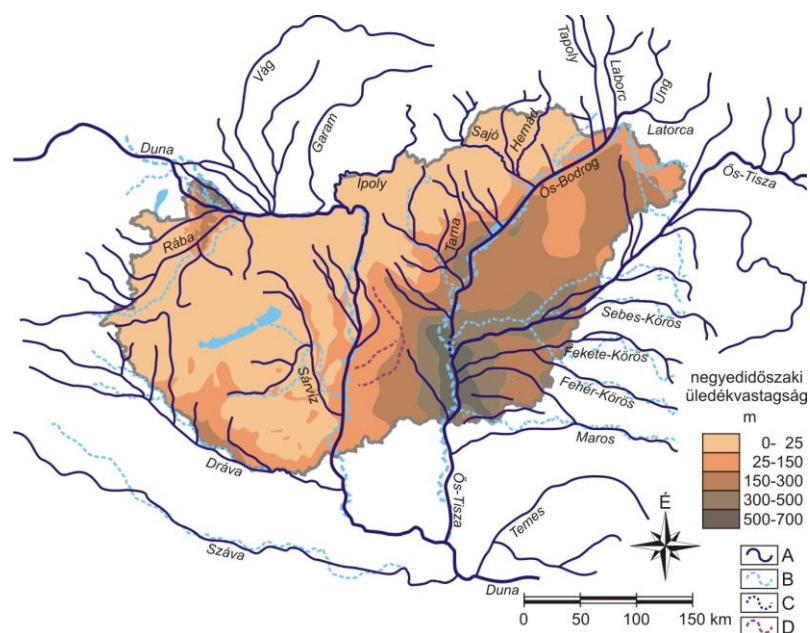


3. ábra. Az Alföld pleisztocén kori folyórendszere (Urbancsek 1960 szerint)

1 – jelenkori futásirány, 2 – pleisztocén kori folyóhálózat

Az Alföld egységét a geológiai negyedkor második felében a Duna–Tisza köze és a Nyírség homokvidék kiemelkedése és vele egy időben a déli és középső rész megsüllyedése hozta létre. A Tisza ekkor alakult ki az északi perem folyóinak összekapcsolódásából (Borsy 1989, Félegyházi et al 2003), és az azok által feltöltött síkságon kereste a közös kiutat déli irányban, ahol a síksági folyosó vége a legjobban megsüllyedt (Rónai 1966, 1972). A Tisza geológiai értelemben fiatal, mert kora alig több mint tízezer év (Gábris – Nádor 2007, Thamó Bozsó et al 2007). Frányó (1992) és Gábris (2002) szerint az Érmellék–Berettyó rendszer mellett a Tokaj–Szolnok vonalon is létezett egy viszonylag nagy vízhozamú folyó, amit nagy felbontású szeizmikus szelvények elemzésével igazoltak (Nagy et al 2007, 4. ábra).

A finom és lassú kéregmozgások napjainkban is hatnak a térségre, és előmozdítják a helyváltoztatást. A Tisza alföldi szakasza nem maga véste ki a völgyét és töltögette fel, hanem készen kapta: a Bodrog, Sajó, Eger, Zagyva, Szamos, Körös és Maros által létrehozott több száz méter vastagon feltöltött összefüggő, alig valamelyest lejtő alföldi síkságon. A kis esésből, lassú folyásból, nagy és sok kanyarulatból egy csomó baj adódott. A Tisza a kontinensnek az a folyója, amelynek hibáin az ember a legtöbbet és legsikeresebben változtatott, és igyekezett úgy harcolni a természeti erők „ellen”, hogy közben azokat is munkába állítsa a maga igényei szolgálatára (Rónai 1966).



4. ábra. Egykori folyóhálózat a késő-pleisztocénben

(in: Mezősi 2011, Borsy 1989 és Gábris-Nádor 2007 alapján)

A - vízálózat a késő pleisztocénben, B - jelenkori futásirány

A közép-tiszai táj felszínének kialakításában a folyók mellett a szél is fontos szerepet játszott. A folyó által kitergetett homokot és agyag-iszapot elfújta. A mészben gazdag hulló-por az egyes területrészekben több méteres vastagságban (8–10 m) rakódott le. A felszín legnagyobb részét ez a löszös anyag, lösziszap borítja, s ehhez jelentős téglagyag készletek párosulnak. Nagyobb területeket borít a réti és lápi agyag (Rónai 1985, Sallai R. 1997). A Körösök a szabályozásáig, a terület mikro-domborzatának köszönhetően laposok, fenekek, tavak, fertők és mocsarak láncolata volt, melyek az ereken és fokokon keresztül álltak kapcsolatban egymással (Babos – Mayer 1939). A nagyobb árhullámok alkalmával a gyengén beágyazódott „medrek” gyakran változtatták helyüket. A vizek levezetése helyett a víztározás szerepét töltötte be a folyó (Cholnoky 1911). A Nagykunság és a Nagy-Sárrét mocsártengereit a Mirhó-hidrológiai tengely szervezte egységes vízrendszerré. A Tiszából a Mirhó-fokon keresztül kifolyt víz a Berettyó-Körös völgyébe is eljutott, míg az áradó Berettyó vize a Mirhó-toroknál kilépve a folyó medréből Bánhalmáig, s a mai Abádszalóig folyt, és képes volt a Tiszába beömleni (Tóth 2000). Györffy (1922) idézi Széll Mihály pákász 1799-es vallomását egy határperben, mely szerint a Berettyó mozogván folydogált, míg a többi víz állt. A szabályozások előtt tartósan fennmaradhattak vízzel borított, esetleg vízfeltöréses területek is (Bozán – Körösparti, 2005, Pálfai 2005).

---

## 2.2. A KÖZÉP- ÉS ALSÓ-TISZA VIDÉK VÍZSZABÁLYOZÁSA

---

A tatár és török hódoltság hatására elmocsarasított Tisza-völgy kedvezőtlen körülményei időszerűvé tették a XIX. században a környezet átalakítását, élhetőbbé tételét (Ihrig 1973). A Tisza völgyében a vizek tervszerű szabályozása csak az 1830–40-es években végrehajtott vízrajzi térképezés befejezése és a szabályozási tervek elkészítése után indulhatott meg (Vázsonyi 1973). A folyók legutolsó (szabályozás előtti) természetes medréről a második katonai felmérés (Hofstätter 1989, Jankó 2001, Timár et al 2006) térképszelvényei szolgáltatnak információkat.

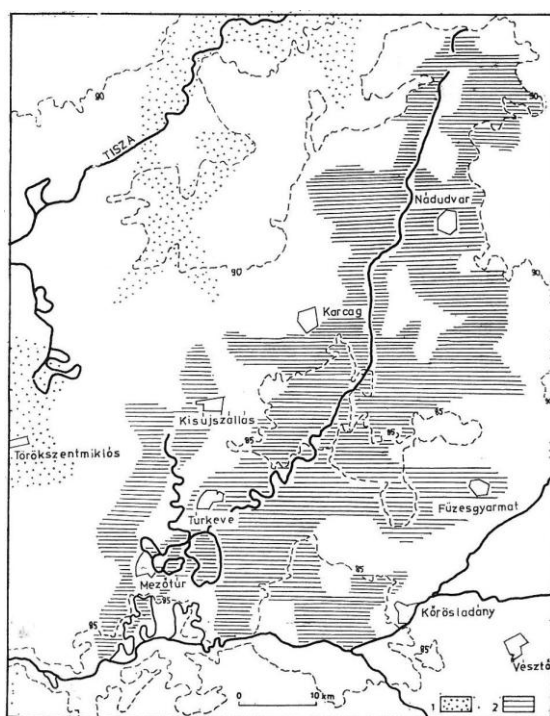
A Széchenyi–Vásárhelyi program a vízrendezés és árvízmentesítés munkálatait az egész Alföldre kiterjedő egységes rendszerben szemlélte, azaz a Tisza-völgy szabályozása nemcsak a Tisza ágyát, hanem az azt tápláló mellékfolyók ágyait és kiöntési lapályait is érintette (Tóth 2000). Akkoriban a mai Magyarország  $\frac{1}{4}$ -ét állandóan, vagy időszakosan víz borította (Somogyi 1980). Az Alföldön ez az arány elérte a 30–35%-ot. De pl. a Nagy- és Kis-Sárrét, a Körös-vidék, a Hortobágy, a Nagykunság keleti területei, a Solti-lapály, stb. több mint 50%-át borította víz. Jelenleg ez az arány 2–3%-ra csökkent.

A medence természetes ősállapotában a folyókból évente átlagosan 2–3 km<sup>3</sup> árvíz ömlött ki az Alföld területére. Az árvízvédekezési munkálatok, így a töltések megépítése előtt a Tiszán levonuló árhullámok Tiszadobnál kiléptek a mederből és a kedvező felszíni adottságoknak köszönhetően lassú áramlásban a Hortobágy-völgyében folytak le a Nagy-Sárrét mocsarába, innen a Körösök völgyébe, és Csongrádnál lassan jutottak vissza a Tiszába. A kiömlő víz egy része a talajvizet táplálta (Babos – Mayer 1939, Lászlóffy 1982, Szesztay 2000, SZTE Természetföldrajzi Tanszék 2000). A Tisza szabályozását követően a töltések megépítésével gátat szabtak az elöntéseknek. Ezzel a talajvíz elöntésekből történő táplálása is jórészt megszűnt, és korlátozódott a csapadék, illetve az esetleges gátszakadásokból keletkező elöntések vizeire.

A legrosszabb állapotban a Körös-völgy volt, mert nagy kiterjedésű mocsarak borították: többek között a Tisza-Köröszug és Tisza-Marosszög, amelyek 30–35 ezer ha kiterjedésű mocsaras területek voltak (Vázsonyi 1973). A nagyon kis esése miatt az egyes árhullámok levonulása négy hónapig is eltartott (Somogyi 1980). Emiatt annak rendbetétele vált a legsürgetőbb feladattá. A Berettyó és a Körösök szabályozási munkáit Bodoky Károly kerületi főmérnök tervei alapján 1858-ban kezdték meg. 1865-re a Be-

rettyót a Sárrettől elzárták és 1866-ban, Bakonszegtől Szeghalomig vízének új medret ástak a Sebes-Körösig. Ügyelni kellett arra, hogy a mellékfolyók árhullámai előbb érkezzenek le, mint a főfolyó árhullámai, ezért nagyobb arányban kellett azokat megrövidíteni. A Körösök esése az átvágások hatására 1,5 cm/km-ről 4 cm/km-re nőtt, ezzel összefüggésben gyorsabban vezette le a vizeket. A nagyvizek szintje nőtt, tartósságuk csökkent, a kisvizes időszakok tovább tartottak, és igen alacsony vízállások is kialakultak (Hubert 1929).

A vízrendezési munkálatok hatására a Berettyó Sárkrétje kiszáradt, melynek lecsapolását számos kisebb csatorna is elősegítette. Ezen beavatkozás előmozdította, hogy az 1850-es évtized árvizei után 1863-ban bekövetkezett az évszázad legnagyobb aszálya. (Dunka – Fejér – Vágás 1996). A Hortobágy lefolyó vize még egy ideig táplálta a Nagy-Sárkrét mocsárvilágát. Jelentős emberi beavatkozás volt a Hortobágy–Berettyó medrének 1881–1896 közötti mesterséges kialakítása (Dunka 2002). A Bakonszegtől Bucsá irányába tartó folyószakaszt Bucsánál elvágták, a Hortobágy folyót pedig összekötötték az Ős-Berettyó alsó, Bucsá alatti ágával. Innen kapta nevét: Hortobágy–Berettyó főcsatorna (TIKÖVIZIG 2007, Dunka – Papp 2008).

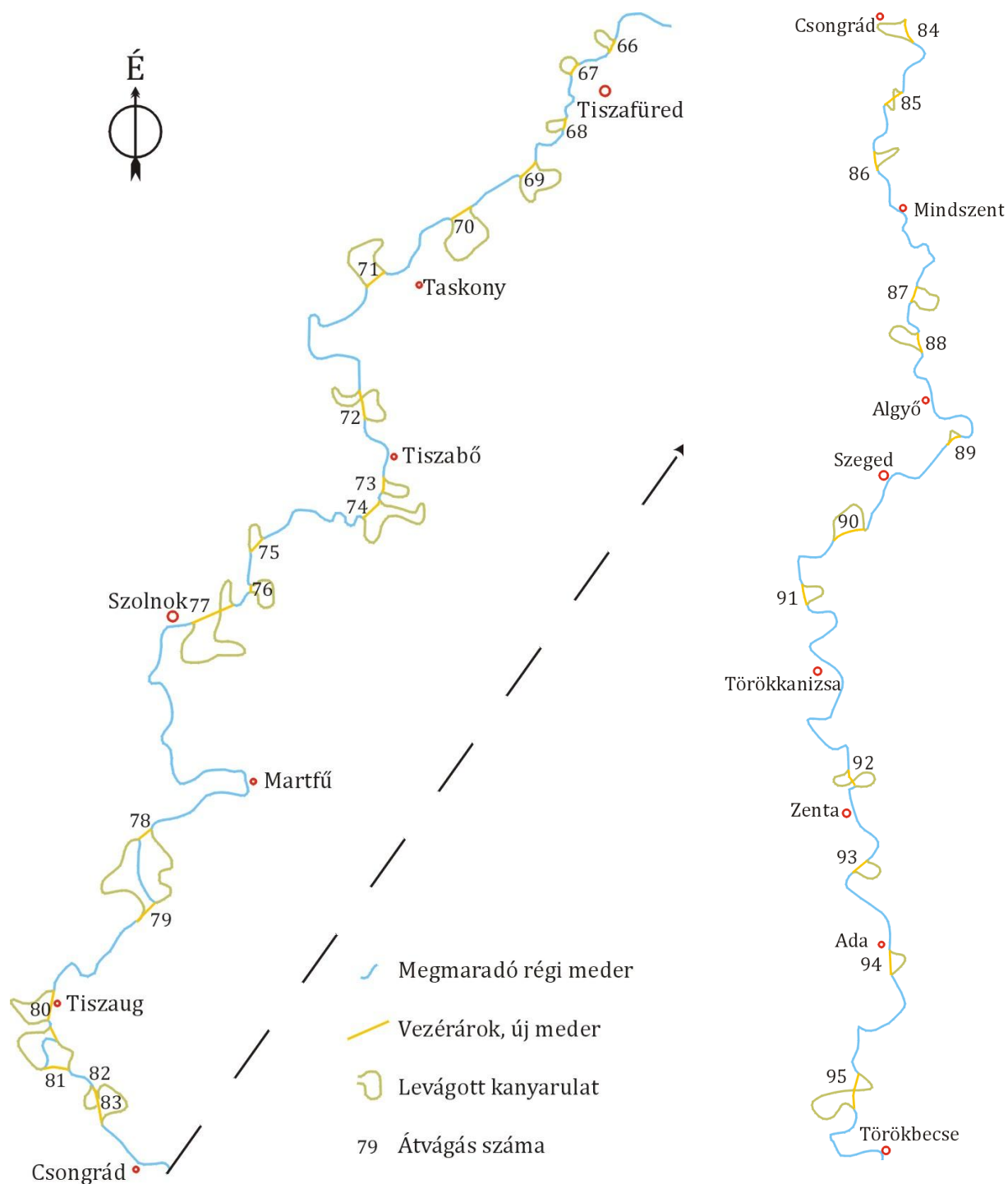


A Hortobágy és a Nagykunság mély tengelye egy 10–15 km szélességű agyagteknő, amelyet 10 m mélységig és azon túl is agyag képződmények töltene ki. Ezekben a finomszemű víztartó rétegekben a talajvíztükör éves szinten 5–8 m-t is ingadozhat. Jobbról-balról az agyagos övezetet iszapos képződmények kísérik, ezeket lösz és homokdombok fogják közre, amelyeket sok helyen vékony rétegben iszap, vagy agyag fed le (Rónai 1985, 5. ábra).

5. ábra. A Hortobágy patak agyag teknője

(Rónai 1985)

1 = homok, 2 = agyag

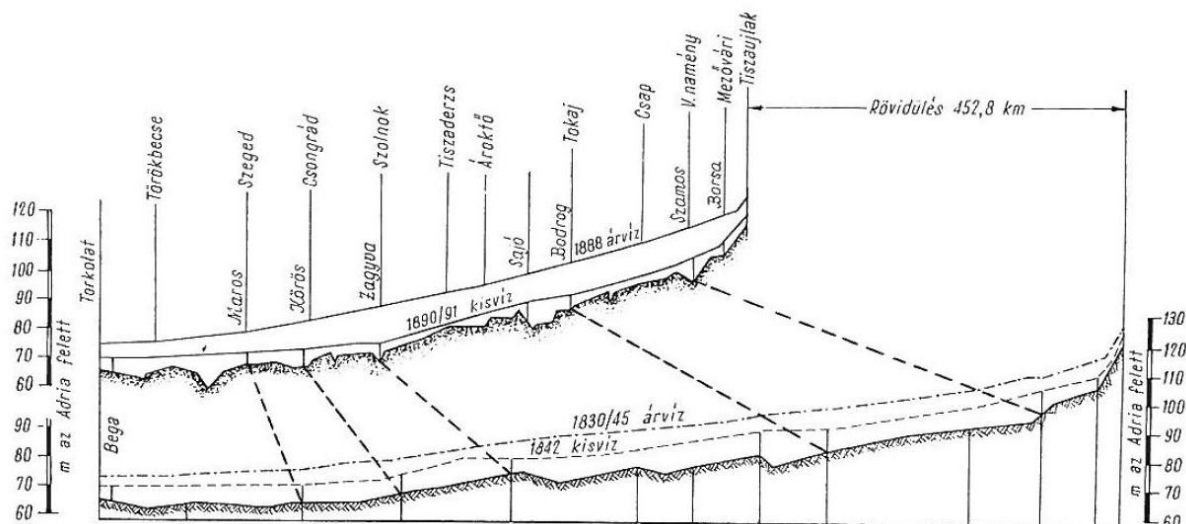


6. ábra. A Tisza átmetszései (Tiszafüred és Törökbecse állomások között)

a Vásárhelyi-terv (Deák 1996) alapján

A Vásárhelyi-féle Tisza szabályozással jól kifejlett, sőt túlfejlett kanyarulatokat vágtak le, ezzel némileg kiegyenesítették és 1,6:1 arányban megrövidítették a folyót (6. ábra és 7. ábra). A Tiszán végrehajtott 102 átvágásból 29 (67–95) a Tiszafüred és Törökbecse közötti szakaszon létesült. Vásárhelyi Pál eredeti terve 102 átvágást tartalmazott, fo-

lyamatos számozással 1–101-ig, és közben egy 32a jelűvel. Ebből a 102 átvágásból 1908-ig 92-t eredeti formában, két további kis változtatással építettek meg, vagyis összesen 94 készült el. Egyes szakirodalmakban közölt 108, 112, és 120 átvágás szám irodai átszámozásból és nem átépítésből származott (Vágás 1996, 2011). A munkálatokat 1846-ban kezdték meg (Deák 1996).



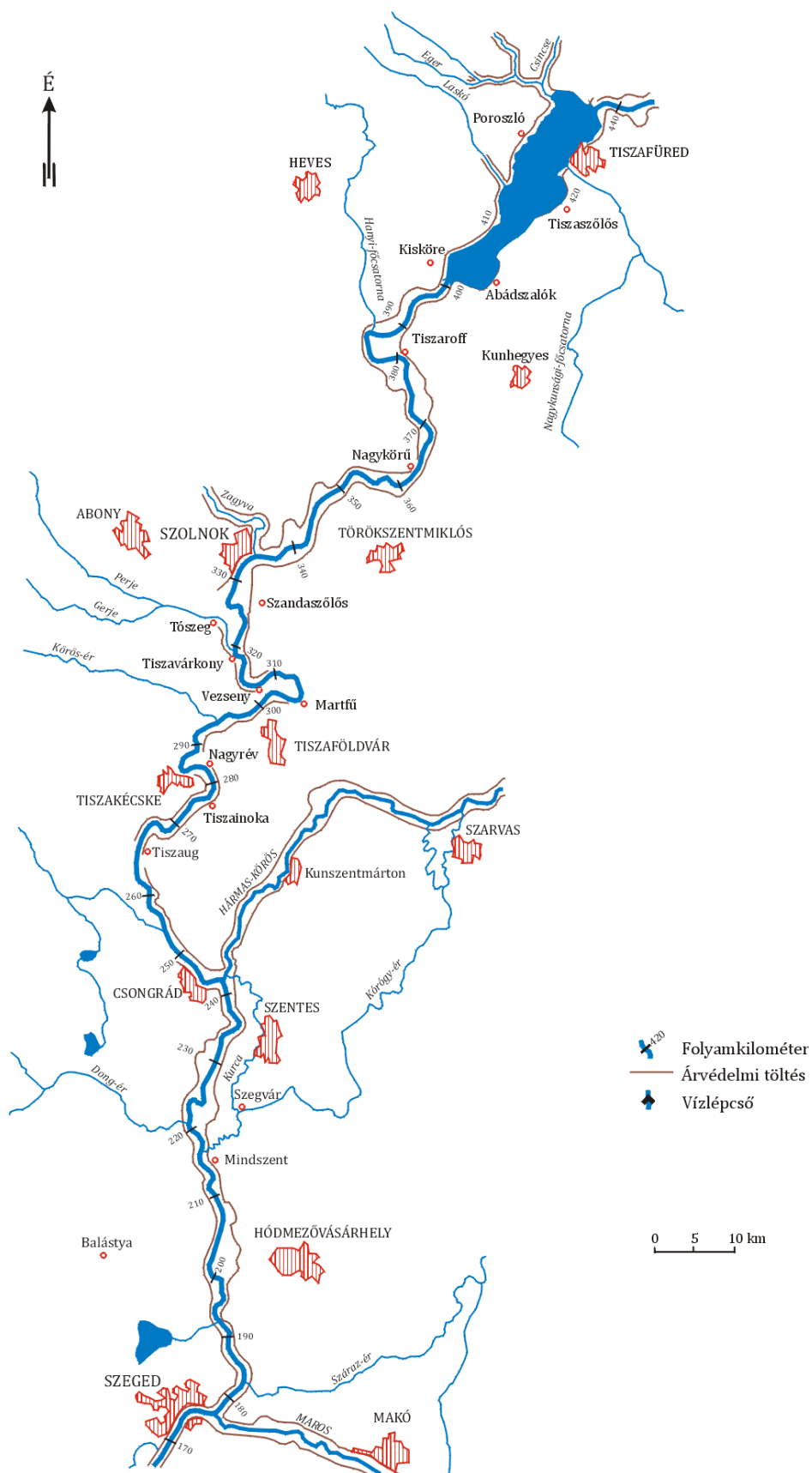
7. ábra. A Tisza hossz-szelvényének változása a szabályozás következtében

(Forrás: Dunka – Fejér – Vágás 1996)

A nagyvizek elleni védekezés céljából a vezérárkok megásásából kinyert, és az ártéren kialakított kubikgödrökből kitermelt földből 1846–1895 között több szakaszban töltéseket építettek. 1872 végére a szabályozási mű gerince készen állt. Az átvágások a Kisköre alatti folyószakaszokon rosszul fejlődtek a kedvezőtlen talajviszonyok és a kis esés miatt, így a vízszállításból kiiktatásra ítélt kanyarulatok még mindig nagy mennyiségű vizet szállítottak. A töltések ezért sok helyen ezeket a kanyarulatokat követték (8. ábra). A bal parti töltések pedig Vásárhelyi javaslatára a terepviszonyok miatt viszonylag közel épültek meg a folyóhoz (Deák, 1996).<sup>3</sup> A vezérárkok kibővítését a XIX. század végén – amikor már rendelkezésre álltak a megfelelő technikai berendezések – úszókotróval végezték el (Károlyi 1973, Vágás 2007). Az alsó és középső Tisza szakaszon az átvágások csak 1904-re<sup>4</sup> fejlődtek ki teljesen (Iványi 1948).

<sup>3</sup> A folyó mentén magasabb volt a terep, így ott célszerűbb és olcsóbb is volt a töltések megépítése.

<sup>4</sup> Hivatalosan 1908-ban tekintették befejezettnek a nagy Tisza szabályozást.



8. ábra. A Közép-Tisza helyszínrajza a megépült töltésekkel a 445–166 fkm közötti szakaszon  
(Lászlóffy 1982) nyomán



A töltések a fent említett okok miatt különböző távolságokra kerültek a folyótól, így annak árvízi vízlevezetését is befolyásolják. A Tiszafüred és Törökkanizsa közötti szakaszon az anyameder átlagos szélessége 200 m körüli. Több helyen alig éri el a 100 m-t (pl. Szolnoknál 332,5 fkm), és Mindszentnél (220,5 fkm) 95 m-es szűkülete van. A kisvízi víztükörszélesség 100–120 m. Az árvízvédelmi töltések átlagos távolsága 1400–1800 m (az anyameder szélességének 7–9 szerese), ami legtöbb esetben a birtokviszonyoknak megfelelően került kialakításra, ezért az árvízi meder szélessége számos helyen az átlag felét sem éri el, máshol viszont a háromszorosát is meghaladja. Martfűnél (303,8 fkm) csupán 205 m a távolság a szemben fekvő töltések között. Az árvizek levonulása szempontjából a leghátrányosabbak a hirtelen összeszűkülések és a védvonal éles irányváltottatásai (Lászlóffy 1982).

Különösen éles sarkokat találunk Nagykörűnél (356,7 fkm), Tiszavárkonynál (319,9 fkm), Tiszainokánál (276,2 fkm), Tizsakécskénél (269,7 fkm), Szentesnél (236,4 fkm), Mindszent alatt (211,4 fkm) és Hódmezővásárhely alatt (198,3 fkm). Jellegzetes Z alakot ír le Szegvárnál (226–223 fkm). Akad néhány hajtűkanyar is ott, ahol a fejlődő kanyarulat különösen szívós, ellenálló partba ütközik. Alig 150 m sugarú a tiszaszőlősi (417,8 fkm) és a Tisasúly feletti sajfoki kanyar (386,5 fkm). Szépen fejlett meander van Tizsakécske és Nagyrév között (290–282 fkm) (Lászlóffy 1982).

A folyó kisvízi szabályozását 1909-ben kezdték meg a meder átalakulása és a vízi forgalom igényeinek megfelelően. A beavatkozás a hajózás fokozódása következtében vált időszerűvé (mélyebb hajógázolás, kevesebb és rövidebb hajózási szünet, gazdaságosabb üzem), illetve a kisvízszintek fokozatos süllyedése, vagyis a *kisvízi mélység csökkenése* is indokolta a munkálatokat. Aki ismeri a Tiszát, tudja, hogy középvízi medre Tiszaújlahtól lefelé a torkolatáig egységes, jól beágyazott, mély, kanyarulataiban pedig gyakran nagyon is mély. Az átmeneti szakaszok gyorsan forduló ívek között rövidek, de ami jellemzőbb, hogy erősen elnyújtottak. Néhol ugyanis nagyon lapos ívek közé esnek az átmenetek, amelyek már szinte egyenes szakaszok. Itt alakulnak ki a gázlók, amelyek szabályozást kívánnak, mert a Tiszán a kisvíznek egymagában nincs elég elragadó ereje arra, hogy a magasabb vizek alatt elhomokolódott gázlót kiöblítse (Szolnoknál a legkisebb vizek mennyisége mintegy 65–70 m<sup>3</sup>/s) (Iványi 1948). A kisvízi szabályozás alkalmával szűkítették és mélyítették a gázlóknál a medret, úgy hogy a keresztmetszeti területében a beavatkozás után nem történt lényeges változás.



Az átmetszések előtt a tavaszi, ill. nyár eleji árhullámokat követően sokkal lassabban ürült ki a meder, mert annak a sok cifra, szövevényes kanyarulatnak a medre, amelyeket az átvágások kikapcsoltak, nagyon sok vizet tárolt. A tárolt víz a jóval kisebb vízszín-esés miatt sokkal lassabban folyt ki a medrekből, és mindvégig táplálta a folyót, szaporította a kisvizét, mint ahogy a hatalmas árvízi kiöntéseknek a vize is, amely lassan csordogált vissza a fokokon keresztül. A múltban a meder is sokkal kisebb keresztmetszetű és sokkal szűkebb volt, és emiatt a kisvízállás időtartama is sokkal rövidebb volt (Iványi 1948).

A Maros folyó esésviszonyai négy-ötszöröse a Tiszáénak, így annak szabályozása elsősorban a hajózóút javítása volt, amit már a XVIII. század derekán megkezdték. Igen éles kanyarokat kellett kiiktatni, és a torkolatnál a Maros beömlési irányszögén is változtatni kellett, hogy ne az ellenkező irányba folyjon be a víz (Gillyén 1912, Eperjessy 1927).

További jelentős emberi beavatkozást jelentett a vízgyűjtő életében a Keleti-főcsatorna (1951–1956) és a Nyugati-főcsatorna (1963–1965), valamint mellékágainak megépítése és a terület öntözővízzel és ipari vízzel való ellátása. A térség vízrajzát, vízjárását jelentősen megváltoztatta a Tiszaöki Öntözőrendszer kiépítése (TIKÖVIZIG, 2007). A Nagykunsági-főcsatornát 1978-ban helyezték üzembe (Virágné Kőházi-Kiss 2008). Két helyen tesz lehetővé vízleadást a Körös völgyébe: a keleti ágon a Hortobágy-Berettyón keresztül  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ -ot, a nyugati ágon  $5\text{--}10 \text{ m}^3/\text{s}$ -ot (Dóra 1996). A Hortobágy-Berettyó vízgyűjtő természetes lefolyása csak mintegy  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ . A főcsatorna torkolati vízjátéka meghaladja a 8 métert, de még Ecseghalvánál is 5 méter körüli. A téli hónapok kivételével a Hortobágy-Berettyó vize duzzasztott, a Hármaskörösön Békésszentandrásnál fenntartott magas vízszint következtében. A duzzasztás hatása a főcsatorna alsó szakaszán érvényesül (TIKÖVIZIG, 2007).

---

### 2.3. A VÍZJÁRÁS VÁLTOZÁSOK A SZABÁLYOZÁST KÖVETŐEN

---

A szekuláris vízállás-ingadozások a hasonló időtartamú éghajlat-ingadozásokra vezethetők vissza. A nedvesebb időszakok magasabb vízállásokkal, a köztes időszakok a szárazabb éghajlat mellett gyakori alacsony vízállásokkal hozható összefüggésbe (*Brückner 1890*). A ciklikus ingadozásokról a Biblia is említést tesz, mint hét bőséges és hét nyomorúságos esztendő. Mózes I. könyvében írja, hogy az emberek az ínséges időkben már nem fognak emlékezni a korábbi bőséges évekre. Napjainkban is az emberek hajlamosak megfeledkezni a közelmúltban történt eseményekről.<sup>5</sup> Az időjárás szélsőséges megnyilatkozásai nem csak a jelen korunkra jellemző események. Már őseink is szenvedtek ezektől az időjárási szélsőségektől (*Zsuffa 1998, Rácz 2011*).

Természetes ősállapotukban is folyamatos változásokon estek át a folyók, azonban az emberi beavatkozásokra olyan erőteljes hatások érik, amelyekkel intenzívebb megváltozásra kényszerítik őket. Emiatt „nem mindig ugyanazt a Tiszát vizsgáljuk”, mert változik a hossza, esése, mederméretei (*Fiala – Kiss, 2005, 2006*), érdességi viszonyai, folyamatosan változik a hullámtér (*Balogh et al 2005*), és ezek hatására megváltozik a vízhozam és vízállás kapcsolata, azok éven belüli eloszlása. Tehát a folyószabályozás, csatornázás, a vízgyűjtők közötti vízátfolyás és víztározás, főleg a Tisza hegy- és dombvidéki részein... mind-mind a lefolyási viszonyok változásához vezetett (*Konecsny 2000*). A megváltozott lefolyási viszonyok, továbbá a megtelepült lakosság megnövekvő vízigénye következtében a területen tárolt vízkészletek is módosulnak (*Liebe 2000*). Ezeket a változásokat tovább fokozzák a vízgyűjtőn történt beavatkozások: művelési ágak megváltoztatása, erdőirtás, erdőtelepítés (*Félegyházi 1988, Frisnyák 1992, Szabó 2005, Sümegi 2011*) beépítettség, az újabb időjárási helyzetek és bizonyos mértékig a klímaváltozás (*Csatári et al 2001, Szabó 2002, Götz 2004, Kerényi 2011, Rakonczai 2011*). Az emberi behatások után több időre van szüksége a folyónak az új egyensúlyi állapot eléréséhez (*Kiss et al 2010*).

---

<sup>5</sup> A száraz időszakokban beépítik a belvízzel veszélyeztetett területeket... Vagy pl. a 2010. esztendő végén Ausztráliában súlyos árvízi elöntéseket okozott a Wivenhoe tó (amely aszály idején Brisbane vízellátását szolgáltatja) előírt 60%-os maximális feltölthetőségének figyelmen kívül hagyása. Ezek után a hosszú száraz időszak végén teli tározóval találta szembe magát a hirtelen megérkező extrém csapadékos időszak (*Visnovitz 2011*).

A száraz és nedves évek váltakozásával, és a szélsőséges időjárási jelenségekkel többen foglalkoztak (pl. Szalai et al 2004, 2005, Horváth et al 2006, Dunkel 2009, Bodolainé Jakus 2003, Pálfi 2004, Völgyesi 2006), de a hosszan tartó kisvizes időszakok hidrológiai statisztikai jellemzőivel viszonylag kevés szakmai közlemény foglalkozik. Konecsny (2010) a Berettyó folyó kisvizeinek jellemzőit tárta fel tanulmányában és megállapította, hogy 1978 után az 1950–1977 időszakhoz viszonyítva jelentősen nagyobbak lettek a minimális vízhozamok, és csökkent a kisvizes időszakok időtartama, száma, víztömeghiánya, viszont nőtt a kisvízi időszakok között eltelt idő.

A Tisza szabályozásával felgyorsított vízlevezetés (nagyjából 26%-al) miatt a tavaszi nyár eleji árhullámok gyorsabban levonulnak. A mocsarak vízraktározó szerepének kiiktatása (Vázsonyi 1973), valamint a klímaváltozás következtében a csapadék halmazállapot-változása miatt (kevesebb és rövidebb ideig megmaradó hótakaró) (Rácz 2001) a csapadékszegény nyár előrébb hozza a hosszú kisvizes időszakot. Miután már 20–40 napon keresztül nem, vagy csak alig hullott csapadék, a mederben nagyrészt a talajvízből átszivárgó víz folyik (Zsuffa 1996). Emiatt a kedvezőbb talajvíz utánpótlású területek kisvízi készlete lesz magasabb (Szalay 2000). Az emberi vízhasználatok a talajban tárolt vízkészletek további csökkenéséhez vezetnek (Csatári et al 2001, Völgyesi 2005, 2009), és ez a talajvíz lesüllyedését eredményezi (Rakonczai 2006). A mélyen fekvő talajvíz a legtöbb növény számára nehezen, vagy egyáltalán nem érhető el. A terület vízforgalmában bekövetkezett változások hatására fokozatosan átalakul a környezet (Rakonczai 2001).

A Duna–Tisza közti Homokhátság mintegy 9 000 km<sup>2</sup> területén időszakonként megfigyelhetők a vízhiány jelei: a felszínalatti vizek szintje a terület magasabb részein a korábban jellemző vízállás-tartományhoz képest több métert süllyedt, és az 1990-es évek második felében átmenetileg csapadékosabbra fordult időjárás hatására sem emelkedett meg olyan mértékben, hogy a korábbi szintjét elérte volna (Pálfi 2005, 2011, Ladányi 2010, Szalai – Kovács – Kovácsné Székely 2011, Rakonczai 2011). Magyarország Nemzeti Atlasza (1989) szerint az éghajlati vízhiány a Tisza-völgy Szolnok és a déli országhatár közötti szakaszán a legnagyobb, ami a terület egyedi földtani és éghajlati sajátosságából adódik.

Magyarországon nemcsak az aszály, de a belvíz is igen gyakori jelenség (Pálfi 2006). Ha összevetjük a belvizes és az aszályos évek mértékét, megállapíthatjuk, hogy hasonló eloszlásban jelentkeznek. Az 1999–2000 rendkívüli belvizes időszakot rendkívüli 2000.

évben bekövetkező aszályos időszak követte. A 2003. évben a közepes téli tavaszi belvíz ellenére az év rendkívüli aszályos is volt (*Pálfai 2004*). Az éghajlatváltozás következményeként alakulhatott ki ilyen szélsőséges állapot (*Szalai – Lakatos 2007*). 2006-ban a Duna–Tisza közén hullott a legtöbb eső, mégsem okozott nagyobb elöntést, mert a terület felszíne vízáteresztő és mélyen volt a talajvíz szintje. A víz a homokos talajba gyorsan beszivárgott. Míg a Közép-Tisza vidékén a vízzáró felszín miatt a kisebb csapadékból is nagy belvízi elöntések keletkeztek (*Pálfai 2007, 2008*). Magyarországon az elmúlt 50 évben a csapadék éves mennyisége némileg csökkent, ugyanakkor az intenzitása nőtt. A talajba kerülő víz mennyisége csökkent, a melegedés miatt nagyobb az evapotranszpiráció, és ez a jelenség pedig a mezőgazdaságnak kedvezőtlen (*Makra – Kiss – Abonyiné Palotás 1986, Mika et al 1995, Pálfai 2010*).

Hazánkban már a török hódoltság idején is volt némi rizstermelés. Komolyabban a XVIII. századtól foglalkoztak vele. Az első világháború után hazánk területén gyakorlatilag nem volt, csak a második világháború autarchiás törekvései vetették fel újra 1939 után a nagy vízigényű rizstermelést (*Balogh et al 1978*). A negyvenes évek tapasztalatait követően az ötvenes évek első felében az öntözés fejlesztésnek olykor 90% fölötti értékeit is a rizskultúrák bővítése adta (*Vágás 1989*). A termesztés elsősorban Jász–Nagykun–Szolnok megyét érintette azon belül is a Hortobágy–Berettyó vízfolyás öblözetét (*Papp 2010*). Ámbár az így elárasztott terület viszonylagos kiterjedése nem volt túlzottan magas, egyes helyeken (elsősorban a Duna–Tisza közti homoktalajoknál, és a Tisza–Köröszug áteresztőbb talajainál) a talajvíz szintek emelkedésével jártak a rizskultúrák. Az is kétségtelen, hogy a rizsterületek növekedése egyébként is a csapadékos évekhez kötődött, ezért az akkor előfordult talajvíz emelkedéseket azokban az években sok szakember is a rizsföldek elárasztásának tulajdonította. Az ötvenes évek második felében az egyes szárazabb években derült ki, hogy a rizsárasztások a talajvíz egyébként jelentékenyen süllyedő irányzatát még a kiterjedt rizstáblák alatt sem voltak képesek megállítani (*Vágás 1956, 1957, 1963*). *A hatvanas évek közepén, amikor a rizsterületek kiterjedése jelentősen csökkent, a talajvizek főleg a Tiszántúlon tapasztalt emelkedését már nem ez, hanem a Körös-völgy Tiszalöki és Kiskörei duzzasztómű rendszereken keresztül történő vízpótlásának, a Békésszentandrási duzzasztómű, majd pedig a Törökbecsei duzzasztómű duzzasztásának hatása okozta. A Hármas-Körös és a Tisza kisvízi vízállásainak a fent említett emberi beavatkozások révén történő megemelkedése a talajvízkészletek ki-*

*sebb igénybevételel jár együtt, így nem süllyeszti le a talajvíz szintjét a folyók jelenlegi duzzasztott kisvízi szintje alá.*

A felszín alatti vizek a medence jellegből adódóan (*Pajtókné Tari 2011*) hidraulikai folytonossága révén távoli területrészekkel állhat kapcsolatban (*Vágás 1995, Marton 2008, 2010*). A magasabb területek talajvize a gravitációnak engedelmeskedve a mélyebben fekvő területek irányában is mozog (*Völgyesi 2006*). A Tiszántúl vízmentesítést igénylő része nagyléptékű talajvíz-áramlási rendszer. Itt nagy térségekre ható vízföldtani jelenségek alakulnak ki (*Tóth 1995*). A felső, kb. 400 és 1700 méter mélységek közti tartomány vizei nyitott áramlási rendszerekben folynak, utánpótlódásuk csapadékból történik, és határozott megcsapolódási vagy kiáramlási zónákon keresztül térnek vissza a felszínre (*Tóth – Almási 2001*). A folyók vízszíne és a talajvízszín kapcsolata a folyótól távolodva a talajban a hullámsebességgel változik (*Rónai 1956, 1985*).

A Tisza vízgyűjtőterületének várható klímaváltozását és a Tisza vízhozamában jelentkező hatását vizsgálta *Radvánszky és Jacob (2008)* a regionális klímamodell (REMO) és a lefolyási modell (HD) alkalmazásával. Szerintük télen és tavasszal a Felső-Tisza, Szamos, Körösök és a Bodrog vízgyűjtő területén, tavasszal és nyáron a Nyírség felett, ősszel és télen a Bodrogtörvényben, a Taktaktörvényben a Sajó és a Körösök vízgyűjtő területén várhatók nagy mennyiségű csapadékok. Mivel a folyó vízjárását a csapadék éven belüli eloszlása alapvetően meghatározza, a szélsőséges és regionálisan jelentkező időjárás kiszámíthatatlan áradást idézhet elő (*Andó, 2002*). „Vajon előfordultak-e már a lehetséges meteorológiai szituációk (*Szeifert 1990*)?” Ezért nagy előrelépést jelent a vízügyi ágazat felé szolgáltatott mennyiségi csapadék előrejelzés, amelynek alapját az ECMWF modell szolgáltatja<sup>6</sup> (*Ujváry 2008*).

A magyarországi folyókon az árvizek előfordulása statisztikai szempontból nem számít rendkívüli eseménynek (*Rakonczai 2000*), mert ez a folyók vízjárásának természetes sajátossága. Sajnos a politikai döntéshozókat a szakszerű érvek helyett általában a pillanatnyi köz(média) hangulat befolyásolja (*Rakonczai 2002, Orlóci – Váradi – Láng 2004*). Pl. a 2000. évi szolnoki 1041 cm-es LNV vízállásra *Keve (2001)* az 1998 és 1999 éveket is számításba véve normál eloszlás alapján 225 év körüli előfordulási valószínűségi értéket kapott, szemben az újságokban megjelent 500 éveshez képest.

---

<sup>6</sup> Az első 24 órás értékeit a szinoptikus modell korrigálhatja.

Mivel a folyó folyamatosan változik, és gyakori folyószabályozási és egyéb beavatkozásokkal további megváltozásokra kényszerítjük, nehéz az árvízszintek változásai irányairól megbízható állításokat tenni (Szlávik 1999, 2000, Muszkalai – Varsa 2003). Goda és Zsuffa (1994) az idősorok homogenitásának Szmirnov–Kolmogorov kétmintás próbáját számítástechnikai eszközökre kiterjesztve gyorsan meghatározhatóvá tette az idősor elválasztásának időpontját, ahol a legkisebb számított  $1-L(z)$  értéket szolgáltatja a gép. Ezen elvágható időpontnál kell a mérnöknek fellelnie a vízjárást befolyásoló tényezőt, ami a változást okozta. Ezzel a módszerrel megállapíthatjuk, hogy a két minta azonos statisztikai sokaságból származik-e (Todorović – Zelenhazić 1970, Csoma – Szigyártó 1975). A Tisza szegedi évi nagyvizeinek statisztikai vizsgálata Zsóri és Sági (2008) a részidőszak összehasonlításnál inhomogenitást mutatott! Ugyanis a 131 év alatt három hosszú árvízes időszakot három valamivel rövidebb árvízmentes időszak követett, sőt 1998-ban szabályosan megkezdődött a hetedik árvízes időszak is (Vágás 2008).

Reimann (1975, 1992, 2001) módszert dolgozott ki az árvízi tetőzések és tartósságok valószínűségének kiszámítására. Reimann vezetésével Barabás és Kovács az általa kidolgozott módszer segítségével vizsgálatot végzett a Tisza és mellékfolyói fontosabb vízmércéire (Barabás – Kovács – Reimann 2004). A számítások szerint a 100 évenként egyszer visszatérő árvízszintek 36–110 cm-rel meghaladják a jelenleg érvényes mértékadó árvízszintet.

A Tisza Szamos torkolata alatti árvédelmi művei közel száz éve töltésszakadás, átvágás, szükségtározás nélkül állják az emelkedő árvizek nyomását, addig a Körösök árterében élőknek még mindig nem kielégítő a biztonsága. Korbély (1916) az árvízi biztonság fokozására hívja fel a figyelmet a Körösöknél. A Körösök hazai szakaszán 1925-től negyven éven át nem volt töltésszakadással járó, nagy veszélyt jelentő árvíz, az azt követő harminc év alatt viszont tíznél több töltésszakadás – kényszerű töltésátvágás<sup>7</sup> – is volt, mert az LNV szintek 1–1,5 m nagyságrendben növekedtek (Papp 1996, Dunka – Papp 2008).

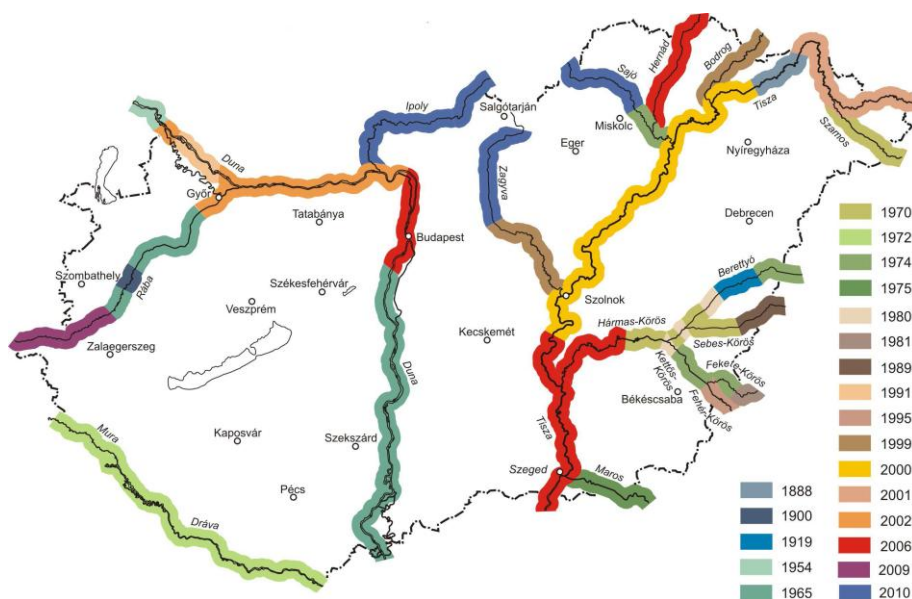
Az 1932. évi árhullámot követően a Tiszán az 1970. évi árhullám haladta meg az addigi legnagyobb vízszinteket Tokaj és környéke kivételével (9. ábra). Mindmáig nem sikerült kideríteni, hogy a Tisza mentén Tokaj és Tiszaug között hogyan jöhettek létre az

---

<sup>7</sup> Töltésnyitást csak kotrógéppel célszerű kivitelezni robbantás helyett. Ugyanolyan gyors, jobban irányítható, és biztosan talpig bontható a töltés (Némethy – Beleznai 1970).

1999. és 2000. évi árvizek rendkívüli vízállás rekordjai a korábbi vízhozam-maximumok növekedése nélkül (Papp 2004). Szolnok térségében a Tisza medre hasonló vízszint mellett 2000-ben 200 m<sup>3</sup>/s-mal kevesebb vízhozamot vezetett le 1970-hez képest. Ugyanakkora vízhozam (mintegy 2400 m<sup>3</sup>/s) közel 1 m-rel magasabb vízszinttel tetőzött (az 1970-es és az 1999-es árvizeket összehasonlítva) Lehetséges, hogy az árvizet valami visszaduzzasztja a Szolnok–Csongrád folyószakaszon (Timár 2003)?

A vízállás-vízhozam kapcsolatban bekövetkező változások kiváltó okait többen vizsgálták: a hullámtér vízlevezető képességének romlásával bizonyos mértékű vízállás emelkedést tételeztek fel (Nagy et al 2000), a Vezsenyi kanyar visszaduzzasztó hatásával mindössze néhány cm-es romlást tudtak kimutatni (Rátky et al 2002). Timár a felszín-süllyedés hatását vizsgálta, amely Szolnoknál 4,3 mm/év (Joó 1992, Franyó 1992), míg az alatta levő Tisza- és Tiszasasas területen csak 1,3–1,5 mm/év. Megállapította, hogy a szolnoki vízmérce 30 év alatt csaknem 100 mm-rel került közelebb a tengerszinthez, mint a tiszakécskei. Az egyenlőtlen felszín-süllyedés következtében megváltozik a mederesítés, aminek eredményeként a Szolnok feletti szakaszra visszaduzzasztás lép fel. Mindezek a hatások csak csekély mértékű vízállás-emelést eredményeznek.



9. ábra. Hazánk jelentősebb folyóin eddig tapasztalt legmagasabb vízállások időpontjai (Rakonczai 2011)

A felszínmozgások okait is több tanulmány vizsgálja (Joó 2006, Joó et al 2006, 2007, Pájer et al 2004). Vajk (2003) felelőssé teszi a nyárigákat, a tuskógákat, az övzátornyokat, a feliszapolódást, a területhasználat változását és a mederoldali növényzet elburjánzását. Azonban senki sem számolt a két időszak között a térségben megépített és

*vízet tározó Kiskörei duzzasztómű vízjárást befolyásoló és a Törökbecsei duzzasztómű vízlevezetést szabályozó hatásával.*

Nagyon fontos feladat a vízi létesítmények folyamatos karbantartása, a mederelfajulások és feltöltődések megelőzése, a preventív intézkedések, amire Beszédes már a XIX. század 20-as, 30-as éveiben felhívta a figyelmet (*Fodor 1952, Károlyi 1953*). A mellékfolyókon és a Tiszán érkező árhullámok egymásra halmozódásának következtében az Alsó-Tiszán az árvízi időszakok március hónapban már megkezdődnek és akár júniusig is eltarthatnak. Ez a hatás az árvízvédelmi töltésekre nézve rendkívüli terhelését jelent (*Rakonczai – Kozák 2009*). Az árvizek növekvő lefolyási szintje és tartóssága miatt szükséges a védelmi művek folyamatos fejlesztése (*Deák 2001*), az észlelések, riasztások, előrejelzések és az árvízvédekezés informatikai kiszolgálásának a továbbfejlesztése (*Szlávik 2000*). A védművek további kiépítésének mértékét gazdaságossági szempontból is meg kell vizsgálni. A kockázat nagyságának meghatározásánál meg kell állapítani a kedvezőtlen esemény bekövetkezésének valószínűségét és a kedvezőtlen eredmény esetén a keletkező kár nagyságát (*Nagy – Tóth 2003*). A védművek fejlesztéseit sajnos a politikai döntéshozás igencsak meghatározza (*Hankó – Orlóci – Bauer 2001*).

Az árvízvédekezés megoldására más javaslatok is születtek. A Tisza és a mellékfolyói árvízi hozamai levezetéséhez és a várható igényeknek megfelelő vízkészletek tározásához, nagyobb térre van szüksége a folyónak (*Nagy 2005*). *Bokor és Jolánkai (1958)* a nyárigátak hullámtéri tározás céljából történő felhasználását vizsgálta. Részletezi az árhullám levonulásának javíthatóságát, az árhullám „lenyesésével”, a víz egy részének visszatartásával hullámtéri tározókban, addig, amíg az árhullám eleje levonul. A Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése ehhez hasonlóan gondolkodva, de tározásra nem az hullámteret, hanem a töltéseken kívüli mélyebb területeket kialakítva, valósította meg az árhullámok fölös vizének tározási lehetőségét. 2010-ben a Sajó, Hernád, Bódva és részben a Bodrog folyók árhullámai által a Tiszában generált magas vízállás csökkentését a Tiszaroffi vésztározó megnyitásával kívánták enyhíteni. A HEC-RAS modellt tesztelték, amely Szegednél 20 cm-es vízálláscsökkenést eredményezett. Ezen árhullám azonban azon kivételes árhullámok közé tartozott, amikor a Hármaskörös a Maros és a Duna nem okozott a Tiszában duzzasztást.



---

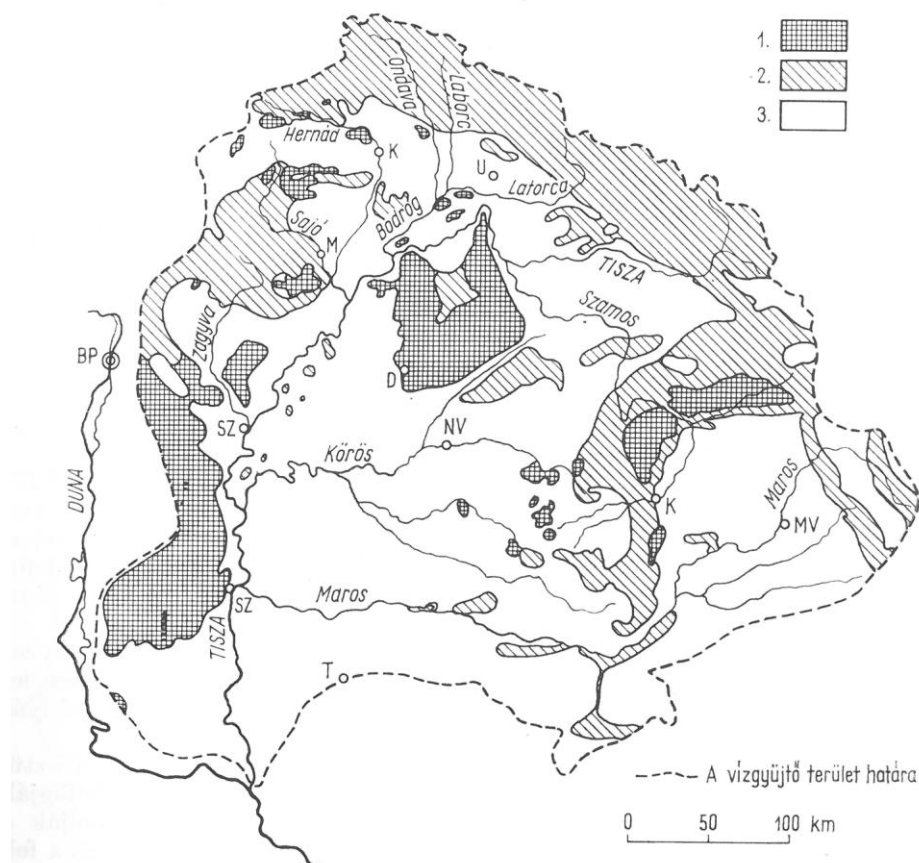
## 2.4. A TISZAFÜRED ALATTI FOLYÓSZAKASZ TULAJDONSÁGAI, AZOK FÖLDRAJZI HÁTTERE ÉS HIDROLÓGIAI ÉRTÉKELÉSE IRODALMI ADATOK ALAPJÁN

---

Másként hatnak az áradások a hegyek közti völgyekben, és máshogy a síkságon. A nagy mederesés mellett lezúduló vízmozgás gyorsan levezeti a viszonylag kis vízmenynyiségeket. A víz lefelé haladtában egyre kisebb eséssel, és egyre több vízzel társulva lelassul. A hosszan tartó esőzések teljesen átmedvesítik a talajt, így az újabb felhőszakadás vizének még nagyobb része fog a felszínen lefolyni. A síkságon az árvíz magassága egyre kisebb, viszont egyre nagyobb területeket önt el. De az egyre kisebb szintingadozás egyre nagyobb vízmennyiség mellett jön létre. A folyó alföldi szakaszának áradásai a bőséges vízutánpótlásból és a mellékfolyók összegződő árhullámaiból alakulnak ki. A főfolyó áradó árvize fékezheti a mellékág beömlését, és így azon visszaduzzadó árvizet hozhat létre. A visszaduzzadó árvíz a meder keresztmetszetétől függ. A vízállás ingadozása a mellékfolyók torkolata alatt és a szorosokban az átlagosnál erősebb. A vízfolyáson épített tárolók viszont kiegyenlítő hatásúak (Czaya 1981).

A Tisza a Szamos torkolata felett felső szakasz jellegű, alatta középszakasz jellegű. Az Alsó-Tisza a Maros beömlésénél kezdődik (Ihrig 1973, Somogyi 1983). Az általam vizsgált szakasz Tiszafüredtől Törökbecséig a Középső- és az Alsó-Tisza szakasz nagy hányadát felöleli. Itt ömlik a Tiszába a Kis-Tisza, a Zagyva, a Hármas-Körös, a Maros és az Aranka vize. A Kis-Tisza jobb parti mellékfolyó, egy régi Tisza meder, amely a Bükk hegység vizeit vezeti le. Ugyancsak jobb parti mellékfolyó a Zagyva. Vízigyűjtője 5 677 km<sup>2</sup>. A Mátra és a Cserhát vizeit gyűjti be és csak időszakosan bővizű folyó. Szolnoknál ömlik a Tiszába. Bal parti mellékfolyó a Hármas-Körös, melynek vízigyűjtője 27 537 km<sup>2</sup>, és Csongrádnál ömlik a Tiszába. Az Erdélyi-szigethegység vizei táplálják a négy mellékágát a Fehér- Fekete- Sebes-Köröst és a Berettyót, míg a Hortobágy–Berettyót a Tiszán túl síksága látja el vizekkel. Kis esésű folyó, az alsó szakaszon a szabályozás óta a kisvízi esése 4 cm/km, a nagyvízi esése 4–6 cm/km. A Maros is bal parti mellékfolyó, melynek vízigyűjtője 30 332 km<sup>2</sup>, azaz a Tisza vízigyűjtőjének 20%-a. Vizeit az Erdélyi-medence déli részéről gyűjti be, és Szegednél torkollik a Tiszába. Viszonylag nagy esésű folyó, és az egyenletesen oszlik el. Az alsó szakaszán 13 cm/km. Az Aranka a mai Románia területén ered és a mai Szerbia területén a Tisza bal partján önti vizeit a folyóba. A Tisza a nyugat felől lehatároló Duna–Tisza közötti homokhátról számottevő vizet nem kap (Andó 2002).

A felszín áteresztőképessége lényegesen befolyásolja a vizek összegyülekezését és lefolyását. A vízzáró felszín hevesebbé teszi, a vizet áteresztő mérsékli a lefolyást. A lefolyás táplálása szempontjából a felszínhez közeli kőzetek víztartó és vízvezető képességének van jelentősége. A Körösök vízjárását nagy vízzáró felületek teszik szeszélyessé (10. ábra). A Maros vízgyűjtőjének felszíne is nagyobb részben vízzáró, de a magasabb fekvésű féligáteresztő felületek ellensúlyozzák ennek kedvezőtlen hatását



10. ábra. A tiszai vízgyűjtő felszínének áteresztőképessége.

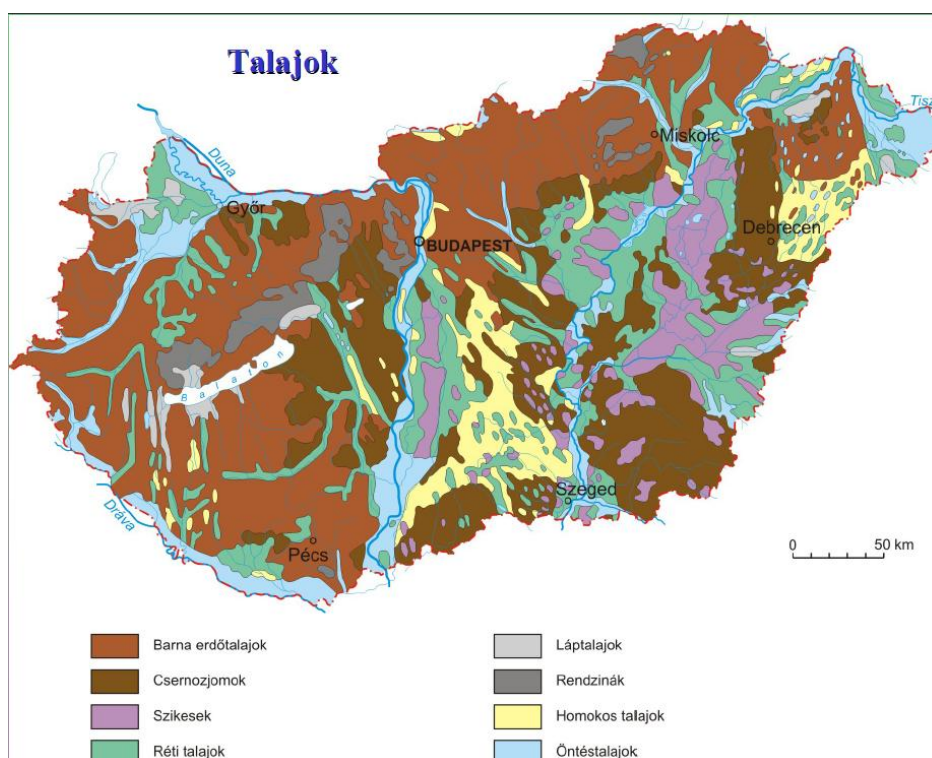
(in: Lászlóffy 1982, Bogdánfy Ödön nyomán)

1 = áteresztő, 2 = féligáteresztő, 3 = vízzáró felszín

A vízhiányos időszakokban, amikor kevés csapadék hullik, és a vízgyűjtő területről nem érkezik számottevő vízutánpótlás, kevesebb, és gyorsan megcsappanó helyi víz-hozzáfolyás áll csak rendelkezésére. Az 1950-es évektől az öntözés miatti vízkivételek megnövelték a kisvizes időszakok hosszát (Lászlóffy 1982).

A Magyar Alföld talajvíz tekintetében sok szabály alól kivételt képez. Itt hatalmas kiterjedésű, nehéz mechanikai összetételű, nagy agyagásvány-tartalmú, valamint szikes talajok találhatók. Ezek tulajdonságuknál fogva még nagy intenzitású csapadék alatt sem

áznak be mélyen. Emiatt nem használják ki a felső egy méteres rétegük vízraktározó képességét (Várallyay 2007). Kivételt képez a Duna–Tisza-közi Hátság és a Nyírség, ahol a felszín vízáteresztő. Itt a nagyobb mennyiségű csapadék is viszonylag gyorsan be tud szivárogni a mélyebb rétegekbe. A löszréteg jó vízgazdálkodású: aránylag könnyen felveszi a vizet és sokáig tárolja. A löszterületeken a talajvíz általában 4–5 m-re a felszín alatt van és lassúbb az ingadozása, szemben a homoktalajokkal, ahol a talajvíz a felszín közelében áll, és 1–2 m az éves ingadozása. Jó vízgazdálkodású talajok (pl. csernozjom), megfelelő víztelítettség esetén képesek a termesztett növények vízigényét a csapadékhiányos időszakban pótolni (Várallyay 2003, 2004, 11. ábra).



11. ábra. Talajok Magyarország területén (Budai T. 2010) nyomán

Az Alföldön a talajvíz iszapban, finom kőzetlisztben és agyagban is megtalálható, de csak ott lehet kinyerni belőle, ahol járatok, repedések vannak. Itt a talajvíz a felszín alatt található első vízréteg, amely nem szükségszerűen a helyi csapadékból táplálódik, és sok helyen nyomás alatt van, ami nem is engedi meg a helyi csapadék felszínről történő közvetlen beszivárgását. Ugyanakkor megállapítható, hogy a mélységi vízfigyelő kutak vízjátéka összefüggést mutat a felszíni csapadékviszonyokkal (Rónai 1985).

A Felső-Tiszaán rendszerint három nagyobb árhullám szokott elindulni: kettő a tavaszi hónapokban és egy ősszel (Bogdánfy 1906). A nagyésésű felső folyószakaszokról lezú-

duló tavaszi hóolvadásból származó és a májusi árhullám rendszerint a Szamos torkolata alatt a lecsökkenő esés következtében összeolvad, és legtöbbször találkozik a Hármas-Körös és a nagyyesésű, jelentős vízhozamot szállító Maros árhullámával. Ezért a Közép-Tisza érintett szakaszain igen hosszan tartó és magas vízállás alakul ki (*Ihrig 1973*). Az Alsó-Tiszán azonban a befogadó Duna magas vízállása is igen komoly megtorlasztást képes előállítani a Tiszában, amely hasonlóan megnöveli a vízállások szintjét, és az árhullámok tartósságát. Az árhullámok levonulását gátló hidrológiai jelenségek a Duna, a Maros és a Hármas-Körös vízhozamai természetes duzzasztó hatására alakulnak ki (*Vágás – Simády 1983*). A duzzasztás mértéke a folyók árhullámai nagyságától függően esetenként változó, és jelentősége azért olyan nagy, mert a folyó kis esése miatt a visszatorlódások nagy távolságokon érvényesülnek, és hosszú időn át tartanak. Ezek a jelenségek már a szabályozás előtt is fennálltak (*Huszár 1885, Bogdánfy 1906, Korbély 1937*), nem pedig a szabályozás hatására alakultak ki. Ezért is nem okozhatták őket a folyók ki nem elégítő mederviszonyai, amit *Erdős (1920)* és *Telljesniczky (1923)* feltételeztek. Későbbi elemzések is igazolták, hogy a megtorlódás oka hidrológiai, és nem folyószabályozási, vagy medermorfológiai volt (*Vágás – Simády 1983, Vágás 2000*).

A visszaduzzasztás erőssége a távolsággal együtt csökken. Az áradó befogadó horizontális helyzete szerint *a Duna visszaduzzasztó hatása a Tiszánál Csongrád térségében ér véget (Huszár 1985 újraközl.)*. A Duna duzzasztó hatása, mint *Bogdánfy* is említi, 1890. szeptember havában egész **Szolnokig** érezhető volt, mert a Duna közepes áradása igen kicsiny és apadó tiszai vízzel találkozott. De nemcsak a Dunának, hanem a mellékfolyóknak is jelentékeny duzzasztó hatásuk van: a **Maros** rendkívüli nagy árhulláma nemcsak Szegednél és ez alatt, hanem **Szeged felett** is felemeli a Tisza vízszintjét. A Körös duzzasztó hatása kisebb, de még elég jelentékeny. A Tiszán a főfolyó és a mellékfolyó áradásai között szoros kapcsolat van, ugyanazért a Tiszát vízjárás tekintetében sokáig úgy tekintették, mint egységes folyót, és a felső szakaszon észlelt vízállásokból – tekintet nélkül a mellékfolyók áradására – következtettek az alsó szakasz vízállásaira. Igen sok esetben a szegedi tetőzés már **nem a Tisza, hanem a Maros és/vagy a Duna** áradása után igazodik. Igen sok esetben *Szegeden* az árvíz előbb tetőzik, mint *Csongrádon* (*Korbély 1909, 1937*).

A Tisza árvíz-levezető képességét nem lehetett a meder fejlesztésével sem tovább fokozni (*Szlávik et al 1997*), mert hiába növelték meg a szabályozással a folyó esését, az

Alsó-Tisza medrét a Maros és a Hármas-Körös gyorsan lefutó árvizével megtölti, mielőtt még a Tisza árhulláma megérkezne, és ezzel lerontja a vízszín-esését felfelé. Ugyancsak nem lehetett a szabályozással megakadályozni, hogy a mellékfolyók későbbi árhullámai ne találkozhassanak a Tisza korábbi árhullámával (Iványi 1948). A Közép-Tisza helyzetét súlyosbítja a mellékfolyókon végrehajtott nagyszámú átvágás, amelyek miatt ezek árhulláma esetenként a korábbinál kedvezőtlenebbül találkozik össze a befogadón levonuló árhullámmal. A vizek megnövekedett levonulási sebessége következtében az árhullámok nemcsak magasabbra hágnak, de gyakrabban is lépnek ki a mederből, mint azelőtt, viszont gyorsabban is húzódnak vissza. A vízszín-esés növekedése a Szolnok alatti szakaszon, de különösen Szeged alatt, az Alsó-Tiszán a legkisebb (Lászlóffy 1982).

A Tiszának, vagy a hozzá hasonló kis esésű és sok mellékfolyós vízfolyásoknak a vize még akkor is **duzzasztott**, vagy **süllyesztett** állapotban van, ha a vízmozgás – ami meglehetősen ritka – történetesen permanens. A vízszín-duzzasztás és süllyesztés: a vízfolyás mentén **alulról felfelé** terjedő hatás. A magányos árhullám tetőzésének levonulási sebessége átlagos tiszai körülmények között 1,5 km/h (= 35 km/d = 0,4 m/s) körül ingadozik. A duzzasztási, vagy süllyesztési hatások alulról felfelé terjedésének sebessége a Tiszán nagyjából 30–50 km/h. Teljesen mindegy, hogy a fent leírt hatásokat mesterséges duzzasztóművel idézzük elő, vagy, hogy ezt a természeti körülmények a befogadó, vagy a mellékfolyók vízszállításának megfelelően maguktól hozzák létre (Vágás – Simády 1983).

Fiala et al (2007) eddigi elemzéseik alapján megállapították, hogy mind a Maros, mind pedig a Tisza medrének morfológiai paraméterei (mélység viszonyai, érdessége) valamint vízvezető képessége sok esetben nem a legnagyobb vízállás, de még nem is a legnagyobb munkavégző képesség idején a legnagyobb.

---

## 2.5. A DUZZASZTÓMŰVEKRŐL

---

Míg külföldön a folyókon létesített erőművek célja főképp a **nagy esésből** származó vízenergia kiaknázása, illetve a medererózió mérséklése<sup>8</sup>, megállítása (*Giesecke 1990, British Petrol 2002, Heimerl 2002, 2005, Heimerl – Giesecke 2004, Bartle 2005*), addig Magyarországon a **kisesésű Tiszán** a duzzasztóművek létesítése elsősorban a vízkészletek biztosítása, és a hajózhatóság érdekében történik.

A Hármaskörös torkolat fölött 5,5 fkm-re a Bökényi duzzasztómű a 1906-ban a hajózhatóság érdekében létesült. A tűsgát a kisvizeket 2,5–3 m-t duzzasztotta, és Békésszentandrásig biztosította a hajózhatóság szempontjából szükséges 2 m vízmélységet. A Békésszentandrás duzzasztóművet 1936–42 években építették meg a folyó 48 fkm szelvényében. Kisvíz idején 4,5–5,2 m duzzasztást biztosít. Kedvező hatása a hajózási mélység tekintetében a Kettős-Körösön Békésig, a Sebes-Körösön Körösladányig és a Hortobágy–Berettyó főcsatornán Túrkevéig érvényesül. Ez a duzzasztómű az első nagy műtárgy, amely a Tiszántúl öntözését hivatott elősegíteni (*Kertai 1963*).

Elsősorban a Tiszántúl öntözésének, illetve a Körös-völgy vízpótlásának elősegítésére épült meg az ötvenes években a Tisza magyarországi szakaszán az első jelentős műtárgy, a Tiszalöki duzzasztómű, amely 1959-ben kezdett el magasabb duzzasztási szintet előállítani. A vízenergiát villamos energia termelésére hasznosítják. A vízerőmű a Tisza 518,2 fkm szelvényében van. A műtárgyat a rázompusztai kanyar átvágásában alakították ki. A duzzasztómű 7 méterrel emeli meg a vízszintet. A hajózsilip 85x17 méteres. Egy átzsilipelés alkalmával 30 perc alatt 10.115 m<sup>3</sup> vizet juttat (~5,62 m<sup>3</sup>/s) a vízerőmű alvizére. A Tiszalöki duzzasztómű üzembe-helyezését követően a műtárgy környezetében a talajvíz szintje 0,5–1,0 m-t emelkedett meg (*Mosonyi – Pados – Ötvös 2004*).

A Kiskörei vízlépcső megépítésénél négy fő szempontot vettek figyelembe: megfelelő vízmennyiség létrehozása az öntözés biztosítására, a hajóút kialakítása a Tiszán, energiatermelés és az idegenforgalom, turizmus fejlesztése. A műtárgy a Tisza 404 fkm szelvényében – jobb parti átvágásában – épült. A vízlépcsőt 1967-ben kezdték el a hullámtérben épülő mű árvédelmét szolgáló körtöltés építésével. 1973. év tavaszán épült meg a vízepítési műtárgy. A vízerőmű berendezései 1974-ben készültek el. A műtárgy mellett

---

<sup>8</sup> Ausztriában pl. a Dunán a nagy esésből származó káros medermélyülést duzzasztással kívánják lefékezni, csökkenteni (*Koncz, 1999*).

lévő hajózsilip 85x12 méteres. A műtárgy zárószerkezetei maximum 11 m-es vízoszlop megtartására lettek kialakítva.

A Törökbecsei duzzasztómű a Tisza 63 fkm szelvényében épült meg, közvetlenül a Duna–Tisza–Duna főcsatorna becsatlakozó szelvénye alatt. A vízlépcső három fő részből áll: hajózsilip, a meder közepén elhelyezett 7x24,5 m szélességű vasbeton bukókból és a 75,5 m-es túlfolyóból, amely a nagyvizek idején lép működésbe. A bukók szegmens záras, szelepes táblákkal szabályozhatók 2 m-es vízállástartományon belül a duzzasztás mértékének függvényében (*Kardos 2001*).

A duzzasztóművek helyének kiválasztása gondos mérnöki tervezést igényel (*Weiß 1992*). A duzzasztómű megépítésének felmerülő igénye behatárolja a helyszínt. Az így lehatárolt térségen belül kell kiválasztanunk azt a legalkalmasabb helyet, ahol a kialakítandó tározó elérni kívánt méreteit a földrajzi adottságok biztosítják. A geológiai adottságok a műtárgy kiépíthetőségét és az állékonyságát befolyásolják, emiatt igen fontos tényezőnek számít a tervezésnél. A gazdaságosabb építés érdekében cél, hogy minél kisebb földmunkával járjon, ezért elfajult kanyarulatok átmetszésében létesíthetők olcsóbban a duzzasztóművek. Ezzel egyébként hosszcsökkenést is elérünk a folyón, így az esését is növeljük. Figyelembe kell még venni a természetvédelmi és a környezetvédelmi előírásokat, és hatástanulmányokat kell készíteni a megváltozás várható következményeiről (*Rood – Mahoney 1990, Ligon et al 1995, Power et al 1996, Richter et al 1996, Wootton et al 1996*). Több lehetséges kiépítési hely is adódhat. Az egyes változatokat össze kell hasonlítani (*Maniak 2001*), és gondos mérlegeléssel az érintett szakágazatokkal egyeztetve kell kiválasztani a legalkalmasabbat (*Giesecke – Heimerl 2000*). A duzzasztás funkciója alapján választható ki a duzzasztómű típusa.

*Szlávik a 2001. évi szegedi Földrajzi Konferencián* a Tisza-völgyi külföldi tározók kedvező és kedvezőtlen üzemeltetésének a Közép- illetve Alsó-Tiszán jelentkező 20–30 cm-es vízálláscsökkentő, illetve vízállást növelő hatásáról is említést tett. Mivel az árhullámok magassága, tartóssága és hevesége jelentősen befolyásolható az ukrán és román területen lévő mintegy 2 milliárd m<sup>3</sup> osztérfogatú tározókkal, fontosnak tartja a nemzetközi együttműködést a vízkárelhárításban, a létesítmények összehangolt fejlesztésével és üzemeltetésével (*Szlávik 2000*). Pl. 1989-ben a Sebes-Körösön minden eddiginél hevesebb árhullám vonult le, amely a Tegledi tározó völgyzáró gátján támadt hiba következménye volt.



A romániai hegyvidéki tározók (ahol az árhullámok még hevesek) vízjárást alakító hatása: a legkisebb vízhozamok növelése és a nagyvízi hozamok csökkentése (*Stegăroiu 1999*). *Míg a folyók felső szakaszán létesült tározók alkalmasak az árvízi vízhozamok csökkentésére, az árhullám ellapítására, addig a folyó alsó szakaszán létesült síkvidéki tározók a nagy víztömegek és a korlátozott méretű tározóterek miatt erre már csak a vízszintek erőteljes megemelése mellett képesek.*

Általában a duzzasztóművek alatti folyószakaszokra a nagy vízhasználat és a párolgás (*Ibanez – Prat 1996*) miatt kevesebb vizet engednek tovább, mint amennyi felülről érkezik. Emiatt az alvízi szakaszokon gyakrabban fordul elő kisvízállás, csökken annak szintje, miközben megnő a tartóssága (*William – Wolman 1984, Magilligan – Nislow 2001*). A szoros kapcsolatu duzzasztóművek esetében ilyen hatás nem jelentkezik, mert az alsó vízlépcső duzzasztása felhat a felső műtárgyig. Hasonlóan kedvező tényező a kisvizek alakulására a mellékágak betorkolása a duzzasztóművek alatti szakaszokon, és vízhozam növelő tényezőnek számít még a műtárgytól távolodva a vízgyűjtő terület megnövekedésével együtt járó hozzáfolyás is (*Richter et al 1998, Galat – Lipkin 2000, Batalla et al 2004*). A kisvízi vízállások lecsökkenésében szerepet játszik a megnövekvő vízenergia miatt fellépő medererózió is (*William – Wolman 1984*).

A duzzasztómű szelvénye felett a lecsökkenő vízszín-esés miatt az akkumuláció a jellemző<sup>9</sup> (*Szabó 2006*). Ezen folyamatok következtében változik a meder geomorfológiája (*Gregory – Park 1974, Williams – Wolman 1984*). Idővel a hordalékmozgás üteme lelassul, és kialakulhat egy új dinamikai egyensúly (*Szabó 2006*). Sajnos a duzzasztóművek mögötti tározótér a nagy mennyiségű hordalék lerakódás következtében (~90%) (*Williams – Wolman 1984*) fokozatosan feltöltődik. Ezt a folyamatot a növényzet megtelepedése is elősegíti. A Kiskörei tározó feliszapolódása következtében a megtelepült növényzet tovább rontotta a hordalékmozgást. Emiatt 1990-től közel egy méterrel magasabb duzzasztási szintet kellett kialakítani.

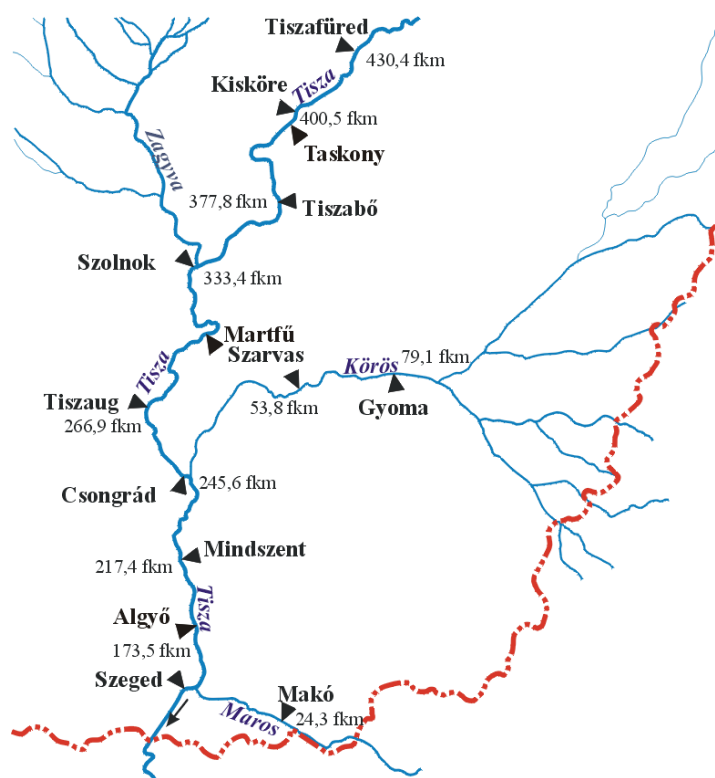
---

<sup>9</sup> A Közép- és Alsó-Tiszán a hullámtéri üledék-felhalmozódás mértékét talajminták feldolgozásával határozták meg. Szolnok térségében a milléri mintavételezés helyénél a korábbi akkumulációt az 1976. évet követően az erózió jellemzi. A Mindszent alatt a Mártélyi-holtágnál végzett mérés pedig a korábbi akkumulációhoz képest az 1976 utáni időszakot kétszer olyan gyors akkumulációval jellemezte. A lecsökkenő vízsebesség az ártérre is jellemző. Például a 2006. tavaszi árvíz Szolnoknál Szajol térségében jellemzően a partélek mentén (300 m-en belül) rakta le hordalékát függetlenül a növényzet sűrűségétől. A terület morfológiája lényegesen befolyásolja az üledék-felhalmozódást. A növényzet sűrűsége a vízsebesség csökkenésével áll egyenes arányban. A kisebb sebesség kevesebb hordalékot szállít (*Sándor – Kiss 2006*).



### 3.A KUTATÁS ALAPADATAI ÉS A FELDOLGOZÁS MÓDJÁ

A **Tisza folyón** tizenhárom (Tiszafüred, Taskony, Tiszabő, Szolnok, Martfű, Tiszaug, Csongrád, Mindszent, Algyő, Szeged, Törökkanizsa (Novi Kneževac), Zenta (Senta), Törökbecse (Novi Bečej)) állomás vízmércéin (12. ábra), az 1876. január 1.-től 2009. december 31.-ig terjedő időszak közel hatmillió regisztrált „nyers” vízállásból leválogatott több



mint hatszázezer napi adatát dolgoztam fel. Az 1800-as évekre csak nyomtatott formában álltak rendelkezésre, és a külföldi adatok nem szerkeszthető formátuma miatt, azokat manuálisan kellett gépre vinnem. A számításokat Excel táblában végeztem, emiatt a rendelkezésemre álló adatsorokat át kellett konvertálnom, mert azok szöveg formátumban voltak. Az ugyanabban az időben észlelt reggeli vízállásokat állomásonként, évi bontásban rendeztem táblázatba.

12. ábra. A vízmércék helye

A vízmércék „0”- pontjai (magasság és távolság a torkolattól) adatai birtokában a kigyűjtött, és táblázatba rendezett vízállásokkal elvégeztem a szükséges korrekciókat.

Mivel a vízmércéket a vizsgált időszakban többször is áthelyezték az így kigyűjtött vízállásokat tovább módosítottam. Minden állomáson a jelenlegi „0”- pontot alapul véve egységes szintre hoztam az adatokat. A távolságok a Tisza medrének középvonalára vonatkoznak (1. táblázat).

A vízszín-esést két szomszédos vízmérce azonos időben észlelt adataiból úgy határoztam meg, hogy a vízmércék „0”- pontjait figyelembe véve kiszámoltam a két vízállás közötti magasságkülönbséget és elosztottam a vízmércék közötti távolsággal. Az így ér-

telmezett vízszín-esés tulajdonképpen átlagos érték a két vizsgált állomás között, mértékegysége cm/km.

A vízállások méteres osztásközökre bontásával külön vizsgáltam az egyes vízállás-tartományokhoz tartozó vízszín-eséseket. Ezzel meg tudtam határozni a legkisebb vi-zek, kisvizek, középvizek és nagyvizek tartományában annak alakulását. A vizsgált szakaszok vízszín-esés értékeit mindig az alsó vízmérce vízállásaihoz rendeltem hozzá.

*1. táblázat. A vízmércék aktuális „0”- pontjai*

| <b>Vízmérce állo-<br/>mások</b> | <b>„0”- pont<br/>[mBf]</b> | <b>távolság a torko-<br/>lattól [fkm]</b> |
|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------|
| Tiszafüred                      | 83,16                      | 430,5                                     |
| Taskony                         | 81,04                      | 401,6                                     |
| Tiszaabő                        | 79,88                      | 369,0                                     |
| Szolnok                         | 78,78                      | 334,6                                     |
| Martfű                          | 78,32                      | 306,9                                     |
| Tiszaug                         | 77,56                      | 267,6                                     |
| Csongrád                        | 76,18                      | 246,2                                     |
| Mindszent                       | 74,82                      | 217,74                                    |
| Algyő                           | 74,00                      | 192,0                                     |
| Szeged                          | 73,70                      | 173,6                                     |
| Törökkanizsa                    | 72,80                      | 142,86                                    |
| Zenta                           | 72,02                      | 122,0                                     |
| Törökbecse                      | 71,10                      | 65,00                                     |

Időben is szakaszoltam a vizsgált időszakot (1876–2009). Némely szakaszolásra azért volt szükség, mert pl. Taskony, Tiszaabő, Martfű állomásokon csak 1889-től állt rendelkezésemre napi vízállásadat. Az I. világháborút követően a Szeged alatti állomá-sokon néhány évben nem regisztráltak adatot. A vízlépcsők megépítésével újabb vál-tozások következtek be a mederszakaszokon. (1957-ben a Tiszaöki-, 1973-ban a Kis-körei- és 1976-ban a Törökbecsei duzzasztóműveket helyezték üzembe). Az 1973–2009 terjedő időszakot a Kiskörei- és 1976-tól a Törökbecsei duzzasztómű üze-me befolyásolja.

A kis-, a közép- és a nagyvíz változásai vizsgálatához kigyűjtöttem a vízállások éves LKV, LNV és átlagos értékeit, figyelembe véve azokat az eseményeket, beavatkozásokat a folyó életében, amelyek hatással voltak, vagy lehettek a vízjárás megváltozására.

Meghatároztam továbbá a vízállások éves tartózkodási idejét a „0”- pont alatt, és a 600 cm felett, illetve árhullámonként is a 600 cm feletti tartózkodási időt.

Megszámoltam a Tiszán levonuló árhullámok számát, amelyek minden állomásnál tetőztek, illetve azokat, amelyek szabályosan vonultak le, ahol a tetőzéskor nem volt kimutatható visszaduzzasztó hatás. (Ez utóbbiból összesen csak hat árhullámot találtam 1876 óta.)

Annak érdekében, hogy a folyók vízjárásában bekövetkező változások és a talajvízjárás kapcsolatát igazoljam, feldolgoztam a rendelkezésre álló talajvíz kutak éves kisvízi és nagyvízi talajvízállásait. Ezen adatok, és a folyók hozzá tartozó vízállásai alapján az éves kisvízi, illetve nagyvízi vízállások változásait vizsgáltam meg.

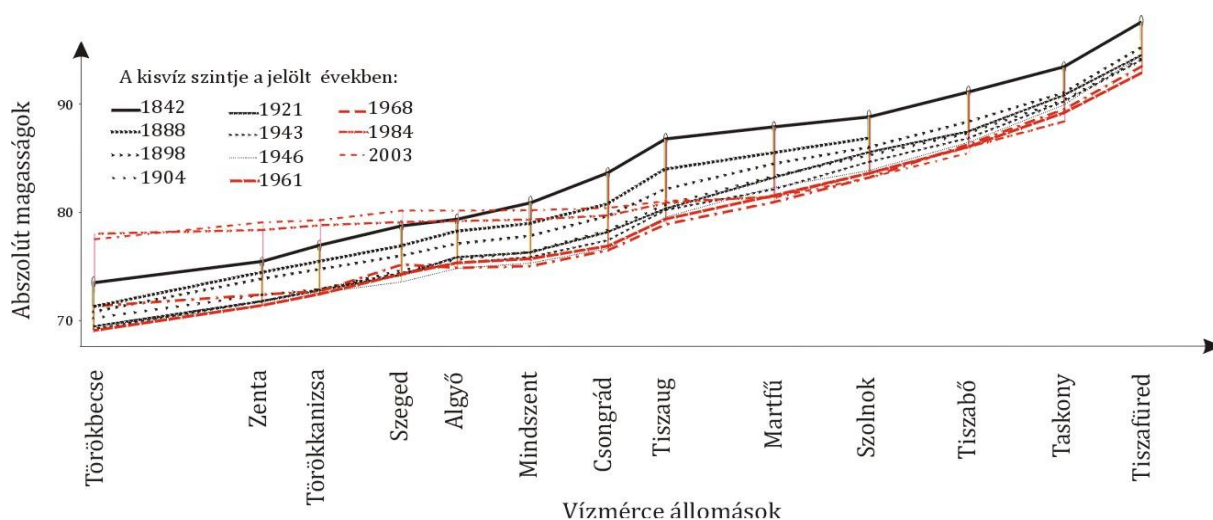
Az árvízi hurokgörbék és a fordított árvízi hurokgörbék kialakulásának lehetséges esetei megállapítása végett a vízállások és a rendelkezésre álló csekély számú vízhozam mérések alapján árvízi hurokgörbéket szerkesztettem. Ugyanezen esetekre elkészítettem a mércekapcsolat-történeti vonalakat is. Összehasonlítottam a duzzasztóművek üzembe helyezése előtti állapotokat az azt követő időszakokkal, hogy kimutathassam a mesterséges duzzasztás hatására bekövetkező változásokat a Tisza vízjárásában.

## 4.A DUNA, A MELLÉKFOLYÓK ÉS A DUZZASZTÓMŰVEK VÍZJÁRÁSRA GYAKOROLT HATÁSÁNAK VIZSGÁLATA

### 4.1. A HÁRMAS-KÖRÖS VÍZJÁRÁSÁNAK HATÁSA A TISZA KISVÍZI VÍZÁLLÁSAINAK LESÜLLYEDÉSÉRE

A nagy Tisza-szabályozás befejezése, de különösen pedig az átmetszések kifejlődése, anyamederré válása után a kisvíz szintje fokozatosan leszállt a mederben. A kisvízszint leszállása Tiszaújlaktól lefelé mindenütt jelentékeny volt, különösen nagy azonban Vásárosnamény és Záhony (637–696 km), továbbá Martfű és Mindszent között (217–300 km). A kisvíz szintjének leszállása részben a meder mélyebb beágyazódásából, a megrövidített folyóban beállott esésnövekedésből, a meder bővüléséből és a kisvízi hozam megfogyasából adódott (Iványi 1948).

Vizsgálatot végeztem arra vonatkozóan, hogy az 1876 évet követően mikor és milyen körülmények között következett be a korábbiaknál nagyobb mértékű süllyedés a Tisza Martfű, Tiszaug, Csongrád és Mindszent vízmércéin. Először is megállapítottam, hogy már 1876-ban is ezeknél a vízmércéknél a környező vízmércékhez képest alacsonyabb vízállást mérnek. Martfű, Tiszaug és Csongrád szelvényben nemcsak a kisvízi, hanem a közép- és nagyvízi vízállástományokban is kisebb a leolvasott érték. Ennek oka a vízmércék „0”- pontja helyzetével magyarázható. Annak érdekében, hogy a szabályozás hatására bekövetkező változások jobban nyomon követhetők legyenek, az 1941–42 évi kisvíz szintjén rögzítették a vízmércék „0”- pontjait (Iványi 1948).



13. ábra. A legkisebb vízállások alakulása a jelölt években

Így azok az érintett mércéknél az akkori Körös vízhozamával megnövelt értéken kerültek rögzítésre. Ez jól látszik a hossz-szelvényen: a Körös torkolatánál, Szolnok és Mindszent között, kiemelkedik a felszíngörbe, mintha ott egy domb lenne (a Maros torkolatánál, Szegednél is van egy kisebb púp az 1842-es felszíngörbén) (13. ábra). Emiatt a vízállások a szabályozást követően a környező vízmércékhez képest mindig alacsonyabb relatív értéket mutatnak (2. táblázat).

2. táblázat. Tiszai vízállások 1901 márciusában Tiszafüred és Törökbecse között

| vízállások H[cm] |            |         |         |         |        |         |          |           |       |        |              |       |            |
|------------------|------------|---------|---------|---------|--------|---------|----------|-----------|-------|--------|--------------|-------|------------|
| 1901             | Tiszafüred | Taskony | Tiszabó | Szolnok | Martfű | Tiszaug | Csongrád | Mindszent | Algyő | Szeged | Törökkanizsa | Zenta | Törökbecse |
| III.4            | 22         | 47      | 4       | 4       | -49    | -106    | -55      | 1         | 20    | 22     | 28           | 62    | -12        |
| 5                | 30         | 62      | 16      | 16      | -50    | -125    | -65      | -15       | 14    | 14     | 10           | 42    | -38        |
| 6                | 60         | 102     | 48      | 40      | -33    | -100    | -30      | 5         | 30    | 30     | 21           | 47    | -38        |
| 7                | 180        | 162     | 88      | 78      | 2      | -55     | 35       | 76        | 98    | 95     | 76           | 92    | -10        |
| 8                | 334        | 326     | 218     | 149     | 80     | 10      | 103      | 148       | 164   | 151    | 141          | 160   | 68         |
| 9                | 402        | 342     | 324     | 240     | 184    | 130     | 194      | 224       | 218   | 197    | 185          | 216   | 124        |
| 10               | 452        | 410     | 388     | 333     | 272    | 226     | 288      | 310       | 300   | 274    | 249          | 274   | 172        |
| 11               | 468        | 506     | 480     | 436     | 379    | 330     | 386      | 410       | 388   | 366    | 340          | 360   | 283        |
| 12               | 520        | 536     | 512     | 477     | 425    | 385     | 440      | 470       | 450   | 428    | 402          | 426   | 310        |
| 13               | 560        | 578     | 545     | 510     | 461    | 422     | 472      | 502       | 486   | 466    | 438          | 463   | 343        |
| 14               | 564        | 584     | 557     | 522     | 477    | 439     | 495      | 522       | 511   | 496    | 469          | 492   | 370        |
| 15               | 574        | 592     | 565     | 530     | 486    | 452     | 515      | 549       | 537   | 520    | 493          | 515   | 390        |
| 16               | 586        | 603     | 574     | 538     | 495    | 464     | 532      | 567       | 556   | 538    | 508          | 530   | 411        |
| 17               | 595        | 612     | 581     | 546     | 502    | 474     | 549      | 584       | 575   | 556    | 527          | 548   | 425        |
| 18               | 605        | 623     | 590     | 557     | 513    | 484     | 564      | 600       | 591   | 570    | 540          | 561   | 436        |
| 19               | 613        | 645     | 602     | 566     | 523    | 494     | 575      | 614       | 604   | 580    | 552          | 572   | 448        |
| 20               | 620        | 669     | 623     | 579     | 534    | 502     | 584      | 623       | 614   | 592    | 564          | 574   | 460        |
| 21               | 624        | 692     | 652     | 600     | 552    | 515     | 595      | 632       | 621   | 599    | 571          | 588   | 469        |
| 22               | 626        | 708     | 676     | 616     | 571    | 522     | 602      | 638       | 629   | 606    | 575          | 592   | 471        |
| 23               | 628        | 717     | 692     | 640     | 589    | 533     | 610      | 646       | 634   | 612    | 580          | 596   | 475        |

A szabályozás előtt a Körösök még mocsarak szövevényeként vezette le, de főképp tározta a vizeket (Cholnoky 1911). A völgyében a csapadékvizek, mint a szivacsban rak tározódtak, és csak fokozatosan ürültek ki. Így hosszú száraz időszakban is rendelkezett megfelelő tartalékkal, és a kisvíz idején kellő mértékben tudta táplálni a Tisza kapcsolódó szakaszait. Egyrészt a lassú vízlevezetése, másrészt a viszonylag nagytömegű talajvíz révén hosszú időn keresztül folyamatos vízutánpótlást biztosíthatott. A szabályozással

sikerült a Körösök medrét az addigiaknál jobban beágyaztatni. A szűkre szabott töltésekkel megszűnt a korábbi víztározási feladata, és a vizeket igen gyorsan vezeti le.

A Martfű és Tiszaug állomások földrajzi elhelyezkedésükből adódóan a hosszan elnyúló kisvizes időszakokban érzékenyen reagálnak a Hármas-Körös vízállásaira. A Tisza-Köröszug területen mind a Hármas-Körös, mind pedig a Tisza osztozkodik kisvizes időszakban. Mindkét folyó kisvízi vízállása döntő mértékben függ ennek a területnek a talajvíz helyzetétől. Amikor a Hármas-Körös kisvízi vízállása igen alacsony, akkor maga után vonja a Tisza érintett szakaszának kisvízi vízállásait is. Ha a talajvíz szintje a Hármas-Körös miatt mélyebbre süllyed, mint a Tisza kisvízi vízállásai, akkor a Tisza a talajvízből nem tud utánpótlást kapni, ezért apad annak szintje. A tiszántúli terület közepén húzódó mai Hortobágy-Berettyó<sup>10</sup> a Tiszától keletre a mellékágaival fontos szerepet játszik a magyar Alföld jelentős részének vízellátásában (*TIKÖVIZIG 2007*).

Második lépésként részletesebben megvizsgáltam azokat az éveket, amikor a vízállás süllyedés mértéke a korábbi észlelésekhez képest nagyobb volt. Megállapítottam, hogy a süllyedést egyre hosszabb ideig tartó kisvizes időszakok váltották ki. 1888-ban november végén volt a legalacsonyabb a vízállás, amely az őszi hosszú száraz periódus következménye. Ezt követően 1898-ban dőlt meg az újabb kisvízi rekord. Az viszont februárban történt. Itt a lesüllyedés az előző évben kezdődött, és áthúzódott az 1898-as évre. Ezt követően a jelentős kisvízi vízállás-süllyedést kiváltó kisvizes időszakok már nem az őszi hónapokban kezdődtek, hanem tavasszal. Az időjárás viszontagságainak kiszolgáltatott Tisza tavasszal nem kapta meg a szükséges csapadékot, amivel a gyorsan kimerülni képes vízraktárait feltölthette volna, a nyár végére igencsak lesüllyesztette a talajvizet. Az 1904. év végig kisvizes volt. Már március végétől folyamatosan apadt a Tisza vize. A nyár végén augusztusban süllyedt le a legnagyobb mértékben. Hasonlóan alakult 1921-ben, 1943-ban és 1946-ban is: tavasszal kezdődött a vízfogyás, és ősszel érte el a vízállás a legmélyebb szintjét. Az 1946. évi szárazság rendkívüli nagymérvű volt, és ebben az évben az egész Tiszának és mellékfolyóinak forrásvizei nagyon megfogyatkoztak. Az 1904. évi vízálláshoz képest 67 cm-rel tovább süllyedt a kisvízszín 1946-ig. Ez pedig a végrehajtott kisvízi szabályozások eredményeit a hajóúti vízmélység tekintetében lé-

---

<sup>10</sup> A Hortobágy-Berettyó a Hortobágy folyónak az Ágota-halomtól délre eső, a torkolatig terjedő alsó szakasza. Helyén a vízszabályozási munkálatok megkezdése előtt még a Berettyó vize folyt.

nyegesen rontotta. *(Iványi 1948). Ez esetben nem lehetett az ok medermélyülés, hiszen akkor a merülési mélységnek meg kellett volna maradnia! Vízfogyás kellett, hogy okozza a jelenséget, ami a vízmélységben okozott változást.*

Minden alkalommal, amikor a vízszín-süllyedés megdöntötte az előző rekordját, annak mértéke a Csongrád, Tiszaug és Martfű állomásoknál nagyobb mértékű volt, mint a környező vízmércéken. Ennek a jelenségnek az okozója a Körösök és vízgyűjtője vízhozamának és vízraktárainak erős megfogyatkozása. A Körösök a szabályozását követően a nagyobb esése miatt sokkal gyorsabban vezette le az árhullámokat, ezzel pedig lecsökkent a nagyvizes időszakai hossza, és ennek rovására nőtt a kisvizes időszakai időtartama. Az elnyúló kisvizes időszakokban a folyó a talajvízből kap utánpótlást, így annak szintje is lesüllyed. A mélyebben fekvő mederben a kisvizek abszolút szintje is mélyebben van, ez pedig a talajvíz szintjének nagymértékű süllyedését vonta maga után. A Hármaskörös a Hortobágy–Berettyó főcsatornán keresztül távoli területrészek talajvizét is képes elvezetni a hosszúra nyúló kisvizes időszakokban. A Hortobágy–Berettyó völgyében Mezőtúr és Kisújszállás között Karcag területéig a talajvíz éves szintű ingadozása 5–8 m. A jelenlegi főcsatorna É–D-i irányban egy 10–15 km szélességű agyagos teknő mélyvonulatán folyik végig. Ez a teknő a Hortobágy és a Nagykunság mély tengelye, a folyószabályozások előtt a tiszai nagy árvizek lefolyási övezete volt *(Rónai 1985)*. A Tiszához való közelsége miatt pedig hatással lehet a Tisza érintett szakaszaira is.

A Körös folyók vízhozama az év száraz periódusaiban folyamatosan csökkent. 1957 után megtörtént, hogy a Sebes-Körös teljesen kiszáradt és a Hármaskörös vízhozama hosszú ideig 3 m<sup>3</sup>/s-ra esett vissza. A talajvíz hátrányos csökkenése volt a következménye ennek a helyzetnek, mely mezőgazdasági károkat okozott és katasztrofális hatása volt a vízfolyások mentén lévő erdőkre és csodálatos ligetekre *(Mosonyi – Pados – Ötvös 2004)*. A Hármaskörös kisvizeivel lényegében együtt járó Tisza-Körösug-i talajvízszintek a Tisza kapcsolódó szakaszain is nagy valószínűséggel kisvizeket generálhattak. A csongrádi vízállások süllyedése a Hármaskörös által szállított vízhozamok csökkenése miatt vált fokozottabbá. Mindszentnél és Algyőnél a talajvízszint magassága folytán a kisvízszín-leszállás nem volt olyan nagymértékű. A Szeged szelvényétől lefelé azért nem süllyedtek le olyan nagymértékben a kisvízi vízszínek, mert a Maros a vízhozamával továbbra is megnövelte a Tisza vízhozamát.

Az 1960-a évek elejétől a Körös-völgy vízpótlása érdekében a Tiszalöki felvízi tározóból  $28 \text{ m}^3/\text{s}$  vízhozamot vezettek át a Körös-völgybe a Keleti-főcsatorna igénybevételével (Mosonyi – Pados – Ötvös 2004). A Tiszában Szolnoknál a legkisebb vizek mennyisége mintegy  $65\text{--}70 \text{ m}^3/\text{s}$ . Ezért a Hármas-Körös hatása a Tisza vízállásaiban jelentős. Az 1961-ben bekövetkező újabb hosszú száraz időszakban a kisvizek nagyobb mértékű lesüllyedése csak Csongrád felett érvényesült (Taskony – Tiszaug). A csongrádi szelvénytől lefelé végig érezhető volt a Körös vízhozam-növelő hatása, mert az alsó vízmércéken sehol sem süllyedt le mélyebbre a kisvízszín a korábban észlelt értékekhez képest. Ebben az esetben még csak a Hármas-Körös vízhozama látszott a tiszai vízállomások megnövelésében a Csongrád alatti folyószakaszokon.

Mivel a Köröszug talajvizét mind a Tisza, mind pedig a Hármas-Körös megcsapolja kisvizes időszakban, ott a talajvíz gyorsabban lesüllyed, maga után vonva a Tisza eme szakaszán a kisvizek nagyobb mértékű lesüllyedését. 1976 után Tiszaugnál a Törökbecsei duzzasztómű duzzasztásának hatása miatt itt a kisvizek további lesüllyedésére nem kell számítani, mert a duzzasztás kedvező hatásaként Tiszaugon és az alatta lévő szelvényekben rendeződtek a kisvizek. Taskonynál, Tiszaabónél, Szolnoknál és Martfűnél azonban nem állt meg a legkisebb vízszínek süllyedésének folyamata. 1973-at követően a Kiskörei duzzasztómű hatásaként<sup>11</sup> bekövetkező vízszín-leszállás áll a háttérben, melynek mértéke a számításaim szerint 2009-ig Taskonynál több mint 100 cm, Tiszaabónél 50 cm, Szolnoknál 20 cm és Martfűnél 10 cm. Két oka is van a vízállások süllyedésének: egyrészt a medererózió, másrészt a tározó visszatartja a vizeket, és csak a szükséges minimális vízmennyiséget juttatja az alvízre.

---

<sup>11</sup> A laza kapcsolatú duzzasztóműveknél a műtárgy alvizén fellépő fölös vízenergia a mederanyag megbontását eredményezi (Giesecke – Mosonyi 2005).



---

## 4.2. A TALAJVÍZ KIS- ÉS NAGYVÍZI SZINTJEINEK VÁLTOZÁSAI

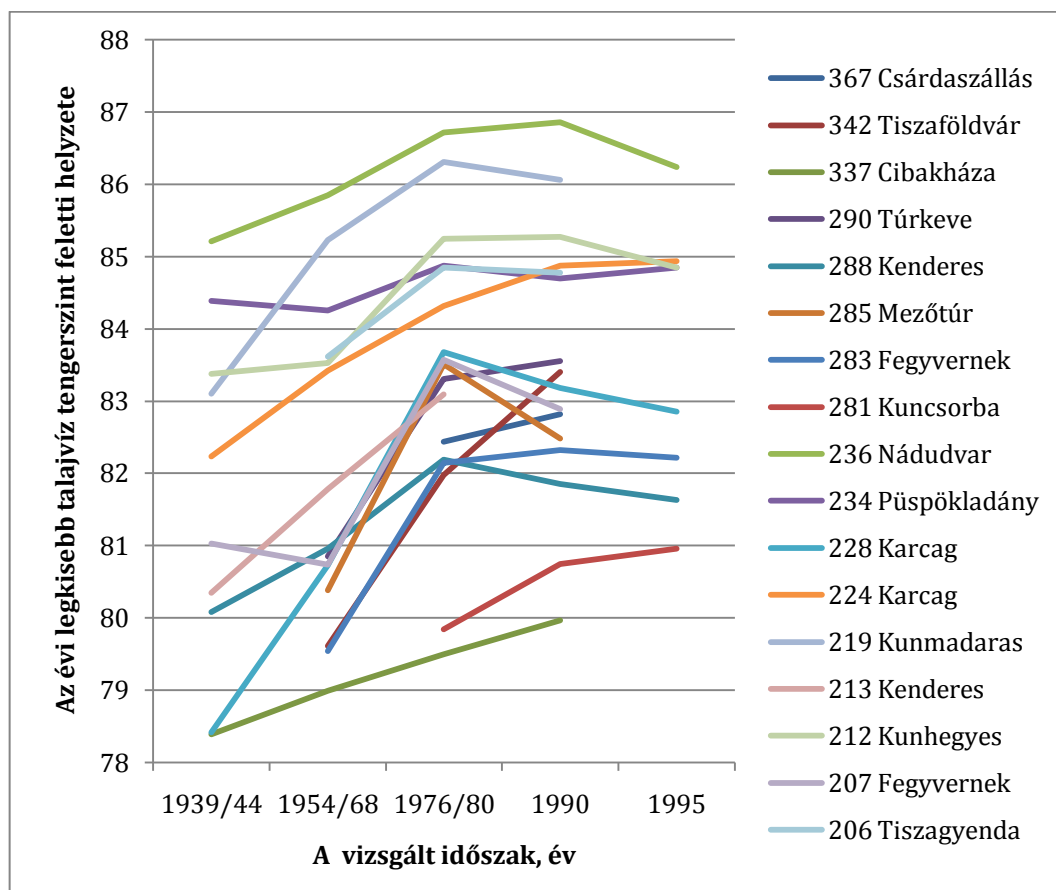
---

A talajvíz észlelése az 1930-as években kezdődött meg (Stelczer 1986, Szalai 2011). Emiatt a korábbi talajvíz állapotok vizsgálata nem lehetséges. A rendelkezésre álló észlelő kutak területi lefedettsége nem a legtökéletesebb (Szalai 2003). Első lépésben ki- gyűjtöttem a Tisza vízgyűjtőjén található észlelő kutak kisvízi és nagyvízi adatait. Ezeket az értékeket a Vízrajzi Évkönyvekben időszakokra vonatkozóan is közölték.

Az első évcsoportban (1939/44) az 1939 év kisvizes, majd az 1940-es évek eleje vízbő volt igen magas vízállással, 1943-ban ismét nagyon mélyre lesüllyedt a talajvíz szintje. A lesüllyedés mértéke különösen nagy volt a Hortobágy-Berettyó mentén a Tisza bal parti vízgyűjtő területén. Ez azt is jelenti, hogy rövid idő leforgása alatt képes a talaj- víz kiterjedtebb területen a nagy vízjátékra (Rónai 1958). A talajvíz változása nyomás- átadódás révén jut el a vízgyűjtőterület földrajzilag magasabb területeiről a medence mélyebben fekvő részeire, ahol a folyók az alacsonyabb vízállás időszakaiban megcsa- polják, és elszállítják a talajvizet. Különösen igaz ez a Hortobágy-Berettyóra, hiszen a te- rület legmélyebb völgyében helyezkedik el. Az Alföld a Tisza bal parti terület felszínének viszonylagos vízárúsága miatt (Lászlóffy 1982, Sallai 1997, Várallyay 2007) a csapadék mélyebb rétegekbe jutása korlátozott, így a felszíni lefolyás belvízként (Pálfi 2006) je- lentkezik, amit rendszerint szivattyúzással juttatnak a folyókba.

A Tisza menti duzzasztómű 1957-re készült el, de csak 1959-ben kezdett el magasabb duzzasztási szintet előállítani. A Keleti-főcsatorna (magas vezetésű öntözőcsatorna) is készen állt arra (1956) (TIKÖVIZIG 2007), hogy vizet szállíthasson a Körös völgyébe ( $28 \text{ m}^3/\text{s}$ ). **A Körös völgy vízzel történő ellátása következtében** a Tisza, a Keleti-főcsatorna, a Berettyó és a Hármas-Körös által lehatárolt területen (14. ábra), továbbá a Hár- mas-Körös bal parti vízgyűjtő területén Szentes és Orosháza településekig (15. ábra) megemelkedett a talajvíz kisvízi szintje. A Kiskörei- (1973) és a Törökbecsei duzzasztó- mű (1976) üzembe helyezésével, a Nagykunsági-főcsatorna megépítésével (1978) (Vi- rágné Kőházi-Kiss 2008) és a Körös-völgy további  $25+10 \text{ m}^3/\text{s}$  vízhozammal történő el- látásával (Dóra 1996) ez egy állandónak tekinthető „folyamat”, ami a szárazabb idő- szakokban is fennáll. Jelentősége abban van, hogy **a talajvíz kisvízi szintje egy bizonyos szint alá már nem süllyed le**, és a Körös völgy kisvízi vízellátása a duzzasztóművekből, illetve a magasabb talajvíz révén biztosított.

A 14. ábrán látható, hogy a talajvíz kisvízi szintje közel 1 m-rel emelkedett a Hortobágy–Berettyó-főcsatorna térségében az 1954/68 időszakban az 1939/44 időszakhoz képest.<sup>12</sup> Ugyanitt a talajvíz kisvízi szintje az 1976/80 években még magasabbra emelkedett. Ekkor további 3 m-rel került magasabbra. Tehát a negyvenes évek elején itt több mint 4 m-rel mélyebbre is le tudott süllyedni a talajvíz!

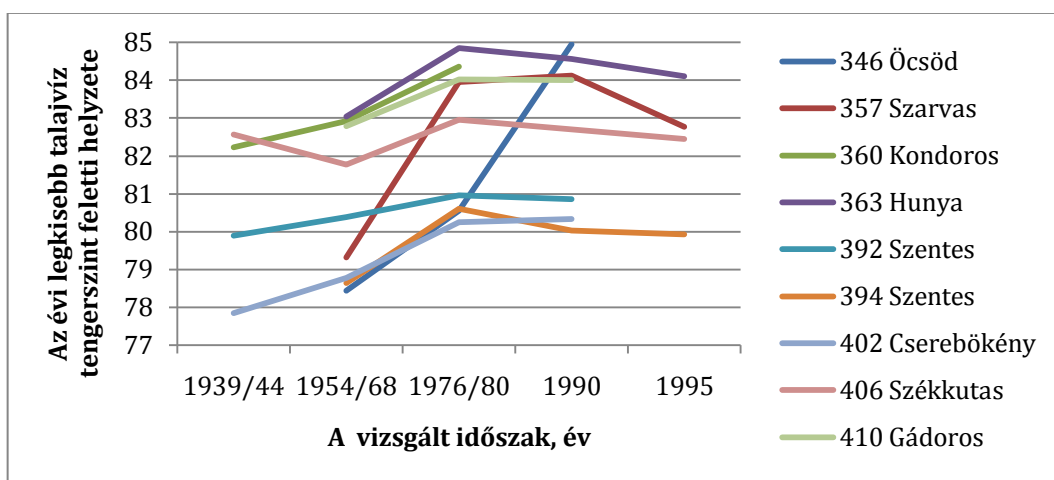


14. ábra. A talajvíz kisvízi szintjeinek alakulása a jelölt időszakokban, években a Tisza bal parti vízgyűjtő területén a Hortobágy-Berettyó hatáskörzetében

Az 1990. év a Tisza vízjárásában szintén kisvizet generált. A talajvíz változásánál az évenként észlelt talajvíz kisvízi szintjeinél az 1976/80. nedves időszakhoz képest az 1990. évi száraz időszakban a Nagykursági-főcsatornánál, és a Keleti-főcsatornánál, továbbá a Berettyó és a Hármaskörös környezetében a Tisza alsó szakaszán folytatódva, a kisvizek már nem süllyedtek le, sőt volt ahol inkább további emelkedés figyelhető meg. Ez azt jelenti, hogy a **Törökbecsei duzzasztómű** nemcsak a Tisza kisvizeit, hanem **a ta-**

<sup>12</sup> Mivel kisvízi értékek összehasonlítása történt, az első időszakban zömében az 1943-as év adatai, a második időszakban is a legalacsonyabb értékek szerepelnek. Tehát itt még csak legfeljebb a Tisza-öki duzzasztómű építésének következményeiből adódó talajvízszint emelkedés szerepelhet csak. A duzzasztóműnél csak 1959-ben kezdtek el magasabb duzzasztási szintet kialakítani.

**lajvizet is duzzasztja.** Szalai (2011) néhány talajvízkút eddigi észlelt vízjárását jellemezte. A Tiszántúlon Nyíregyházánál az 1960-as évek közepéig feltűnő süllyedést viszonylag gyors emelkedés követte, amit valószínűsít, hogy nem természetes befolyásoló tényezők alakították. A Tiszafüredi észlelőkútnál sem a kút tönkremenetele okozza az 1973 év után bekövetkező kiegyenlített magas talajvízállást. A talajvíz duzzasztóművek általi duzzasztásának hatása még Debrecenben is érezteti hatását (16. ábra). A talajvíz kisvízi szintjének megemelkedését ugyanis nem okozhatta a területre hulló csapadék, mert hiszen 1981–2000 közötti 20 évben közel két év teljes csapadékösszege hiányzott (Marton 2009).

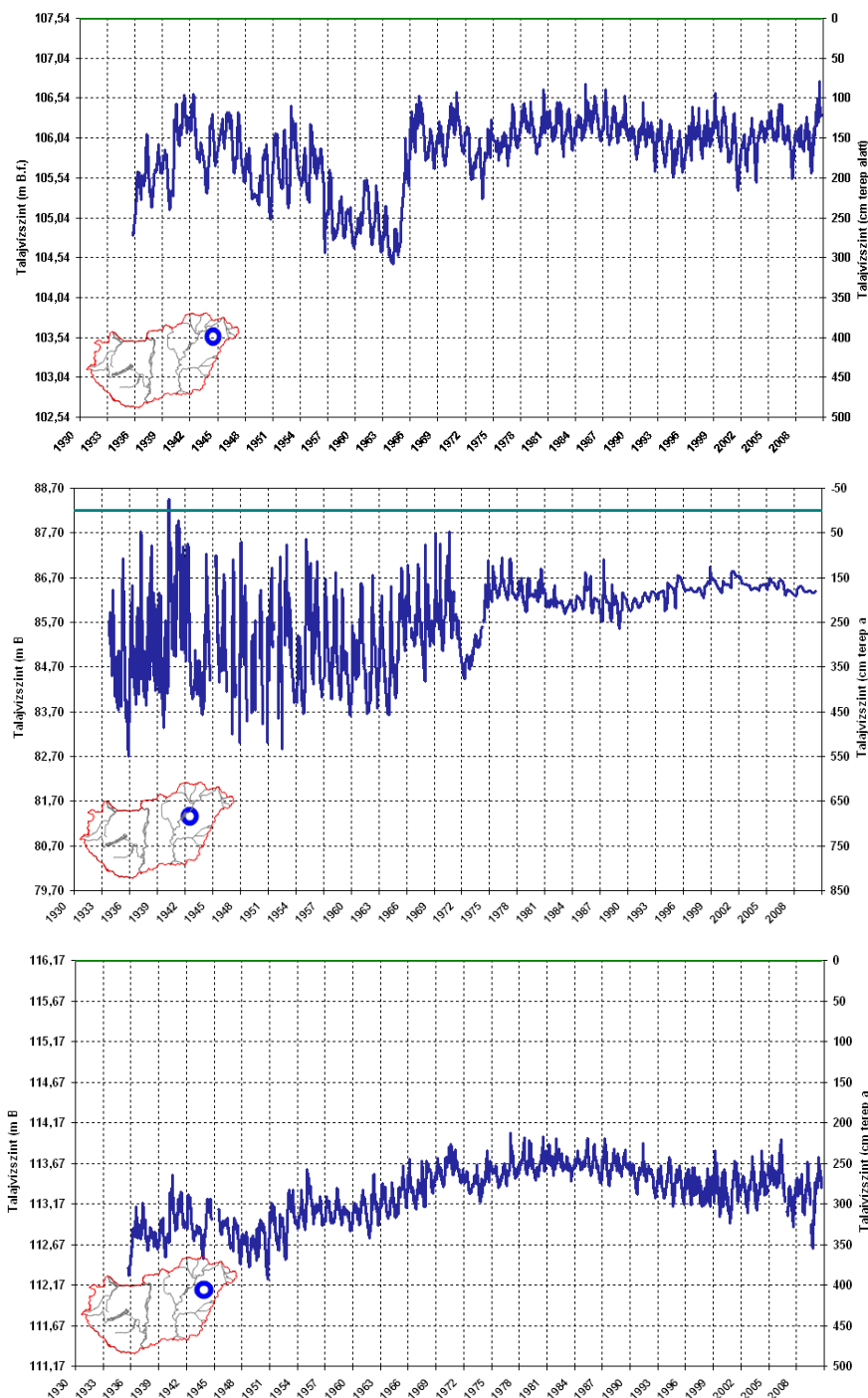


15. ábra: A talajvíz kisvízi szintjeinek alakulása a jelölt időszakokban, években a Tisza bal parti vízgyűjtőjén a Hármas-Köröstől délre Szentesig fekvő területen

A meglévő duzzasztóművek fontos szerepet játszanak a terület vízkészleteinek megtartásában. Egyrészt a vízlevezetés lelassításában, másrészt a folyómederben tárolt vízzel, harmadrészt pedig a talajvíz bizonyos mértékű megtámasztásában, duzzasztásában. Ennek a hatását a Berettyó folyó kisvízeinek vizsgálatakor Konecsny (2010) is feltárta. Megállapította, hogy 1978 után az 1950–1977 időszakhoz viszonyítva jelentősen nagyobbak lettek a minimális vízhozamok, és csökkent a kisvízes időszakok időtartama, száma, víztömeghiánya, viszont nőtt a kisvízi időszakok között eltelt idő.

A Törökbecsei duzzasztómű magasabb vízállást biztosít a Tiszában érezhetően egészen Tiszaugig, lecsökkenti a folyó talajvíz elszállító képességét is. A földrajzi adottságából adódóan a Hármas-Körös is duzzasztott állapotba kerül a Tisza révén. A visszaduzzasztás a Békésszentandrás duzzasztómű szelvényéig is felhat. Így a Hármas-Körös felülről érkező vízhozamából csak minimális mennyiséget kell továbbengedni. Ez pedig

kedvezően hat a folyó felső szakaszaira, és mellékágaira, többek között a Hortobágy-Berettyó főcsatornára is. A talajvíz szintje ennek következtében, illetve hatására a duzzasztott időszakban nem süllyed már le olyan nagymértékben, mint ahogy azt tette a duzzasztóművek megépítése előtt.



16.ábra. Nyíregyháza (001607), Tiszafüred (002671) és Debrecen (002609) talajvízkútjainak vízjárása a mérések kezdetétől (In: Szalai 2011)

---

### 4.3. A VÍZSZÍN-ESÉSEK VIZSGÁLATA A KÖZÉP- ÉS ALSÓ-TISZÁN

---

A vízszín-esésnek döntő szerepe van a folyó vízlevezető képességére. Nagy vízszín-esés mellett a folyó gyorsabban vezeti le a vizeket. A kis vízszín-esés hatására azonban lelassul az árhullámok levonulása és a víz tovább tartózkodik a mederben. Az árvízlevezetés szempontjából a gyors vízlevezetés az előnyösebb, míg a kisvizeknél a lassú. A vízszín-esés nem feltétlenül kell, hogy a medereséssel együtt járjon. Míg a kisvízi tartományokban ez gyakrabban előforduló jelenség, a nagyvízi tartományokra már kevésbé igaz. A vízszín-esését igen erőteljesen befolyásolják a betorkolló mellékfolyók és a befogadó vizei, a hirtelen kiszélesedő, illetve összeszűkülő mederszakaszok és az éles kanyarulatok (ahol a nagyvízi meder töltésvezetése nem követi a folyó vonalát), továbbá a duzzasztóművek.

Részletesen az átlagos vízszín-eséseket az *17-28. ábrák* tartalmazzák. A közölt esés-adatok időszakokhoz kötött átlagos értékek, amelyek esetenként szélsőséges értékeket is tartalmaznak.

A kiszámolt és szakaszonként ábrázolt vízszín-esések alapján megállapítható, hogy a vízmélység csökkenésével érezhetően fokozódik a vízszín esése. Ettől eltérő mederszakaszok is vannak. Ilyen pl. a Mindszent – Algyő közötti szakasz, ahol a vízszín-esések a mederfenékhez közeli vízállásoknál nem növekednek, hanem inkább csökkennek. Ez a Maros visszaduzzasztó hatásának a következménye. A vízszín-esések a duzzasztott szakaszokon a vízmélységgel együtt csökkennek. A Maros, illetve a Duna, később pedig a Törökbecsei duzzasztómű hatásaként jól elkülönülnek ezek a görbék.

A Törökbecsei duzzasztóművet 1976-ban helyezték üzembe, és hatása nagyjából Csongrádig (a legkisebb vizeknél nagyjából Tiszaugig) érezhető.

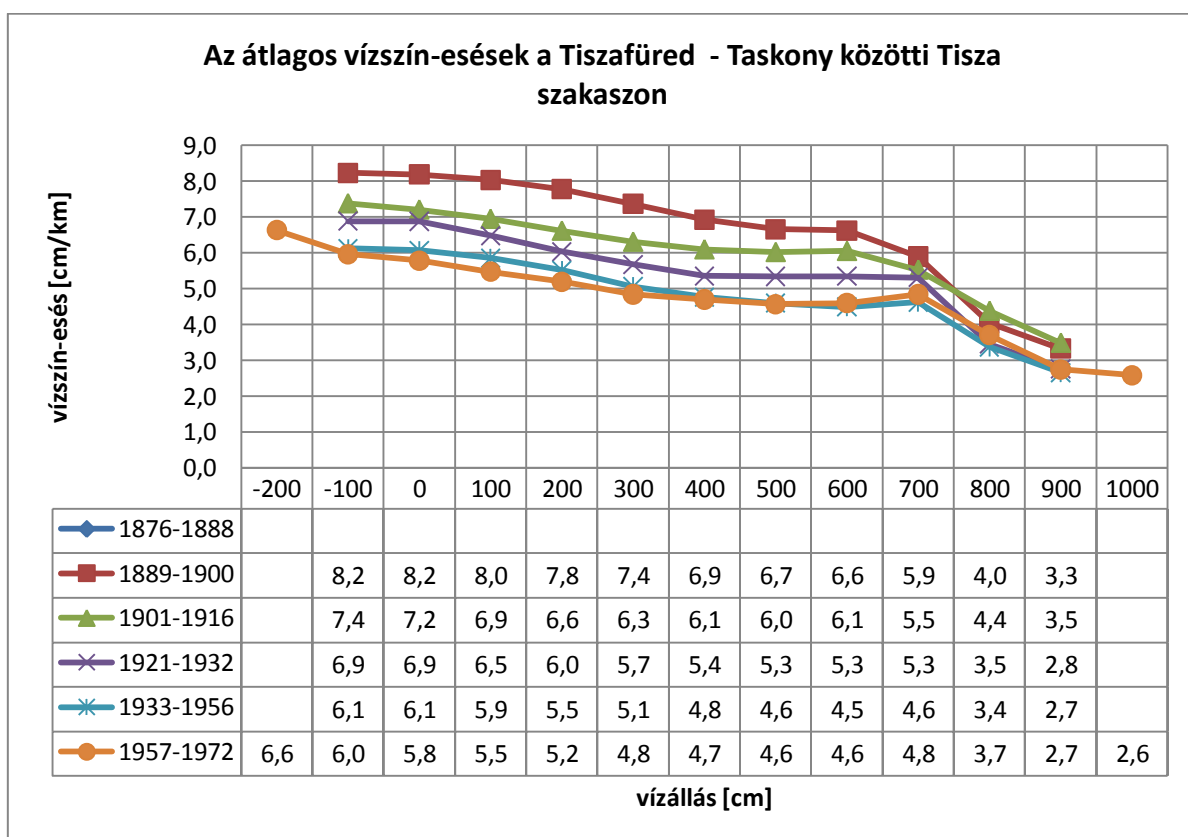
Martfű és Tiszaug között a Kiskörei duzzasztómű üzembe-helyezését követő 1973–1975 terjedő három év alatt a legkisebb vizeknél a vízszín-esések erőteljes változáson estek át, ezért csak 1976-tól közlöm a Martfű alatti Tisza szakaszokon a vízszín-esések átlagos értékeit.

A Tiszafüred és Taskony állomások között a vízszín-esések átlagos értékei az alacsonyabb vízállásoknál kimondottan nagyok. A medertelítettség növekedésével ezek az értékek csökkennek (*17. ábra*). A vízszín-esések különösen a kis- és középvízi tartomá-

nyokban az időben előrehaladva folyamatosan csökkentek. Ennek az oka, hogy a két szomszédos vízmércén észlelt vízállások közötti különbség is változott. A tiszafüredi vízmércén a taskonyi vízmércéhez képest alacsonyabb értéket regisztráltak az anyame-  
derben. A legalacsonyabb vízállásoknál átlagosan 20 cm-rel lett alacsonyabb a tiszafüredi adat, míg magasabb vízállásoknál ez az érték 40 cm. Amint a víz kilép az ártérre, a két állomás vízmércéin mért adatok különbsége változatlan maradt.

Több lehetséges magyarázata is van a jelenségnek:

- a tiszafüredi szelvénynél medermélyülés és mederbővülés következett be,
- a tiszafüredi szelvénynél megsüllyedt a meder,
- a taskonyi szelvénynél feliszapolódott a meder,
- a taskonyi szelvénynél megemelkedett a meder,
- a taskonyi szelvénynél duzzasztott állapotba került a meder,
- valamelyik vízmércénél a folyómeder meanderezéséből adódóan magasabb, illetve alacsonyabb leolvasás keletkezett,
- a talajvíz kisvízi szintjének süllyedése hatással volt a tiszafüredi folyószakaszra.

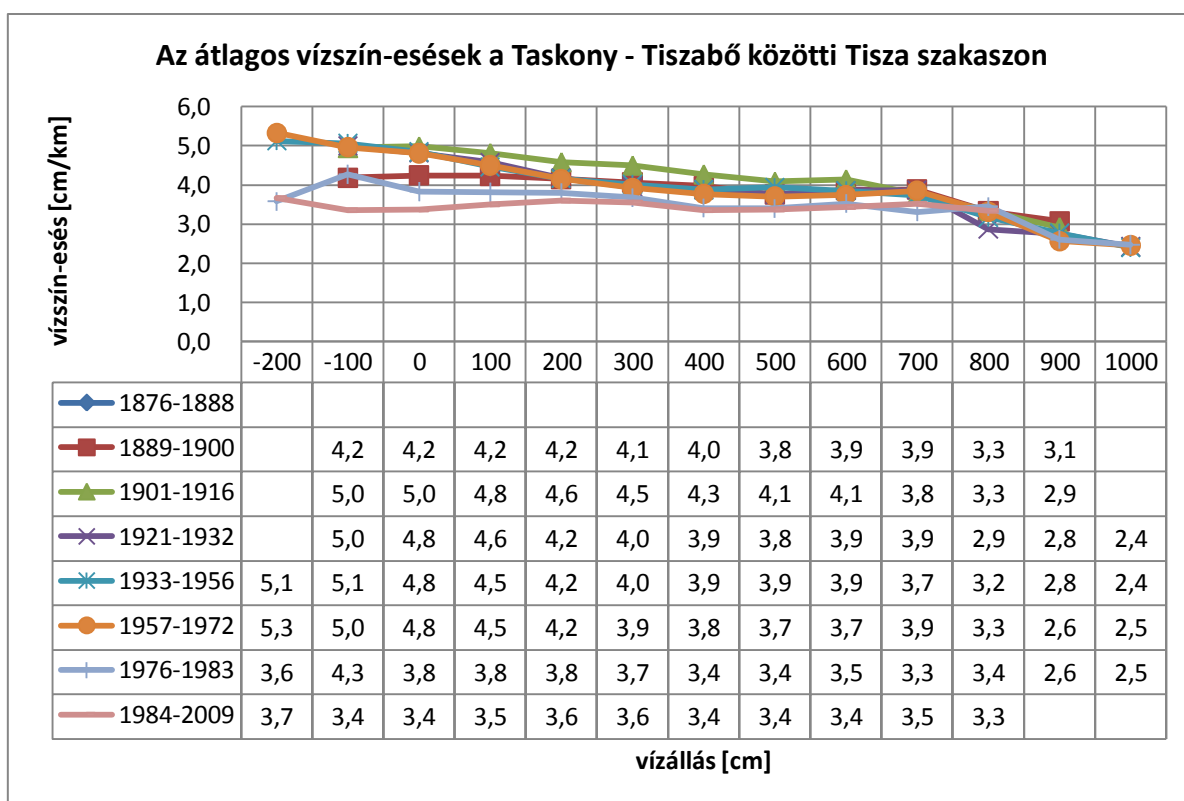


17. ábra. Az átlagos vízszín-esések a Tiszafüred – Taskony közötti Tisza szakaszon  
(A taskonyi hiányos adatsor (1988-ig van meg) miatt az utolsó sorban szereplő értékek az 1984–1988 évek adatai alapján kerültek megállapításra.)

A vízszín-esés kismértékű csökkenése a nagyvízi vízállástartományban a két állomás közötti távolság megváltozásával magyarázható. 5 km-rel lett hosszabb a vizsgált időszak alatt a Tisza eme szakasza. Míg a kis- és középvizeknél érvényesül a hosszváltozás, addig a mederből kilépő vizeknél a hossz már változatlannak tekinthető, mert nem a vízmércék áthelyezése miatt bekövetkező változásról, hanem a középvízi meder kaanyagossabbá válásáról van szó.

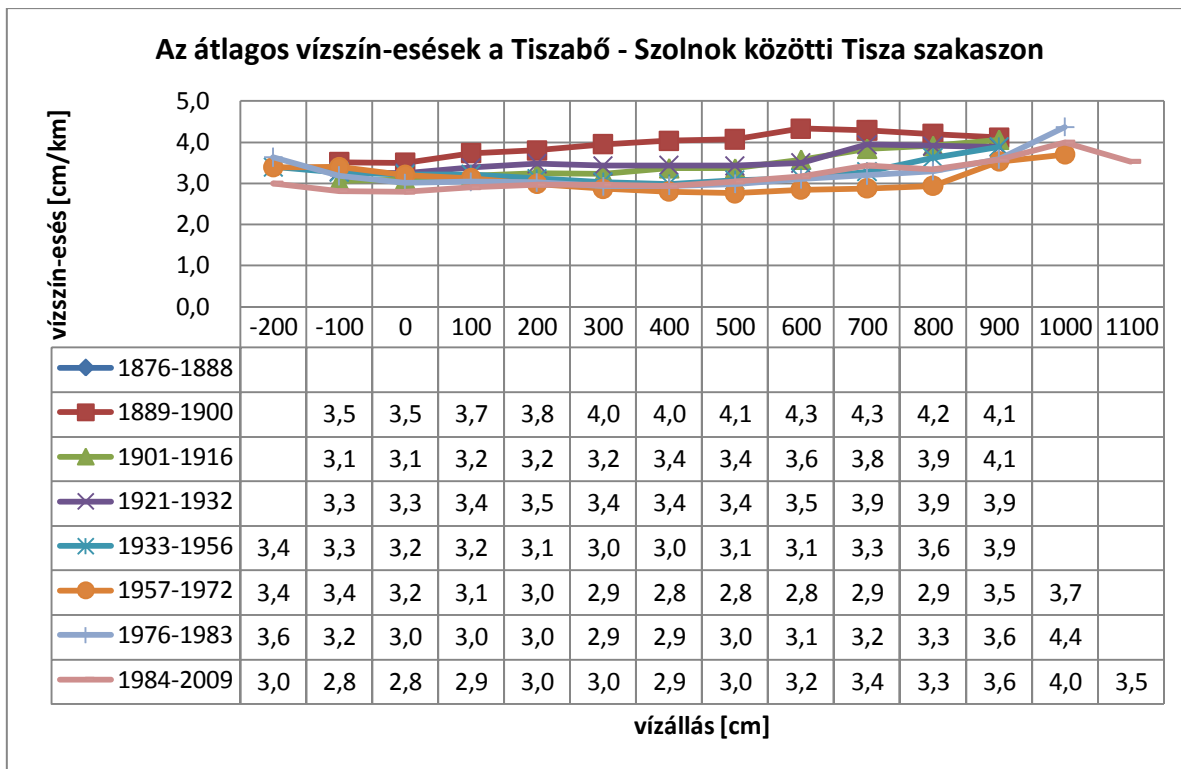
A tiszafüredi és taskonyi vízállások kapcsolatára jellemző, hogy a vizsgált időszakokban a vízállások különbsége a vízszintek emelkedésével nő. A legalacsonyabb és legmagasabb vízállások között ez méteres változást jelent. Azaz a tiszafüredi szelvénynél a nagy vízállások esetében Taskonyhoz képest 1 m-rel alacsonyabb vízállást olvashatunk le a vízmércén.

Taskony és Tiszabő között a vízszín-esésekben nem következtek be jelentős változások egészen 1973-ig, a Kiskörei duzzasztómű üzembe helyezéséig. Az azt követő időszakban a kis- és középvizeknél csökkenés mutatható ki (18. ábra). Ennek oka a duzzasztómű alatti szelvényben érvényesülő erőteljesebb medererózió lehet, amely következtében lecsökkent a meder esése.



18. ábra. Az átlagos vízszín-esések a Taskony – Tiszabő közötti Tisza szakaszon

A Tiszabő és Szolnok közötti szakaszon a vízszín-esésekben nem történt jelentősebb változás az 1900-as évektől, a nagy Tisza szabályozást követően. A nagyvízi tartományokban voltak nagyobbak a vízszín-esések. 1930-as évek végétől romlott a meder vízszállítása, erre utalnak a lecsökkenő vízszín-esések (19. ábra).

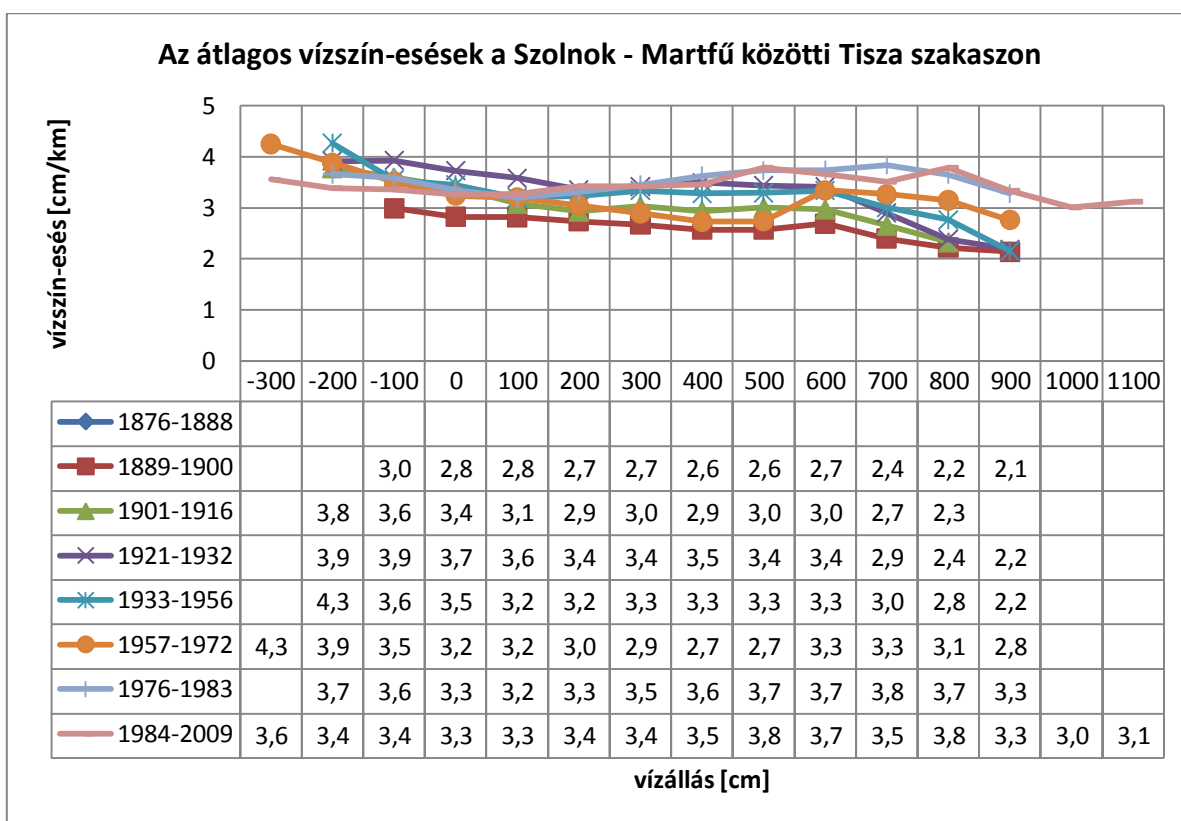


19. ábra. Az átlagos vízszín-esések a Tiszabő – Szolnok közötti Tisza szakaszon

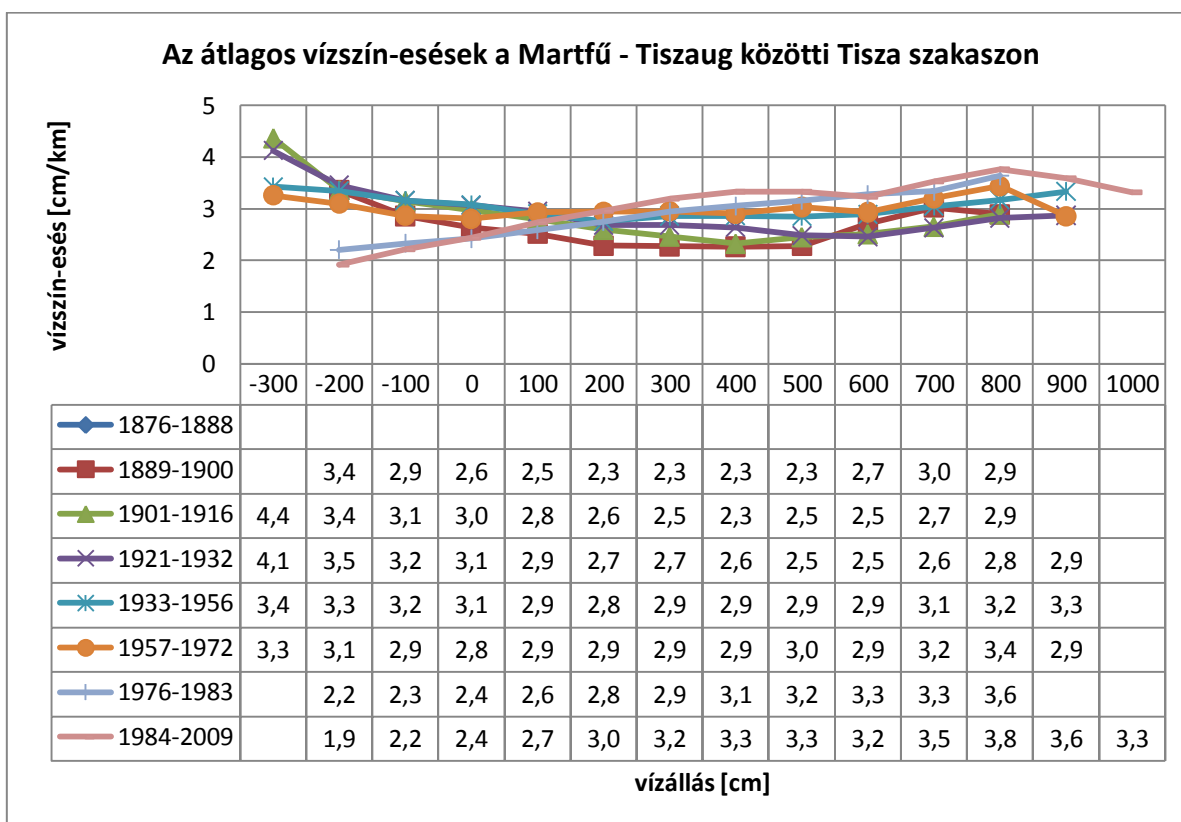
A Szolnok és Martfű közötti Tisza szakasz vízszín-eséseire már hatással van/lehet a Hármas-Körös, a Maros, a Duna és 1976-tól a Törökbecsei duzzasztómű. Az adott hidrológiai szituációtól függően esetről-esetre változó vízszín-eséseket előállítva ezen a szakaszon. Legnagyobb hatással itt mégis a Hármas-Körös van a közelsége miatt, és ez megmutatkozik abban, hogy a Hármas-Körös 1960-as évektől biztosított vízpótlását követően a visszaduzzasztása révén az anyamederben maradó vizeknél lecsökkentette a szakasz vízszín-esését az 1957–1972 időszakban (20. ábra). 1976-tól a Törökbecsei duzzasztómű hatása a közép- és nagyvízi tartományokban a vízszín-esések erőteljes növekedése következett be.

Martfű és Tiszaug között a visszaduzzasztások már jobban érvényesülnek. Ez megmutatkozik a kis- és nagyvízi vízállásoknál kialakuló vízszín-esések különbségeinél.



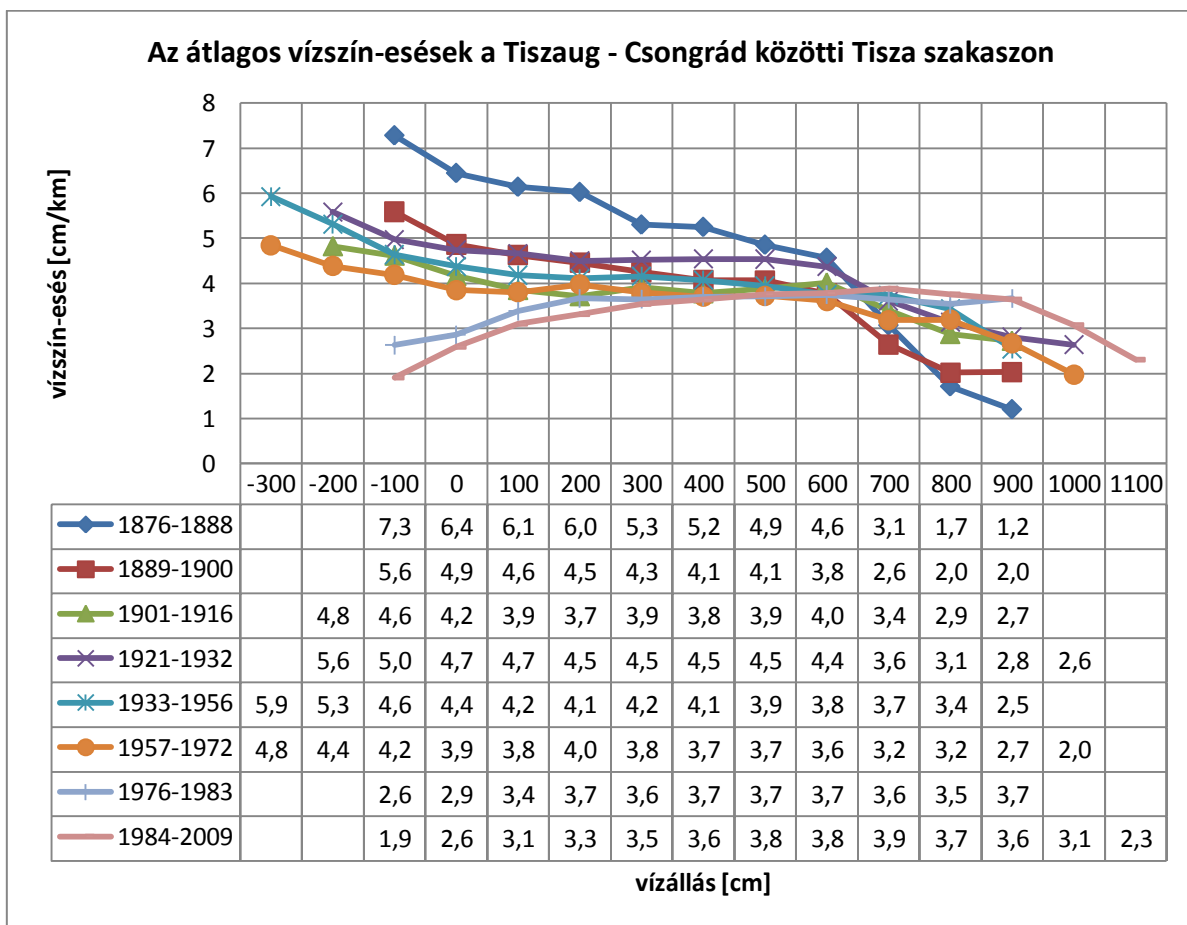


20.ábra. Az átlagos vízszín-esések a Szolnok – Martfű közötti Tisza szakaszon



21.ábra. Az átlagos vízszín-esések a Martfű – Tiszaug közötti Tisza szakaszon

A Hármas-Körös kisvízi vízhozamának megfogytatkozása miatt a kisvízi tartományoknál nincs megtorlódás, ezért nagyobb a vízszín-esés értéke. A nagyobb vízállástartományokban a folyók visszaduzzasztása következtében romlik a szakasz vízlevezető képessége, azaz csökken a vízszín-esése (21. ábra). Ezen a szakaszon a Törökbecsei duzzasztómű visszaduzzasztó hatására a kisvízi vízállástartományokban lecsökkent a vízszín-esése, a nagyvízi vízlevezetés viszont javult.

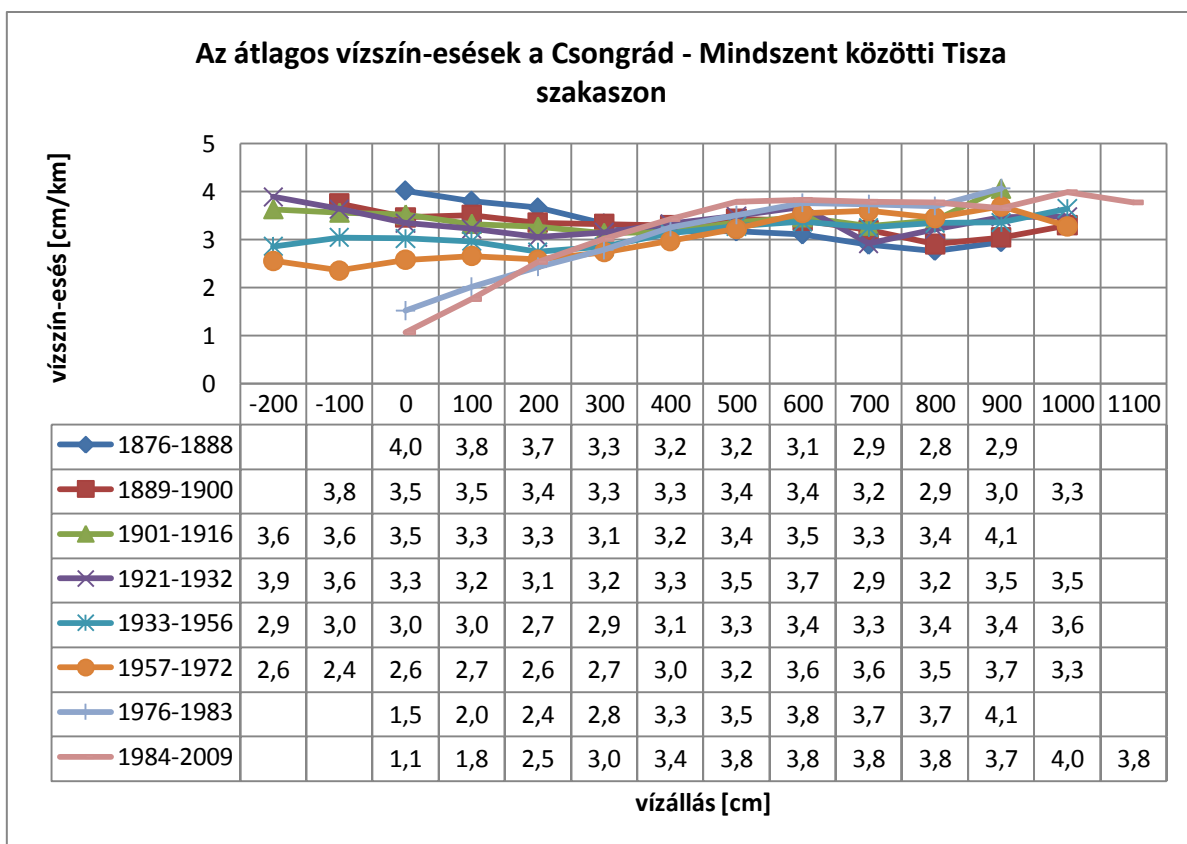


22. ábra. Az átlagos vízszín-esések a Tiszaug – Csongrád közötti Tisza szakaszon

Tiszaug és Csongrád között a Tisza meder viszonylag egyenesnek tekinthető, és nagyobb a mederesése. Itt a vízszín-esés is viszonylag nagy. Ennek a mederszakasznak jó a vízlevezető képessége. Ezt a kisvizek is megérik, mert a nagyobb mederesés miatt ez a szakasz kisebb vízmélységgel vezeti le a vizeket. Azonban még megállapítható, hogy a Hármas-Körös a vízkészletek megfogytatkozásával párhuzamosan egyre kevesebb vizet szállított a Tiszába (az 1960-as évek elejéig), emiatt a visszaduzzasztó hatása rendszerint kisebb mértékben érvényesült. A nagyvízi vízállásoknál a visszaduzzasztás hatására igen kicsik a vízszín-esések (22. ábra). Tiszaug és Csongrád között a bokrosi átvágás

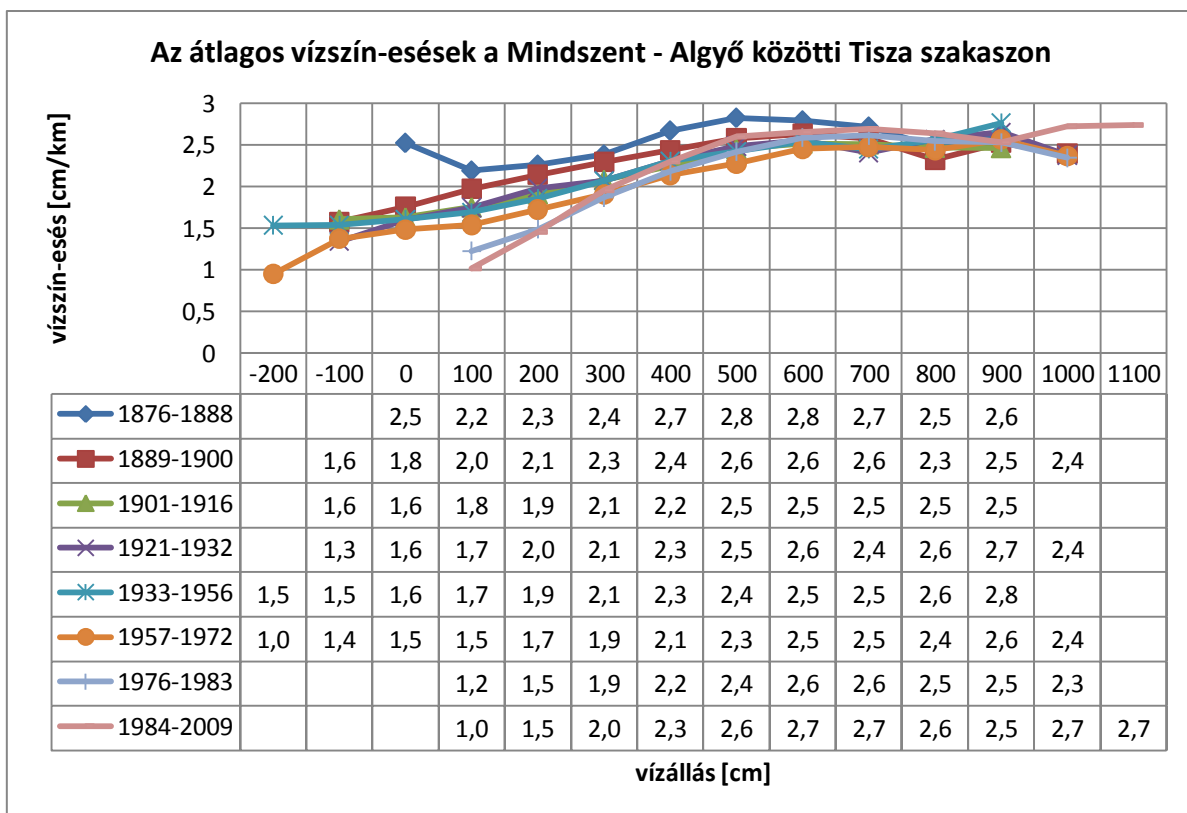
szakasza km-eken át erősen szűkíti a lefolyási szelvényt. A mederszűkület az érkező ár-hullámot hasonlóan feltorlasztja, visszaduzzasztja, mint a betorkolló mellékágak víz-mennyisége. Heves árhullámok esetén ez a mederszűkület a felette és alatta lévő kiszé-lesedő mederszakaszokhoz képest akár a háromszoros vízszín-esés különbséget is képes előállítani. Még a Hármas-Körös visszaduzzasztó hatásának sem sikerül teljesen kom-penzálnia, ezt a szélsőséges értéket. Hasonlóan megnő a vízszín-esése a vezsenyi hajtú-kanyarnál is abban az esetben, ha magas vízállások idején a sodorvonalnak sikerül ezt a hajtú-kanyart megrövidítenie. Ez a magyarázata annak, hogy a Martfű és Tiszaug illetve a Tiszaug és Csongrád közötti szakaszon a várt alacsony vízszín-eséshez képest magas értékeket kapunk. A kis- és középvizeknél a szűk meder, a nagyvizeknél a megrövidült folyószakasz generálja a Martfű és Csongrád közötti szakaszon a nagy vízszín-esést.

A Körös torkolat alatti, Csongrád és Mindszent közötti Tisza szakasz vízszín-esését a Körös árhullámainak süllyesztő és a Maros és/vagy a Duna árhullámainak duzzasztó hatásai alakítják. Megfigyelhető, hogy a szakasz kisvízi vízszín-esései időben folyama-tosan csökkentek, a Törökbecsei duzzasztómű duzzasztására ez a hatás még fokozot-tabbá vált. A szakasz nagyvízi vízlevezetése azonban javult (23. ábra).



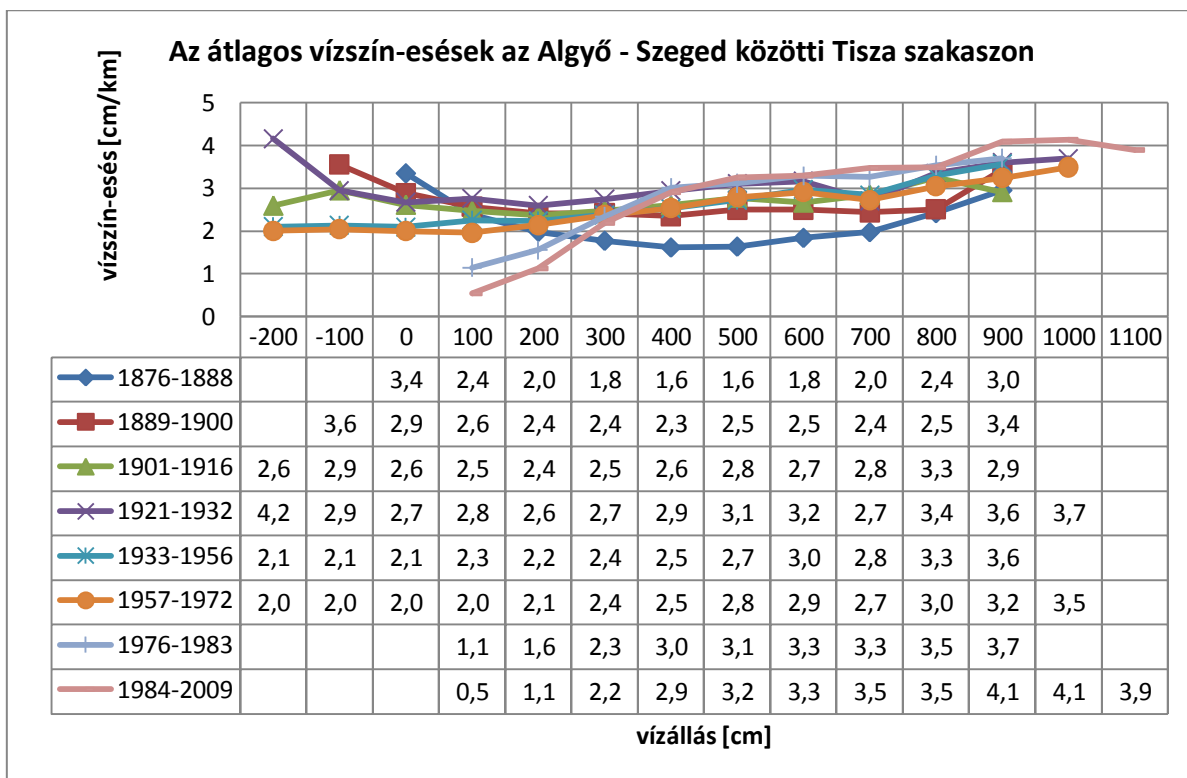
23.ábra. Az átlagos vízszín-esések a Csongrád – Mindszent közötti Tisza szakaszon

A Maros folyó erőteljes visszaduzzasztó hatása érvényesül a torkolata feletti Mindszent és Algyő közötti szakaszon. Itt minden vízállástartományban visszaduzzasztott a folyó, amit a vízszín-esések kisvízi tartomány felé egyre csökkenő tendenciája mutat (24. ábra). Ezen a szakaszon a Duna is igen gyakran érezteti a hatását. Ez a Tisza legrosszabb vízlevezetésű szakasza. A Törökbencei duzzasztómű már nem nagyon tudott rontani ennek a szakasznak a vízlevezetésén. A vízszín-esésekben ezért nem is tapasztalhatunk nagy változást.

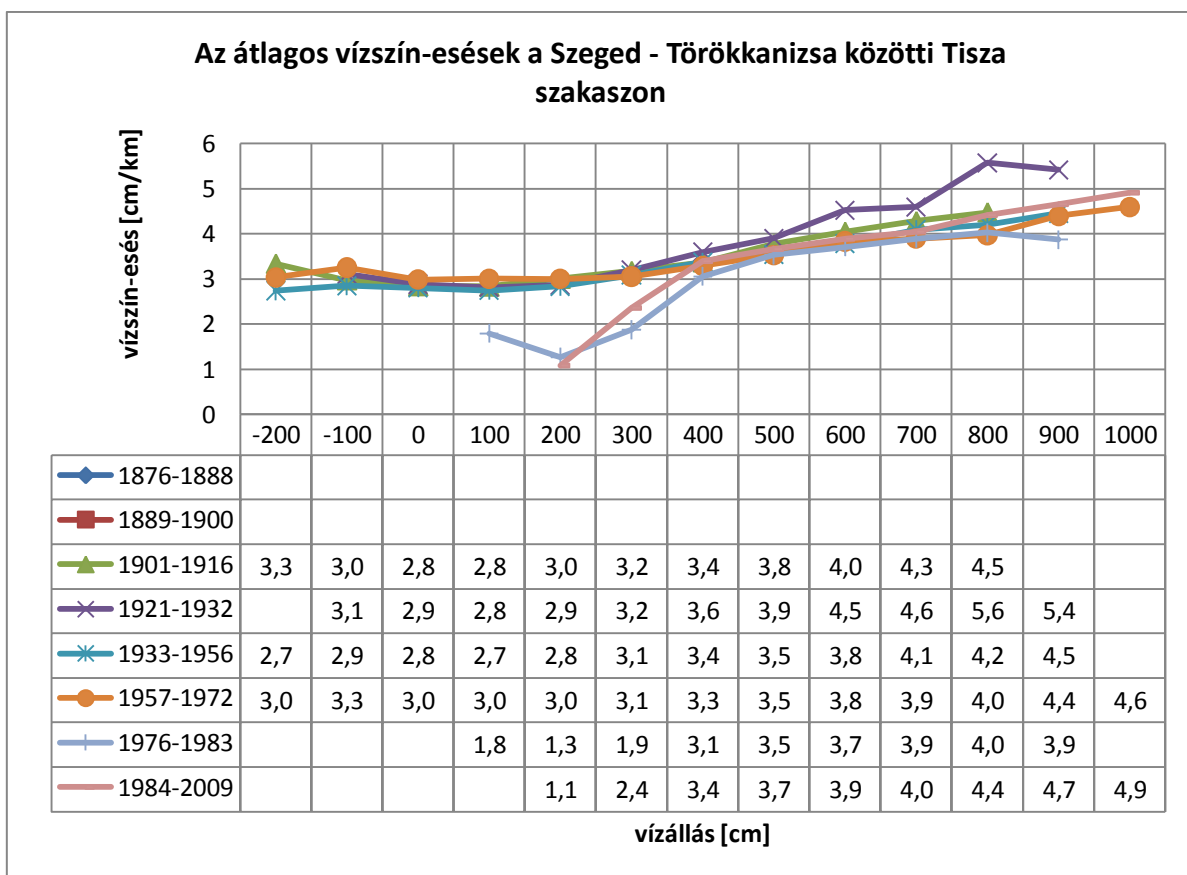


24. ábra. Az átlagos vízszín-esések a Mindszent – Algyő közötti Tisza szakaszon

Az Algyő és Szeged közötti szakaszon, amelynek az alsó részén torkollik be a Maros, a vízszín-esések változása a Maros a Duna és a Tisza árhullámai hatására időről-időre megváltozik (25. ábra). A Maros bőséges hordalékkal látja el a Tiszát, amely egy árhullám alkalmával többször is átrendezi a medret. A hordalékkúpok, illetve kimosódások alakulása több tényezőtől is függ: a Tisza árhullámától, a Maros árhullámától, a Duna vízállásától és 1976-tól a Törökbencei duzzasztómű duzzasztásától. A mesterséges duzzasztás hatására lelassult a folyó kisvízi sebessége, emiatt a szállított mederanyag kiülepedése is nagyobb mértékű.



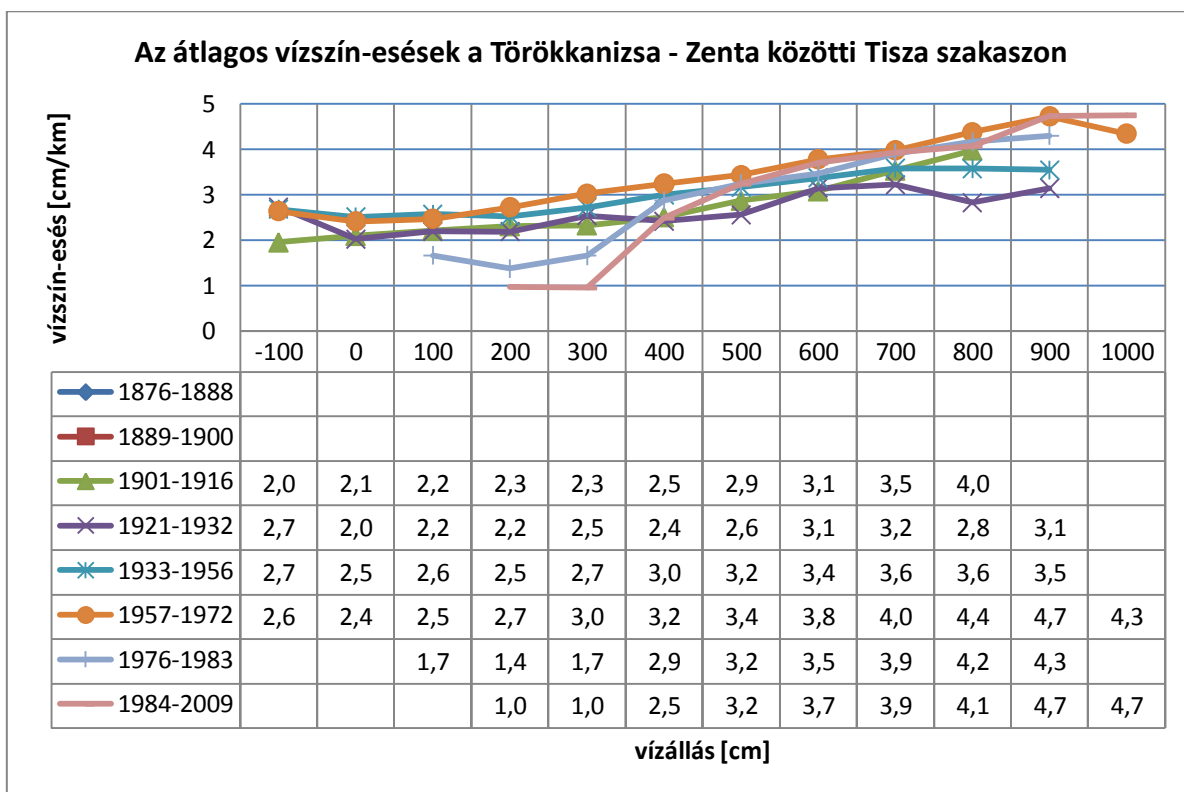
25. ábra. Az átlagos vízszín-esések az Algyő – Szeged közötti Tisza szakaszon



26. ábra. Az átlagos vízszín-esések a Szeged – Törökkanizsa közötti Tisza szakaszon

Törökkanizsa állomáson 1921–1929 között nem volt vízállásészlelés, ezért a Szeged – Törökkanizsa és a Törökkanizsa – Zenta szakaszon 1921–1932-ig csak az 1929–1932 közötti négy év átlagát adtam. Az 1932-es nagy árhullám, amely Szeged és Törökkanizsa között nagyobb, Törökkanizsa és Zenta között kisebb vízszín-eséseket generált, erősen módosítja az átlagos értékeket.

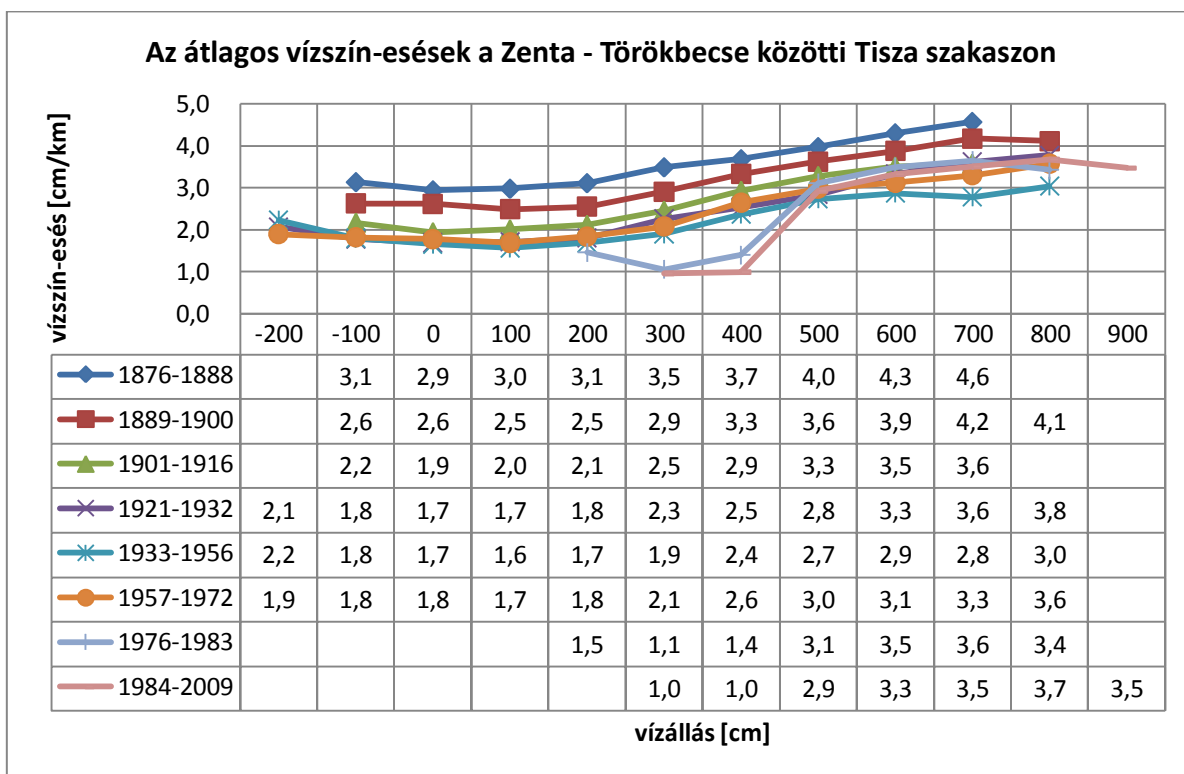
A vízszín-esések a Szeged és Törökkanizsa állomások között az időszakok összehasonlításánál változatlanok maradtak. Mindössze a Törökbecsei duzzasztómű üzembe helyezését követően a duzzasztás hatására változtak meg. Az 1976-ig terjedő időszakban a Duna hatására a magasabb vízállástartományoktól a vízmélység csökkenésével a vízszín-esések enyhén csökkennek (26. ábra). A változatlanság az egyes időszakokhoz képest a meder stabilitását, és a Maros Duna duzzasztási hatásának vízhozamával történő felülírását igazolja. Ezen a szakaszon igen ritkán alakul, vagy alakulhat csak ki fordított hurokgörbe. A meder stabilitását Szegednél az 1879. évi árvízkatasztrófát követő évek újjáépítése során létesített fenékküszöb rendszerrel sikerült elérni. Bár közvetlenül a fenékküszöbök alatt nagy kimosások keletkeztek (pl. a szeged belvárosi híd szelvényében 26 m mélységgel) a beavatkozás mégis elérte végcélját, mert a szeged oldali partomlást megakadályozta (Bogdánffy1906).



27.ábra. Az átlagos vízszín-esések a Törökkanizsa – Zenta közötti Tisza szakaszon

A Szeged és Törökkanizsa szakaszhoz hasonlóan alakul a Törökkanizsa és Zenta közötti szakasz is, azzal, hogy itt a Duna visszaduzzasztó hatása jobban érvényesül (27. ábra).

Az átlagos vízszín-esések a Zenta – Törökbecse szakaszon hasonló módon csökkentek, minden vízállásnál, mint a Tiszafüred – Taskony állomások között, azzal, hogy itt a vízszín-esések csökkenését a Törökbecsei vízmércén leolvasott adatok fokozatos emelkedése váltotta ki (28. ábra). 1876–1932 között intenzívebben, majd az azt követő hosszú szárazabb időszak miatt lelassult módon, de 1973-ra Törökbecsénél 70 cm-rel lett minden vízállástartománynál nagyobb a leolvasás értéke Zentához viszonyítva. Mivel Szegednél stabilizálva lett a meder, azt a szelvényt fixnek tekinthetjük. A szegedi vízálásokhoz viszonyítva a zentai adat kb. 30 cm-es és a törökbecsei adat kb. 1 m-es emelkedése figyelhető meg. A torkolat közeli szelvények vízállásainak növekedése vagy a Duna visszaduzzasztó hatásának következménye (a Tisza vízhozama csökkent a Duna vízhozamához képest), vagy a meder fokozatos feliszapolódásának hatására alakult ki.



28. ábra. Az átlagos vízszín-esések a Zenta – Törökbecse közötti Tisza szakaszon

Az általam vizsgált szakaszon a rossz talajviszonyok és a kis esés miatt a vezérárkok nem fejlődtek megfelelően, ezért ott később (miután már megvoltak a technikai feltételek!) rá kellett segíteni kotrással (Dóka 1987). A munkálat során nagyobb mennyiségű

földanyag kerülhetett elszállításra, amelynek egy része lehet, hogy a Zenta alatti folyószakaszokon lerakódott a Duna visszaduzzasztása miatt lecsökkenő vízsebesség hatására. A vízszín-esések megváltozásai az 1900-as évek elejétől ennek a munkálatnak lehetnek a következményei. A Tisza kisvízi szabályozása a nagy szabályozás után kezdődött meg, és a harmincas évek elején ezen a szakaszon be is fejeződött. Gázlót rendeztek Tiszavezesenynél 1909-től (309,3–314,7 fkm), Tiszaúrkútnál 1911-től (270,6–274,3 fkm), Felgyőnél 1929-től (229,5–231,7 fkm), illetve Algyőnél 1928-tól (186,2–188,1 fkm). A munkálattal az elszélesedett mederrészeket szűkítették össze. A szabályozási művek rőzsésátrak voltak, és az iszapoltatás felgyorsítása végett a gázlóknál a kotrási csatornákból kikotort földanyaggal borították be, a többi munkát a folyó végezte el. Sok gázlót nem kellett szabályozni, mert azok jó vízmélységűek voltak (*Iványi 1948*). A fent leírtak alapján láthatjuk, hogy a Martfű és Tiszaug közötti mederszakaszon<sup>13</sup>, illetve az Algyő környékén voltak beavatkozások. Ezek a beavatkozások 1932-ig okozhattak változásokat a vízszín-eséseknél az érintett szakaszokon.

A nagyobb beavatkozásokat követően mederfelméréseket végeztek a Tiszán. Ezzel mérhetőkké váltak a munkálatok eredményei. A középvízi mederváltozások vizsgálata kimutatta az 1890 – 1929 – 1957 évi felmérések alapján Mindszent térségében az emberi beavatkozásoknak megfelelően a kanyarulatfejlődés következtében a medernél a sodorvonal áthelyeződése miatt kisebb mértékű oldalirányú eróziót és feltöltődést, máshol meg a széles és lapos meder szűkítését és mélyítését (*Fiala – Kiss 2005*).

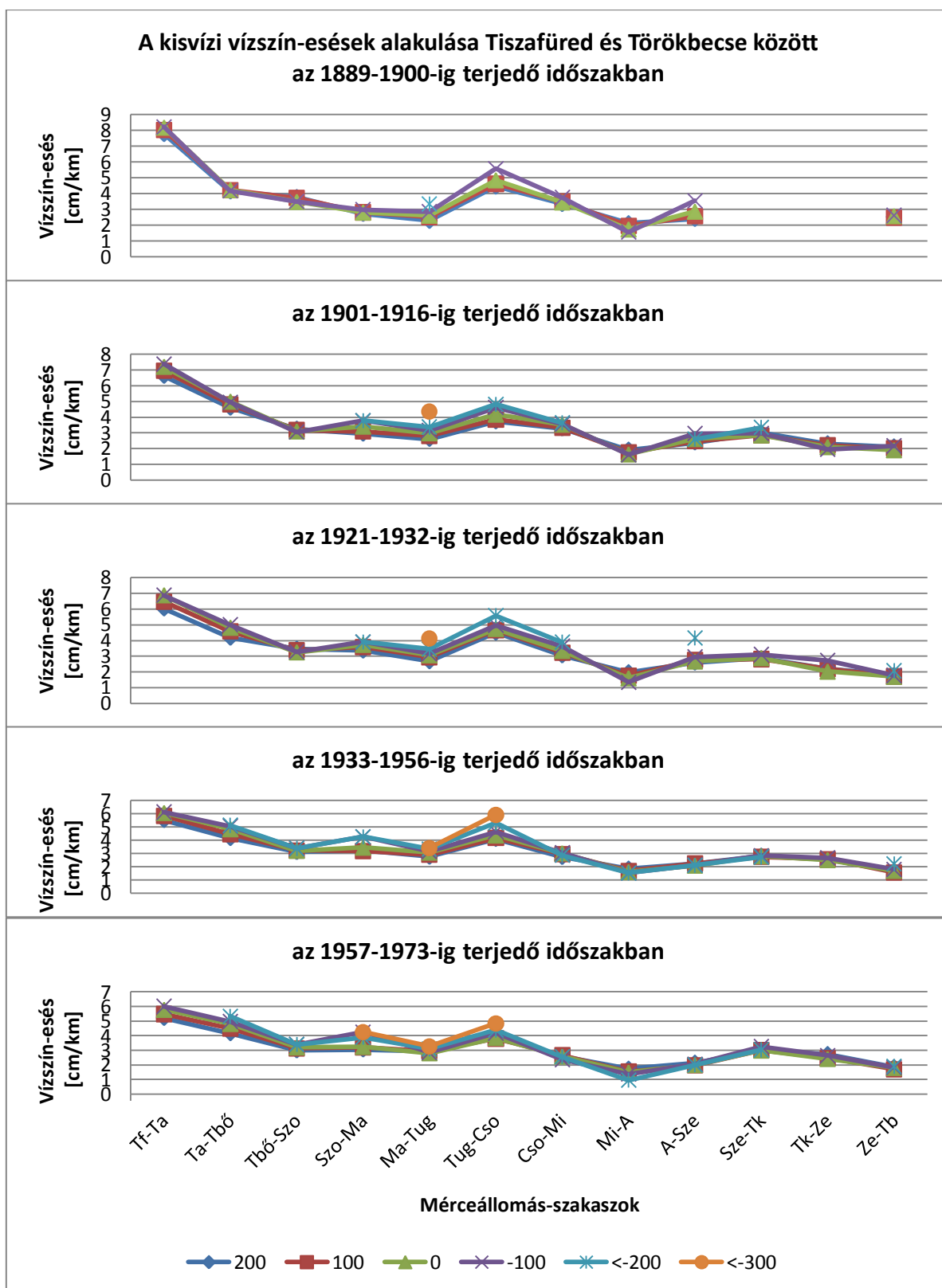
A Taskony feletti Tisza szakaszon a meder esése nagyobb a Taskony alattinál (*Dunka – Fejér – Vágás 1996*), illetve a Kisköre alatti meder anyaga kötöttebb. A fenti változások alapján kimondhatom, hogy a nagyobb mederesésről a kisebb mederesésre az átmenet a Tiszafüred és Taskony vízmérce állomások között alakult ki. A nagy esésű szakaszon a folyónak nagyobb a munkavégző képessége. A Tiszafüred és Taskony közötti átmeneti szakaszt követően a lecsökkenő mederesés a vízenergia lecsökkenésével jár együtt. A Kisköre alatti Tisza meder Zentáig hordalékmozgás tekintetében az 1876–1973-ig terjedő időszakban egyensúlyi állapotra törekedett, és egyensúlyi állapotban volt.

---

<sup>13</sup> A Martfű és Tiszaug szakaszon a talajvíz lesüllyedésével együtt a kisvizek is igen mélyre süllyedtek, emiatt a folyónak ezen a szakaszán nem volt meg a hajózáshoz szükséges vízmélység. Ez indokolta a vezsenyi és a tiszakürti gázlók megjavítását.



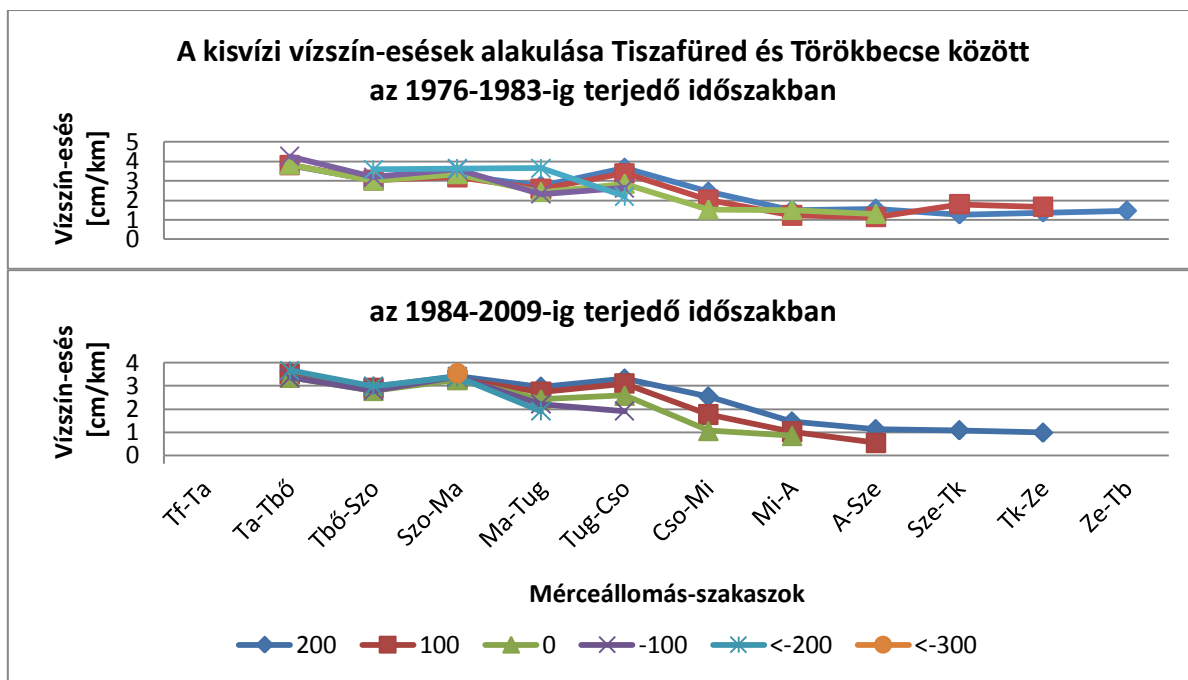
Mivel a kisvízi tartományokban történtek a legnagyobb vízszín-esés változások, ezért részletesebben is megvizsgáltam őket. A meghatározott időszakokra a kisvízi víz-állástartományokban számolt átlagos vízszín-eséseket ábrázoltam (29–30. ábrák).



29.ábra. A kisvízi vízszín-esések alakulása Tiszafüred és Törökbecse között 1973-ig

Az 1889–1900 időszakban a vízfolyás felső szakaszainál (Tiszafüred – Martfű) még meglehetősen nagy vízszín-esések kismértékben változnak a vízmélység változásával.

A Martfű alatti szakaszoknál már jóval nagyobb a vízszín-esések ingadozása a vízmélység megváltozásának függvényében. Az 1900-as évektől a vízmélység változására a vízszín-esések egyre nagyobb kilengéssel reagáltak a kisvízi tartományban, kivétel a Tiszabő Szolnok szakasz.



30.ábra. A kisvízi vízszín-esések alakulása Tiszafüred és Törökbecse között az 1976–2009-ig terjedő időszakban

A kis vízszín-eséssel rendelkező szakaszok a visszaduzzasztott szakaszok, amelyek a vízlevezetés szempontjából kedvezőtlennek mondhatók. Kezdetben a Szolnok – Martfű – Tiszaug és az Algyő – Mindszent szakaszok voltak kicsi vízszín-esésűek. A Hármas-Körös vízének megcsappanása következtében a Szolnok – Martfű – Tiszaug szakaszokon a vízszín-esés növekvő tendenciát mutatott. A Maros továbbra is bővizű volt, így annak visszaduzzasztó hatása a Tiszára nézve erőteljes maradt, sőt még inkább érvényesült, mert a Hármas-Körös alig tudta csak a Tisza vizét megszorítani. Emiatt az Algyő feletti szakaszokon egészen Csongrádig érezhetően csökkentek a vízszín-esések. A felszingörbe alakján is jól megfigyelhető, hogy a kezdeti nagy vízszín-esés különbségek lefaragódtak, és elkezdett kisimulni. A Törökbecsei duzzasztómű a duzzasztásával megemelte a kisvízszinteket, és ezzel a kisvízi vízállások felszingörbét még jobban kisímtotta (29–30. ábrák). Tény, hogy míg a Szeged alatti vízszín-esések átlagos értéke

3–3,5 cm/km körüli, addig a fentebb lévő szakaszoknál, a természetes duzzasztás és süllyesztés hatásaként néhol még a 2 cm/km-t sem éri el. Az 1876–1973-ig terjedő időszakban a kicsi esés értékek Szeged alatt a Duna hatására, Szeged fölött a Maros, illetve a Maros és Duna együttes hatására, a Csongrád feletti szakaszon a Hármas–Körös, illetve a Hármas–Körös, Maros és/vagy Duna különböző kombinációi hatására alakultak ki. Az 1976–2009-ig terjedő időszakban a Törökbecsei duzzasztómű mesterséges duzzasztása hatására lecsökkent a kisvízi vízszín-esés.

Kiszámoltam a vizsgált időszakon belül a vízállások méteres osztásközeiben előforduló vízállásokhoz tartozó vízszín-esések statisztikai szórását (1)(3. táblázat). A vízszín-esések kisebb-nagyobb ingadozásának következtében bekövetkező szóródás nagysága megmutatja, hogy a vizsgált szakaszon a vizsgált vízállástartományban mennyire függ a vízszín-esése a medereséstől. A szórás azt méri, hogy az értékek a várható értéktől (középértéktől) milyen mértékben térnek el. Százalékosan is megadható.

$$D(x) = \sqrt{\frac{(x - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (1)$$

Azt tapasztaltam, hogy a vízszín-esések meglehetősen nagy ingadozást mutatnak már a kisvízi vízállástartományoknál is. Ugyanahhoz a vízálláshoz nagy szóródással tartoznak esésértékek. A vízszín-esés a vizsgált szakaszon nem egyenletes, hanem a különböző mederalakulatoktól függően, illetve a Maros és Hármas–Körös mellékfolyók és a befogadó Duna hatására változó. A nagyésésű sekély és szűk mederszakaszoknál nagyobb, míg a mély és öblös medrek esetében kisebb vízszín-esés alakul ki a Tiszán.

A középvízi mederben a vízszín-esése lecsökken a kisvízi esésekhez képest. Ennek a jelenségnek az oka, hogy a mellékfolyók torkolatától a Tiszában lefelé haladva a Tisza vízhozamához hozzáadódik a mellékfolyó vízhozama és vízállás növekedés következik be nagy vízszín-eséssel, a torkolat felett lévő tiszai szakaszon azonban duzzasztott állapot jön létre: megemelkedik a vízszín és lecsökken a vízszín-esés, néha akár negatív értéket is felvéve. Ezen a szakaszon a tetőzés késleltetett. Ebből következtethető, hogy nem a mederesés szabályozza a vízszín-esését, hanem döntő mértékben **a meder geomorfológiája befolyásolja az esést**, azaz a mederalakulatok (kanyarok és egyenes szakaszok váltakozásai), illetve a mederszélesség változásai, a mellékfolyók betorkolása, és a befogadó közelsége, amelyek **a vízjárás hevésségének függvényében természetes duzzasztó illetve süllyesztő hatásúak**.

3. táblázat. A vízszín-esés statisztikai szórása (a középértéktől való elérés %-ban)

| A vízszín-esés statisztikai szórása a meghatározott szakaszokon [%] |                             |              |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|-----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| Időszak                                                             | vízállás intervallumok [cm] |              |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|                                                                     | -400<br>-300                | -300<br>-200 | -200<br>-100 | -100<br>0 | 0<br>100 | 100<br>200 | 200<br>300 | 300<br>400 | 400<br>500 | 500<br>600 | 600<br>700 | 700<br>800 | 800<br>900 | 900<br>1000 | 1000<br>1100 |
| <b>Tiszafüred – Taskony</b>                                         |                             |              |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1889–1972                                                           |                             | 8            | 9            | 14        | 17       | 19         | 22         | 23         | 26         | 25         | 21         | 20         | 17         | 4           | 8            |
| <b>Taskony – Tiszabó</b>                                            |                             |              |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1889–1972                                                           |                             | 7            | 7            | 10        | 12       | 14         | 16         | 18         | 17         | 16         | 13         | 17         | 15         | 10          | 7            |
| 1973–2009                                                           |                             | 26           | 23           | 22        | 22       | 18         | 21         | 23         | 26         | 22         | 19         | 16         | 19         | 10          | 26           |
| <b>Tiszabó – Szolnok</b>                                            |                             |              |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1889–1972                                                           |                             | 9            | 12           | 14        | 18       | 21         | 23         | 24         | 24         | 21         | 18         | 20         | 16         | 5           |              |
| 1973–2009                                                           |                             | 16           | 20           | 21        | 20       | 18         | 18         | 22         | 23         | 22         | 17         | 16         | 20         | 18          | 8            |
| <b>Szolnok – Martfű</b>                                             |                             |              |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1889–1972                                                           | 17                          | 17           | 20           | 26        | 29       | 33         | 35         | 39         | 33         | 23         | 20         | 21         | 16         |             |              |
| 1973–2009                                                           | 6                           | 20           | 20           | 20        | 20       | 25         | 32         | 29         | 31         | 26         | 16         | 12         | 15         | 11          | 1            |
| <b>Martfű – Tiszaug</b>                                             |                             |              |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1889–1972                                                           | 17                          | 20           | 23           | 27        | 29       | 33         | 32         | 34         | 31         | 19         | 21         | 19         | 10         |             |              |
| 1973–2009                                                           |                             | 35           | 27           | 22        | 20       | 24         | 27         | 29         | 28         | 17         | 13         | 14         | 12         | 10          |              |
| <b>Tiszaug – Csongrád</b>                                           |                             |              |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1889–1972                                                           | 14                          | 15           | 18           | 19        | 21       | 22         | 22         | 22         | 22         | 19         | 22         | 24         | 30         | 21          |              |
| 1973–2009                                                           |                             |              | 57           | 30        | 26       | 23         | 27         | 26         | 24         | 22         | 20         | 20         | 17         | 13          | 5            |
| <b>Csongrád – Mindszent</b>                                         |                             |              |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1889–1972                                                           |                             | 21           | 22           | 19        | 18       | 23         | 22         | 21         | 19         | 16         | 16         | 15         | 16         | 10          |              |
| 1976–2009                                                           |                             |              |              | 55        | 33       | 19         | 17         | 17         | 16         | 14         | 15         | 11         | 15         | 10          | 2            |
| <b>Mindszent – Algyő</b>                                            |                             |              |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1889–1972                                                           |                             | 19           | 21           | 20        | 20       | 22         | 20         | 18         | 17         | 13         | 13         | 11         | 10         | 13          |              |
| 1976–2009                                                           |                             |              |              | 2         | 24       | 19         | 15         | 15         | 16         | 12         | 10         | 8          | 10         | 7           | 1            |
| <b>Algyő – Szeged</b>                                               |                             |              |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1889–1972                                                           |                             | 34           | 36           | 33        | 33       | 33         | 31         | 29         | 25         | 26         | 17         | 14         | 9          | 7           |              |
| 1976–2009                                                           |                             |              |              |           | 81       | 55         | 27         | 23         | 18         | 15         | 14         | 14         | 16         | 12          | 2            |
| <b>Szeged – Törökkanizsa (Novi Kneževac)</b>                        |                             |              |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1889–1972                                                           |                             | 19           | 23           | 27        | 25       | 25         | 21         | 18         | 17         | 14         | 11         | 11         | 10         | 4           |              |
| 1976–2009                                                           |                             |              |              |           | 30       | 60         | 36         | 14         | 12         | 11         | 9          | 10         | 10         | 5           |              |
| <b>Törökkanizsa (Novi Kneževac) – Zenta (Senta)</b>                 |                             |              |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1889–1972                                                           |                             | 4            | 29           | 35        | 46       | 44         | 35         | 30         | 22         | 17         | 16         | 17         | 18         | 2           |              |
| 1976–2009                                                           |                             |              |              |           | 10       | 53         | 64         | 26         | 14         | 9          | 8          | 8          | 7          | 3           |              |
| <b>Zenta (Senta) – Törökbecse (Novi Bečej)</b>                      |                             |              |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1889–1972                                                           |                             | 17           | 24           | 30        | 34       | 35         | 36         | 26         | 18         | 19         | 14         | 11         |            |             |              |
| 1976–2009                                                           |                             |              |              |           |          | 37         | 78         | 94         | 31         | 10         | 11         | 6          | 1          |             |              |

30%-nál nagyobb szórású helyek: 1889–1972 között – rózsaszín, 1973–2009 között – kék

Állomásonként kigyűjtöttem a vízszín-esés minimumokat és maximumokat méteres vízállástartományokra bontva a megadott időintervallumokban (4–7. és 9–16. táblázatok).

4. táblázat. A vízszín-esés szélső értékei a Tiszafüred – Taskony szakaszon

| A vízszín-esés <i>minimumai</i> a Tiszafüred – Taskony szakaszon [cm/km] |                             |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|-----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| Időszak                                                                  | vízállás intervallumok [cm] |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|                                                                          | <-200                       | -200<br>-100 | -100<br>0 | 0<br>100 | 100<br>200 | 200<br>300 | 300<br>400 | 400<br>500 | 500<br>600 | 600<br>700 | 700<br>800 | 800<br>900 | 900<br>1000 | 1000<br>1100 |
| 1889–1972                                                                | 6,0                         | 4,7          | 3,1       | 2,1      | 2,5        | 1,7        | 1,6        | 1,1        | 1,3        | 0,8        | 1,8        | 2,0        | 2,5         |              |
| A vízszín-esés <i>maximumai</i> a Tiszafüred – Taskony szakaszon [cm/km] |                             |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1889–1972                                                                | 7,5                         | 8,6          | 12,5      | 12,1     | 13,5       | 14,4       | 13,5       | 12,0       | 9,4        | 8,5        | 5,6        | 4,1        | 2,7         |              |

piros: negatív, azaz ellenesés. kék: a 10 cm/km-nél nagyobb esés

5. táblázat. A vízszín-esés szélső értékei a Taskony – Tiszabő szakaszon

| A vízszín-esés <i>minimumai</i> a Taskony – Tiszabő szakaszon [cm/km] |                             |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|-----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| Időszak                                                               | vízállás intervallumok [cm] |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|                                                                       | <-200                       | -200<br>-100 | -100<br>0 | 0<br>100 | 100<br>200 | 200<br>300 | 300<br>400 | 400<br>500 | 500<br>600 | 600<br>700 | 700<br>800 | 800<br>900 | 900<br>1000 | 1000<br>1100 |
| 1889–1972                                                             | 4,0                         | 3,6          | 2,0       | 1,8      | 1,2        | 0,9        | 1,3        | 1,6        | 1,4        | 1,4        | 1,6        | 1,8        | 1,9         |              |
| 1973–2009                                                             | 1,9                         | 1,0          | 0,9       | 0,4      | 1,0        | 1,0        | 0,0        | 1,3        | 1,5        | 1,1        | 1,9        | 1,9        | 2,1         |              |
| A vízszín-esés <i>maximumai</i> a Taskony – Tiszabő szakaszon [cm/km] |                             |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1889–1972                                                             | 6,8                         | 7,1          | 8,7       | 9,0      | 7,5        | 8,5        | 10,5       | 7,7        | 7,2        | 5,1        | 5,4        | 3,8        | 2,8         |              |
| 1973–2009                                                             | 6,2                         | 6,4          | 7,3       | 7,7      | 7,7        | 6,3        | 6,1        | 6,1        | 5,8        | 4,6        | 4,8        | 4,0        | 3,0         |              |

piros: negatív, azaz ellenesés. kék: a 10 cm/km-nél nagyobb esés

6. táblázat. A vízszín-esés szélső értékei a Tiszabő – Szolnok szakaszon

| A vízszín-esés <i>minimumai</i> a Tiszabő – Szolnok szakaszon [cm/km] |                             |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|-----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| Időszak                                                               | vízállás intervallumok [cm] |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|                                                                       | <-200                       | -200<br>-100 | -100<br>0 | 0<br>100 | 100<br>200 | 200<br>300 | 300<br>400 | 400<br>500 | 500<br>600 | 600<br>700 | 700<br>800 | 800<br>900 | 900<br>1000 | 1000<br>1100 |
| 1889–1972                                                             | 2,7                         | 2,3          | 1,9       | 1,3      | 0,9        | 0,3        | 1,2        | 0,9        | 1,3        | 1,2        | 1,5        | 2,3        | 3,5         |              |
| 1973–2009                                                             | 1,9                         | 1,2          | 0,7       | 0,2      | 1,0        | 0,6        | 0,9        | 0,3        | 0,2        | 1,3        | 1,3        | 2,0        | 2,9         | 3,3          |
| A vízszín-esés <i>maximumai</i> a Tiszabő – Szolnok szakaszon [cm/km] |                             |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1889–1972                                                             | 5,3                         | 7,2          | 9,4       | 9,3      | 9,3        | 9,3        | 11,1       | 8,7        | 8,1        | 6,0        | 6,0        | 4,9        | 3,9         |              |
| 1973–2009                                                             | 5,2                         | 6,1          | 6,0       | 6,0      | 6,8        | 5,1        | 5,6        | 5,8        | 4,7        | 5,2        | 4,7        | 5,1        | 5,1         | 4,0          |

piros: negatív, azaz ellenesés. kék: a 10 cm/km-nél nagyobb esés

Igen kimagasló éreket kapunk (16,2 cm/km) Szolnok és Martfű között 1941. október közepén. Egy heves árhullám, mely Tiszafürednél két nap alatt 4,5 m vízszintemelkedést eredményezett (50 cm-ről 492 cm-re), és két nap múlva 17.-én 550 cm-el tetőzött, Szol-

nokig normál kimenetelű volt (Szolnoknál 18.-án 556 cm-en tetőzött). Martfűnél azonban csak késleltetve indult meg az áradás, és három nappal később 21.-én tetőzött 470 cm-en. Tiszaugnál 18.-19.-én tetőzött a Tisza 435 cm-en. Ez nem egyedi eset. Martfűnél a Tisza szeszélyessé válik, mert sokszor fordult elő, hogy az áradás pár nappal később, de több esetben pár nappal korábban indult meg – a szomszédos állomásokhoz képest. Ezen utóbbi esetekben viszont kimagaslóan kicsi vízszín-eséseket kapunk. Példa erre a 8. táblázatban közölt vízállásrészlet és a vízszín-esés alakulása. Ez volt a legszélsőségebb eset, ami előfordult ezen a szakaszon. Martfűnél megtorlódott a felülről érkező tetőzés: és Szolnoknál véget ért -119 cm vízállással. Tiszaugnál sem tetőzött az ár hullám. A Tiszaugai adatok, és a számtalan hasonló eset is megerősíti azt, hogy nem elírásról és hibás adatokról van szó.

7. táblázat. A vízszín-esés szélső értékei a Szolnok – Martfű szakaszon

| A vízszín-esés minimumai a Szolnok – Martfű szakaszon [cm/km] |                             |      |      |      |      |      |      |       |       |      |      |     |     |      |      |  |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|-----|-----|------|------|--|
| Időszak                                                       | vízállás intervallumok [cm] |      |      |      |      |      |      |       |       |      |      |     |     |      |      |  |
|                                                               | -400                        | -300 | -200 | -100 | 0    | 100  | 200  | 300   | 400   | 500  | 600  | 700 | 800 | 900  | 1000 |  |
|                                                               | -300                        | -200 | -100 | 0    | 100  | 200  | 300  | 400   | 500   | 600  | 700  | 800 | 900 | 1000 | 1100 |  |
| 1889–1972                                                     | 3,2                         | 2,0  | 0,1  | -2,6 | -1,9 | -9,4 | -6,1 | -14,2 | -11,3 | -2,1 | -2,2 | 1,2 | 1,7 |      |      |  |
| 1973–2009                                                     | 2,9                         | 0,7  | 0,2  | 0,1  | -0,7 | -0,6 | -0,8 | -0,8  | -0,7  | -1,4 | 0,4  | 2,2 | 2,5 | 2,6  | 3,1  |  |
| A vízszín-esés maximumai a Szolnok – Martfű szakaszon [cm/km] |                             |      |      |      |      |      |      |       |       |      |      |     |     |      |      |  |
| 1889–1972                                                     | 6,0                         | 12,6 | 9,8  | 15,1 | 16,2 | 14,0 | 13,0 | 9,4   | 7,6   | 7,3  | 5,5  | 5,0 | 3,5 |      |      |  |
| 1973–2009                                                     | 3,9                         | 6,1  | 8,4  | 7,8  | 9,5  | 10,8 | 9,7  | 9,2   | 8,8   | 8,1  | 5,2  | 4,9 | 4,4 | 3,7  | 3,1  |  |

piros: negatív, azaz ellenesés. kék: a 10 cm/km-nél nagyobb esés

8. táblázat. Az 1967. decemberi és az 1968. januári vízállások és vízszín-esések

| Az 1967. decemberi és az 1968. januári vízállások és a vízszín-esések kapcsolata |         |         |            |          |         |            |         |         |            |        |         |            |         |         |  |
|----------------------------------------------------------------------------------|---------|---------|------------|----------|---------|------------|---------|---------|------------|--------|---------|------------|---------|---------|--|
|                                                                                  | Taskony |         |            | Tiszaabő |         |            | Szolnok |         |            | Martfű |         |            | Tiszaug |         |  |
| nap                                                                              | H [cm]  | ΔH [cm] | esés cm/km | H [cm]   | ΔH [cm] | esés cm/km | H [cm]  | ΔH [cm] | esés cm/km | H [cm] | ΔH [cm] | esés cm/km | H [cm]  | ΔH [cm] |  |
| 23                                                                               | -56     | 5       | 5,02       | -109     | 13      | 4,16       | -147    | 16      | 3,90       | -210   | 70      | 4,40       | -307    | 17      |  |
| 24                                                                               | -51     | -27     | 4,77       | -96      | -15     | 4,08       | -131    | 12      | 1,95       | -140   | 137     | 5,75       | -290    | 30      |  |
| 25                                                                               | -78     | -12     | 4,41       | -111     | -26     | 3,32       | -119    | -15     | -2,56      | -3     | 174     | 8,47       | -260    | 30      |  |
| 26                                                                               | -90     | 38      | 4,83       | -137     | 11      | 3,02       | -134    | 5       | -9,39      | 171    | 139     | 12,14      | -230    | 50      |  |
| 27                                                                               | -52     | 282     | 5,65       | -126     | 250     | 3,18       | -129    | 171     | -14,22     | 310    | 90      | 14,40      | -180    | 64      |  |
| 28                                                                               | 230     | 226     | 6,62       | 124      | 259     | 5,39       | 42      | 295     | -11,30     | 400    | 88      | 15,06      | -116    | 306     |  |
| 29                                                                               | 456     | 106     | 5,62       | 383      | 129     | 4,39       | 337     | 148     | -3,83      | 488    | 16      | 9,52       | 190     | 168     |  |
| 30                                                                               | 562     | 33      | 4,92       | 512      | 45      | 3,85       | 485     | 58      | 0,94       | 504    | -1      | 5,65       | 358     | 58      |  |
| 31                                                                               | 595     | 5       | 4,56       | 557      | 17      | 3,49       | 543     | 20      | 3,07       | 503    | -33     | 4,15       | 416     | 40      |  |
| 1                                                                                | 600     | -20     | 4,20       | 574      | -14     | 3,41       | 563     | 2       | 4,98       | 470    | -70     | 2,29       | 456     | 10      |  |
| 2                                                                                | 580     | -64     | 4,02       | 560      | -42     | 2,96       | 565     | -26     | 7,58       | 400    | -50     | 0,25       | 466     | -6      |  |
| 3                                                                                | 516     | -95     | 3,35       | 518      | -80     | 2,51       | 539     | -65     | 8,45       | 350    | -50     | -0,87      | 460     | -34     |  |

piros – tetőző vízállás, kék – vízállás növekedés értéke

9. táblázat. A vízszín-esés szélső értékei a Martfű – Tiszaug szakaszon

| A vízszín-esés minimumai a Martfű – Tiszaug szakaszon [cm/km] |                             |              |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|-----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| Időszak                                                       | vízállás intervallumok [cm] |              |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|                                                               | -400<br>-300                | -300<br>-200 | -200<br>-100 | -100<br>0 | 0<br>100 | 100<br>200 | 200<br>300 | 300<br>400 | 400<br>500 | 500<br>600 | 600<br>700 | 700<br>800 | 800<br>900 | 900<br>1000 | 1000<br>1100 |
| 1889–1972                                                     | 2,0                         | 0,8          | -0,4         | -3,8      | -1,0     | -3,1       | -3,6       | -5,2       | -4,2       | 0,4        | -0,1       | 1,5        | 2,2        |             |              |
| 1973–2009                                                     |                             | 0,4          | 0,2          | -0,6      | 0,2      | 0,5        | 0,0        | -0,1       | 0,4        | 0,5        | 1,9        | 2,4        | 2,9        | 3,0         |              |
| A vízszín-esés maximumai a Martfű – Tiszaug szakaszon [cm/km] |                             |              |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1889–1972                                                     | 6,0                         | 12,1         | 15,1         | 9,7       | 9,4      | 9,5        | 7,6        | 7,7        | 7,6        | 4,8        | 5,2        | 4,4        | 3,4        |             |              |
| 1973–2009                                                     |                             | 5,6          | 7,1          | 5,4       | 5,8      | 6,7        | 7,4        | 7,5        | 6,6        | 4,6        | 4,6        | 4,9        | 4,4        | 3,8         |              |

piros: negatív, azaz ellenesés. kék: a 10 cm/km-nél nagyobb esés

A Tisza árvíz levezetése szempontjából különösen kedvezőtlen a Szolnok–Csongrád közötti szakasz. Itt a folyó csaknem úgy viselkedik, mintha tó lenne. Hiszen a vízszín esése kormányozza a lefolyást, nem pedig a mederfenék lejtése! (Nagy 2009).

10. táblázat. A vízszín-esés szélső értékei a Tiszaug – Csongrád szakaszon

| A vízszín-esés minimumai a Tiszaug – Csongrád szakaszon [cm/km] |                             |              |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|-----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| Időszak                                                         | vízállás intervallumok [cm] |              |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|                                                                 | -400<br>-300                | -300<br>-200 | -200<br>-100 | -100<br>0 | 0<br>100 | 100<br>200 | 200<br>300 | 300<br>400 | 400<br>500 | 500<br>600 | 600<br>700 | 700<br>800 | 800<br>900 | 900<br>1000 | 1000<br>1100 |
| 1889–1972                                                       | 3,9                         | 2,0          | 0,1          | -4,3      | -3,4     | -0,1       | 0,5        | 0,6        | 0,3        | 0,6        | 0,9        | 1,0        | 0,9        | 1,3         |              |
| 1973–2009                                                       |                             |              | -0,7         | -0,4      | -2,5     | -0,4       | -1,4       | -0,9       | -1,2       | -0,7       | 0,6        | 1,8        | 2,5        | 2,3         | 2,1          |
| A vízszín-esés maximumai a Tiszaug – Csongrád szakaszon [cm/km] |                             |              |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1889–1972                                                       | 7,2                         | 8,6          | 12,4         | 9,5       | 10,8     | 9,4        | 9,5        | 7,8        | 8,0        | 7,6        | 6,0        | 5,4        | 3,8        | 2,7         |              |
| 1973–2009                                                       |                             |              | 6,8          | 10,1      | 8,1      | 8,5        | 9,8        | 7,6        | 6,4        | 6,8        | 6,3        | 5,7        | 5,0        | 3,6         | 2,5          |

piros: negatív, azaz ellenesés. kék: a 10 cm/km-nél nagyobb esés

11. táblázat. A vízszín-esés szélső értékei a Csongrád – Mindszent szakaszon

| A vízszín-esés minimumai a Csongrád – Mindszent szakaszon [cm/km] |                             |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|-----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| Időszak                                                           | vízállás intervallumok [cm] |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|                                                                   | <-200                       | -200<br>-100 | -100<br>0 | 0<br>100 | 100<br>200 | 200<br>300 | 300<br>400 | 400<br>500 | 500<br>600 | 600<br>700 | 700<br>800 | 800<br>900 | 900<br>1000 | 1000<br>1100 |
| 1876–1972                                                         | 1,2                         | 1,0          | 0,7       | 0,2      | 0,7        | 0,9        | 0,5        | 0,4        | 1,2        | 1,6        | 1,1        | 1,8        | 2,3         |              |
| 1976–2009                                                         |                             |              | -0,8      | -0,9     | -1,5       | 0,7        | 1,2        | 2,0        | 0,4        | 0,7        | 2,8        | 2,7        | 3,4         | 3,7          |
| A vízszín-esés maximumai a Csongrád – Mindszent szakaszon [cm/km] |                             |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1876–1972                                                         | 6,1                         | 6,1          | 7,1       | 6,7      | 10,0       | 10,1       | 9,8        | 9,9        | 6,3        | 4,9        | 4,7        | 4,5        | 4,3         |              |
| 1976–2009                                                         |                             |              | 3,3       | 4,9      | 5,4        | 6,2        | 5,4        | 6,0        | 5,1        | 5,2        | 4,9        | 4,9        | 4,7         | 3,9          |

piros: negatív, azaz ellenesés. kék: a 10 cm/km-nél nagyobb esés

12. táblázat. A vízszín-esés szélső értékei a Mindszent – Algyő szakaszon

| A vízszín-esés <i>minimumai</i> a Mindszent – Algyő szakaszon [cm/km] |                             |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|-----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| Időszak                                                               | vízállás intervallumok [cm] |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|                                                                       | <-200                       | -200<br>-100 | -100<br>0 | 0<br>100 | 100<br>200 | 200<br>300 | 300<br>400 | 400<br>500 | 500<br>600 | 600<br>700 | 700<br>800 | 800<br>900 | 900<br>1000 | 1000<br>1100 |
| 1876–1972                                                             | 0,5                         | 0,1          | -0,4      | -0,7     | -2,6       | -0,3       | -0,6       | -0,3       | 0,3        | 0,6        | 1,8        | 1,4        | 1,4         |              |
| 1976–2009                                                             |                             |              | 0,8       | 0,4      | 0,4        | 0,4        | 0,8        | 0,5        | 1,2        | 1,8        | 2,1        | 1,6        | 2,3         | 2,7          |
| A vízszín-esés <i>maximumai</i> a Mindszent – Algyő szakaszon [cm/km] |                             |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1876–1972                                                             | 2,0                         | 3,2          | 4,3       | 4,2      | 5,2        | 5,6        | 5,8        | 5,4        | 4,6        | 4,4        | 3,6        | 3,3        | 2,7         |              |
| 1976–2009                                                             |                             |              | 0,9       | 2,6      | 2,7        | 3,7        | 4,6        | 4,2        | 3,4        | 3,4        | 3,2        | 2,9        | 2,9         | 2,8          |

piros: negatív, azaz ellenesés. kék: a 10 cm/km-nél nagyobb esés

13. táblázat. A vízszín-esés szélső értékei az Algyő – Szeged szakaszon

| A vízszín-esés <i>minimumai</i> az Algyő – Szeged szakaszon [cm/km] |                             |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|-----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| Időszak                                                             | vízállás intervallumok [cm] |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|                                                                     | <-200                       | -200<br>-100 | -100<br>0 | 0<br>100 | 100<br>200 | 200<br>300 | 300<br>400 | 400<br>500 | 500<br>600 | 600<br>700 | 700<br>800 | 800<br>900 | 900<br>1000 | 1000<br>1100 |
| 1876–1972                                                           | 0,8                         | -0,6         | -1,3      | -2,5     | -3,5       | -2,4       | -7,0       | -3,3       | -2,0       | -1,3       | 0,9        | 2,1        | 2,8         |              |
| 1976–2009                                                           |                             |              |           | -0,3     | -1,1       | -0,4       | 0,8        | -0,7       | 1,2        | 1,7        | 2,5        | 2,7        | 3,1         | 3,8          |
| A vízszín-esés <i>maximumai</i> az Algyő – Szeged szakaszon [cm/km] |                             |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1876–1972                                                           | 6,7                         | 9,0          | 13,4      | 9,8      | 12,7       | 9,8        | 5,5        | 6,3        | 8,3        | 4,1        | 4,7        | 4,3        | 4,0         |              |
| 1976–2009                                                           |                             |              |           | 5,7      | 4,6        | 5,7        | 7,8        | 5,6        | 4,8        | 4,7        | 4,7        | 4,8        | 4,7         | 4,0          |

piros: negatív, azaz ellenesés. kék: a 10 cm/km-nél nagyobb esés

14. táblázat. A vízszín-esés szélső értékei a Szeged – Törökkanizsa szakaszon

| A vízszín-esés <i>minimumai</i> a Szeged – Törökkanizsa szakaszon [cm/km] |                             |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|-----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| Időszak                                                                   | vízállás intervallumok [cm] |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|                                                                           | <-200                       | -200<br>-100 | -100<br>0 | 0<br>100 | 100<br>200 | 200<br>300 | 300<br>400 | 400<br>500 | 500<br>600 | 600<br>700 | 700<br>800 | 800<br>900 | 900<br>1000 | 1000<br>1100 |
| 1876–1972                                                                 | 1,7                         | 1,0          | 0,2       | -2,4     | -1,3       | 0,5        | 0,6        | -1,8       | 2,0        | -6,5       | 2,7        | 3,7        | 4,4         |              |
| 1976–2009                                                                 |                             |              |           | 0,3      | -0,9       | -0,7       | 1,1        | 1,4        | 0,9        | 2,8        | 3,2        | 3,5        | 4,2         |              |
| A vízszín-esés <i>maximumai</i> a Szeged – Törökkanizsa szakaszon [cm/km] |                             |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1876–1972                                                                 | 3,6                         | 12,0         | 10,4      | 8,7      | 8,2        | 8,5        | 7,4        | 6,3        | 7,0        | 6,1        | 6,6        | 5,7        | 4,8         |              |
| 1976–2009                                                                 |                             |              |           | 2,8      | 6,5        | 4,3        | 5,1        | 4,7        | 4,9        | 5,2        | 5,0        | 5,1        | 5,2         |              |

piros: negatív, azaz ellenesés. kék: a 10 cm/km-nél nagyobb esés

A vízszín-esések a Tiszafüred és Törökbecse közötti szakaszán árhullámonként változnak. Igen szélsőséges értékek is jelentkezhettek, amelyek kialakulásában a befogadó Duna és a két nagy mellékfolyó a Hármas-Körös és a Maros árhullámjainak fontos



szerepe van. A szélsőséges intenzív nagy csapadékok igen nagy ingadozásokat okozhatnak a folyó eme szakasza vízszín-eséseiben.

15. táblázat. A vízszín-esés szélső értékei a Törökkanizsa - Zenta szakaszon

| A vízszín-esés <i>minimumai</i> a Törökkanizsa - Zenta szakaszon [cm/km] |                             |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|-----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| Időszak                                                                  | vízállás intervallumok [cm] |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|                                                                          | <-200                       | -200<br>-100 | -100<br>0 | 0<br>100 | 100<br>200 | 200<br>300 | 300<br>400 | 400<br>500 | 500<br>600 | 600<br>700 | 700<br>800 | 800<br>900 | 900<br>1000 | 1000<br>1100 |
| 1876–1972                                                                |                             | 0,8          | -2,6      | -5,7     | -7,9       | -3,5       | -4,2       | -2,2       | 0,6        | 1,2        | 1,6        | 2,9        | 4,3         |              |
| 1976–2009                                                                |                             |              |           | 1,5      | -0,1       | -2,8       | -3,1       | -0,0       | 2,3        | 3,0        | 3,1        | 4,2        | 4,5         |              |
| A vízszín-esés <i>maximumai</i> a Törökkanizsa - Zenta szakaszon [cm/km] |                             |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1876–1972                                                                |                             | 5,8          | 11,5      | 9,6      | 10,4       | 12,9       | 8,4        | 6,4        | 6,1        | 5,3        | 5,4        | 5,1        | 4,4         |              |
| 1976–2009                                                                |                             |              |           | 2,0      | 6,2        | 5,3        | 5,8        | 6,6        | 4,7        | 4,7        | 4,9        | 5,2        | 4,9         |              |

piros: negatív, azaz ellenesés. kék: a 10 cm/km-nél nagyobb esés

16. táblázat. A vízszín-esés szélső értékei a Zenta – Törökbecse szakaszon

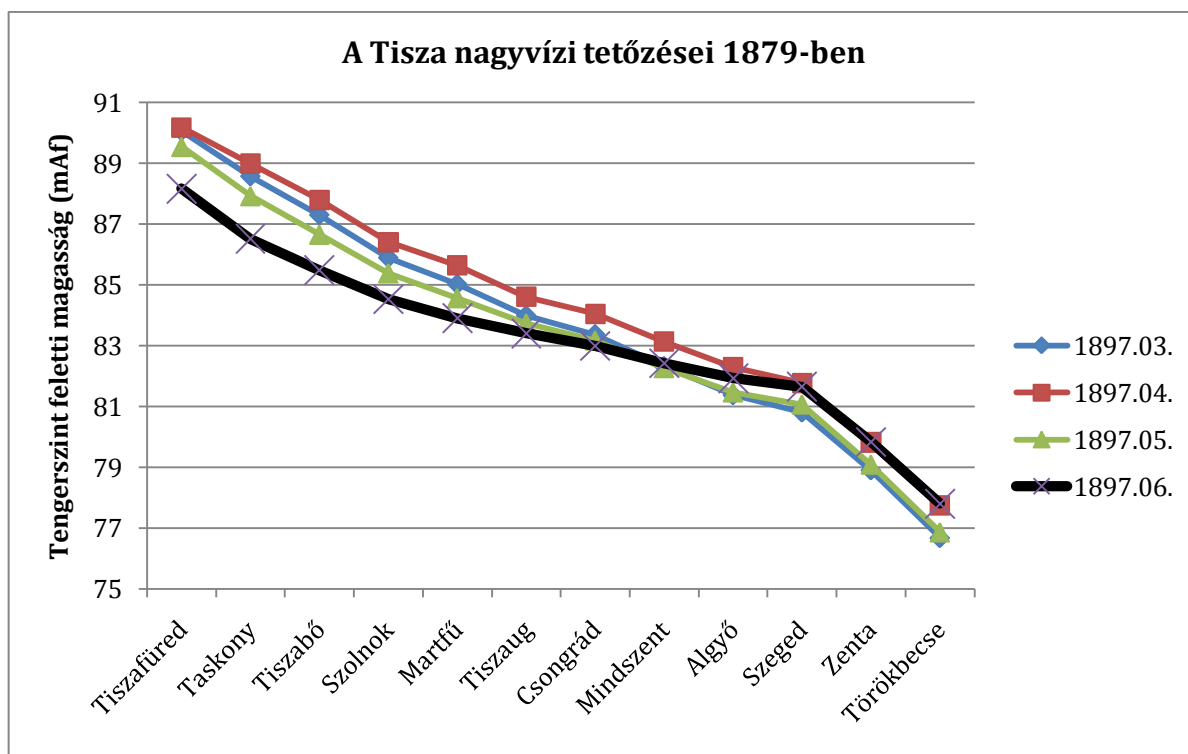
| A vízszín-esés <i>minimumai</i> a Zenta – Törökbecse szakaszon [cm/km] |                             |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|-----------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
| Időszak                                                                | vízállás intervallumok [cm] |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
|                                                                        | <-200                       | -200<br>-100 | -100<br>0 | 0<br>100 | 100<br>200 | 200<br>300 | 300<br>400 | 400<br>500 | 500<br>600 | 600<br>700 | 700<br>800 | 800<br>900 | 900<br>1000 | 1000<br>1100 |
| 1876–1972                                                              | 1,6                         | 0,3          | 0,3       | -0,5     | -0,9       | -1,6       | 0,1        | 0,8        | 1,1        | 1,8        | 2,6        |            |             |              |
| 1976–2009                                                              |                             |              |           |          | 0,4        | -0,4       | -1,5       | -0,0       | 2,5        | 2,8        | 3,2        | 3,4        |             |              |
| A vízszín-esés <i>maximumai</i> a Zenta – Törökbecse szakaszon [cm/km] |                             |              |           |          |            |            |            |            |            |            |            |            |             |              |
| 1876–1972                                                              | 2,9                         | 4,0          | 4,0       | 4,4      | 6,0        | 5,7        | 4,7        | 4,9        | 5,2        | 5,0        | 4,5        |            |             |              |
| 1976–2009                                                              |                             |              |           |          | 2,2        | 4,1        | 4,2        | 4,1        | 4,3        | 4,3        | 3,9        | 3,5        |             |              |

piros: negatív, azaz ellenesés. kék: a 10 cm/km-nél nagyobb esés

#### 4.4. A „MEDENCE JELLEG” MEGNYILVÁNULÁSA A TISZA VÍZJÁRÁSÁBAN

Magyarország területén a Tisza kiszolgáltatott helyzetben van a természet szeszélyeinek a „medence jellegből” kifolyólag. Vizeinek 95%-a külföldről érkezik és szeszélyes a vízjárása. A folyók árhullámai egymásra futnak, torlódnak, és csekély a víztározás lehetősége. Talaj- és rétegvizekben gazdag, amely rétegek nagyrészt csapadékból táplálkoznak, de a víz zömét a folyók szállítják el az országból, emiatt a területre mind a vízbőség, mind pedig a vízhiány jellemző lehet, ami rövid idő alatt ki tud alakulni.

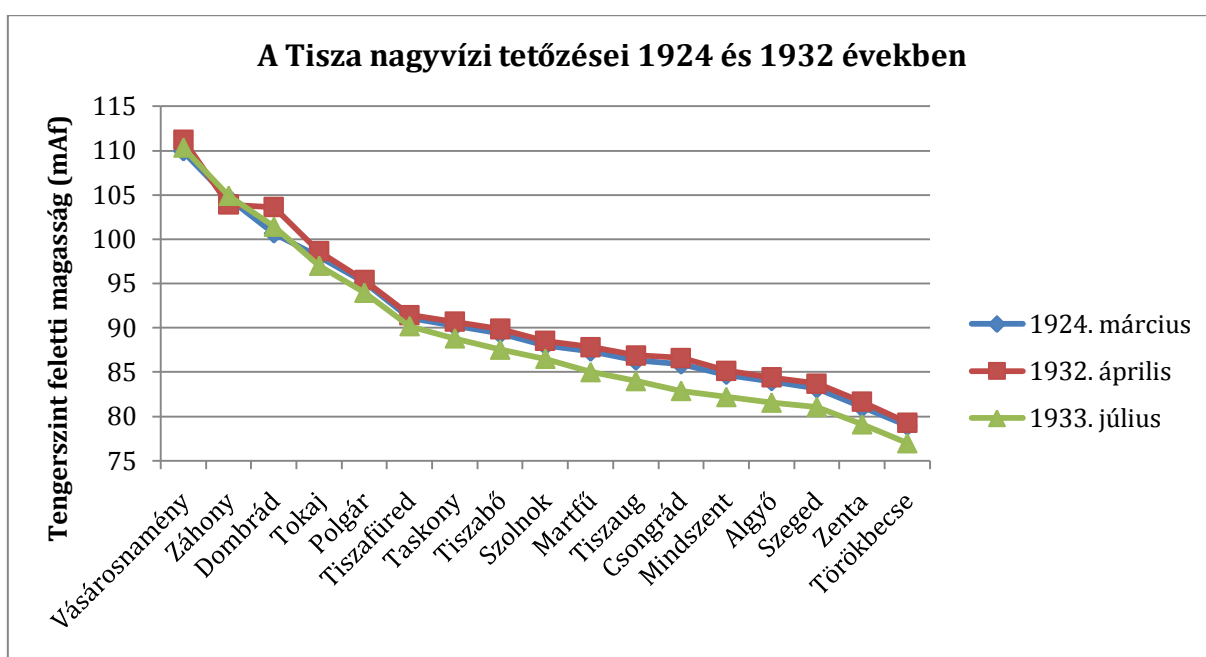
A Tiszán 1897-ben egymást követően több kisebb árhullám vonult le, amelyeket a Hármas-Körös és a Maros folyó igen látványosan visszaduzzasztott (31. ábra). A márciusi szabályosan vonult le. Az áprilisi árhullámot a Maros folyó duzzasztotta kismértékben. Májusban mind a Hármas-Körös, mind pedig a Maros folyó hatással volt a Tiszára. A júniusi árhullámnál a Maros visszaduzzasztása érvényesült. Összehasonlítva a márciusi és a júniusi árhullámot, jól látható, hogy a tiszafüredi és a szegedi mércék között **három** méter vízálláskülönbség jelentkezett. (A májusi, júniusi árhullámoknál Tiszaugig az anyamederben vonult a víz, lejjebb már a hullámtéren is: Szegednél 718 cm) Martfűig volt érezhető a két mellékfolyó vízállást növelő hatása.



31. ábra. A Tisza nagyvízi tetőzései 1897-ben

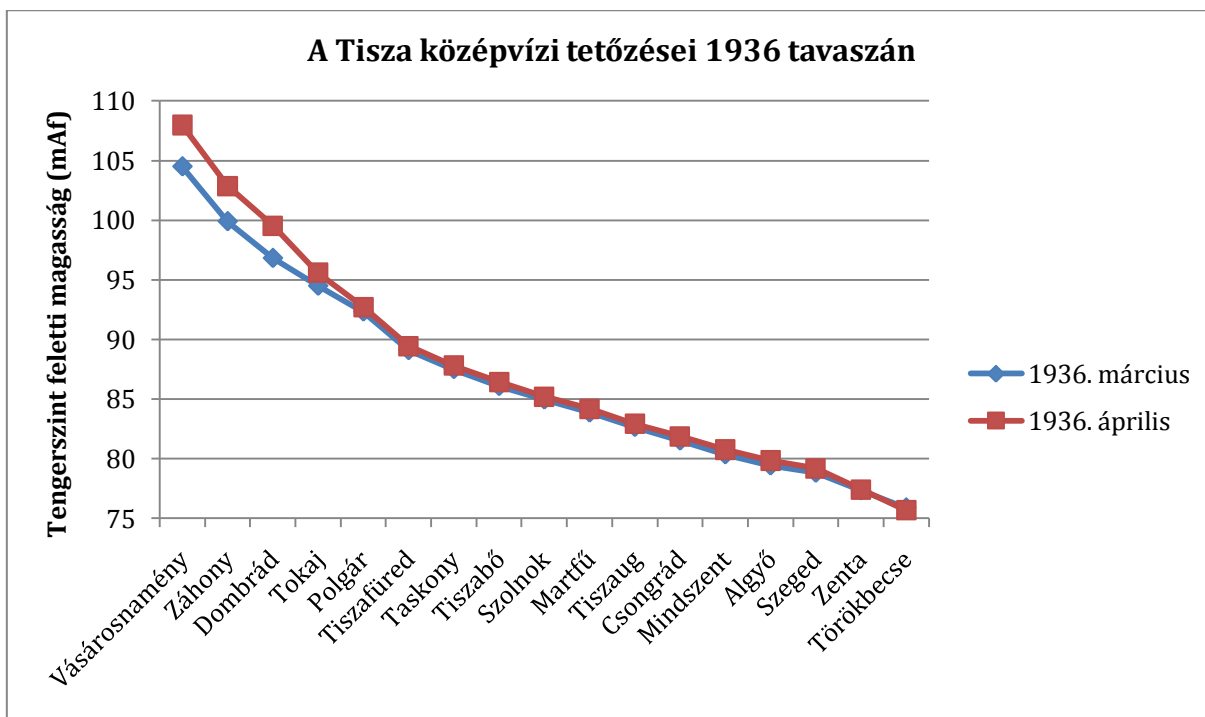
Összehasonlítva az 1933. évi különösebb hatásokkal nem terhelt árhullámmal az 1924. és 1932. évi nagyjából azonos vízállásokkal levonult árhullámokat, megállapíthatjuk, hogy Tiszafüredtől Szegedig a Hármas-Körös és a Maros visszaduzzasztása hatására átlagosan 3 m-rel, de Csongrád környezetében 4 m-rel magasabb vízállással vonultak le. A Szeged alatti szakaszon a Duna visszaduzzasztásának elmaradása miatt a vízszín-esések mind a három esetben különleges mértékben megnőnek: 4,2 cm/km. Az 1932. évben Dombrádnál a Bodrog visszaduzzasztó hatására a vízállás 4 m-rel magasabb szinten vonult le, mint a további esetekben (32. ábra).

A vízállások előrejelzésénél a Tisza eme szakaszán nagyon fontos a két mellékfolyó, illetve a Duna vízállásai alakulásának figyelembevétele.



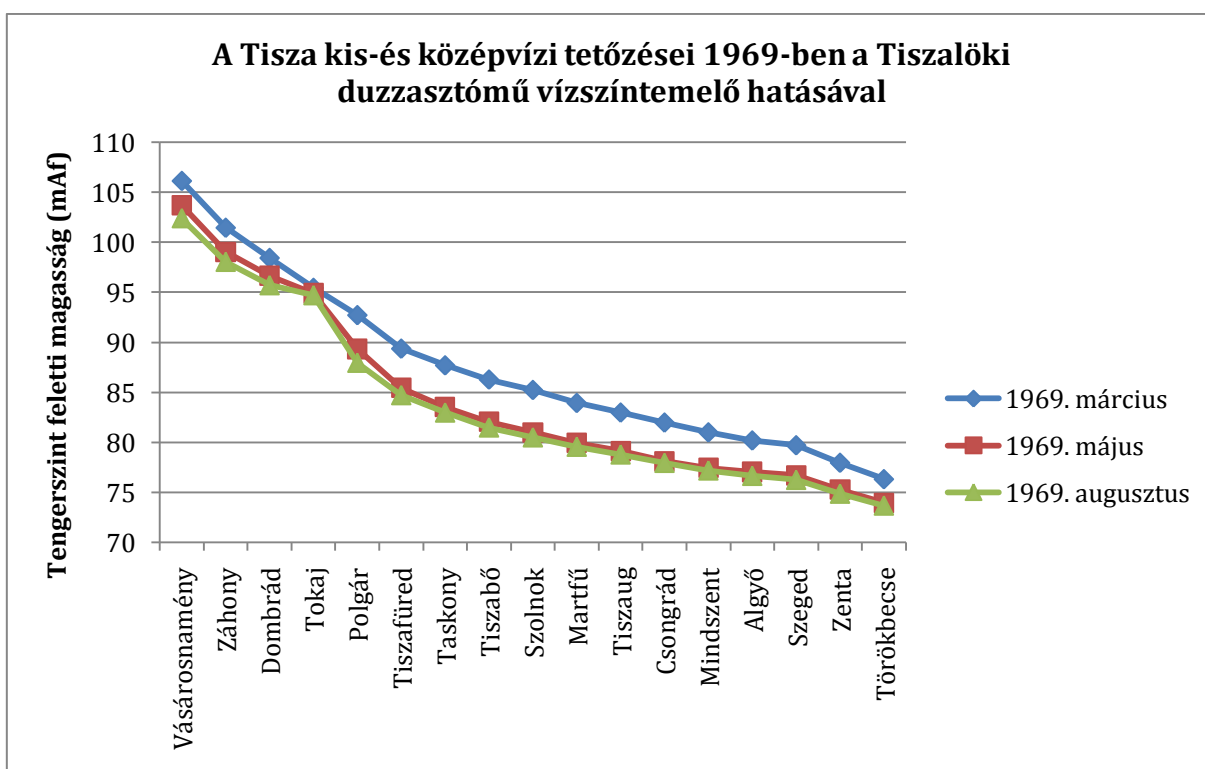
32. ábra. A Tisza nagyvízi tetőzései 1924 és 1932 években

1936 tavaszán a Tiszán levonuló árhullámok levonulását nem befolyásolta a Hármas-Körös a Maros és a Duna vízállása. Jól látszik a két egymást követő árhullámnál, hogy a Tisza felső szakaszán elinduló rövid tartósságú, de különböző magasságú árhullámok levonulása akadálymentes alsó szakasz esetén hasonló formában, szinte vízszint-különbségek nélkül megy végbe (33. ábra).



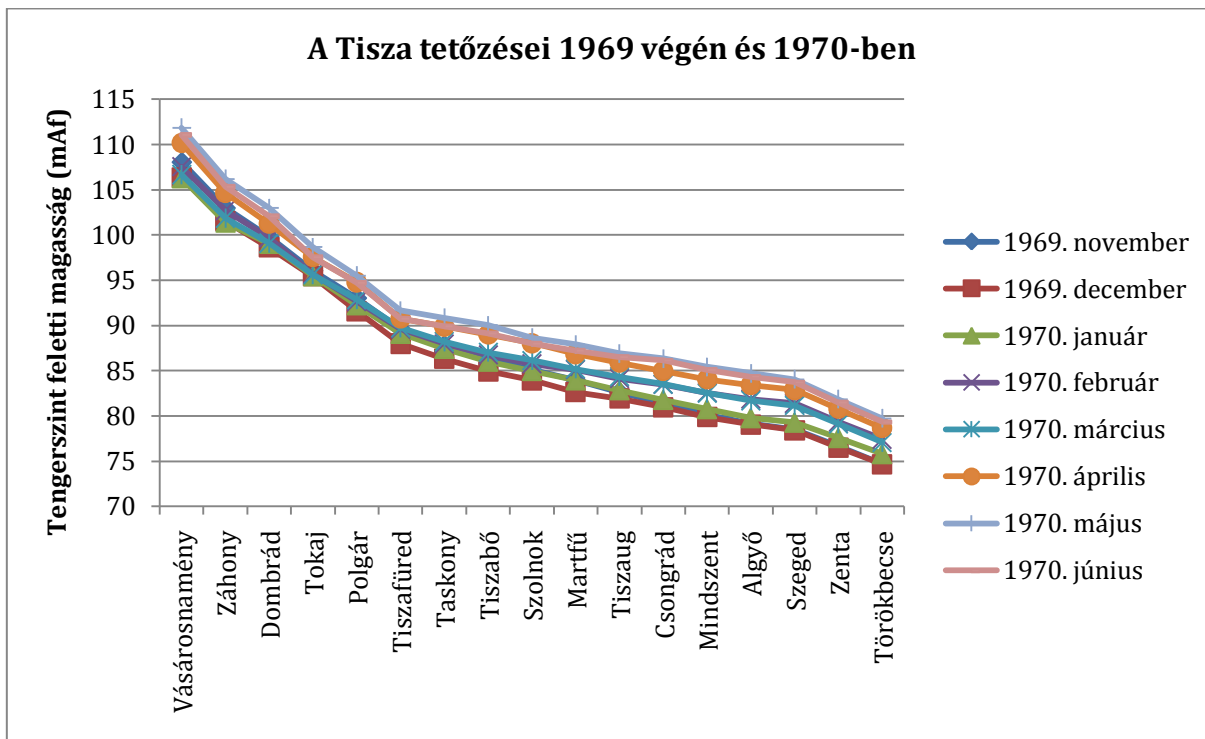
33.ábra. A Tisza középvízi tetőzései 1936 tavaszán

A Tiszalöki duzzasztómű 1957 óta duzzasztja a Tisza kisvizeit. Az 1969. évi kisvízi tetőző vízállásoknál ez jól szemléltethető (34. ábra).



34.ábra. A Tisza kis- és középvízi tetőzései 1969-ben a Tiszalöki duzzasztómű vízszintemelő hatásával

1969. évi csapadékos telet követően 1970-ben az egymás után érkező árhullámok magas vízállásra, mint kezdeti feltételre érkeztek, amelyek egymásra halmozódása a Maros és a Duna magas vízállásával együtt igen magas és tartós vízállást eredményezett a Tiszafüred alatti kisesésű Tisza szakaszon (35. ábra).



35.ábra. A Tisza tetőzései 1969 végén és 1970-ben

---

#### 4.5. A FORDÍTOTT ÁRVÍZI HUOKGÖRBE KIALAKULÁSÁNAK SZÜKSÉGES FELTÉTELEI

---

Az árvízi hurokgörbe fogalma a szakirodalomból már jól ismert (*Péché – Hajós 1898, Bogdánffy 1906, Schocklitsch 1930, Schaffernak 1935, Korbély 1937, Németh 1954, Zsuffa 1997,...*). A vízfolyáson az árhullám lefelé haladtában kisebb vízállás mellett nagyobb vízhozamot szállít, mint az apadó ágnál. A vízhozam előbb tetőzik, mint a vízállás. Amennyiben a vízfolyáson valamilyen oknál fogva duzzasztás lép fel (mesterséges, vagy természetes (mellékág betorkolása, befogadó közelsége)) a fent leírt jelenség megfordul. Előbb fog tetőzni a vízállás, és csak utána a vízhozam. 1984-ben *Vágás I.* írta le először a fordított hurokgörbe létezését. Ezzel meg isdőlt az az elmélet, mely szerint az árhullámok tetőzésének sorrendje: esés, sebesség, vízhozam és vízállás. Ez a sorrend ugyanis csak a vízfolyásokon *felülről-lefelé terjedő árhullámokat* jellemzi, ahol a csúcs-vízhozam csökken, és az árhullám ellapul. Az *alulról felfelé terjedő árhullámok* esetében a tetőzés sorrendje is fordított: vízállás, vízhozam, sebesség és esés. Ezeknek az árhullámoknak a csúcs-vízhozama is növekvő, tehát ellapulás helyett feltorlódnak.

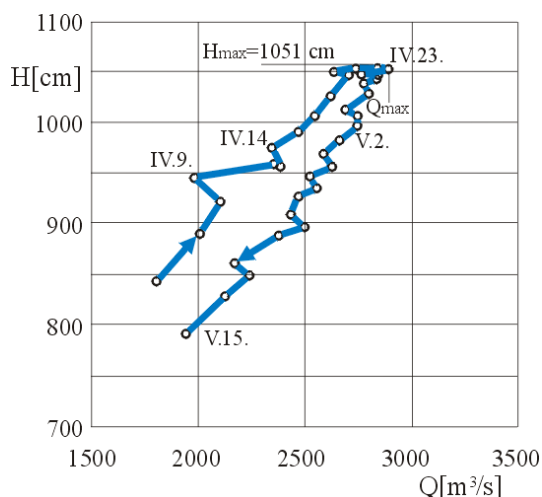
*Vágás (1984)* megjegyzi továbbá, hogy korábban a fordított módon tekeredő hurokgörbék mérési hibának tekintették, és emiatt például a csongrádi vízhozam mérések adatainak közlését meg is szüntették, illetve a Vízrajzi Évkönyvekben korrigált adatokat kezdtek közölni a nyers mérési adatok helyett.

A Dunán 1965-ben gátszakadás következtében fordított árvízi hurokgörbét határozott meg a VITUKI a medvei szelvényben, de az erről beszámoló tanulmány megjegyzi, hogy ez kivétel volt, mert ez a hatás a csicsói gátszakadás következménye volt csak. Mivel csak kivételnek tekintették, és nem szabályosságnak, emiatt nem is foglalkoztak vele behatóbban. A Duna Tiszáénál nagyobb (átlagosan 18 cm/km a magyarországi szakaszán) vízszín-esései miatt kicsi a jelentősége a duzzasztásoknak és a süllyesztéseknek, így a dunai árvízi hurokgörbéknek a szétnyílása is kisebb. A fordított árvízi hurokgörbéknek ott a legnagyobb a jelentősége, ahol a hagyományos méretei is nagyobbak.

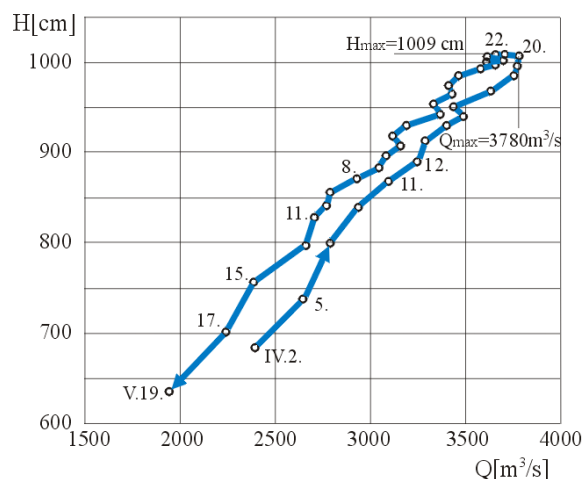
Igen jelentős dunai duzzasztó visszahatás mutatkozott 2006. áprilisában, amely a Maros és Körös együttes hatásával egészen Tiszaug fölé felhatott. A Duna vízállásában meghaladta a korábbi LNV-ket. A Dunán és a mellékfolyókon is több héten át folyamatosan tartottak az árhullámok (*Szlávik 2006, Vágás 2006*). A mellékelt szegedi hurokgörbe

a Maros beömlése alatt hagyományos forgási irányú, mert ott a Maros ár hulláma vízhozamban jelentősen megnövelte a Tisza vízhozamát. Ellenben az algyői hurokgörbe, amely a Maros torkolata feletti szelvényben alakult ki, fordított forgásirányú. Ez utóbbinál a Maros természetes (duzzasztómű-szerű) duzzasztása arra kényszerítette a folyót, hogy a vízállás tetőzzön előbb, és csak azután a vízhozam. Ezen a folyószakaszon a tartós duzzasztás-süllyesztés állapota idézte elő ezt a jelenséget. (36–37. ábrák)

A fordított hurokgörbék a duzzasztás fölötti szelvényben, szelvényekben alakulnak ki. Közvetlenül a mellékfolyók torkolata alatt hagyományos forgási irányú hurokgörbék kialakulása várható. Amennyiben a befogadó duzzasztó hatása felhat egy mellékfolyó torkolata fölé, akkor a mellékfolyó aktuális vízhozamától függ, hogy a torkolat alatt megfordul-e a hurokgörbe iránya.



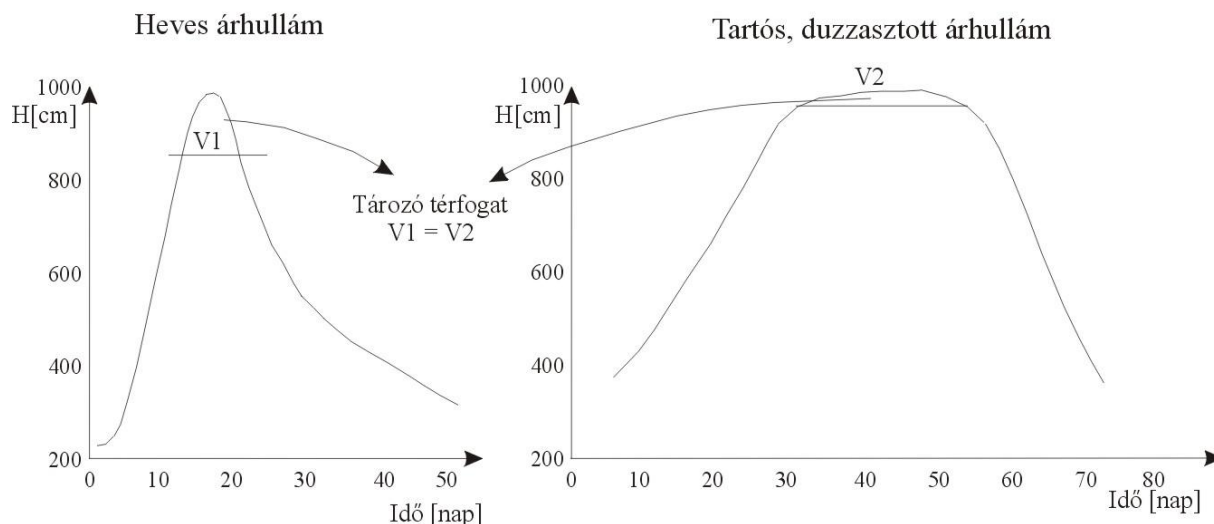
36. ábra. Fordított árvízi hurokgörbe az algyői szelvényben (2006)



37. ábra. Árvízi hurokgörbe a szege-di szelvényben (2006)

Mint már fentebb is említettem, töltésszakadás, töltésátvágás illetve vésztározás alkalmával is megfordulhat a hurokgörbe iránya, amennyiben az nem egy duzzasztott folyón történik. A kis esésű és nagy vízhozamú mellékfolyókkal rendelkező Tisza szakaszokon egy töltésmegnyitás alkalmával a kiáramló víz helyére hullámsebességgel áramlik majd a víz mindkét irányból, emiatt alig számíthatunk ezen a szakaszon néhány centiméternél, esetleg néhány deciméternél nagyobb vízálláscsökkenésre. Igaz, hogy a vízhozam megnő, de a vízállás közel változatlan marad majd, hiszen nem csak a fentről jövő vízhozam, hanem az alulról jövő „élő” vízhozam hullámsebességű áramlása következik majd be.

### A véstározás hatása különböző típusú árhullámok esetén



38. ábra. A véstározás hatása különböző árhullám-típusoknál

Heves, magas vízállású árhullámok csúcsának „lefejezésére” jó hatásfokkal lehet alkalmazni a véstározást. Ilyenkor rövid időre kialakulhat fordított hurokgörbe (38. ábra). Tartós árhullámok esetén nemcsak a vízállás magas, hanem nagy víztömegek is vannak, ami csökkenti a véstározás hatékonyságát. Duzzasztott térből vizet kivezetni még rosszabb hatásfokkal lehet csak. Amennyiben a duzzasztás természetes, mert mellékfolyó vízhozama okozza, a véstározás még hátrányosabb helyzetben van, mert két irányból „élő” vízhozam áramlik egy rossz hatásfokkal működő „oldalbukón” keresztül, alig valamicskét csökkentve a vízálláson. (Nagy víztömegekről van szó. Hatalmas térfogatú tározótérre, és nagy kifolyási keresztmetszélyre lenne szükség ahhoz, hogy hatásos legyen a megcsapolás.) Duzzasztott folyószakasz megcsapolásával nem fordul meg a hurokgörbe iránya, hiszen az már eddig is fordított volt. Maximum csak a tágassága változik meg. Minél kisebb a folyó vízszín-esése, annál rosszabb a véstározás hatásfoka.



#### 4.6. AZ ÁRHULLÁMOK DUZZASZTÁSÁNAK STATISZTIKAI VIZSGÁLATA

A Tisza folyó jellemző, és folyamatos vízrajzi adatgyűjtéssel rendelkező kiválasztott szelvényeiben (*Tiszafüred, Taskony, Tiszabő, Szolnok, Martfű, Tiszaug, Csongrád, Mindszent, Algyő, Szeged Törökkanizsa (Novi Kneževac), Zenta (Senta) és Törökbecse (Novi Bečej)*) a különböző vízállásokra vonatkozóan különválasztottam, meghatároztam és statisztikailag értékeltem a különböző típus szerinti, vagyis a felülről-lefelé, továbbá az alulról-felfelé haladó tetőzésű árhullámok számát.

17. táblázat. Az 1876–1975 időszakban minden állomásnál tetőző árhullámok befolyásoltságának vizsgálata

| A vizsgált szakaszon minden állomásnál tetőző árhullámok befolyásoltságának vizsgálata az 1876–1975 terjedő időszakban |                   |                     |                               |    |       |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|----|-------|------|
| vízfolyás neve                                                                                                         | árhullámok [db]   |                     |                               |    |       |      |
|                                                                                                                        | összes duzzasztás | egyedüli duzzasztás | a vízfolyások együttes hatása |    |       |      |
|                                                                                                                        |                   |                     | kettő                         |    | három | négy |
| Zagyva                                                                                                                 | 210               | 57                  |                               |    |       | 18   |
| Körös                                                                                                                  | 472               | 143                 | 144                           |    | 67    |      |
| Maros                                                                                                                  | 648               | 259                 |                               | 79 |       |      |
| Duna                                                                                                                   | 327               | 78                  |                               |    |       |      |
| összes duzzasztott árhullám:                                                                                           | 1022              | 537                 | 353                           |    | 114   | 18   |

Az összes vízállás tartományban a vizsgált 1876–1975 időszakban a Duna visszaduzzasztásainak **24%-a** a Szeged feletti szelvényekig hatott.

A 17. táblázatban 1454 árhullám vizsgálatának eredményét közlöm. A folyó Tiszafüred és Törökkanizsa közötti szakaszán minden vízmércénél tetőző árhullám feldolgozása alapján **az 1876–1975 terjedő időszakban** megállapítottam, hogy hány alkalommal befolyásolta a tetőzést a Zagyva, a Körös, a Maros és a Duna. Ezek hányszor fordultak elő egyedül, illetve hány alkalommal valamelyik másik vízfolyással. Azokat az eseteket jelöltem a kettő, illetve a három együttes hatásánál, ahol kimagaslóan gyakori volt azok előfordulása. Ilyen a Körös és a Maros, a Maros és a Duna, illetve ezek hármas kombinációja. A Zagyva ritkábban duzzaszt, de időszakosan bővizű is lehet.

Az **1454 árhullámból** mindössze 432 olyan árhullám volt, amelynél nem mutatkozott másik folyó hatása. **Az esetek 70%-ban az árhullámok valamelyik folyó által duzzasztottak. Legtöbbször (18%-ban) a Maros egyedüli duzzasztó hatása befolyásolja a Tisza árhullámain.** Ez a visszaduzzasztások 25%-a. Ezt követi nagyságrendben a Körös egyedül, illetve a Marossal együtt az árhullámok számának 10–10%-os befolyásolt-ságával. Ez a visszaduzzasztások 14–14%-át teszi ki. A Duna kizárólagos és a Marossal együttesen visszaduzzasztó hatása a vizsgált árhullámok 5,5–5,5%-ban érvényesül. A Tiszai duzzasztások többi esetei kisebb százalékokban fordulnak elő.

Az 1976–2009 időszakot már befolyásolja a Törökbecsei duzzasztómű. Ezért ezt az időszakot külön vizsgáltam. A 18. táblázat tartalmazza a feldolgozás eredményeit.

18. táblázat. Az 1976–2009 időszakban minden állomásnál tetőző árhullámok befolyá-soltságának vizsgálata

| A vizsgált szakaszon minden állomásnál tetőző árhullámok befolyásoltságának vizsgálata az 1976–2009 terjedő időszakban |                   |                     |                               |    |       |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|----|-------|------|
| vízfolyás neve                                                                                                         | árhullámok [db]   |                     |                               |    |       |      |
|                                                                                                                        | összes duzzasztás | egyedüli duzzasztás | a vízfolyások együttes hatása |    |       |      |
|                                                                                                                        |                   |                     | kettő                         |    | három | négy |
| Zagyva                                                                                                                 | 57                | 13                  |                               |    |       | 4    |
| Körös                                                                                                                  | 202               | 44                  | 40                            |    | 48    |      |
| Maros                                                                                                                  | 284               | 79                  |                               |    |       |      |
| Duna és vagy duzzasztómű                                                                                               | 390               | 171                 |                               | 95 |       |      |
| összes duzzasztott árhullám:                                                                                           | 583               | 307                 | 206                           |    | 66    | 4    |

Az összes vízállás tartományban a vizsgált 1976–2009 időszakban a Duna és/vagy a duzzasztómű visszaduzzasztásainak **48%-a** a Szeged feletti szelvényekig hatott.

A vizsgált **1976–2009 időszakban** minden állomásnál tetőző **742 árhullámból** mindössze 159 olyan árhullám volt, amelynél nem mutatkozott valamely folyó által, vagy a duzzasztómű által érzékelhető behatás. **Az esetek 79%-ban az árhullámok valame-lyik folyó, illetve a Törökbecsei duzzasztómű által duzzasztottak.** (Mivel a Törökbe-cei duzzasztómű fölött a legközelebbi vizsgált állomás a zentai, a duzzasztómű Zentánál is érzékelhető visszaduzzasztását tudtam csak figyelembe venni, és értékelni. Ez azt je-

lenti, hogy a megadott 159 árhullámból kevesebb árhullám van, ami nincs visszaduzzasztva.) ***Leggyakrabban a Duna, és vagy a duzzasztómű egyedüli duzzasztó hatása befolyásolja a Tisza árhullámain*** az esetek 23%-ban. Ez a visszaduzzasztások 29%-a. Ezt követi nagyságrendben a Duna és/vagy a duzzasztómű Marossal együttes hatása, amely az árhullámok számának 13%-át duzzasztja vissza. Ez a visszaduzzasztások 16%-át teszi ki. A Maros kizárólagos visszaduzzasztó hatása a vizsgált árhullámok 11%-ban érvényesül. A Tiszai duzzasztások többi esetei kisebb százalékokban fordulnak elő. Jól érzékelhető a Törökbecsei duzzasztómű hatása, ami megváltoztatta a duzzasztásokat. Nemcsak a kis- és középvizeknél érvényesül a visszaduzzasztó hatása, de a nagyvízi tartományoknál is érzékelhető az, annak ellenére, hogy a nagyvizek levezetésénél a duzzasztómű nyitott állapotban van, és akkor nem alakul ki vízszint-különbség.

Az anyamederben maradó és az azt elhagyó árhullámok tulajdonságai szemmel láthatóan különbözők. A nagy árhullámok száma lényegesen kevesebb a kisebbeknél, s ami a legfontosabb: időbeli (naptári hónapot jellemző) előfordulásuk megoszlása eltérő. Ezért a statisztikai vizsgálat számára a magasság szerint megkülönböztethető mindkét árhullám-féleség különválasztása feltétlenül indokolt.

Ezért külön megvizsgáltam a Szegednél 600 cm felett tetőző árhullámokat. ***Az anyamederből kilépő árhullámoknál az 1876–1975 időszakban a 19. táblázat*** szolgáltat adatokat. 112 ilyen árhullámot számoltam össze. Ezekből 10 árhullám nem volt a Zagyva, Körös, Maros illetve Duna által befolyásolt (9%). A nagyvizek esetében jól előtűnik, hogy ***többször kerülnek duzzasztás alá*** az árhullámok (91%), és akkor is ***a mellékfolyók, illetve a befogadó együttes hatásai érvényesülnek***. Legtöbbször a Körös és a Maros 23%-ban, a Körös a Maros és a Duna együttesen az esetek több mint 17%-ban duzzaszt vissza. A Maros és a Duna együtt az esetek 6%-ban fordul elő.

A vizsgált ***1976–2009 időszakban*** minden állomásnál tetőző és ***Szegednél 600 cm felett tetőző 37 árhullámból*** mindössze 2 olyan árhullám volt, amelynél nem mutatkozott valamely folyó által, illetve a Duna által érzékelhető behatás (5%) (20. táblázat). ***Az esetek 95%-ban az árhullámok valamelyik mellékfolyó, illetve a Duna által duzzasztottak. Leggyakrabban a Körös és a Maros együttes duzzasztó hatása befolyásolja a Tisza árhullámain*** az esetek 30%-ban. Ez a visszaduzzasztások 44%-a. Ezt követi nagyságrendben a Maros és a Duna együttes hatása, amely az árhullámok számának

19%-át duzzasztja vissza. Ez a visszaduzzasztások 28%-át teszi ki. A Körös, Maros és a Duna együttes visszaduzzasztó hatása a vizsgált árhullámok 8%-nál érvényesül.

19. táblázat. Az 1876–1975 időszakban Szegednél 600 cm felett tetőző árhullámok befolyásoltságának vizsgálata

| A Szegednél 600 cm felett tetőző árhullámok befolyásoltságának vizsgálata az 1876–1975 terjedő időszakban |                   |                     |                               |              |             |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|--------------|-------------|---|
| vízfolyás neve                                                                                            | árhullámok [db]   |                     |                               |              |             |   |
|                                                                                                           | összes duzzasztás | egyedüli duzzasztás | a vízfolyások együttes hatása |              |             |   |
|                                                                                                           |                   |                     | kettő együtt                  | három együtt | négy együtt |   |
| Zagyva                                                                                                    | 18                | 2                   |                               |              |             | 2 |
| Körös                                                                                                     | 51                | –                   | 26                            |              | 11          |   |
| Maros                                                                                                     | 85                | –                   |                               | 7            |             |   |
| Duna                                                                                                      | 28                | –                   |                               |              |             |   |
| összesen:                                                                                                 | 63                | 2                   | 44                            |              | 15          | 2 |

A nagyvízi tartományokban 1876–1975 időszakban a Duna visszaduzzasztásainak **25%-a** a Szeged feletti szelvényekig hatott.

20. táblázat. Az 1976–2009 időszakban Szegednél 600 cm felett tetőző árhullámok befolyásoltságának vizsgálata

| A Szegednél 600 cm felett tetőző árhullámok befolyásoltságának vizsgálata az 1976–2009 terjedő időszakban |                   |                     |                               |              |             |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|--------------|-------------|---|
| vízfolyás neve                                                                                            | árhullámok [db]   |                     |                               |              |             |   |
|                                                                                                           | összes duzzasztás | egyedüli duzzasztás | a vízfolyások együttes hatása |              |             |   |
|                                                                                                           |                   |                     | kettő együtt                  | három együtt | négy együtt |   |
| Zagyva                                                                                                    | 4                 | 2                   |                               |              |             | 0 |
| Körös                                                                                                     | 16                | –                   | 11                            |              | 3           |   |
| Maros                                                                                                     | 29                | –                   |                               | 7            |             |   |
| Duna                                                                                                      | 13                | –                   |                               |              |             |   |
| összesen:                                                                                                 | 25                | 2                   | 19                            |              | 4           | 0 |

A nagyvízi tartományokban 1976–2009 időszakban a Duna visszaduzzasztásainak **20%-a** a Szeged feletti szelvényekig hatott.

---

#### 4.7. A VÍZÁLLÁS-TETŐZÉSEK TÍPUSAINAK STATISZTIKAI VIZSGÁLATA

---

Statisztikai vizsgálatot végeztem a Tiszafüredtől Törökbecséig a vízmérce állomásokon észlelt tetőzések típusaira.

A tetőzéseket hat típusba soroltam, és a következő módon jelöltem őket:

N – normál tetőzés, amely a Tisza folyásirányának megfelelően időben előrehaladva tetőzik a fölötte lévő vízmérce állomáshoz képest.

NV – a normál tetőzés vége, amely a normál módon tetőző árhullám hely és idő szerint utolsó tetőzését jelenti.

F – fordított tetőzés, az amikor a két szomszédos vízmérce közül a felső vízmérce állomás vízállásának tetőzése időben később következik be, mint az alatta lévőé.

FV – a fordított tetőzés vége, az a fordított tetőzés legutolsó helye, azaz egy árhullámmon belül az időben legutoljára tetőző állomás.

NK – árhullám kezdet, azaz a mellékfolyók által a Tiszában kialakított önálló árhullám kezdete, vagy a Tiszában történt levonulás során egyszer „eltűnt” és lejjebb újra feléledő árhullámok feléledésének a helye.

NKV – egy árhullám kezdete és egyben befejeződése, akkor, ha csak egy mérceállomáson észleltek tetőzést. (Kisebb mértékű, helyi vízállás tetőzés jelölése.)

A 600 cm vízállások feletti és alatti tetőzések típus-eloszlását százalékosan az *21. táblázatban* közlöm. Itt a vízállások 600 cm felett tetőző értékei az egyes állomások 600 cm-es értékeire vonatkoznak. Ez az alacsonyabban tetőző vízmércék esetében kevesebb tetőzést, árhullámot jelent. Az összehasonlíthatóság érdekében %-osan adtam meg a különböző tetőzéstípusokat. Sárga színnel jelöltem a 80% fölötti értékeket. A fordított módon tetőző árhullámoknál a 30% fölötti értékeket színeztem kékre. Jól előtűnik, hogy a mederből kilépő árhullámok Tiszaug és Algyő között igen sok esetben befolyásoltak. Míndszent állomásnál az árhullámok több mint a fele fordított.

Tiszafürednél a legkisebb vizeknél és a 700–800 cm vízállástartományban a tetőzések 13%-ban duzzasztásból bekövetkező késleltetett tetőzés volt. A kisvízi vízállástartományokban fordult elő darabszámra a legtöbb duzzasztott állapot (9%). Taskonynál leggyakrabban (8%) a 600–700 cm közötti vízállástartományban fordul elő duzzasztás. A kisvizeknél van a duzzasztások másik gyakoribb zónája (7%). Tiszabőnél a legkisebb

vízállásoknál és a 700–800 cm-es vízállástartományban a legtöbb %-osan a duzzasztott állapot (16%).

21. táblázat. Az 1889–2009 időszakban a 600 cm feletti tetőzések típusainak eloszlása

| <b>A 600 cm feletti tetőzések típusainak eloszlása</b><br><b>az 1889–2009-ig terjedő időszakban [%]</b> |            |         |         |         |        |         |          |           |       |        |              |       |            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------|---------|---------|--------|---------|----------|-----------|-------|--------|--------------|-------|------------|
|                                                                                                         | Tiszafüred | Taskony | Tiszabő | Szolnok | Martfű | Tiszaug | Csongrád | Mindszent | Algyő | Szeged | Törökkanizsa | Zenta | Törökbecse |
| N+NV                                                                                                    | 98         | 89      | 89      | 75      | 68     | 49      | 59       | 38        | 42    | 74     | 74           | 71    | 70         |
| F+FV                                                                                                    | 2          | 6       | 5       | 21      | 21     | 43      | 33       | 58        | 44    | 8      | 17           | 19    | 25         |
| NK+NKV                                                                                                  |            | 5       | 6       | 4       | 11     | 7       | 8        | 4         | 14    | 19     | 9            | 10    | 5          |
| <b>A 600 cm alatti tetőzések típusainak eloszlása</b><br><b>az 1889–2009-ig terjedő időszakban [%]</b>  |            |         |         |         |        |         |          |           |       |        |              |       |            |
| N+NV                                                                                                    | 95         | 85      | 86      | 84      | 76     | 72      | 72       | 69        | 68    | 71     | 63           | 57    | 50         |
| F+FV                                                                                                    | 5          | 4       | 4       | 8       | 13     | 19      | 12       | 21        | 21    | 14     | 25           | 32    | 26         |
| NK+NKV                                                                                                  |            | 11      | 10      | 8       | 10     | 9       | 16       | 10        | 12    | 15     | 12           | 11    | 24         |

sárga: >80% normál árhullám, kék: >30% fordított árhullám

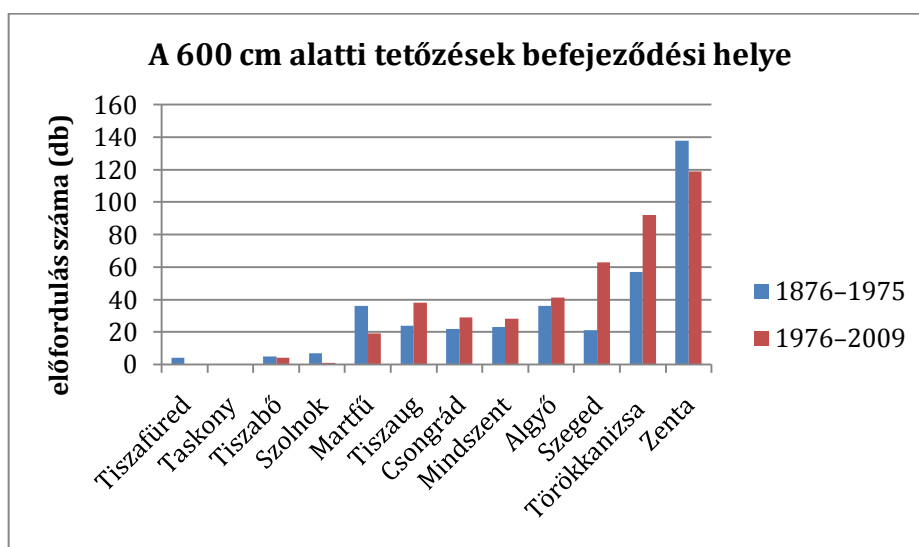
Szolnoknál a 600 cm-t meghaladó árhullámok tetőzései sok esetben visszaduzzasztottak. A kisvizeknél van a másik visszaduzzasztási zóna. Martfűnél a Tisza már több mint 30%-ban visszaduzzasztott a legkisebb vízállások illetve az anyamederből kilépő vízállások tartományában. Tiszaug állomásnál a nagyvizek több mint fele fordított árhullám. A mederfenékhez közeli vízállásoknál kerül még a Tisza gyakrabban visszaduzzasztott állapotba. Csongrádnál is a legtöbb esetben a hullámtérre kilépő árhullámoknál fordul elő visszaduzzasztott állapot. Mindszentnél minden vízállástartományban 20% fölötti a visszaduzzasztások száma, az 500 cm feletti vízállásoknál 50% feletti. Algyőnél 500 cm felett a tetőzések nagy százalékában kerülnek visszaduzzasztott állapotba a Maros illetve Duna hatására. A kisvizeknél található a duzzasztott állapotok másik zónája. Szegednél a Duna visszaduzzasztásának hatása minden vízállástartományban közel hasonló százalékban (5–10%) érvényesül. Törökkanizsa minden vízállástartományban 15–30%-ban kerül duzzasztott állapotba. Zentánál a visszaduzzasztás minden vízállástartományban a törökkanizsai állomáson észleltekhöz hasonló eloszlásban jelentkezik. Törökbecsénél a Duna visszaduzzasztó hatása a kisvizeknél ~30%-ban jelentkezik. A nagyvizeknél 20% feletti ez az érték.

#### 4.8. AZ ÁRHULLÁMOK BEFEJEZŐDÉSÉNEK STATISZTIKAI VIZSGÁLATA

Amennyiben a Tiszán egy árhullámban a vízállások tetőzése felfelé is haladhat, s főként, ha ezt a Duna vízállásainak duzzasztó-süllyesztő hatása idézi elő, a legkésőbbi tetőzésnek nem a torkolatában, hanem ennél feljebb, a folyó meghatározható szelvényében kell bekövetkeznie. Ennek a szelvénynek a helye az éppen kialakult hidrológiai feltételektől függhet, tehát a különböző árhullámok alkalmával eltérő. A tényadatok statisztikai elemzésével állapítottam meg, hogy az 1876–2009 évek közötti időszakban a torkolaton kívüli mely szelvényekben hány alkalommal fejeződött be a Tiszán vonuló árhullám.

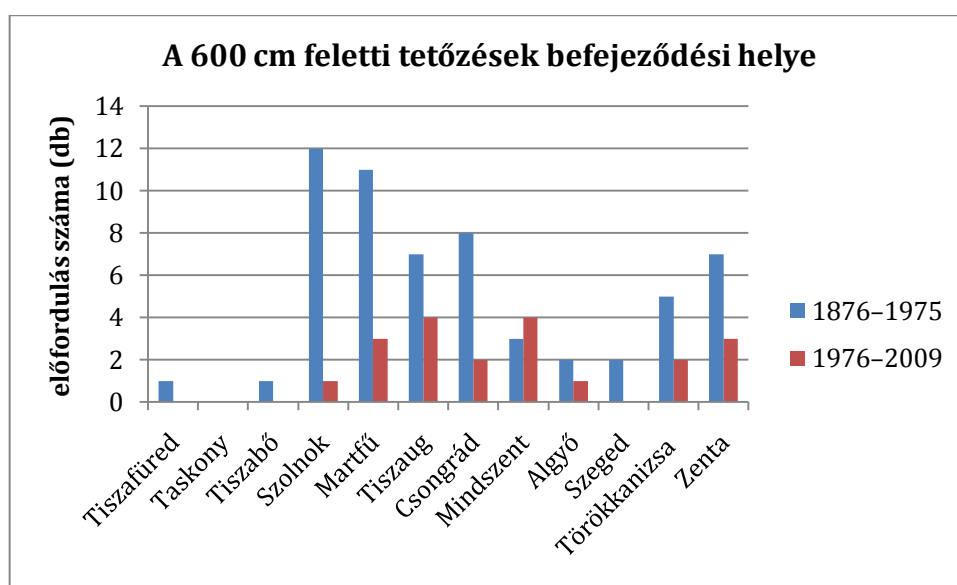
Megállapítható, hogy az összesen 2196 előfordult árhullám közül 887 (40 %) ért véget a Tisza Zenta fölötti folyószakaszok valamelyikén, és 1309 (60 %) jutott el a Zenta alatti szelvényekig. A torkolat fölött befejeződő árhullámok legtöbbször Zenta, Törökkanizsa, Szeged, Algyő, Tiszaug és Martfű vízmércéknél végződött az 1876–2009 időszakban. Mivel a kis- és középvizek az 1976-tól a Törökbecsei duzzasztómű hatása által befolyásoltak, az 1976 előtti, és az azt követő időszakot különválasztottam egymástól.

Az 1876–1975 időszakban a Szeged állomásnál 600 cm alatt tetőző összesen 1342 árhullámból 373 (28%) fejeződött be a Zenta feletti szelvények valamelyikén. Zenta, Törökkanizsa, Algyő és Martfű településeknél ért véget a legtöbbször az árhullám. A duzzasztóművekkel befolyásolt időszakban az összesen 742 előforduló tetőzésből 434 (58%) ért véget a Zenta fölötti folyószakasz valamelyikén (39. ábra).



39. ábra. A 600 cm alatti tetőzések befejeződési helye

A Szegeden 600 cm-t meghaladó tetőzésű árhullámok viselkedése és megoszlása lényegesen eltér a többi árhullámtól. A 149 összesen előfordult anyamedret elhagyó árhullám közül 79 (54%) ért véget a Zenta fölötti folyószakaszok valamelyikén. Ez utóbbi megállapításnak a fontosságát külön kiemeli, hogy ez vonatkozik az árvízvédelmi készültségi szintekre. Ezeknek többségében – közelítően a felében – fordult elő az árhullám torkolattól erősen eltérő befejeződése. (Az egyik legérdekesebb példa: az 1970. évi árhullám június 3-án a hódmezővásárhelyi szivattyútelep szelvényében fejeződött be.) A legnagyobb befejeződési gyakoriság **Martfű és Szolnok** szelvényét jellemezte. Az igen magas (Szegeden 850 cm fölötti) árhullámoknál még gyakrabban fejeződik be az árhullám a torkolat feletti szelvény valamelyikén (40. ábra).



40. ábra. A 600 cm feletti tetőzések befejeződési helye

A Tisza árhullámának befejeződési időpontja – időben a legkésőbb bekövetkező tetőzése – nincs helyhez kötve. Emiatt tűnik ugyanaz a folyószakasz az egyik alkalommal rossz, a másik alkalommal jó vízvezetésűnek. A Tisza árhullámainak látszólagos, és több szerző által leírt *“megtorlódása”* a vízgyűjtő esetről-esetre változóan alakuló *hidrológiai feltételeivel függ össze, és nem a folyómeder fejlődési, vagy szabályozási vélt rendellenességeivel.*



#### 4.9. A DUZZASZTÓMŰVEK HATÁSA A VÍZJÁRÁSRA

A Tiszalöki vízlépcső legjelentősebb előnye az, hogy üzembe-helyezését követően a tározóteréből 28 m<sup>3</sup>/s vízhozamot vezettek át a Körös-völgybe, és ezzel visszaállították a megfelelő hidrológiai egyensúlyt, amely megvédte a Körösök völgyét egy ökológiai katasztrófától (Mosonyi – Pados – Ötvös, 2004).

A vízállások éves átlagos értékeinek átlagai az általam vizsgált időintervallumoknál 1957-ig minden vízmérce állomásnál csökkenő tendenciát mutattak. Érezhetően a hatvanas évektől Tiszaugnál megállt ez a csökkenés, és az alatta lévő állomásoknál nőni kezdtek az éves átlagos vízállás értékek. Algyő és Szeged környezetében volt a legnagyobb változás 15–17 cm-el. Törökbecsénél mindössze 2 cm változás történt. A legkisebb vizek szintje a Csongrád alatti szelvényekben a korábbi évekhez viszonyítva 15–20 cm-rel emelkedett meg (22. táblázat). A Tiszalöki duzzasztómű üzembe helyezését követően a Körös-völgybe juttatott 28 m<sup>3</sup>/s vízhozam és a vele együtt járó talajvíz szintek megemelkedésének (14–16. ábrák) köze lehetett a tiszai kisvízi vízállások lesüllyedési folyamatának visszaállításában. A 0 cm alatti vízállások tartóssága az időben előrehaladva szintén csökkent ezen a szakaszon (22. táblázat).

22. táblázat. A 0 cm alatti vízállások éven belüli tartósságának átlagai

| A 0 cm alatti vízállások éven belüli tartósságának átlagai<br>az egyes időszakokban [%] |             |         |        |         |        |         |          |           |       |        |              |       |            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------|--------|---------|--------|---------|----------|-----------|-------|--------|--------------|-------|------------|
| időszak                                                                                 | Tiszaforrás | Taskony | Tiszaó | Szolnok | Martfű | Tiszaug | Csongrád | Mindszent | Algyő | Szeged | Törökkanizsa | Zenta | Törökbecse |
| 1876–1888                                                                               | 3           |         |        | 7       |        | 4       | 7        | 5         | 2     | 4      |              | 2     | 9          |
| 1889–1900                                                                               | 18          | 17      | 23     | 25      | 34     | 42      | 31       | 23        | 16    | 21     |              | 14    | 25         |
| 1901–1916                                                                               | 24          | 18      | 27     | 26      | 36     | 44      | 32       | 27        | 21    | 24     | 22           | 15    | 19         |
| 1921–1932                                                                               | 26          | 20      | 30     | 30      | 41     | 50      | 42       | 34        | 26    | 30     | 25           | 19    | 20         |
| 1933–1956                                                                               | 34          | 28      | 37     | 37      | 45     | 52      | 45       | 37        | 31    | 33     | 30           | 25    | 25         |
| 1957–1972                                                                               | 40          | 33      | 40     | 41      | 48     | 53      | 45       | 35        | 29    | 30     | 29           | 23    | 24         |
| 1973–1975                                                                               | 0           | 29      | 39     | 40      | 45     | 49      | 41       | 30        | 17    | 18     | 20           | 16    | 15         |
| 1976–1983                                                                               | 0           | 27      | 30     | 29      | 37     | 40      | 28       | 8         | 0     | 0      | 0            | 0     | 0          |
| 1984–2009                                                                               | 0           | 45      | 45     | 41      | 49     | 53      | 39       | 12        | 0     | 0      | 0            | 0     | 0          |

Kék: az előző időszakhoz képest csökkenés következett be

A Kiskörei duzzasztómű (1973) és a hozzá kapcsolódó Nagykunsági-főcsatorna (1978) üzemeltetésével a Körös völgyébe további  $25+10 \text{ m}^3/\text{s}$ -ot juttat(hat)nak el a kisvizes időszakokban. Ennek a vízpótlásnak a következményeként a megváltozott vízállási viszonyok miatt a Hármas-Körös kisvízi tartóssága csökkent (*Konecsny 2010*), ami maga után vonta a magasabb vízállások megjelenését, és köze lehet az árhullámok tetőzési szintjeinek megnövelésében is. A Hármas-Körös vízhozama a vízpótlásokkal több mint  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ -ra nőtt a kisvizes időszakban, míg a Tisza vízhozama Szolnoknál  $\sim 65 \text{ m}^3/\text{s}$ . Tehát a tiszai vízhozamok a hossz-szelvény mentén átrendeződtek. A Tisza kapcsolódó szakaszain ez a jelenség változásokat okozott a kis-, a közép- és a nagyvízi vízállásoknál is. ***A kisvizek tartóssága csökkent, nőtt a középvízi és vele együtt a nagyvízi tartósság.*** Az 1960-as évek közepétől az árhullámok tetőző szintjeinek növekedését az érintett szakaszokon (*Rakonczai 2000*) nagy valószínűséggel ez a beavatkozás is befolyásolta.

A Kiskörei vízlépcső (1973) alatti mederszakaszokon a legkisebb vizek szintje 2009-ig Taskonynál több mint 100 cm, Tiszabőnél 50 cm, Szolnoknál 20 cm és Martfűnél 10 cm értékkel lesüllyedt vélhetően a továbbengedett vízhozam csökkenése illetve a mederkimélyítése következményeként, mert a tervezett egymás duzzasztására épülő tározórendszer csongrádi eleme még nem épült meg. Itt a kisvizek tartózkodási ideje is nőtt. Figyelembe véve azt a tényt, hogy az 1973–1983 terjedő időszak nedvesebb volt, még így is Martfűig az 1973–1975 terjedő időszakban tovább tartózkodott a vízállás a 0-pont alatt, mint korábban szokott. A Kiskörei vízlépcső medererodáló hatása nagy valószínűséggel Martfű állomásig hat.

Mivel a Törökbecsei vízlépcsőt 1976-ban helyezték üzembe, így a Kiskörei vízlépcső kizárólagos hatását nem áll módomban a rendelkezésre álló rövid időszak miatt részletebben vizsgálni, csak a Törökbecsei duzzasztómű együttes hatásával.

A Törökbecsei vízlépcső duzzasztása kedvező hatásaként a duzzasztómű fölötti Tisza szakaszokon egészen Tiszaugig megállt, sőt visszafordult a korábban tapasztalt kisvíz-színek lesüllyedési folyamata. Ez a folyamat a Tiszaöki duzzasztómű megépítését követően kezdődött el. Ezzel egyrészt megemelték a környező talajvíz szinteket, illetve a Hármas-Körösből a Tiszába lényegesen nagyobb vízhozam jutott a kisvizes időszakokban. Ezt követte 1973-tól a Kiskörei duzzasztómű alatti szelvényekben a megnövekedett energiával rendelkező víz medereróziója, amit 1976-tól a Törökbecsei duzzasztás hatá-

sára lecsökkenő vízsebesség Tiszaugtól lefelé haladva a folyómederben intenzívebb hordaléklerakásra ösztönzött (Kiss – Sipos – Fiala 2010).

A folyó Tiszafüred alatti szakaszán található vízmércék napi vízállásainak feldolgozása alapján megállapítható, hogy a Törökbecsei duzzasztómű Tiszaugig érezteti duzzasztó hatását. A **kisvizek szintje a duzzasztás révén megemelkedett** átlagosan: Tiszaugnál 55 cm-rel, Csongrádnál 105 cm-rel, Mindszentnél 150 cm-rel, Algyőnél 170 cm-rel, Szegednél 200 cm-rel, Törökkanizsánál 270 cm-rel, Zentánál 300 cm-rel és Törökbecsénél 385 cm-rel. Tehát Tiszaugnál a legkisebb vizek átlagosan –240 cm, Csongrádnál –135 cm, Mindszentnél –25 cm, Algyőnél 50 cm, Szegednél 70 cm, Törökkanizsánál 140 cm, Zentánál 205 cm és Törökbecsénél 270 cm körül mozognak. Tehát a vízlépcsőhöz közeleső felső mederszakaszoknál már nem is beszélhetünk kisvízi vízállásokról. **Ezen vízállások alatt a meder lassú átfolyású,** szinte kikapcsolódott a vízszállításból. **A kis- és közép-vizek levezetését teljes mértékben a duzzasztómű szabályozza.** Ez azt is jelenti, hogy a mögöttes mederszakaszoknak nincs hatásuk a vízjárás alakítására. A Tisza medre hasonlóan működik, mint egy belvízrendszer: tározza a vizet, (amíg a torkolati szelvény, átemelő szivattyú), jelen esetben a duzzasztómű el nem vezeti azt az ő üteme szerint.

A duzzasztóművekkel befolyásolt Tisza szakasz a vízszín-esések változását is maga után vonta (17–28. ábrák). Jellemzően **a kisvízi vízszín-esések csökkentek, a nagyvízi vízszín-esések növekedtek.**

A legkisebb vízállásoknál a vízszín-esések lecsökkenésének mértéke: Taskony – Tiszabő 1,5 cm/km, Tiszabő – Martfű 0,5 cm/km, Martfű – Tiszaug 1,0 cm/km, Tiszaug – Csongrád 2,0 cm/km, Csongrád – Mindszent 1,5 cm/km, Mindszent – Algyő 0,5 cm/km, Algyő – Zenta 1,5 cm/km és Zenta – Törökbecse 1,0 cm/km.

A nagyvízi tartományokban a vízszín-esések **Tiszabótól Mindszentig** megnöttek ~0,5 cm/km-rel. Mindszent és Algyő között nem mutatható ki egyértelmű változás. **Algyő és Szeged között is ~0,5 cm/km esésnövekedés figyelhető meg.** A Szeged alatti szakaszon nem mutatható ki az esések bármilyen változása. Ez azt jelenti, hogy a Tiszabő feletti, illetve az Algyő és Mindszent közötti szakaszok vízlevezetése romlott.

A közép-vizek átlagos esés-értékei átmenetet képeztek a kisvízi és nagyvízi esések között. Az esések szélső értékei is követték a fent leírt esésváltozásokat. (4–7. és 9–16. ábrák)

A 3. táblázatban a statisztikai szórások azt mutatják, hogy a kisvízi tartományoknál, ahol a vízszín-esés csökkenése következett be ott megnőtt a szórás. A kisvízi-esések szórás értékeinek növekedése azt igazolja, hogy a mesterségesen duzzasztott Tisza szakaszokon a mellékfolyók általi természetes duzzasztások és süllyesztések a duzzasztóművek működése előtti állapotokhoz képest még jobban érvényesülnek. A nagyvizeknél, ahol esésnövekedés volt, ott a szórás értéke csökkent.

***Az árvízszintek megnövelésében a duzzasztóművek fontos szerepet játszanak,*** mert egyrészt ***mederszűkületet okoznak,*** másrészt ***duzzasztó hatásukkal megemelik a vízszinteket.*** Így az érkező árhullámok nem egy kisvízszintre, hanem egy magasabb vízszínre futnak rá. Tehát ***a kezdeti feltétel megváltozott.*** Ez különösen a déli országhatár feletti szakaszon – a már korábban említett két nagy mellékfolyó (Maros és a Hármas-Körös) közel egyidejű árhullámaival – nagymértékben megemelheti az árvízi szinteket. További változás: hogy az 1970-es évekhez képest a Kiskörei duzzasztóműnél a minimális duzzasztási szint több mint egy méterrel magasabb, (összehasonlítva az 1977, 1979, 1980 és 1981-es éveket az 1998, 1999, 2000 és 2006-os évekkel). A Törökbecsei duzzasztóműnél is a legalacsonyabb duzzasztási szintek 30–50 cm-rel magasabbra kerültek. Mivel a Kiskörei duzzasztóműnél ***az árhullám a műtárgy fölött vezetődik le, a tározóban tárolt víz szintje döntő mértékben befolyásolja az érkező árhullám által kialakuló vízszinteket,*** mind a tározóban, mind pedig az alatta lévő szelvényeknél. Ennek következtében az egyes árhullámok vízállásai a Kiskörei tározó alatti szelvényekben igen magasak lehetnek. A Kiskörei és a Törökbecsei duzzasztómű fölött kialakuló vízállások különbsége nagyobb lett, mint korábban volt. A két szelvény között a vízfelszín-görbe egyrészt magasabbra kerül, másrészt a Kiskörei duzzasztómű környezetében legalább fél méterrel még meg is emelkedik. Ez a változás pedig a szakasz egyes részein a vízszín-esések növekedését vonja maga után.

A vízlépcsők, mint egy „bukó” vezetik le a vizet. Amikor megnyitják őket, a mögöttes holt tér vize is bekapcsolódik a vízszállításba, de nem csak területével, hanem a tárolt víztömegével is. Ez azt is jelenti, hogy a vízállással megnöveli az érkező vízhozamot. Tehát az alatta lévő szelvényeknél már nem a felső szakaszokon jellemző vízhozamok, hanem annál nagyobb vízhozamok fognak jelentkezni. A tározótérben a duzzasztási szinteknél nem érzékelhető a duzzasztómű megnyitása. A vízállás adatsorok alapján mind a három duzzasztómű tározóterében megvizsgáltam a legalacsonyabb duzzasztási szinteket. Ezek

időben előrehaladva egyre magasabb duzzasztási szint kialakítását tükrözik. Az árhullámok érkezése előtt nem engedik le a tározóból olyan mértékben a vizet, hogy az a duzzasztómű kiépítésekor megadott legkisebb duzzasztási szintig kiürüljön, mert kevés idő áll rendelkezésre az érkező árhullám tetőzéséig. (A tározótérből a vizet – hogy, az oldalfal mederanyagában ne okozzon hidraulikus talajtörést – hosszabb idő alatt szabad csak leengedni.)

**A nagyobb árhullámokra az a jellemző, hogy gyakran a Duna is magas vízállású,** emiatt már a kezdetekkor sincsenek meg a vízszintkülönbség kialakulásának a feltételei a Törökbecsei duzzasztóműnél. Ezekben az esetekben kétszeres visszaduzzasztásban részesül a Tisza. Jellemzően ezt a Maros árhulláma is meg szokta még torlasztani. Az árvizek idején a Törökbecsei duzzasztóműnél a bukók tábláit teljesen megnyitják?! (de ez csak két métert jelent a bukók fölött!) A duzzasztómű bukói illetve tartószerkezetei a műtárgy szelvényében a korábbi (1976 előtti) időszakokhoz képest szelvénysszűkületet okoznak. Tehát a nagyvizek levezetését is döntő mértékben befolyásolja a duzzasztómű üzeme.

**A Duna a magas vízállásával a Törökbecsei duzzasztóműnél gátolja a szabad kifolyást,** ezzel **befolyásolja a duzzasztómű vízlevezető képességét.** A Törökbecsei duzzasztómű, illetve a Maros és a Hármaskörös duzzasztó hatása alulról befolyásolja a Kiskörei duzzasztómű vízlevezető képességét. Tehát **a duzzasztóművek alulról történő duzzasztás általi befolyásoltsága csökkenti a duzzasztóművek vízlevezető hatásfokát.** Kialakul egy **duzzasztási láncolat,** amelynek **legfontosabb láncszeme a legalsó duzzasztómű.** Annak az állapotától függ majd a vízlevezetés hatásfoka. Jelen esetben ez **a Törökbecsei duzzasztómű, amely vízlevezető képessége igen nagymértékben függ a Duna vízállásától.**

A Kiskörei vízlépcső alatti mederszakaszok vízlevezetése a sorban állás elve szerint működik: Az árvízvédekezés hidraulikailag a felső folyószakaszokon keletkező és lefolyó nagy vízhozamokat azon az áron transzformálja az elvezetés korlátozott lehetőségei szerint hosszabb idő alatt elszállítandó vízhozamokká, hogy a „sorban állás” elve szerint a „várakozásra” készített vízmennyiségeket a vízállás megnövelésével meghatározott folyószakaszokban tárolja. A vízlevezetés ütemét a torkolatnál (duzzasztóműnél) nem feltétlenül az eredeti hozzáfolyás üteme határozza meg, hanem a befogadó aktuális hidrológiai állapota, illetve a duzzasztómű vízlevezető képessége. A Kiskörei vízlépcső, az

általára tárolt víztömeg és a mögöttes szelvényekben állandósult magas vízállás, mint egy „torlasz” úgy mond „bezárja az előtte lévő vizeket egy nagy medertározóba”, ugyanakkor a folyón felülről érkező vizével még jól „nyakon is önti” azt. Korábban ugyanis a Duna, a Maros és a Körös árhullámai általi visszaduzzasztás nem volt lehatárolva, és az érkező víztömegeknek volt hová kitérni és tározódni, illetve a vízlevezetés sem volt szabályozva vízlépcső által a Törökbecsei szelvénynél.

Fontos tényező még, hogy a Törökbecsei duzzasztómű Tiszaugig duzzaszt vissza, és a korábban említett vízállások alatti tartományokban a meder lassú átfolyású. Ez a nagyobb árhullámok alkalmával sem fog lényegesen felgyorsulni, és bekapcsolódni a vízszállításba, mert a Törökbecsei vízlépcső megnyitásakor sincs teljes mélységig nyitva, és a mögöttes lévő víztömegek felett fog az árhullám levonulni. Tehát az árvízlevezetés szempontjából elhanyagolható a mederfeliszapolódás mértéke, mert nincs befolyással a víz levonulására. A lassú átfolyású és duzzasztott állapotú alsóbb mederszakaszok az érkező árhullámra megtorlasztó hatásúak. Ezért tapasztalható az a jelenség, hogy kisebb vízhozamok esetén is különösen a Kiskörei vízlépcső alatti szelvényekben alakulnak ki magas vízállások.

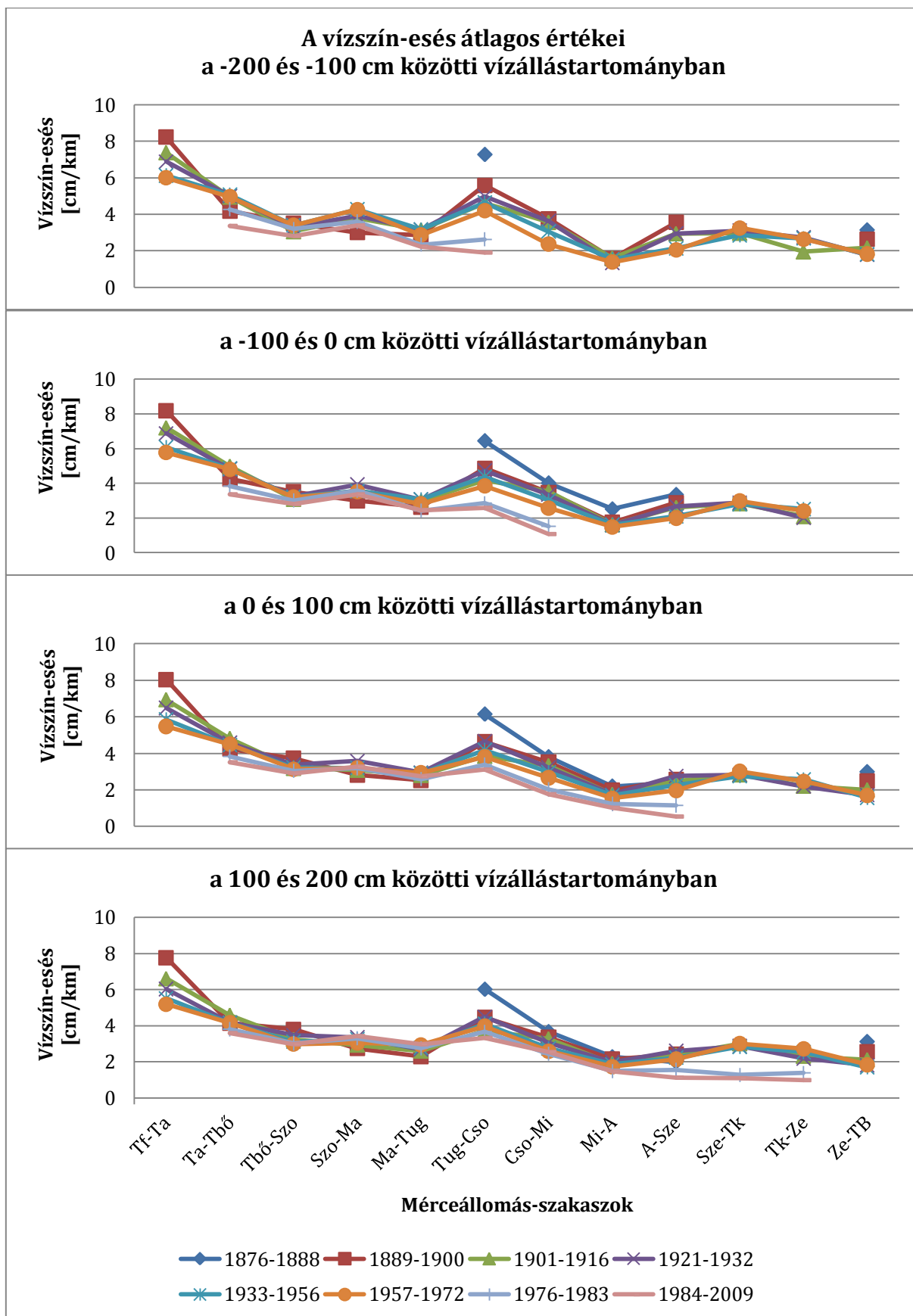
A duzzasztóművek hatására fenntartott minimális vízállások magasabbak a tározók megépítése előtti kisvízes állapotokhoz képest, emiatt csapadékszegényebb időszakokban sem tud a talajvíz mélyebbre süllyedni egy bizonyos szint alá.<sup>14</sup> Különösen veszélyes a hosszabb időn át tartó esőzést követő újabb nagy csapadék, amelynek ekkor már a nagy része a folyókban jelenik meg vízhozamként. Ezekben az esetekben a folyók felső szakaszáról meginduló árhullám a magyarországi folyószakaszokon hasonlóan **megváltozott kezdeti feltételekkel** találja magát szemben, mert **a duzzasztás révén magasabb a folyók alapvízállása** (a hozama nem nagyobb!)<sup>15</sup> és **duzzasztóművek szabályozzák a vízlevezetést**.

A 17–28. ábrák között átlagos vízszín-eséseit a következőképpen dolgoztam fel: minden szakasz táblázatából kivettem az azonos vízállásközhöz tartozó értékeket, és egy új táblázatba egymás mellé helyezve őket megkaptam az azonos vízállástartományhoz tartozó vízszín-eséseket az egyes időintervallumoknál.

---

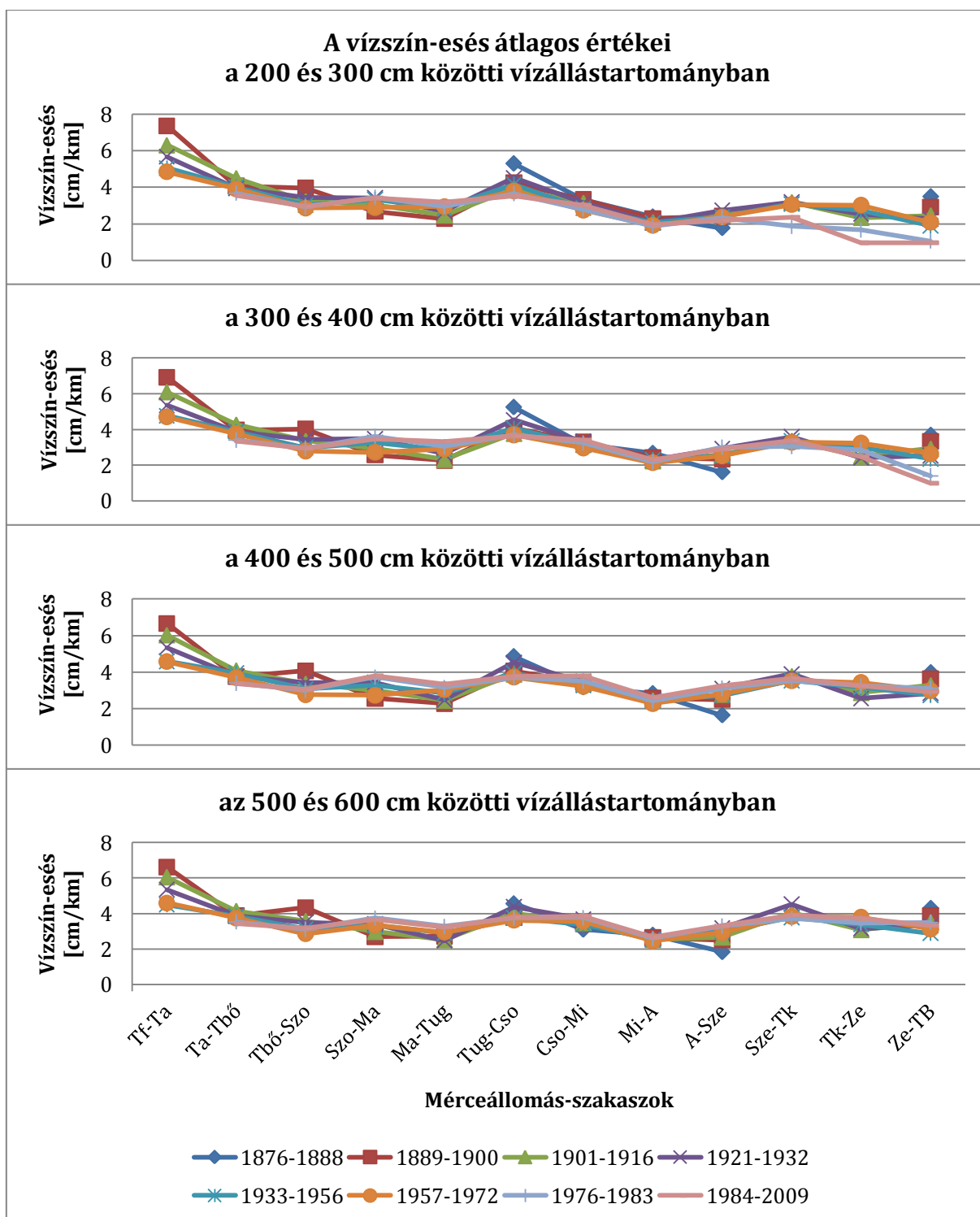
<sup>14</sup> Egyrészt, mert nem kell táplálnia olyan nagymértékben a folyókat, másrészt, mert a duzzasztómű a talajvizet is duzzasztja.

<sup>15</sup> A duzzasztás következtében a megemelkedő vízállás és lecsökkenő vízsebesség nagyobb átfolyási keresztelvény mellett szállítja a változatlan, vagy akár kisebb mennyiségű vízhozamot.



41. ábra. A vízszín-esés átlagos értékei a **kisvízi** vízállástartományokban

Ezeket a sorokat grafikusán jelenítettem meg a 41–43. ábránál. Jól kirajzolódnak a duzzasztás és süllyesztés hatásaként jelentkező csúcsok. Ezen helyek megmutatják, a vízállások megnövelésének, illetve lesüllyesztésének helyeit.



42. ábra: A vízszín-esés átlagos értékei a **középvízi** vízállástartományokban

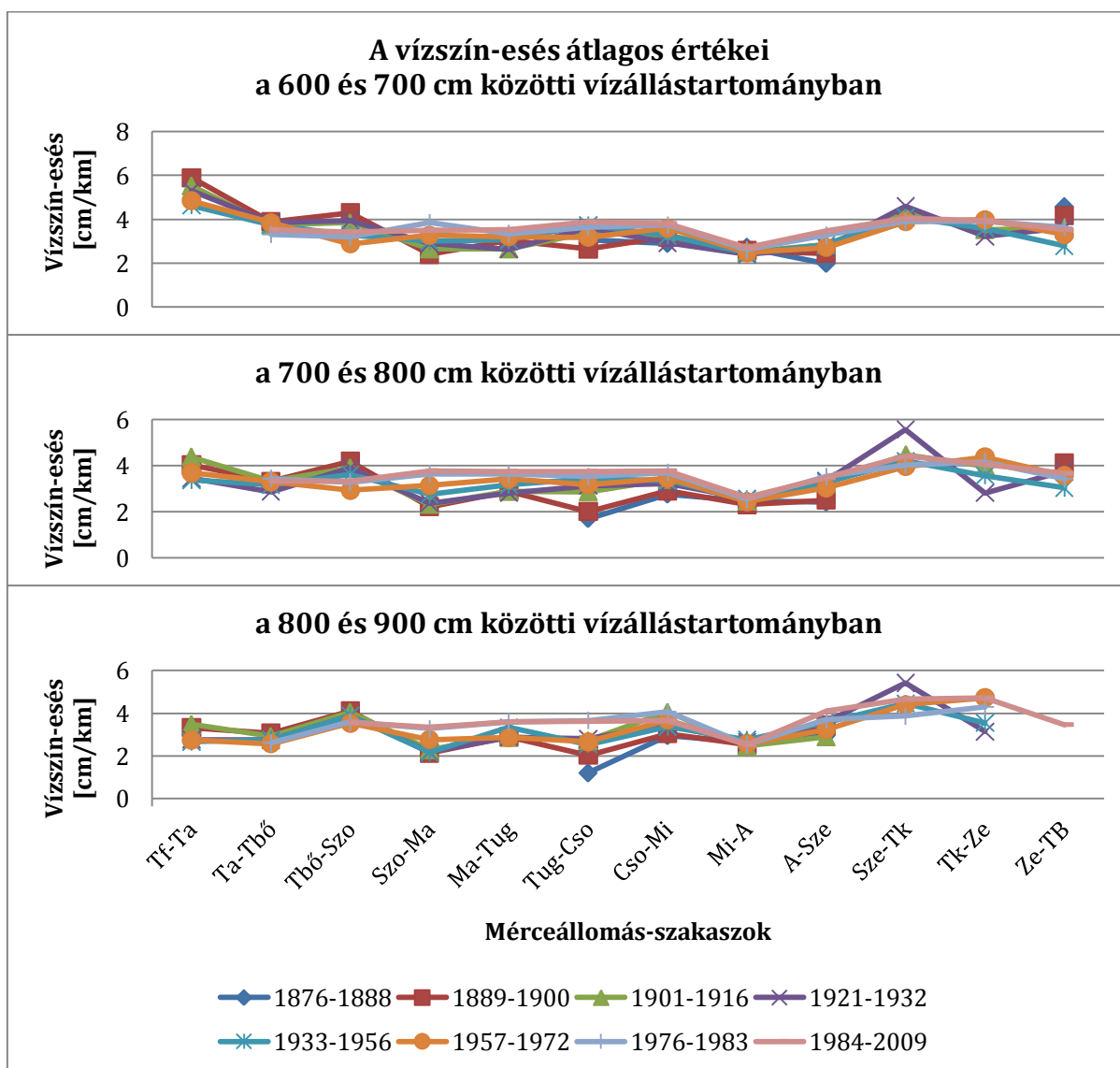
A kis- és középvizeknél három pozitív csúcs van. Martfű felől Szolnok – Tiszaabő irányába duzzaszt vissza kis mértékben, Tiszaug – Csongrád szakasz nagyobb víz-



szín-esésű, és Tiszaug – Martfű szakaszra duzzaszt vissza, illetve a Szeged – Törökkani-  
zsa felől Algyő és Mindszent felé duzzaszt vissza (41–42. ábrák). 1976 után az 500–600  
cm tartományban a Tiszaug – Csongrád csúcs eltolódik és helyette már a Csongrád –  
Mindszent szakasztól fölfelé hat a duzzasztás.

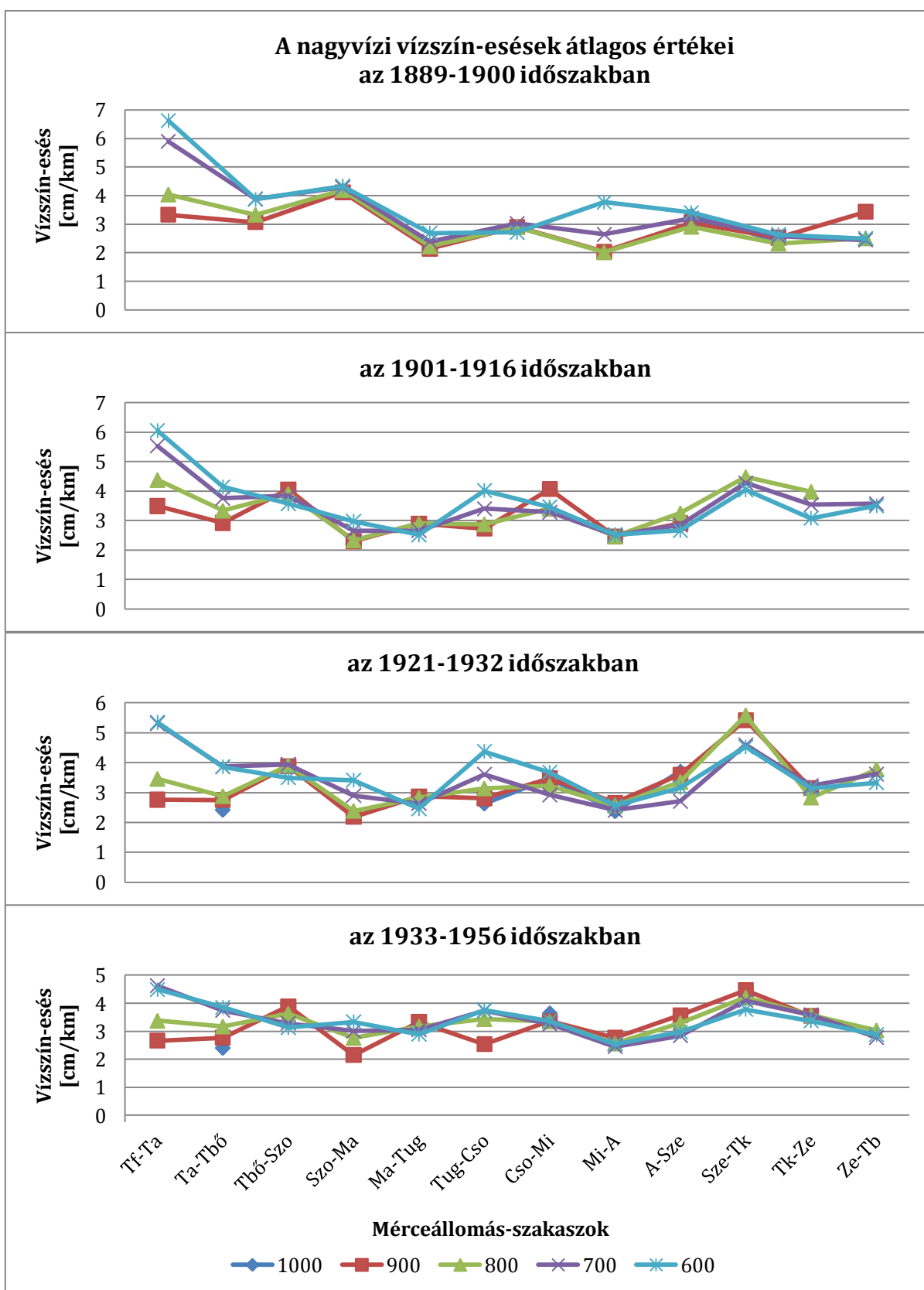
A nagyvízi vízszín-esések időszakos bontása alapján megállapítható, hogy az 1900-as  
évektől a Tisza Szegedtől Mindszentig terjedő szakasza erősen visszaduzzasztott álla-  
potban van, hiszen a vízszín-esése a folyón alulról fölfelé haladva csökkenő (43. ábra).

A Csongrád és Mindszent közötti szakasza jó vízlevezetésű. Azonban Csongrádtól  
Szolnokig szintén duzzasztott állapotban van a folyó. A Törökbecsei duzzasztómű  
üzembe helyezése óta egészen Taskonyig felhat a duzzasztás, különösen a 800 cm-t  
meghaladó árhullámoknál.



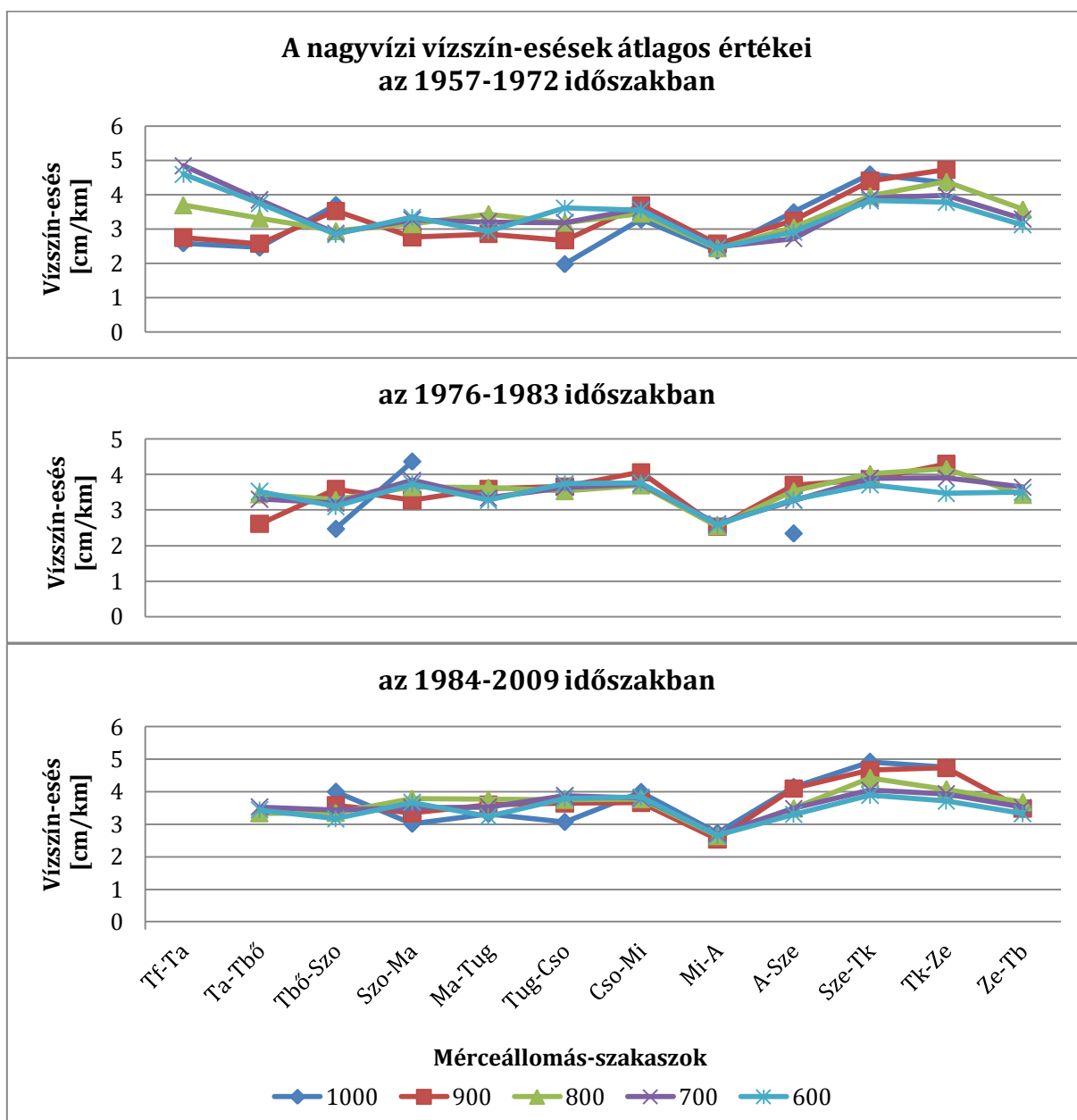
43. ábra. A vízszín-esés átlagos értékei a **nagyvízi** vízállástartományokban

Az időszakos bontás alapján kimutathatók azok a változások, amelyek a vízszín-esésben keletkeztek (44–45. ábrák).



44. ábra. A nagyvízi átlagos vízszín-esések Tiszafüred és Törökbecse között (1876–1956)

Szembetűnő, hogy 1900-ig a nagyvizek levezetése még kielégítően jó volt. Az akkor végrehajtott további szabályozási munkálatok (vezérárkok bővítése és a töltésezés) az alsó szakaszon, rontott a vízlevezetésen. Felerősödött a Maros és a Hármas-Körös duzzasztó hatása a Tiszában: magasabb vízállást tudtak generálni a szűkre szabott töltések miatt. Hasonló okok miatt felerősödött a Duna visszaduzzasztó hatása is, és mivel nem tudott már nagy területen szétterülni a víz a töltések által beszorított csatornában, a Tiszán a nagy dunai víztömeg meglehetősen magas vízállással a felsőbb szakaszokig is el tudott hatni.



45.ábra. A nagyvízi átlagos vízszín-esések Tiszafüred és Törökbecse között (1957–2009)

A tetőzések típusainak aránya is megváltozott a mesterséges duzzasztás hatására. (23. táblázat) A 600 cm feletti vízállásokhoz tartozó tetőzések lényegesen több alkalommal visszaduzzasztottak a Tiszaug alatti szelvényekben. A Kiskörei duzzasztómű ár- vízszint emelő hatásaként a Tiszafüred és Martfű állomások között a 600 cm-t meghaladó ár- hullámoknál kevésbé érzékelhető visszaduzzasztó hatás, és így az ár- hullámok többsége normál lemenetelűnek tekinthető.

23. táblázat. A 600 cm feletti tetőzések típusainak eloszlása

| A 600 cm feletti tetőzések típusainak eloszlása az 1889–1972 terjedő időszakban [%] |            |         |         |         |        |         |          |           |       |        |              |       |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|---------|---------|---------|--------|---------|----------|-----------|-------|--------|--------------|-------|------------|
|                                                                                     | Tiszafüred | Taskony | Tiszabő | Szolnok | Martfű | Tiszaug | Csongrád | Mindszent | Algyő | Szeged | Törökkanizsa | Zenta | Törökbecse |
| N+NV                                                                                | 96         | 89      | 88      | 71      | 66     | 53      | 58       | 41        | 42    | 76     | 74           | 72    | 73         |
| F+FV                                                                                | 3          | 6       | 6       | 24      | 20     | 39      | 32       | 55        | 41    | 6      | 14           | 17    | 22         |
| NK+NKV                                                                              | 1          | 5       | 6       | 5       | 14     | 8       | 10       | 4         | 17    | 18     | 12           | 11    | 4          |
| A 600 cm feletti tetőzések típusainak eloszlása az 1973–2009 terjedő időszakban [%] |            |         |         |         |        |         |          |           |       |        |              |       |            |
| N+NV                                                                                | 99         | 87      | 91      | 80      | 69     | 45      | 60       | 31        | 42    | 68     | 73           | 70    | 60         |
| F+FV                                                                                | 1          | 7       | 2       | 17      | 23     | 50      | 36       | 65        | 50    | 11     | 23           | 23    | 33         |
| NK+NKV                                                                              |            | 5       | 7       | 2       | 8      | 5       | 4        | 5         | 8     | 21     | 5            | 6     | 7          |

A duzzasztóművek által tározott víz kielégíti az öntözés vízigényét. A duzzasztóművek üzemével a talajvíz szintje a duzzasztómű környezetében és a duzzasztással érintett mederrészeknél megemelkedett. A duzzasztott vízterek mentén épült szivárgócsatornán túl is még előállhatnak talajvízszint-emelkedések (Völgyesi 1989). Ugyanakkor a talajvíz szintjének megemelkedése egyes helyeken a belvízi elöntéseknek kedvez. A talajvíz nem csak a lefolyástalan területeken, hanem a mélyen fekvő területeken is megjelenik.

---

#### 4.10. A MESTERSÉGES DUZZASZTÁS HATÁSA A MÉRCEKAPCSOLAT-TÖRTÉNETI VONALAKRA

---

A folyón lefelé vonuló árhullám áradó ága általában több vizet szállít nagyobb vízsebesség, vízszín-esés és alacsonyabb vízállás mellett, míg az apadó ága az előtte haladó nagy mennyiségű víz miatt lassabban ürül, így annak vízhozam csökkenésével együtt lecsökken a vízsebessége és a vízszín-esése, de a hozzá tartozó vízállás magas marad. Ezt a jelenséget a mércekapcsolat-történeti vonallal lehet jól kifejezni. A duzzasztott szakaszokon a vízszín-esés csökkenése miatt bekövetkező vízsebesség csökkenés, a szakasz vízszállító képességének romlását eredményezi magas vízállás mellett, és ez a mércekapcsolat-történeti vonal két szárának összezáródását, sőt nagyobb duzzasztás esetén átfordulását is eredményezheti (46–47. ábrák).

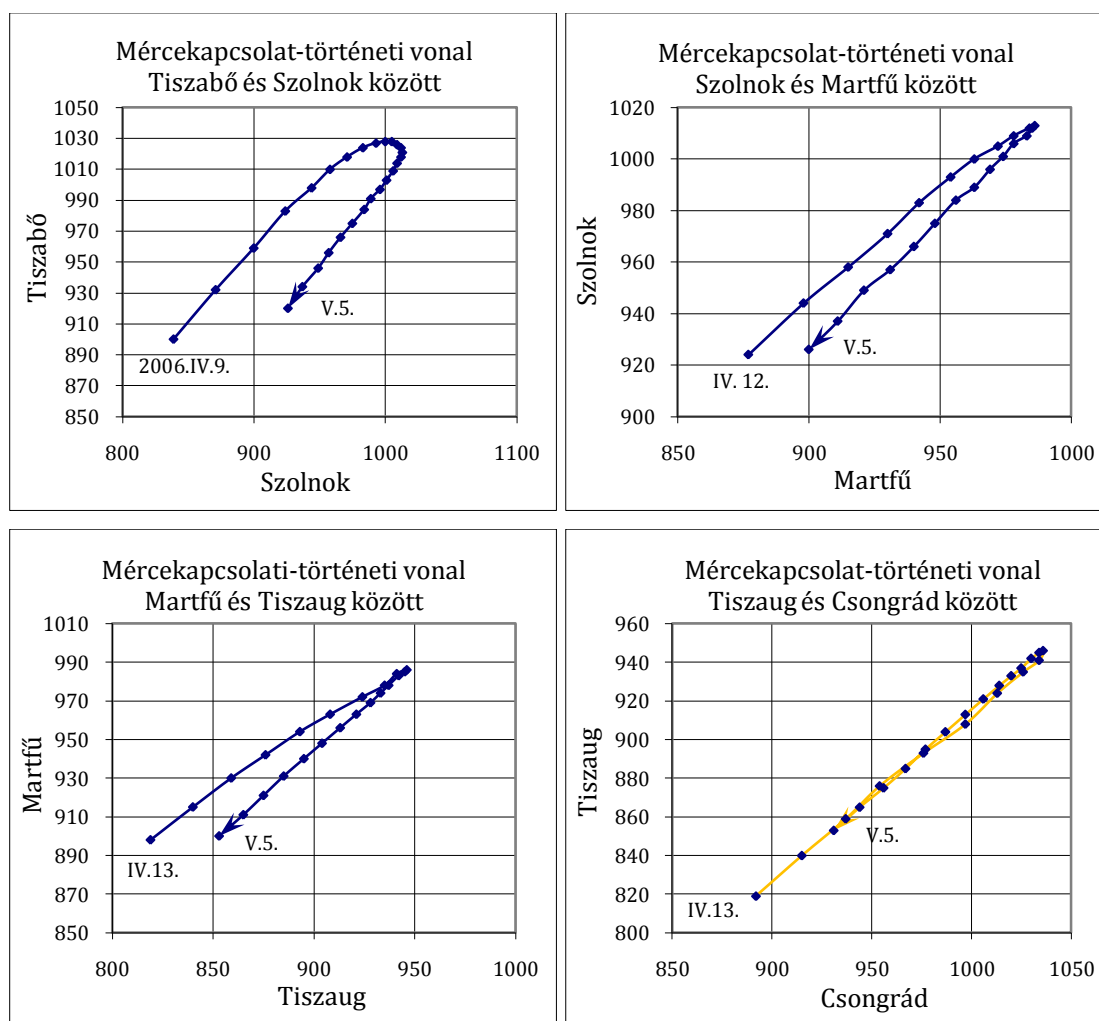
A mércekapcsolat-történeti vonalak a Törökbecsei duzzasztómű duzzasztásának hatására Tiszaugig összezáródtak, és már nem mindenkor alkalmasak arra, hogy kirajzolják az árvízi hurkokat. A duzzasztómű megépítése előtti időkből a mércekapcsolat-történeti vonalak jól szemléltették a visszaduzzasztást, és így helyettesítették a vízhozam-vízállás kapcsolatát leíró hurokgörbéket. Ezzel kiküszöbölhető volt az a hiányosság, ami a vízhozam méréseket jellemezte.

A mércekapcsolat-történeti vonalak összezáródása azt a tényt tükrözi, hogy a törökbecsei duzzasztás következményeként kialakult magasabb vízállás miatt a Maros és a Hármas-Körös duzzasztó hatása nem annyira magasítja a vízállásokat, azaz kisebb lesz a púp kiemelkedése, ellenben megnöveli a duzzasztás tartósságát. A Törökbecsei duzzasztómű üzemelése előtti állapotokhoz képest, most már a mellékfolyók nagyobb árhullámai szükségesek ahhoz, hogy a duzzasztásukkal és süllyesztésükkel a torkolatuknál szétnyithassák a mércekapcsolat-történeti vonalakat a Tiszán. A torkolatuk felett fordított irányú mércekapcsolat-történeti vonalakat állítanak elő, a torkolatuk alatti mederszakaszon pedig a szétnyitás alkalmával hagyományos mércekapcsolat-történeti vonalak alakulnak ki.

A Zenta és Törökbecse közötti szakaszon a duzzasztómű hatására másképpen alakulnak a mércekapcsolat-történeti vonalak: a Duna duzzasztása fordítottan szétnyitja, a duzzasztómű duzzasztása összezárja, míg a jó vízlevezetés (leszívás) esetén a vízszín-esés megnövekedése hagyományos értelemben szétnyitja a két ágát. Ez utóbbi ha-

tás sajnos csak Zenta állomásig figyelhető meg, ami azt jelenti, hogy a mögöttes szakaszon árhullámok alkalmával Zenta fölött mindig duzzasztott állapotban maradnak a vizek a duzzasztómű hatására.

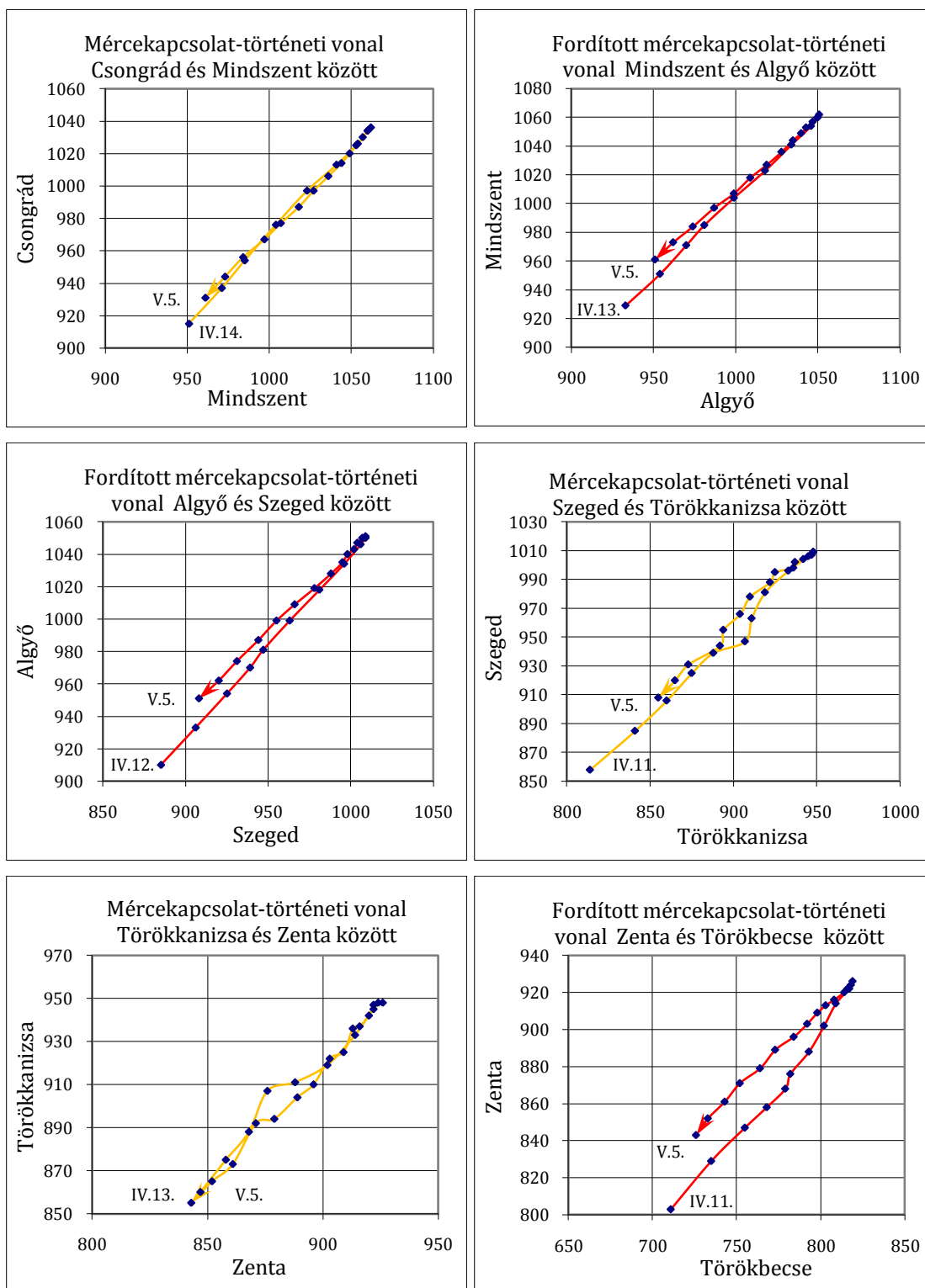
Példaként a 2006 évi nagy árhullámot szemléltetem: Szolnok fölött hagyományos forgásirányú, azaz óramutató járásával megegyező a mércekapcsolat-történeti vonal. Mindössze néhány órára, de Szolnok fölé is fölhatott a duzzasztás, ezért a napi adatok nem láttatják még ennek a hatását. Martfű és Tiszaug között azonban a mércekapcsolat-történeti vonal felső szakasza összezáródott néhány napra. Tiszaug és Csongrád között teljesen zárt. Itt több mint egy hónapon keresztül duzzasztott állapot volt.



46.ábra: Mércekapcsolat-történeti vonalak Tiszafüred és Csongrád között  
(kék: hagyományos, sárga: összezáródott)

Csongrád és Mindszent között szintén zárt a vonal, de negatív irányba tér ki inkább. A Maros torkolata felett azonban szépen megnyílnak a vonalak. A Maros torkolata alatt a Duna és a Törökbecsei duzzasztómű duzzasztó hatása viaskodik a Maros árhullámával

megnövelt tiszai árhullámmal: jelzi ezt az összezáródott mércekapcsolati vonalon kialakult kiöblösödés. A Törökbecsei duzzasztómű fölött Zentáig a Duna erős duzzasztó hatása torlasztotta meg a vizet, ami a fordított mércekapcsolat-történeti vonal kialakulásához vezetett.



47.ábra. A 2006. tavaszi árhullám mércekapcsolat-történeti vonalainak alakulása  
(sárga: összezáródott, piros: fordított)

## 5. AZ EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA

---

A rendelkezésre álló százharminc évnél hosszabb vízállás- és közel nyolcvan évnél hosszabb talajvízállás adatsorok részletes feldolgozása alkalmával, a vízgyűjtőn történt emberi beavatkozások, és a csapadékeloszlás figyelembevételével a következő eredményekre jutottam:

***A nagyobb mértékű kisvízi vízszín-leszállás a Tisza Martfű és Mindszent közötti szakaszán a Körösök és vízgyűjtője vízhozamának és vízraktárainak erős megfoghatóságából adódott.*** A Hármaskörösbe juttatott vízpótlás a Tisza menti és a Kiskörösi duzzasztott víztérből megoldást jelentett a problémára.

***A kisvízi vízszín-esések érzékenyen reagálnak a mellékfolyók vízhozamának változásaira.*** A Hármaskörös vízhozamának megfoghatósága a Tisza kisvízi vízhozamának csökkenéséhez vezetett a Csongrád alatti szakaszokon. Emiatt a Maros visszaduzzasztó hatása jobban tudott érvényesülni, aminek következtében a torkolata feletti szakaszokon egészen Csongrádig a vízszín-esések csökkenése következett be. A Hármaskörös torkolata feletti szakaszokon azonban vízszín-esés növekedés figyelhető meg a mellékfolyó vízhiánya miatt elmaradó tiszai duzzasztás következményeként.

***Esetről-esetre más vízszín-eséssel vezeti le a folyó az árhullámokat.*** Ezért az előrejelzésnél fontos tényező a csapadék helyi eloszlásának figyelembevétele is!

***A vízmélység csökkenésével a vízszín-esése növekszik, kivételek a kisvíz idején is duzzasztott mederszakaszok.***

***A fordított hurokgörbék a duzzasztás fölötti szelvényben, szelvényekben alakulnak ki.***

A Tisza árhullámjainak **több mint 70%-a visszaduzzasztott** volt valamely mellékfolyó vagy a Duna által az **1876–1975-ig** terjedő időszakban. A **600 cm felett tetőző árhullámoknál ez több mint 90%**. Az **1976 utáni időszakban** a Törökbencei duzzasztómű működése óta **az árhullámok 80%-a visszaduzzasztott, míg az anyamederből kilépő árhullámok 95%-a duzzasztott**. A nagyvízi árhullámoknál az is rontja az árvízi levelezést, hogy szinte valamennyi esetben kettő vagy több mellékág, illetve a befogadó együt-



tes hatása, 1976 óta pedig a Törökbecsei duzzasztómű duzzasztása is érvényesül. **A leggyakrabban duzzasztott mederszakaszok a nagyvízi tartományokban a Tiszaug és Algyő közöttiek.** A duzzasztóművek üzembe helyezése óta ezeken a szakaszokon többször kerülnek az árhullámok duzzasztott állapotba. **Az anyamederben tetőző árhullámoknál, a duzzasztóművek nélküli időszakban a Duna visszaduzzasztó hatása az esetek 25%-ban Szeged fölé is felhatott, a Törökbecsei duzzasztómű üzembe hozása óta ez az arány 48%-ra nőtt. A nagyvízi vízállások esetében 1976 előtt 25% volt, majd 20%-ra csökkent a Szeged fölé is felható duzzasztások aránya.** Előrejelzés és az árvédekezés szempontjából ez igen fontos információ.

**Az 1876 óta levonuló és minden állomásnál tetőző árhullámok 40%-a Zenta fölött tetőztek legkésőbb. A 600 cm felett tetőző árhullámoknál ez 54%. Az 1976 utáni időszakban, amikor a Törökbecsei duzzasztómű is üzembe lépett, az árhullámok 58%-ánál a tetőzés Zenta feletti szelvények valamelyikén fejeződött be, míg az ezt megelőző időszakban ez 28% volt.** A 600 cm felett tetőző árhullámoknál 1876–1975-ig legtöbbször **Martfű és Szolnok** állomásoknál tetőzött a Tisza legutoljára, 1976 után **Martfű, Tiszaug és Mindszent** térségében tetőzött a legtöbb árhullám időben legkésőbb. Ez fontos információ a töltések megerősítése és az árvízvédekezés szempontjából.

**A duzzasztóművekkel befolyásolt Tisza szakaszokon az 1976–2009-ig terjedő időszakban a kisvízi vízszín-esések csökkentek, míg a statisztikai szórásuk nőtt, a nagyvízi vízszín-esések növekedése viszont a statisztikai szórásuk csökkenésével jár együtt.**

**A Kiskörei vízlépcső 1973 óta üzemel, és a duzzasztómű szelvénye alatti mederszakaszokon a legkisebb vizek szintje 2009-ig Taskornánál több mint 100 cm, Tiszaútnál 50 cm, Szolnokonál 20 cm és Martfűnél 10 cm értékkel lesüllyedt.** Ugyanitt megnőtt a kisvizek tartóssága is.

**A kisvizek szintje a Törökbecsei vízlépcső (1976) duzzasztása révén megemelkedett átlagosan: Tiszaútnál 55 cm-rel; Csongrádnál 105 cm-rel; Mindszentnél 150 cm-rel; Algyőnél 170 cm-rel; Szegednél 200 cm-rel; Törökkanizsánál 270 cm-rel; Zentánál 300 cm-rel és Törökbecsénél 385 cm-rel.** Tehát Tiszaútnál a legkisebb vizek átlagosan (-240 cm), Csongrádnál (-135 cm), Mindszentnél (-25 cm), Algyőnél 50 cm, Szegednél 70 cm, Törökkanizsánál 140 cm, Zentánál 205 cm és Törökbecsénél 270 cm

körül vannak. A vízlépcsőhöz közeleső felső mederszakaszoknál már nem is beszélhetünk kisvízi vízállásokról. A duzzasztott szakaszon a meder lassú átfolyású, szinte kapcsolódott a vízszállításból. ***A kis-és középvizek levezetését teljes mértékben a duzzasztómű szabályozza.***

***A Kiskörei duzzasztóműnél a minimális duzzasztási szint az 1990-es évektől több mint egy méterrel magasabb.*** A törökbecsei duzzasztóműnél a legalacsonyabb duzzasztási szintek is megemelkedtek 30–50 cm-rel. A nagyvizeket a duzzasztóművek és a mellékfolyók vizének duzzasztó hatására magasabb vízállások jellemzik. A Kiskörei duzzasztómű a tározott vízával befolyásolja a vízjárást. A Kiskörei tározóban tározott víztömeg miatt az érkező árhullámok nem egy kisvízszintre, hanem egy magasabb vízszínre futnak rá, és ez a kezdeti feltétel megváltozását jelenti. Ez különösen a déli országhatár feletti szakaszon – a már korábban említett két nagy mellékfolyó (Maros és a Hármas-Körös) közel egyidejű árhullámaival – nagymértékben megemelheti az árvízi szinteket.

***A Törökbecsei duzzasztómű duzzasztásának hatása a nagyobb árhullámoknál a mércekapcsolat-történeti vonalakat összezárja egészen Tiszaugig.*** Ez azt is jelenti, hogy a Törökbecsei duzzasztómű nagyvíz idején is szabályozza a vízlevezetést, mert a folyón érkező vízhozamokat a műtárggyal beépített szelvény vízlevezető képességének megfelelően tudja csak továbbítani. ***A vízlevezetés ütemét a torkolatnál nem feltétlenül az eredeti hozzáfolyás üteme határozza meg, hanem a befogadó aktuális hidrológiai állapotától függő duzzasztóművel beépített meder vízlevezető képessége.***

***A duzzasztómű nem csak a folyó vizét duzzasztja vissza, hanem a talajvizet is. Ez a hatás különösen a Törökbecsei duzzasztómű esetében jelentős a domborzati viszonyoknak köszönhetően.*** Ezért ***a talajvíz kisvízi szintje egy bizonyos szint alá már nem süllyed le.***

A folyók felső szakaszáról meginduló árhullám a magyarországi folyószakaszokon ***megváltozott kezdeti feltételekkel*** találja magát szemben, mert ***a duzzasztás révén magasabb a folyók alapvízállása, mindemellett nem biztos, hogy nagyobb a hozama és duzzasztóművek szabályozzák a vízlevezetést.***

A tiszai vízállások statisztikai feldolgozásánál, a hordalékmozgás és mederkutatások tekintetében figyelembe veendő az a tény, hogy a duzzasztóművek változást okoznak mind a hidrológiai folyamatokban, mind pedig a hordalékmozgásban. Ezért ***a duzzasztóművek üzembe helyezése előtti és az azokat követő időszakok adatait nem kezelhetjük egységesen.***

A tervezett Csongrádi vízlépcső a szoros kapcsolatú tározó sorozat fontos láncszeme. Az egymás duzzasztására épülő duzzasztóműveknél a vízlépcső alatti medererózió és a vízlépcső feletti akkumuláció jóval kisebb mértékű, mint a laza kapcsolatú duzzasztóműveknél. Azonban a folyó egyensúlyi állapotra törekszik, és egy idő múlva lelassul a mederanyag nagyméretű vándorlása. A megépült vízlépcsők eddigi tapasztalatai alapján a duzzasztómű a hatásterületén megváltoztatná a vízjárást: megemelné a kis-, a közép- és nagyvízi szinteket. Lelassulna a vízsebesség, és megnőne az akkumuláció.

A Kiskörei duzzasztómű alatti Tisza szakaszokon a gyakori és időnként igen erőteljes természetes és mesterséges duzzasztások (Hármas-Körös, Maros, Törökbecsei duzzasztómű és a Duna) hátrányosak a véstározás hatásfoka tekintetében. Az árvízszintek és az árvíz-időtartamok ellen vélhetően hatékonyabb lenne a töltések megfelelő magassági, illetve szélességi kiépítése.

## 6. IRODALOMJEGYZÉK

- Andó M. 1994:** A Tisza folyó vízjárásának hidrológiai, geográfiai, geológiai és környezet-technikai összetevői. *Doktori értekezés.* Szeged. 77 p.
- Andó M. 2002:** A Tisza vízrendszer hidrogeográfiája. *SZTE Természeti Földrajzi Tanszék,* Szeged. 168 p.
- Babák K. 2010:** Alföldi folyóink ártérfejlődési kutatásai a XX. század elejétől napjainkig. *Hidrológiai Közlöny,* 4. szám. pp. 42-48.
- Babos Z. – Mayer L. 1939:** Az ármentesítések, belvízrendezések és lecsapolások fejlődése Magyarországon. *Vízügyi Közlemények,* 1. füzet pp. 32–91., 2. füzet pp. 227–287.
- Balogh B. – Fekete A. – Budavári K. – Hajdu L. – Dobos A. – Lipták F. – Dóra T. – Sajó E. – Elekes K. – Vas K. 1978:** Öntözés. I. A *Vízügyi Dokumentárciós és Továbbképző Intézet és a Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat Kiadványa.* Budapest. 627. p.
- Balogh J. – Nagy I. – Schweitzer F. 2005:** A Közép-Tisza mente geomorfológiai adottságainak és a hullámterek feliszapolódásának vizsgálata mintaterületeken. *Földrajzi Értesítő,* LIV. évfolyam, 1–2. füzet. pp. 29–59.
- Barabás B. – Kovács S. – Reimann J. 2004:** Növekednek-e az árvizek? *Hidrológiai Közlöny,* 3. szám pp. 1–7.
- Bartle, A. (Hrsg.) 2005:** World atlas and industry guide 2004. *Hydropower and Dams Aqua-Media International* pp. 5–51.
- Benedek P. 1935:** A Hármas-Körös középvízeinek természete. *Vízügyi Közlemények,* 3. szám, pp. 391–428.
- Bodolainé Jakus E. 2003:** Az 1998. évi őszi tiszai és más nagy árhullámok időjárási okairól. *Vízügyi Közlemények Különszáma.* I. pp. 21–35.
- Bogdánfy Ö. 1906:** A természetes vízfolyások hidraulikája. *Franklin Társulat, Budapest.* 250 p.
- Bogdánfy Ö. 1925:** Az Alföld hidrológiája. Vízi munkálatok az Alföldön. *A debreceni Tisza István Tudományos Társaság Honismertető Bizottságának Közleménye, Első Kötet,* 1. füzet
- Bokor M. – Jolánkai Gy.: A Tisza-menti nyárigátak és a hullámtéri tározás. Vízgazdálkodási Műszaki Szemle,** 158. 3–4.
- Borsy Z. 1989:** Az Alföld hordalékkúpjainak negyedidőszaki fejlődéstörténete. *Földrajzi Értesítő* 37. pp. 211–224.

- Borsy Z. 1996:** Az alföldi táj átalakulása. *A mi Alföldünk*. Békéscsaba, pp. 5–16.
- British Petrol (Hrsg.) 2002:** BP Statistical Review of World Energy.
- Budai T. 2010:** A magyarországi pliocén-kvarter. PTE TTK Környezettudományi Intézet 38 p.
- Cholnoky J. 1911:** Az Alföld természetrajza. Budapest
- Csatári B. et al. 2001:** A Tisza-vidék problémái és fejlesztési lehetőségei. Fejlesztési program. Kecskemét. Online at: <http://www.alfoldinfo.hu/tisza/tiszakotet.html>
- Csoma J. – Szigyártó Z. 1975:** A matematikai statisztika alkalmazása a hidrológiában. VITUKI, Budapest. 410 p.
- Czaya, E. 1981:** Ströme der Erde. *Leipzig – A Föld folyói* 211. p.
- Deák A. A. 1996:** A háromszögeléstől a Tisza-szabályozásig. *Vízügyi Múzeum, Levéltár és Könyvgyűjtemény, Budapest*. 128. p.
- Dombrádi E. 2004:** Vízhozam- és vízállás- idősorok analízise a folyómeder állapotváltozásainak kimutatására. *Hidrológiai Közlöny*, 4. szám pp. 57–60.
- Dóka K. 1987:** A vízimunkálatok irányítása és jelentősége az ország gazdasági életében (1772–1918). Budapest 384 p.
- Dóra T. 1996:** Folyami vízlépcsők környezeti hatásai a Kiskörei vízlépcső 18 éves üzemi tapasztalatai alapján. *Hidrológiai Közlöny*, 2. sz. pp. 73–83.
- Dunka S. 2002:** A Hortobágy–Berettyó Belvizeket Szabályozó Társulat. *Hidrológiai Közlöny*, 6. sz. p. 358.
- Dunka S. – Fejér L. – Vágás I. 1996:** A veritékes honfoglalás. A Tisza szabályozás története. *Vízügyi Múzeum, Levéltár és Könyvgyűjtemény*. Budapest 215 p.
- Dunka S. – Papp F. 2008:** A Berettyó vízgazdálkodásának és jeges árvízének története. *Vízügyi Történeti Füzetek* 17. Budapest. 240 p.
- Eperjessy K. 1927:** A Maros szabályozása Makónál 1754-ben. Makó. 22 p.
- Erdős F. 1920:** Tisza-szabályozás. *A Magyar Mérnök és Építész Egylet Közlönye*, LIV. 5–11. sz.
- Fejér L. 2001:** Vizeink Krónikája. A magyar vízgazdálkodás története. *Vízügyi Múzeum, Levéltár és Könyvgyűjtemény*. Budapest 307 p.
- Félegyházi E.–Lóki J.–Szabó J. 2003:** A folyó őstörténete, a mai Tisza kialakulása az Alföldön. In: *Teplán I. (szerk.): A Tisza és vízrendszere. MTA Társadalomkutató Központ*, Budapest pp. 29–41.

- Félegyházi E. 1988:** Magyarország növénytakarójának fejlődéstörténete – In: *Frisnyák S. (szerk.): Magyarország földrajza. Tankönyvkiadó, Budapest, pp. 111–113.*
- Fiala K. – Kiss T. 2005:** A középvízi meder változásai az 1890-es évektől az Alsó–Tiszán. *Hidrológiai Közlöny*, 3. szám pp. 60–64.
- Fiala K. – Kiss T. 2006:** A középvízi meder változásai az 1890-es évektől az Alsó–Tiszán II.. *Hidrológiai Közlöny*, 5. szám pp. 13–17.
- Fiala K. – Sipos Gy. – Kiss T. – Lázár M. 2007:** Morfológiai változások és a vízvezető képesség a Tisza algyői és a Maros makói szelvényében a 2000. évi árvíz kapcsán. *Hidrológiai Közlöny*, 5. sz. pp. 37–45.
- Fodor F. 1952:** Beszédes József. *Vízügyi Közlemények*, 2. sz. pp. 159–178.
- Franyó F. (1992):** Magyarország negyedidőszaki üledékeinek vastagság térképe. Térkép, méretarány=1:500 000, *MAFI*, Budapest.
- Frisnyák S. 1995:** Magyarország történeti földrajza. Nemzeti Könyvkiadó, Budapest.
- Gajdos A. 1996:** A Tisza folyó ár hullámai. *Hidrológiai Közlöny*, 2. sz. pp. 89–104.
- Galat D. L. – Lipkin R. 2000:** Restoring ecological integrity of great rivers: historical hydrographs aid in defining reference conditions for the Missouri River. *Hydrobiologia* 422/423. pp. 29–48.
- Gábris Gy. 2002:** A Tisza helyváltozásai. – in: *Mészáros R. – Schweitzer F. – Tóth J. (szerk.): Jakucs László, a tudós, az ismeretterjesztő és a művész. – MTA FKI–PTE–SzE kiadása, Pécs, pp. 91–105.*
- Gábris Gy. – Telbisz T. – Nagy B. – Bellardinelli E. 2002:** A tiszai hullámtér feltöltődésének kérdése és az üledékképződés geomorfológiai alapjai. *Vízügyi Közlemények* 3. szám, pp. 305–322.
- Gábris Gy.–Nádor A. 2007:** Long-term fluvial archives in Hungary: response of the Danube and Tisza rivers to tectonic movements and climatic changes during the Quaternary. *Quaternary Science Reviews*. Volume 26, Issue 22–24, pp. 2758–2782
- Giesecke J. – Jorde K. 1998:** Technisch-ökologische Gesamtkonzepte bei Revitalisierung, Modernisierung und Neukonzessionierung von Wasserkraftanlagen. *Beitrag zum Wasserbau-Symposium Planung und Realisierung im Wasserbau, Garmisch-Partenkirchen.*
- Giesecke J. 1990:** Perspektiven der Wasserkraftnutzung in Baden-Württemberg. *Wasserwirtschaft* 80, Heft 6, pp. 285–294.

- Giesecke J. – Mosonyi E. 2005:** Wasserkraftanlagen. Planung, Bau und Betrieb. *Springer – Verlag Berlin Heidelberg*. 830 p.
- Gillyén J. 1912:** A Maros-szabályozás mai állása. *Vízügyi Közlemények*, 1. sz. pp. 63–64.
- Goda L. – Zsuffa I. 1994:** Vízrajzi adatok homogenitásának vizsgálata a kétmintás Szmirnov–Kolmogorov próba élesített változatával. *Hidrológiai Közlöny*, 3. szám pp. 172–180.
- Götz G. 2004:** A klíma-probléma tudományos alapjai. *Természet Világa* 135. II. külön-szám. pp. 45–60.
- Gregory K. J. – Park C. 1974:** Adjustment of river channel capacity downstream from a reservoir. *Water Resources Research* 10: pp. 870–873.
- Györffy I. 1922:** Nagykunsági Krónika, Karcag
- Hankó Z. – Orlóci I. – Bauer M. 2001:** Újra Magyarország árvizeiről – és gondolatok: hogyan tovább... *Hidrológiai Közlöny*, 1. szám. pp. 3–13.
- Hartai É. 2005:** Magyarország földtana. ME, Miskolc Online at: <http://fold1.ftt.uni-miskolc.hu/~foldshe/mof04.htm>
- Hauenstein W. – Bonvin J.-M – Vouillamoz J. – Wiederkehr B. – Rey Y. 1999:** Externe Effekte der Wasserkraftnutzung in der Schweiz – Identifikation, Quantifizierung und bewertung. *Verbandsschrift des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes*, Nr. 60.
- Heimerl S. 2002:** Systematische Beurteilung von Wasserkraftprojekten. *Mitteilungen des Institutes für Wasserbau der Universität Stuttgart*, Heft 112.
- Heimerl S. – Giesecke J. 2004:** Wasserkraftanteil an der elektrischen Stromerzeugung in Deutschland 2003. *Wasserwirtschaft* 94, Heft 10, pp. 28–40.
- Heimerl S. 2005:** Persönliche Auskunft. Stuttgart
- Hofstätter E. 1989:** Beiträge zur Geschichte der österreichischen Landesaufnahmen, I. Teil, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien, 196 p.
- Hubert L. 1929:** A Tisza és mellékfolyóinak szabályozása. A magyar vízimunkálatok története 1867–1928. Budapest. (Klny. Technikain fejlődésünk története.) pp. 60–71.
- Huszár M. 1985, (újraközlés):** Vízrajzi értekezés a Körösvidékről. (Az 1823-ban latin nyelven írott mű magyar fordítása). *Körösvidéki Vízügyi Igazgatóság, Gyula*. 63 p.
- Ihrig D. 1973:** A magyar vízszabályozás története. Budapest. 398 p.
- Iványi B. 1948:** A Tisza kisvízi szabályozása. *Vízügyi Közlemények*, 2. szám pp. 131–159., 3. szám pp. 271–304. és 4. szám pp. 398–435.

- Jankó A. 2001:** A második katonai felmérés. *Hadtörténeti Közlemények* 114, pp. 103–129.
- Joó I. 1992:** Recent vertical surface movements in the Carpathian Basin. *Tectonophysics* 202. pp. 129–134.
- Joó I. 2006:** Magyarország felsőrendű magassági alaphálózatának helyzete és jövőbeli szerepe. *Geodézia és Kartográfia* 58(1), pp. 5–12.
- Joó I. – Balázsik V. – Guszlev A. – Végső F. 2006:** A függőleges felszínmozgások feltételezett „okozói” hatásának szétválasztása és bemutatása a Középső-Tisza és a Körösök vidékén. *Geodézia és Kartográfia* 58(4), pp. 17–23.
- Joó I. – Szűcs B. – Gyenes R. – Balázsik V. 2007:** A függőleges felszínmozgások vizsgálata a Békési-medencétől Záhonyig. *Geodézia és Kartográfia* 59(2), pp. 11–18.
- Károlyi Zs. 1953:** Beszédes József élete és működése (1786–1852). Budapest. (BME Központi Könyvtára. Műszaki Tudománytörténeti Kiadványok, 1. sz.)
- Károlyi Zs. 1960:** a Tisza mederváltozásai – különös tekintettel az árvédelemre. *VITUKI, Tanulmányi és Kutatási Eredmények*, 8. sz. Budapest. 102 p.
- Károlyi Zs. 1973:** A magyar vízi munkálatok rövid története különös tekintettel a vizek szabályozására. *A magyar vízszabályozás története*. Budapest. pp. 23–147.
- Kerényi A. 2011:** Alföldünk klímája és nagytájunk változásai földtörténeti léptékben. In: *Környezeti változások és az Alföld. A Nagyalföld Alapítvány kötetei* 7. pp. 25–34.
- Kertai E. – Kozák M. – Sárosi L. 1963:** Magyarország nagyobb vízepítési műtárgyai. Víz-lepcsők. *Országos Vízügyi Főigazgatóság*, Budapest
- Keve G. 2001:** Gondolatok a múlt szélsőséges időjárási eseményei kapcsán. *Hidrológiai Közöny*, 3. szám pp. 169–170.
- Kiss T. – Sipos Gy. – Fiala K. 2002:** Recens üledékfelhalmozódás sebességének vizsgálata az Alsó-Tiszán. *Vízügyi Közlemények*, 3. füzet, pp. 456–472.
- Kiss T. – Sipos Gy. – Fiala K. 2011:** Az Alföld töltések közé szorított folyói. In: *Környezeti változások és az Alföld. A Nagyalföld Alapítvány kötetei* 7. pp. 211–222.
- Koncz J. 1999:** Mit üzen Ausztria keleti szomszédjainak a Freudenui Dunai Vízérőmű felavatása alkalmával? *Hidrológiai Közöny*, 3. sz. pp. 161–163.
- Konecsny K. 2000:** Az országhatáron túli tájalakítás hatása az Alföld vízviszonyaira. In: *A víz szerepe és jelentősége az Alföldön. A Nagyalföld Alapítvány kötetei* 6. pp. 27–45.
- Konecsny K. 2010:** A kisvizek főbb hidrológiai statisztikai jellemzői a Berettyó folyón. *Hidrológiai Közöny*, 4. szám. pp. 31–40.



- Korbély J. 1909:** Az árvízjelzés, tekintettel a Körösök és a Berettyó vízjárására, valamint a Tisza szegedi és csongrádi vízjárására. *A Magyar Mérnök és Építész Egylet Közlönye*.
- Korbély J. 1937:** A Tisza szabályozása. *Nemzeti Könyv- és Lapkiadó Vállalat, Debrecen*. 25 p.
- Kozák P. 2007:** A Tisza – Szeged főutcája. *Hidrológiai Közlöny*, 3. sz. pp. 6–8.
- Kvassay J. 1902:** A szabályozások hatása a folyók vízjárására Magyarországon. *Vízügyi Közlemények*, 15. füzet, pp. 7–27.
- Ladányi Zs. 2010:** Tájkváltozások értékelése a Duna-Tisza közti homokhátság egy környezet- és klímaérzékeny kistáján, az Illancson. *PhD értekezés. SZTE környezettudományi Doktori Iskola*.
- Lászlóffy W. 1982:** A Tisza. *Akadémiai Kiadó, Budapest*. 610 p.
- Lehmann E. L. 1975:** Nonparametrics Holden Day. *San Francisco*
- Liebe P. 2000:** Az Alföld Felszín alatti vízkészlete. In: Pálfai I. (szerk.): *A víz szerepe és jelentősége az Alföldön. A Nagyalföld Alapítvány kötetei* 6. pp. 105–117.
- Ligon F. K. – Dietrich W. E. – Trush W. J. 1995:** Downstream ecological effects of dams. *Bio Science* 45/3. pp. 183–192.
- Magilligan F. J. – Nislow K. H. 2001:** Long-term changes in regional hydrologic regime following impoundment in a humid-climate watershed. *Journal of American Water Resources Association* 37: 1551–1569.
- Magyarország Nemzeti Atlasza 1989**
- Makra L. – Kiss Á. – Abonyiné Palotás J. 1986:** Az aszály klimatológiai és talajvíz-háztartási összetevői, valamint néhány mezőgazdasági vetülete a Dél-Alföldön. *Alföldi Tanulmányok* 1986. 10. kötet, pp. 99–114.
- Maniak U. 2001:** Wasserwirtschaft – Einführung in die Bewertung wasserwirtschaftlicher Vorhaben. *Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag*
- Marton L. 2008:** A hidrogeológia alapvető hidraulikai kérdései: a zárt és átszivárgó vízadó rendszerek hidraulikájának áttekintése. *Hidrológiai Közlöny*, 2. szám pp. 1–10.
- Marton L. 2009:** Alkalmazott hidrogeológia. *ELTE Eötvös Kiadó*. 626 p.
- Marton L. 2010:** Az ivóvízkészletek védelmének hidrológiai vonatkozásai. *Debreceni Műszaki Közlemények*, 2. füzet pp. 31–48.
- Marton L. 2010:** Alföldi rétegvizek potenciometrikus szintjeinek változása, II. *Hidrológiai Közlöny*, 2. szám pp. 17–21.
- Martonné Erdős K. 1995:** Magyarország természeti földrajza I. – *KLTE*, Debrecen. 179 p.

- Mezősi G. 2011:** Az Alföld természeti képének kialakulása. In: *Rakonczai J. (szerk.): Környezeti változások és az Alföld. A Nagyalföld Alapítvány kötetei* 7. pp. 15–24.
- Mika J.–Ambózy P.–Bartholy J.–Nemes Cs.–Pálvölgyi T. 1995:** Az Alföld éghajlatának időbeli változékonysága és változási tendenciái a hazai szakirodalom tükrében. LXXVII. évf. 3. füzet, pp. 261–283.
- Mosonyi E. – Pados I. – Ötvös P. 2004:** A vízlépcső és erőmű tervezési, építési és üzemelés, ökológiai és társadalmi előnyei, tapasztalatai 50 év tükrében. *Kézirat ÉKÖVIZIG*
- Muszkalay L. – Varsa E. 2003:** A tiszai nagyvizek statisztikai paramétereinek időbeli változásai. Elemző és módszertani tanulmányok az 1998-2001. évi ár- és belvizek. *Vízügyi Közlemények*, 4. füzet, pp. 83–116.
- Müller P. 2000:** Az újabb neogén. In: Karátson D. (szerk.): *Pannon Enciklopédia*. Kertek kiadó, Budapest pp. 127–129.
- Nagy Á.–Tóth T.–Sztanó O. 2007:** A „harmadik folyó” – Pleisztocén folyóvízi üledékek ultra nagy felbontású szeizmikus szelvényeken a Tisza Tiszadob–Martfű közti szakaszán. *Földtani Közlöny* 137/2. pp. 239–260.
- Nagy I. 2005:** Általánosítható árvízvédelmi tapasztalatok a Közép–Tiszán „Teret a folyóknak”. *Hidrológiai Közlöny*, 3. sz. pp. 1–5.
- Nagy I. – Schweitzer F. – Alföldi L. 2001:** A hullámtéri hordaléklerakódás (övezatony). *Vízügyi Közlemények* 4. füzet. pp. 539–564.
- Nagy L. 2009:** Árvízvédekezés a településeken. *Innova–Print Kft., Budapest*. 249 p.
- Nagy L. – Tóth S. 2003:** Árvizek rendkívüliségének jellemzése. *Vízügyi Közlemények*. 1. füzet. pp. 101–133.
- Németh E. 1954:** Hidrológia és hidrometria. *Tankönyvkiadó, Budapest*. 662 p.
- Németh E. 1963:** Hidromechanika. *Tankönyvkiadó, Budapest*.
- Némethy L. – Beleznai T. 1970:** A vésztározó feltöltése, azzal kapcsolatos tapasztalatok és védekezés a vésztározó töltésein. *Tájékoztató a Tiszántúl vízgazdálkodásáról*, 1–2. Debrecen, Kézirat.
- Orlóci I. – Váradi J. – Láng I. 2004:** A folyókkal való gazdálkodás korszerűsítése. *Hidrológiai Közlöny*, 4. szám, pp. 41–49.
- Pajtókné Tari I. 2011:** A medence-jelleg tükröződése hazánk éghajlatában és annak változásaiban. In: *Rakonczai J. (szerk.): Környezeti változások és az Alföld. A Nagyalföld Alapítvány kötetei* 7. pp. 233–244.

- Papp F. 1996:** Gondolatok a Körösök vízrendszerének 1966–1955 közötti árvizeiről. *Hidrológiai Közlöny*, 1. szám pp. 47–54.
- Papp F. 2004:** Természetes vízmozgások nagyvizeinek empirikus „hozománya”. *Hidrológiai Közlöny*, 2. szám pp. 58–64.
- Papp F. 2010:** Az öntöző vállalatok (1948. március 18. – 1956. július 1.) *Hidrológiai Közlöny*, 4. szám. pp. 1-10.
- Pájer T. – Joó I. – Balázsik V. 2004:** A jelenkori függőleges felszínmozgások és három földtani jellemző kapcsolatának vizsgálata a Középső-Tisza környékén és a Körös-vidéken. *Geodézia és Kartográfia* 56(7), pp. 3–15.
- Pálfai I. 2004:** A 2003. évi rendkívüli aszály Magyarországon. *Hidrológiai Közlöny*, 3. szám p. 72.
- Pálfai I. 2005:** Földárja, az Alföld sajátos hidrológiai jelensége. *Hidrológiai Közlöny*, 3. szám pp. 15–18.
- Pálfai I. 2005:** Néhány szó a Duna–Tisza közti Homokhátság vízviszonyairól. *Hidrológiai Közlöny*, 4. szám p. 3.
- Pálfai I. 2006:** Aszálygyakoriság és aszálykárok Magyarországon. *Hidrológiai Közlöny*, 2. szám pp. 63–64.
- Pálfai I. 2006:** Belvízgyakoriság és belvízkárok Magyarországon. *Hidrológiai Közlöny*, 5. szám pp. 25–26.
- Pálfai I. 2007:** Szélsőségesen nedves vízháztartási helyzet a Tiszántúl DK-i részén 2006-ban. *Hidrológiai Közlöny*, 2. szám pp. 62–65.
- Pálfai I. 2008:** A 2006. évi belvíz kialakulásának okai és sajátosságai. *Hidrológiai Közlöny*, 5. szám pp. 1–4.
- Pálfai I. 2011:** Aszályos évek az Alföldön 1931–2010 között. In: *Rakonczai J. (szerk.): Környezeti változások és az Alföld. A Nagyalföld Alapítvány kötetei* 7. pp. 87-96.
- Péché J. – Hajós S. 1898:** Vízsebesség-méréseink jelenlegi állása. *”Vízrajzi Évkönyvek”* VIII. kötet, Budapest.
- Péché J. – Szieberth A. szerk. 1906:** A Tisza hajdan és most. I.–IV. Budapest.
- Power M. E. – Dietrich W. E. – Finlay J. C. 1996:** Dams and downstream aquatic biodiversity: potential food web consequences of hydrologic and geomorphic change. *Environmental Management* 20/6. pp. 887– 895.

- Rakonczai J. 2000:** A környezet hidrogeográfiai összefüggései az Alföldön. In: Pálfi I. (szerk.): *A víz szerepe és jelentősége az Alföldön. A Nagyalföld Alapítvány kötetei* 6. pp. 16–26.
- Rakonczai J. 2001:** A környezeti változások hatása az alföldi táj átalakulására. *A Magyar Földrajzi Konferencia 2001 CD kiadványa*
- Rakonczai J. 2002:** A Tisza-vízgyűjtő árvízi problémáinak aktuális kérdései egy földrajzos szemével. *Konferencia Kiadvány: A Tisza vízgyűjtője, mint komplex vizsgálati és fejlesztési régió.* Szeged. pp. 107–111.
- Rakonczai J. 2006:** Klímaváltozás – Aridifikáció – Változó tájak. In: Kiss – Mezősi – Sümeghy (szerk.): *Táj, környezet, társadalom. SZTE Szeged.* pp. 593–601.
- Rakonczai J. 2011:** Az Alföld tájváltozásai és a klímaváltozás. In: Rakonczai J. (szerk.): *Környezeti változások és az Alföld. A Nagyalföld Alapítvány kötetei* 7. pp. 137–148.
- Rakonczai J. – Kozák P. 2009:** Az Alsó-Tiszavidék és a Tisza. *Földrajzi Közlemények*, 4. sz. pp. 385–395.
- Rácz L. 2001:** Magyarország éghajlata az újkor idején. *JGYF Kiadó, Szeged.* 303 p.
- Rácz L. 2011:** Éghajlati változások az Alföldön a honfoglalástól a 19. század végéig. In: Rakonczai J. (szerk.): *Környezeti változások és az Alföld. A Nagyalföld Alapítvány kötetei* 7. pp. 55–62.
- Rátky I. – Kovács S. – Várainé Szöllősi I. 2002:** A Vezsenynél tervezett hullámtéri „csatorna” hidraulikai hatásának elemzése. *Vízügyi Közlemények*, 1. füzet. pp. 46–63.
- Reimann J. 1975:** Árvizek jellemző adatainak matematikai statisztikai elemzése. *Hidrologiai Közöny*, 4. szám. pp. 157–163.
- Reimann J. 1989:** Valószínűségelmélet és matematikai statisztika mérnököknek. *Tankönyvkiadó, Budapest* 417 p.
- Reimann J. 2001:** Árvízi tetőzések és tartósságok valószínűségének számítása. *Vízügyi Közlemények*, 2. füzet. pp. 221–248.
- Richter B. D. – Baumgartner J. V. – Powell J. – Braun D. P. 1996:** A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems. *Conservation Biology* 10/4. pp. 1163–1174.
- Richter B. D. – Baumgartner J. V. – Braun D. P. – Powell J. 1998:** A spatial assessment of hydrologic alteration within a river network. *Regulated Rivers: Research & Management* 14. 329–340.

- Rood S. B. – Mahoney J. M. 1990:** Collapse of riparian poplar forests downstream from dams in western prairies: probable causes and prospects for mitigation. *Environmental Management* 14. pp. 451–464.
- Rónai A. 1956:** A magyar medencék talajvize, az országos talajvíz-térképező munka eredményei. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve, XLVI.* Budapest.
- Rónai A. 1966:** A Tisza geológiája\*. *Hidrológiai Tájékoztató.* 2003. pp. 42–45. Eredeti cikk: *Jászkunság – A TIT Szolnok Megyei Szervezetének folyóirata* 1966. 4. sz. pp.145–151.
- Rónai A. 1972:** Negyedkori üledékképződés és éghajlattörténet az Alföld medencéjében. *MÁFI Évkönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest.* 421 p.
- Rónai A. 1985:** *Geologica Hungarica.* Az Alföld negyedidőszaki földtana. *Magyar Állami Földtani Intézet – Műszaki Könyvkiadó, Budapest.* 446. p.
- Sallai R. B. 1997:** A Hortobágy–Berettyó alsó szakaszának védetté nyilvánítási javaslata. *Hermann Ottó Természetvédő Kör. Kézirat*
- Sándor A. – Kiss T. 2006:** A hullámtéri üledék-felhalmozódás mértékének vizsgálata a Közép- és az Alsó-Tiszán. *Hidrológiai Közlöny,* 2. szám pp. 58–62.
- Sándor A. – Kiss T. 2007:** A 2006. tavaszi árvíz okozta feltöltődés mértéke és az azt befolyásoló tényezők vizsgálata a Közép-Tiszán, Szolnoknál. *Hidrológiai Közlöny,* 4. szám pp. 19–24.
- Schmutz St. – Mader H. – Unfer G. 1995:** Funktionalität von Potamalfischaufstiegunghilfen im Marchfeldkalasystem. *Österreichische Wasser- und Abfallwirtschaft,* Heft ¾
- Schocklitsch A. 1930:** *Der Wasserbau. Wien, Springer Verlag.*
- Schaffernak F. 1935:** *Hydrographie. Wien, Springer Verlag.*
- Schweitzer F. 2001:** A magyarországi folyószabályozások geomorfológiai vonatkozásai. *Földrajzi Értesítő* 50/1–4. pp. 63–72.
- Somogyi S. 1980:** Korábbi és újabb társadalmi hatások a magyar folyók életére. *Alföldi tanulmányok* IV. kötet, Békéscsaba, pp. 19–39.
- Somogyi S. 1983:** A magyar folyóhálózat szakaszjelleg-típusai. *Földrajzi Közlemények,* 31/1–3. pp. 218–229.
- Stegăroiu P. 1999:** Vízilétesítmények hatása folyók vízjárására. *Hidrológiai Közlöny,* 1. sz. pp. 19–22.
- Stelczer K. 1986:** A vízrajzi szolgálat száz éve. *VITUKI, Budapest.*

- Sümegei P. 2011:** Az Alföld élővilágának fejlődése a jégkor végétől napjainkig. In: Rakonczai J. (szerk.): *Környezeti változások és az Alföld. A Nagyalföld Alapítvány kötetei* 7. pp. 35–44.
- Szabó Gy. 2002:** A globális klímaváltozás – a XXI. század kihívása. – *Debreceni Szemle*, 10.4. pp. 599–613.
- Szabó J. 2006:** A vízgazdálkodás geomorfológiai vonatkozásai. In: Szabó J. – Dávid L. (szerk.): *Antropogén geomorfológia. Debrecen*, pp. 168–190.
- Szabó P. 2005:** Woodland and Forest in Medieval Hungary. *BAR International Series* 1348. *Central European Series* 2. Oxford. 187 p.
- Szalai J. 2003:** Fejezetek a talajvízszint-észlelő hálózat kialakulásának és fejlődésének történetéből. *Felszín Alatti Vizekért Alapítvány X. Konferenciájának kiadványa. Balatonfüred*. 19 p.
- Szalai J. 2011:** Talajvízszint-változások az Alföldön. In: Rakonczai J. (szerk.): *Környezeti változások és az Alföld. A Nagyalföld Alapítvány kötetei* 7. pp. 97–110.
- Szalai J. – Kovács J. – Kovácsné Székely I. 2011:** A Duna-Tisza köze csapadék- és tájvízszint adatainak vizsgálata klaszteranalízissel. In: Rakonczai J. (szerk.): *Környezeti változások és az Alföld. A Nagyalföld Alapítvány kötetei* 7. pp. 111–118.
- Szalai S. – Szinell Cs. – Zoboki J. 2000:** Drought Monitoring in Hungary. In: Early warning systems for drought preparedness and drought management. *WMO, Geneva*
- Szalai S. – Konkolyiné Bihari Z. – Lakatos M. – Szentimrey T. 2005:** Magyarország éghajlatának néhány jellemzője 1901-től napjainkig. *Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest*.
- Szalai S. – Lakatos M. 2007:** Éghajlatváltozás, éghajlati érzékenység. *Hidrológiai Közlemény*, 5. szám pp. 29–32.
- Szalay M. 2000:** Az Alföld felszíni vízkészlete. In: Pálfi I. (szerk.): *A víz szerepe és jelentősége az Alföldön. A Nagyalföld Alapítvány kötetei* 6. pp. 96–104.
- Szeifert Gy. 1990:** A Tisza-völgy árvízmentesítésének helyzete és időszerű teendői. *Hidrológiai Közlemény*, 6. szám pp. 322–326.
- Szesztay K. 2000:** Az Alföld vízháztartása. In: Pálfi I. (szerk.): *A víz szerepe és jelentősége az Alföldön. A Nagyalföld Alapítvány kötetei* 6. pp. 7–15.
- Szilágyi Gy. – Vágás I. 1962:** Földmedrű öntözőcsatornák szivárgási veszteségének megállapítása. *Vízügyi Közlemények*, 1. füzet. pp. 23–44.



- Szlávik L. – Buzás Zs. – Illés L. – Tarnóy A. 1997:** A Tisza-völgyi nemzetközi vízgazdálkodási együttműködés. *Vízügyi Közlemények* 3. füzet. pp. 277-336.
- Szlávik L. – Vágás I. 1999:** A Tisza 1998. novemberi rendkívüli árhulláma. *Természet Világa*, 7. szám pp. 310-312.
- Szlávik L. 1999:** Gondolatok az árvízvédelem időszerű kérdéseiről. *Hidrológiai Közlöny*, 4. szám pp. 241-260.
- Szlávik L. 2000:** Az Alföld árvízi veszélyeztetettsége. In: Pálfi I. (szerk.): *A víz szerepe és jelentősége az Alföldön. A Nagyalföld Alapítvány kötetei* 6. pp. 64-84.
- Szlávik L. 2000:** Magyarország árvízvédelmének stratégiai kérdései. *Vízügyi Közlemények*, 3-4. füzet. pp. 553-595.
- Szlávik L. 2001:** A Tisza-völgy árvízvédelme és fejlesztése. *Földrajzi Konferencia*, Szeged 52 p.
- Szlávik L. (szerk.) 2006:** A Duna és a Tisza szorításában. A 2006. évi árvizek és belvizek krónikája. 304 p.
- SZTE Természetföldrajzi Tanszék 2000:** A Tisza Vidék fejlesztését befolyásoló vízrajzi kockázatok, erőforrások és lehetőségek. Szeged, 110 p.
- Tellyesniczky J. 1923:** A Tiszavölgy árvizei és ármentesítése. *Vízügyi Közlemények*, 1. füzet.
- Thamó – Bozsó E. – A. S. Murray – Nádor A. – Magyar Á. – Babinszki E. 2007:** Investigation of river network evolution using luminescence dating and heavy mineral analysis of Late-Quaternary fluvial sands from the Great Hungarian Plain. *Quaternary Geochronology* 2, Issues 1-4 pp. 168-173.
- TIKÖVIZIG 2007:** Jelentős vízgazdálkodási kérdések „2-6-1 Hortobágy-Berettyó” tervezési alegység. Kézirat. Online at: [http://www.vizeink.hu/files/vizeink.hu\\_0044.pdf](http://www.vizeink.hu/files/vizeink.hu_0044.pdf)
- Timár G. 2003:** A felszínsüllyedés hatása a Közép-Tisza hidrológiai viszonyaira. *Vízügyi Közlemények*, 1. füzet. pp. 147-160.
- Timár G. – Molnár G. – Székely B. – Biszak S. – Varga J. – Jankó A. 2006:** Digitized maps of the Habsburg Empire – The map sheets of the second military survey and their georeferenced version. Arcanum, Budapest, 59 p.
- Todorović P. – Zelenhazić E. 1970:** Stochastic Models for Flood Analysis. *Water Resources Research* 6(16).
- Tóth A. 2000:** A víz tájformáló szerepe az Alföldön. In: Pálfi I. (szerk.): *A víz szerepe és jelentősége az Alföldön. A Nagyalföld Alapítvány kötetei* 6. pp. 46-50.

- Tóth J. 1995:** A nagy kiterjedésű üledékes medencék felszín alatti vizeinek hidraulikai folytonossága. *Hidrológiai Közlöny*, 3. szám pp. 153–160.
- Tóth J. – Almási I. 2001:** Interpretation of observed fluid potential patterns in a deep sedimentary basin under tectonic compression: Hungarian Great Plain, Pannonian Basin. *Geofluids*, Vol. 1, No. 1, pp. 11–36.
- Ujváry K. 2008:** 30 éves a hazai hidrológiai célú mennyiségi csapadék-előrejelzés. *Légkör*, 53. évf. 4. szám pp. 2-8.
- Urbancsek J. 1960:** Az alföldi artézi kutak fajlagos vízhozama és abból levonható vízföldtani és ösföldrajzi következtetések. *Hidrológiai Közlöny*, 5. szám pp. 398–403.
- U.S. Army Corps of Engineers®:** HEC-RAS User's Manual, Version 4.0, [www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras](http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras), 2008
- Vajk Ö. 2003:** Hová tűnik a Tisza medre? Online at: <http://www.aquadocinter.hu/themes/Vandorgyules/pages/7szekcio/vajk.htm>
- Vágás I. 1956:** Vízháztartási vizsgálatok Duna-Tisza közti rizstelepeken. *Beszámoló a VITUKI 1955. évi munkájáról*. pp. 73–81.
- Vágás I. 1957:** Vízháztartási vizsgálatok kötött és laza talajú rizstelepeken. *Beszámoló a VITUKI 1956. évi munkájáról*. pp. 172–176.
- Vágás I. 1963:** Talajvízszint megfigyelések a Hortobágyon az öntözés és tározás talajvízre gyakorolt hatásának megállapítására. *Tájékoztató a Tiszántúl vízgazdálkodásáról*. Debrecen. pp. 30–32.
- Vágás I. 1982:** A Tisza árvizei. *VÍZDOK*, Budapest. 283 p.
- Vágás I. – Simády B. 1983:** Az árvízi előrejelzés fejlesztésének Szegeden kialakított módszerei és eredményei. *Vízügyi Közlemények*, 3. füzet. pp. 347-368.
- Vágás I. 1984:** Az árvízi hurokgörbe. *Hidrológiai Közlöny*, 6. sz.
- Vágás I. 1989:** 3. Csongrád megye vízföldtani – talajvíz – viszonyainak jellemzése. In: Zentay T. (szerk.): *A szélrózsió elleni védekezés lehetőségeinek, módszereinek feltárása Csongrád megye homokterületein*. Szeged. pp. 77–92.
- Vágás I. 1995:** A vízlökés szerepe a felszín alatti vizek mozgásában. *Hidrológiai Közlöny*, 3. szám pp. 161–162.
- Vágás I. 1996:** Gondolatok Vásárhelyi Pál Tisza-szabályozási tervéből. *Hidrológiai Közlöny* 6. szám, p. 336.
- Vágás I. 1999:** A Tisza 1998. novemberi, balparti mellékfolyói hatását nélkülöző rendkívüli árhulláma. *Hidrológiai Közlöny*, 1. sz. pp. 53–55.



- Vágás I. 1999:** Hozzászólás Bezdán Mária: "A Tisza balparti mellékfolyóinak hatása az árhullámokra" c. tanulmányához. *Hidrológiai Közlöny*, 2. sz. p. 99.
- Vágás I. 2000:** A Tisza és árvizei. *Hidrológiai Tájékoztató* pp. 45-50.
- Vágás I. 2000:** Folyók tetőző vízállásainak haladása az árhullámban. *Hidrológiai Közlöny*, 1. szám pp. 45-53.
- Vágás I. 2004:** „Vízhozam- és vízállás- idősorok analízise a folyómeder állapotváltozásainak kimutatására” Hozzászólás Dombrádi Endre tanulmányához. *Hidrológiai Közlöny*, 4. p. 60.
- Vágás I. 2007:** Második honfoglalásunk: a Tisza-völgy szabályozása. *Hidrológiai Közlöny*, 3. sz. pp. 30-38.
- Vágás I. 2008:** Hozzászólás Zsóri Edit és Sági Rajmund: „A Tisza szegedi évi nagyvizeinek statisztikai természete” című tanulmányhoz. *Hidrológiai Közlöny*, 1. sz. p. 31.
- Vágás I. 2008:** A nagyvízi vízállások vízhozam-függése a kis-esésű alföldi Tiszán. *Hidrológiai Közlöny*, 5. sz. pp. 7-10.
- Vágás I. 2009:** A vízszín-esés változásai a Tisza árhullámában. *Hidrológiai Közlöny*, 3. szám pp. 57-58.
- Vágás I. 2011:** A Tisza-völgy árvízmentesítése és mai kérdései. In: Rakonczai J. (szerk.): *Környezeti változások és az Alföld. A Nagyalföld Alapítvány kötetei* 7. pp. 189-197.
- Várallyay Gy. 2003:** A mezőgazdasági vízgazdálkodás talajtani alapjai. *Egyetemi jegyzet. FVM Vízgazd. Osztály*, Budapest-Gödöllő. 167 p.
- Várallyay Gy. 2004:** A talaj vízgazdálkodásának (agro)ökológiai vonatkozásai. *Agro21 Füzetek*. 37. 50-70.
- Várallyay Gy. 2007:** A talaj, mint legnagyobb potenciális természetes víztározó. *Hidrológiai Közlöny*, 5. sz. pp. 33-36.
- Vázsonyi Á. 1973:** A Tisza-völgy vizeinek szabályozása. A magyar vízszabályozás története. Budapest. pp. 281-370.
- Virágné Kőházi – Kiss E. 2009:** 30 éve helyezték üzembe a Nagykunsági-főcsatornát. *Közép Tisza, a Közép-Tisza-Vidéki Környezetvédelmi és Vízügyi Igazgatóság Lapja*. 3. sz. p. 3.
- Visnovitz P. 2011:** Az évszázad legsötétebb óráira készülnek az özönvizet váró brisbane-iek. *Origo [nagyvilág], eredeti cikk megjelent: Brisbane Times*
- Vízrajzi Évkönyv 1876-2003:** Kötetei. Budapest.

- Völgyesi I. 1989:** Időben változó talajvízszintek megcsapoló csatorna hatásterületén. *Vízügyi Közlemények*, 3. füzet. pp. 417–426.
- Völgyesi I. 2005:** Mennyit termelhetünk a felszín alatti vízkészletekből? *Hidrológiai Közlöny*, 5. szám pp. 20–24.
- Völgyesi I. 2006:** A Homokhátság felszín alatti vízháztartása – vízpótlási és vízvisszatartási lehetőségek. MHT XXIV. Országos Vándorgyűlés Kiadványa. Pécs, 2006. Online at: <http://volgyesi.uw.hu/dokuk/homokhatsag.pdf>
- Völgyesi I. 2009:** Ökológiai vízigény, vagy megfelelő talajvízszintek. *Hidrológiai Közlöny*, 5. szám pp. 53–56.
- Weiß P. 1992:** Ein Beitrag zur Planung und Projektierung von Kleinwasserkraftanlagen. *Mitteilungen des Institutes für Wasserbau und Wasserwirtschaft der RWTH Aachen*, Nr. 82.
- Williams G. P. – Wolman M. G. 1984:** Downstream effects of dams on alluvial rivers. *US Geological Survey Professional Paper*, 1286 p.
- Wootton J. T. – Parker M. S. – Power M. E. 1996:** Effects of disturbance on river food webs. *Science* 273 (5281). pp. 1558–1561.
- Zsóri E. – Sági R. 2008.:** A Tisza szegedi évi nagyvizeinek statisztikai természete. *Hidrológiai Közlöny*, 1. szám pp. 29–31.
- Zsuffa I. 1996:** Műszaki Hidrológia I. *Műegyetemi Kiadó*, Budapest. 305 p.
- Zsuffa I. 1997:** Műszaki Hidrológia II. *Műegyetemi Kiadó*, Budapest. 392 p.
- Zsuffa I. 1998:** A Biblia és a Víz. *Hidrológiai Közlöny*, 1. szám. pp. 3–12.

## 7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

---

Köszönöm a PMMF VGI (Bajai Vízügyi Főiskola) dolgozóinak a felsőoktatási Intézmény magas színvonalú oktatómunkáját (szakmai gyakorlatokkal, terepbejárásokkal és mérőgyakorlatokkal kiegészítve), melyben tanulmányaim során, majd a tantestület tagjaként részesített, és ezzel megalapozta széleskörű látásmódomat a szakmát érintő szakterületeken belül is. Továbbá ösztönözte tanulmányaim folytatását.

Köszönöm dr. Hans Peter Nachtnebel professzornak, szakmai vezetőmnek, a bécsi (Univesität für Bodenkultur Wien, Institut für Wasserwirtschaft Hydrologie und konstruktiven Wasserbau) Agrártudomány Egyetem Vízgazdálkodási Tanszék vezetőjének a lehetőséget, hogy tanszékén kutatási tevékenységet folytathattam, és tanulmányozhattam a külföldi szakirodalmat.

Köszönöm munkahelyemnek, a VIZITERV Consult Kft. munkatársainak és volt főnökömnek; dr. Kertai Istvánnak támogatását a kutatási munkám folytatásában. A tervezői szemléletmód a Tisza vízállásadatainak feldolgozásánál segített más szemszögből is értékelni a változások okát.

Köszönetet mondok Márfa László és Göldner Tiborné mérnököknek, az Országos Vízügyi Központ munkatársainak adatgyűjtésben nyújtott segítségükért. Hasonlóképpen megköszönöm az Alsó-Tisza vidéki Vízügyi Igazgatóság Vízrajzi Csoportjának, Lázár Miklós csoportvezető mérnöknek, valamint Brandenburg Róbert és ifj. Márfa László műszaki segéderőnek, továbbá Szalai Józsefnek a VITUKI tudományos főmunkatársának az adatszolgáltatásban nyújtott segítségüket. Köszönöm dr. Vágás Istvánnak, hogy rendelkezésemre bocsátotta terjedelmes szakmai könyvtárát, és annak tanulmányozhatását, és kapcsolatrendszerével hozzájárult az adatgyűjtéshez. A számítógépi adatfeldolgozást és programozást párom Nádas Levente mérnök segítette.

Továbbá köszönöm néhai dr. Zsuffa Istvánnak, témavezetőmnek – a BME Vízgazdálkodási Tanszék részéről – a magas színvonalú szakmai tudásának átadását, behatóbb tanulmányozási lehetőséget az általa szervezett mérőgyakorlatok alkalmával, és nem utolsósorban a belém fektetett bizalmat és szakmai elismerését.

Köszönöm dr. Mezősi Gábor az SZTE professzorának, hogy lehetővé tette számomra a Földtudományok Doktori Iskola keretén belül a doktori tevékenységem folytatását. Kö-

szönöm dr. Rakonczi Jánosnak, témavezetőmnek – a SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék részéről – lelkes segítségnyújtását a dolgozat magas színvonalú kidolgozásában.

Köszönöm néhai dr. Mosonyi Emil a BME és a Karlsruhe-i Egyetem nyugalmazott professzorának, dr. Putarich Ivanski Veronika a Novi Sad-i (Szerbia, volt Jugoszlávia) egyetem professzorának, dr. Karádi Gábor University of Wisconsin Milwaukee-i (USA) nyugalmazott professzorának a külföldi publikációim megjelenésében kapcsolatrendszerükkel nyújtott segítségüket.

Köszönöm családomnak, első helyen gyermekeimnek, hogy türelemmel voltak irányomban, amikor a rájuk szánható időből elcsúszva a kutatási anyaggal foglalkoztam.

## 9.SUMMARY

---

Upon the detailed elaboration of the available data rows of water stage of more than 130 years and ground water stage of almost 80 years and taking the human interventions at the drainage area and the distribution of precipitation into consideration I concluded the following results:

***The larger extent of low water surface drop resulted from the strong reduction of the water yield and water reserves of the catchment area of the Körös rivers in the Tisza section between Martfű and Mindszent.*** The area could obtain extra water supply by the construction of the Tiszalök barrage (1957) and the Eastern Main Canal, thus the water supply of analysed section at low water improved. After the construction of the Kisköre barrage (1973) and Nagykunság Main Canal the situation improved due to the new water supply.

***The low water surface drops react sensitively to the changes of the water yield of the affluent rivers.*** The water yield reduction of Hármas-Körös led to the reduction of the low water yield of Tisza in the sections under Csongrád. As a result the backwater effect of Maros could predominate more strongly leading to the water surface drops on its surface in the section above the river mouth up to Csongrád. However the increase of water surface drops can be observed in the section above the river mouth of Hármas-Körös as the consequence of the absence of heading-up of Tisza as a result of the water shortage of the affluent river.

***The river drains the flood waves with different water surface drops case by case.*** Taking the local distribution of precipitation into account is a similarly important factor in forecasting.

***The water surface drop increases as the water depth increases except for the channel sections swelled during low water period as well.***

***Reversed loop curves are generated in the mileage(s) above heading-up.***

***More than 70 percent of the flood waves of Tisza were submerged by one of the affluent rivers or by the Danube in the period between 1876 and 1975. It is more than 90 percent for the flood waves peaking above 600 cm. In the period after 1976 and since the operation of the Törökbecse barrage 80 percent of the flood waves have been submerged whereas 95 percent of the flood waves leaving the main channel have been***

**swelled.** In case of high water flood waves flood discharge is also deteriorated by the fact that the joint impact of two or more anabranches and the receiving water has been detected together with heading-up effect of the Törökbecse barrage since 1976. ***The most frequently swelled channel sections in the high water range are located between Tiszaug and Algyő.*** Flood waves have been in swelled status several times in these sections since the commissioning of the barrages. ***In case of the flood waves peaking in the main channel the backwater effect of Danube made an upward impact up to Szeged in 25 percent of the cases in the period without barrages whereas this rate have increased to 48 percent since Törökbecse barrage was put into operation. The rate of heading with impact above Szeged was 25 percent before 1976 which decreased to 20 percent later on.*** This piece of information is highly important with regard to forecasting and flood protection.

***Forty percent of the flood waves subsiding since 1876 and peaking at every station have finished above Zenta. It is 54 percent for the flood waves peaking above 600 cm. In the period after 1976 when the Törökbecse barrage was also put into operation peaking terminated at one of the mileages above Zenta in case of 58 percent of the flood waves whereas it had been 28 in the previous period.*** In case of flood waves peaking over 600 cm Tisza had peaked at the ***Martfű*** and ***Szolnok*** stations for the last time in the period between 1876 and 1975; most of the flood waves have peaked in the region of ***Martfű, Tiszaug and Mindszent*** since 1976. This piece of information is important with regard to strengthening the dams.

**Low water surface drops decreased on the Tisza sections influenced by the barrages in the period between 1976 and 2009 whereas their statistical dispersion increased however the increase of high water surface drops goes hand in hand with the reduction of their statistical dispersion.**

***The river barrage of Kisköre*** has been operating since 1973 ***the lowest level of the waters decreased by more than 100 cm at Taskony, 50 cm at Tiszabő, 20 cm at Szolnok and 10 cm at Marfű until 2009.***

***The barrage at Törökbecse*** was put into operation in 1976 and its impact can be detected roughly up to Csongrád (or up to Tiszaug at the lowest water levels). ***The lowest water levels have increased on average due to barraging: by 55 cm at Tiszaugnál; by 105 cm at Csongrád; by 150 cm at Mindszent; by 170 cm at Algyő; by 200 cm at Szeged; by 270 cm at Törökkanizsa; by 300 cm at Zenta and by 385 cm at Török-***

**becse.** It means that the lowest waters show the following values: (-240 cm) at Tiszaug, (-135 cm) at Csongrád, (-25 cm) at Mindszent, 50 cm at Algyő, 70 cm at Szeged, 140 cm at Törökkanizsa, 205 cm at Zenta and 270 cm at Törökbecse. That means we may not talk about water stages of low water at the upper channel sections near the barrage any more. Beneath the barraged water levels the flow-through rate of the channel is low; it is almost excluded from water conveyance. ***The drainage of the low and middle waters is fully regulated by the barrage.***

***The minimal barrage level has increased by more than one metre at the Kisköre barrage since the nineties.*** The lowest barrage levels at the Törökbecse barrage have also increased by 30 to 50 cm. High waters are characterised by higher water levels due to the heading impact of the waters of the barrages and affluent rivers. Kisköre barrage influences flow regime by its stored water. Due to the water body stored at the Kisköre reservoir the arriving flood waves run onto higher water level instead of low water level which means the change of the initial condition. It may increase the flood levels considerably especially in the section above the southern border of Hungary together with the nearly concurrent flood waves of the two large affluent rivers (Maros and Hármas-Körös) mentioned earlier.

***In case of larger flood waves the impact of the heading of the Törökbecse barrage locks up the historical gauge correlation curves together even up to Tiszaug.*** It also means that the Törökbecse barrage regulates water discharge at high water period as well because it can forward the water yields brought by the river only in accordance with the water discharge capability of the mileage built up by structure. ***The pace of water discharge at the river mouth is not necessarily determined by the pace of the original afflux but rather by the water discharge capacity of the channel built up with barrage depending upon current hydrological condition of the receiving water.***

***The barrage does not only submerge the water of the river but the ground water as well. This impact is especially significant in case of the Törökbecse barrage due to the topographical conditions. Thus the level of the ground water at low water level may not sink below a certain level.***

The flood waves starting from the upper section of the rivers will face ***changed initial conditions*** in the Hunagrian river sections because ***the basic water level of the rivers is higher due to heading but nevertheless it is not sure that their water yield is higher*** and that ***barrages regulate water discharge.***

During the statistical processing of the water stages of Tisza and considering the researches on sediment transport and river channel into account, it must be taken into account that barrages cause changes in both the hydrological processes and the sediment transport. This is why ***we do not treat the data of the period before and after putting the barrages into operation uniformly.***

The planned river barrage at Csongrád is an important chain-link of the series of barrages in close connection. The river channel erosion and the accumulation above the river barrage is of much lower extent at the barrages built up on one another than in the case of barrages in loose connection. However the river strives to balanced condition and therefore the extensive transport of sediment slows down after some time. According to the experiences regarding the constructed barrages the river barrage would change the flow regime in its impact area: it would elevate low, middle and high water levels. The flow rate would decrease and accumulation would increase.

Frequent and sometime quite strong natural and artificial headings in the Tisza sections below the Kisköre barrage ***(Hármas-Körös, Maros, Törökbecse barrage and Danube) are disadvantageous regarding the efficiency of emergency water storage. It might be more efficient to increase the height and width of the dams sufficiently for the protection against flood levels and flood durations.***