

## Válasz Dr. Prof. Gábris Gyula opponensi véleményére

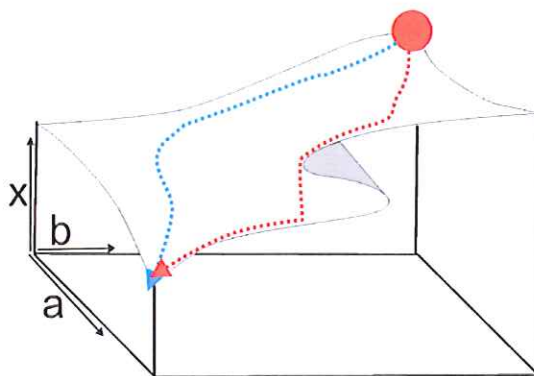
Köszönöm opponensemnek, hogy a dolgozatomat tüzetesen átnézte, illetve hogy megjegyzéseivel és kérdéseivel segíti a kutatás további folytatását!

A szakasz-méterarány fogalmát azért használtam, mert alapvetően más a folyamatok sebessége és a létrejövő forma egy-egy kanyarulatban (pl. mederforma éves-évszakos változása), egy 25-50 km-es szakaszon (pl. medertágulat, medermintázat évtizedes vagy évszázados alakulása), illetve a vízrendszerben, ahol a folyó egésze geológiai távlatokban változik. Fryirs és Brierley (2013) a vízgyűjtő és szakasz kategóriák között átmeneti csoportokként megkülönböztették a táji (landscape) egységet (pl: dombvidék, ártér), illetve legkisebbként a hidraulikai egységet (pl. pangó víz, állóhullámok). Megítélésem szerint ezen tér- és időbeli méretarányok közül a szabályozások óta eltelt változások leginkább „szakasz méretarányban” vizsgálhatók, ezért választottam ezt én is.

Felmerült, a kérdés, hogy a földrajz „sajátos méretarány-problémája” vajon összefüggésbe hozható-e ezen jelenségek fraktál jellegével?

A fraktálok egyik jellemzője az „önhasonlóság”, azaz bármilyen nagyításban is vizsgáljuk őket mindig találunk rajtuk „gyűrődést” vagy „szakadást”, amelyek „hasonlítanak” a teljes alakzatra vagy valamelyik kisebb nagyításban látható részletre. A vízrendszer fraktál jellegűnek tekinthető, hiszen a teljes vízrendszer és a kisebb mellékág-rendszerek hasonlatosak. Azonban kétségeim vannak afelől, hogy a vízrendszer-szakasz-kanyarulat-hidraulikai egység fraktál jellegű-e, hiszen sem folyamataik, sem formáik nem hasonlítanak egymásra, és nem „skála-függetlenek”. Chase (1992) szerint az erózió és az akkumuláció skálafüggetlen, ugyanakkor véleménye szerint a vízhálózat és a táj fejlődése fraktál jellegű lehet, illetve közel fraktál tulajdonságokat mutat.

Magyarázatra szorul az a kijelentésem, miszerint a „*változások mellett a rendszer folyamatos egyensúlyban van, noha egy új egyensúlyi állapotba jut*”. Ezt az egyensúlyi állapotot jól szemlélteti Thorn és Welford (1994) klasszikus modellje, ahol a rendszert a golyó jelképezi, ami mindaddig egyensúlyban van a környezetével (azaz a ható szabályozó tényezőkkel), amíg a felszínen halad. Fejlődése során a rendszer több útvonalon haladhat, de mindvégig egyensúlyban marad, miközben a fejlődés eredményeként újabb és újabb egyensúlyi állapotba jut. Hasonló módon fejlődnek a tájak is, hiszen egy kiemelkedett területet bármilyen módon felszabdalthatnak a vízfolyások, és a táj/vízgyűjtő is mindaddig egyensúlyban marad, míg a folyórendszer fejlődése a klímának, a vegetációnak stb. megfelel. Mindeközben a terület folyamatosan fejlődik és egyensúlyban van, de nem állandó állapotban.



Thorn és Welford (1994) modellje, amelyben a tengelyek (a, b) mentén a rendszert szabályozó tényezők vannak, míg x a rendszer állapota



Opponensem jogosan kifogásolta, hogy egy helyütt azt írtam, hogy a *külső hatás rendszerint a rendszer minden paraméterét érinti, azonban az adott területen a rendszer nem minden eleme reagál ugyanúgy...* Egyrészt, ez a megállapítás függ attól, mennyire összetett egy rendszer. Egy egyszerű, kevés elemet tartalmazó rendszer esetében a megállapítás igaz lehet, de minél összetettebb és több alrendszerből áll a rendszer, annál kevésbé állja meg a helyét az, hogy a külső hatás minden elemet érint. Amennyiben azonban a geomorfológiai rendszereket nyílt rendszereknek tekintjük, akkor a külső hatás bármelyik alrendszerét/elemeit érintheti, s ez idővel akár változhat is. Igaz, ettől még nem érint a zavaró hatás közvetlenül minden paramétert, bár egy szorosan kapcsolt rendszeren a közvetett hatások már átfuthatnak.

Az emberi hatásokat taglalva kétértelmű volt az a megfogalmazásom, hogy „*a vízkivétel pontja alatt megfigyeltek bevágódást is*”. Ez részben megvalósulhat az elvezető csatornában (ezért a vízkivételi pontnál hosszabb-rövidebb szakaszon a mederaljzatot is stabilizálni szokták), illetve az érintett folyó is bevágódhat. Ilyenkor az eredeti mederbe enyhén bevágódhat a vízfolyás (mint ahogyan kisvízkor is csak a sodorvonal mentén kanyarog), és az eredeti meder – miután meglepszik rajta az állandó növényzet – az ártér részévé válik. Ilyet írt le például Ellery et al. (2003) Okavangó deltáról, ahol az egykori mederben meglepedő papirusznád segítette a lecsökkent vízi mederág összeszűkülését és mélyülését. Például szolgálhat még a North Platte és South Platte (USA), ahol az árvizek kontrolálása és az öntözővíz biztosítására a főmederből elvezették a vizet. Ennek következtében a meder szélessége a töredékére csökkent, és sodorvonala bevágódott (Goudie 2000).

A Hernád jellemzőinél a vízgyűjtő átlagos tulajdonságai mellett a hazai szakasz hidro-morfológiai jellegzetességeit jellemeztem részletesebben. A *Hernád „viszonylag keskeny völgye (5-10 km)”* valóban szubjektív értékelés, azonban ezzel azt kívántam hangsúlyozni, hogy ebből eredően több helyen a völgyoldaloknak ütközik a folyó, így az erodálódó teraszokról és hegyláb felszínekről nagy mennyiségű anyag juthat a mederbe, ami részben el is gátolhatja azt (pl. Alsódobsza vagy Sóstófalva mellett), így alapvetően hat a hordalékhozamra és a morfológiára is.

*Kérdésként merült fel a fajlagos munkavégző képesség kapcsán, hogy (1) milyen tényezők befolyásolják, (2) hogyan számoltam az egyes árvizek csúcsán, illetve (3) hogyan bizonyítható, hogy „a számított vízhozam-adatok torzítják a munkavégző képesség értékeit”?*

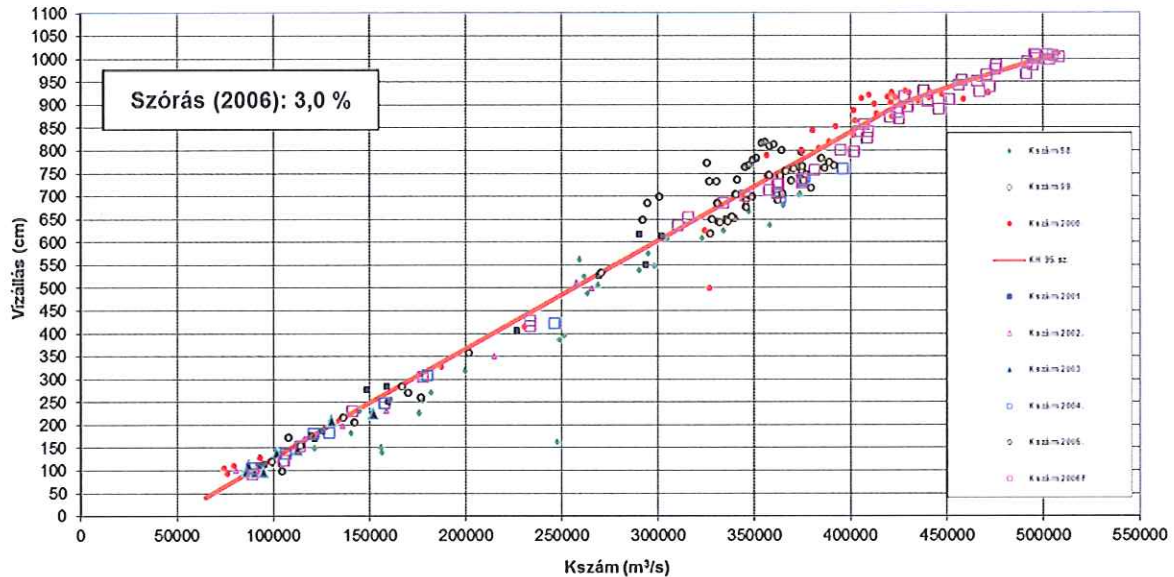
A munkavégző képességet a magyar földrajzi irodalom inkább kvalitatív, mint kvantitatív paraméterként kezeli, ezért próbálkoztam meg a számításával, amely a külföldi kutatásokban gyakran szerepel. A fajlagos munkavégző képességet a 400 cm (mederkitöltő vízszint 500 cm) feletti szegedi vízállásokhoz számítottam ki. Ehhez szükség volt vízhozam adatokra, amelyek közül leválogattam a ténylegesen mért vízhozamokat, a vízszint esésére, a gravitációs gyorsulásra ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ), a víz sűrűségére (1,0 kg/l) és a vízfelszín szélességére. A paraméter bővebb értékelése azért nem kapott helyet a dolgozat törzsrészében, mert ezek a bemenő adatok rengeteg hibát hordoznak magukban, amelyek mértékét nem tudtam még megbecsülni sem (pl. mi lehet a hibája egy-egy vízsebesség mérésnek, vagy milyen hiba adódhat a víz hőmérsékletének és hordaléktöménységének figyelmen kívül hagyásából). Mivel a fajlagos munkavégző képesség megadja, hogy a meder egységnyi felületére mennyi energia jut, ezért utalhat a meder és az ártér érdességének megváltozására vagy a meder 3D-s szűkülésére.

Kavicsos medrű folyókban, ahol árvízkor sem mélyül lényegesen a folyó, a vízállás-vízhozam görbe egy egyenesre illeszkedik, míg a homokos medrű Tiszán jellemző a hurokgörbe kialakulása: az adott vízálláshoz különböző vízhozam értékek tartozhatnak. Ebből vontam le azt a következtetést, hogy a nem ténylegesen mért, tehát számított vízhozam értékek további hibát eredményezhetnek, ezért ezeket nem vettem figyelembe. Feltételezésem helyességét bizonyítja az ATIVIZIG által alkalmazott K–H görbe, ami alapján a vízállás és két szomszédos vízmérce



közötti esés alapján a vízhozamot adják meg. Jól látható, hogy a ténylegesen mért adatok különösen mederkitöltő vízszint (kb. 500 cm) felett különböznek jelentősen a számított adattól.

**Tisza - Szeged**  
Törzsszám: 002275  
95.sz.K-H görbe (Érvényes: 2000-2006.)  
Segédállomás: Tiszasziget



*A Tisza számított vízállás és vízhozam görbéje (piros vonal) illetve az 1998 óta mért tényleges vízállás–vízhozam adatpárok (forrás: ATIVIZIG)*

Az ártérfeltöltődés vizsgálatát DDM segítségével is megállapítottuk, hasonlóan Gábris et al. (2002) kutatásához. Azonban nekik meg volt az az előnyük, hogy a Tiszadob–Tiszaszederkény között a Tisza teljesen új mederben folyik az egykori hullámter egy távoli pontján, így a mentett oldal magassága (többé-kevésbé) egyértelműen megadta a szabályozások előtti felszín magasságát. A Maros mentén hasonló módszert alkalmaztunk, azaz a DDM alapját az M=1:10.000-es topográfia térkép adta, de itt a Maros évszázadok óta folyik, így eleve domború ártere volt a szabályozások előtt, így ha a mentett oldalhoz hasonlítottuk volna a feltöltődést erőteljesen túlbecsültük volna. Ezért mi a DDM-en meghatároztuk a mentett oldal mederre merőleges lejtőszögét, és ezzel a mentett oldali ferde síkkal metszettük el a hullámteret, és a feltöltődés  $m^3/m^2$ -ban számítottuk ki (Kiss et al. 2011).

A Dráva esetében csak Őrtilos és Barcs között tudtam vizsgálni a vízszint esését, mivel innen vannak vízállás adatok, bár ez is csak az 1960-as évektől. A két vízmérce között a távolság valóban nagy, 81,8 km, de sajnos nem tudtam más adatsort szerezni, hiszen a közttes vízvári vízmércén nem folyamatos az észlelés. Az esés növekedését (ami csupán 0,2-1,4 cm/km) okozhatja a kisvizek alászállása, a sodorvonal bevágódása is, de az esés szórásának növekedése valószínűleg a Donja Dubravai Erőmű működésével áll kapcsolatban, amelynek 1-1,5 méteres árhullámai torzítják a számítást.

A vertikális ártéri feltöltésre vonatkozó adatok valóban dominálnak a dolgozatban, de már egyes elemei a horizontális ártérfeltöltődés vizsgálatának is megjelentek, illetve most kezdjük a horizontális akkumuláció és az ártérfejlődés típusainak vizsgálatát a Maros Lippa–Szeged közötti szakaszán, ahol szakaszonként jellemzően hat egymásra a meder és az ártér. Az övzátönyépülés révén történő ártérfejlődés jellemző a Hernádra (egykor jellemző volt a Tiszára és a Marosra is),



lassú mederszűkülés is gyarapítja az ártereket minden vizsgált folyó mentén, míg szigetek és zátonyok partba forradása gazdagítja az ártereket a Maros Makó feletti szakaszán és a Dráván. Ugyanakkor az Arad feletti Maros szakaszon az a meder intenzív bevágódása miatt különböző magasságban elhelyezkedő ártéri szintek jöttek létre az elmúlt 50-150 év alatt.

A *vízgyűjtő szinten ható tényezők* alapvetően az anyag inputot adják az árterek feltöltődését befolyásoló folyamatokhoz. Azaz a vízgyűjtőn összegyűlő víz alapvetően meghatározza az árhullám magasságát, évszakosságát és hosszát, míg a lejtőkről lefolyó víz hordaléka (a meder rendszerből közben erodálódó anyaggal együtt) az ártérfeltöltődés anyagát adja. A lefolyást és a lejtőkről a mederbe jutó hordalék mennyiségét befolyásolja az éghajlatváltozás, a növényzet jellegének és a területhasználatnak a változása, az urbanizáció, a felsőbb szakaszokon zajló mérnöki beavatkozások (pl. völgyzárógáták, vízkivétel).

A Maros hordalékhozamára két kérdés is vonatkozik, egyrészt hogy mit értek *„magnövekedett hordalékhozamtartás”* alatt, másrészt hogy *számszerű adatok hiányában honnan lehet tudni, hogy a hordalékhozam valóban megnőtt.*

A hordalékhozam tartás vagy hordalék regime részének tartom a szállított hordalék mennyiségét és szemcseméretét, illetve a szállítás módját. A szövegben szereplő *„magnövekedett”* rosszul megválasztott jelző volt. Azt akartam vele érzékeltetni, hogy a kanyarulat-átvágások során a vezérárkok anyamederré fejlődésekor nagy mennyiségű hordalék jutott a folyókba, amely egyrészt az árterek anyaga miatt leginkább többlet lebegtetett hordalékot eredményezett, másrészt a magnövekedett esés miatt a durvább homok vagy kavicsrétegek anyaga is mobilizálódhatott.

Erre közvetlen mért adatok nincsenek, ugyanis sem a Maros átfogó szabályozása idején (1846-71 között), sem napjainkban nincsenek megbízható, elég sűrűn végzett lebegtetett hordalékmérések. A fenékhordalék hozamára pedig végkép nincs adat, bár közvetett méréseket végzett az elmúlt években Právetz T. és Sipos Gy.

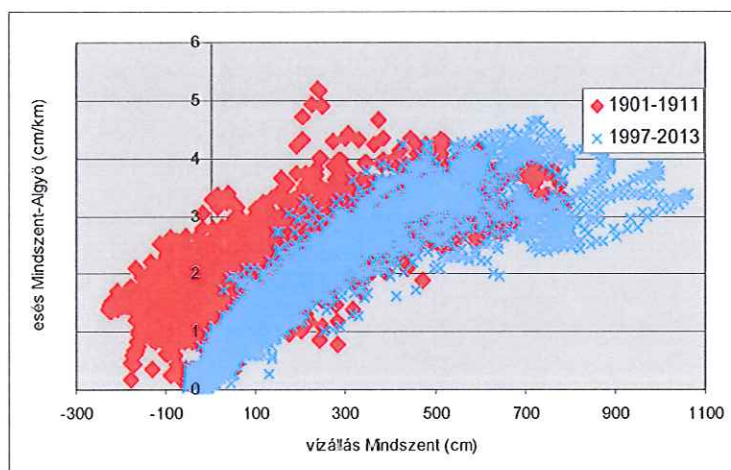
A szabályozásokkor magnövekedett hordalékhozamra bizonyítékul szolgálnak a Maros hullámterein a már feltöltődött morotvák, a Maros néhány évtizeden belüli, gyors zátonyossá válása, vagy a Tisza–Maros torkolat feltöltődése. A korabeli leírásokból kitűnik, hogy 19. sz. második felében a Maros annyi hordalékot szállított a Tisza medrébe, hogy azt a Tisza nem tudta mindjárt tovább szállítani (Korbély 1937), így a torkolatban sekély, 1,0 méternél nem mélyebb gázló keletkezett, megakadályozva a hajózást (Iványi 1948).

A *hullámtéri morfológia szegényedése* valóban általános folyamat, de a Maros esetében azért tartottam fontosnak kiemelni, mivel itt a gyors hullámtér feltöltődés miatt a morotvák, ártéri lapályok vagy a fokhálózat már csaknem teljesen eltűnt (jóval hamarabb mint a többi általunk vizsgált folyón). Ennek hatására pedig az értékes vizes élőhelyek is megszűntek, amelyek helyreállítása a Maros mentén – pont a gyors feltöltődés miatt – véleményem szerint nem lehetséges.

A Tisza jelenlegi egyensúlyvesztési időszakának az okai között az *éghajlat bizonyos elemeinek átalakulása* is fontos szerepet játszik. Azonban ezen elemek hatására bekövetkező változásokat nem vizsgáltam, mivel ezek leginkább vízgyűjtő-vízrendszer léptékű, és nem szakasz méretarányú folyamatok. Ráadásul a medret ért direkt hatások nagy valószínűséggel felülírják a klímaváltozás hatására bekövetkező indirekt változásokat, amelyeket talán emberi hatástól mentes szakaszokon lehetne vizsgálni. Vannak modellek arról, hogy a klímaváltozás hogyan befolyásolja a lefolyást és a vízjárás bizonyos elemeit (Nováky 2000, 2003, Radvánszky 2009), de az eddigi klímaváltozás jelenlegi morfológiai hatásait hazánkban még nem vizsgálták.

Opponensem megkérdezte, hogy mi a véleményem arról, hogy a szélsőségesebbé váló vízállásokhoz (árvíz–kisvíz) járó szélsőségesebb esés értékek a folyók méretéhez is kapcsolhatók-e.

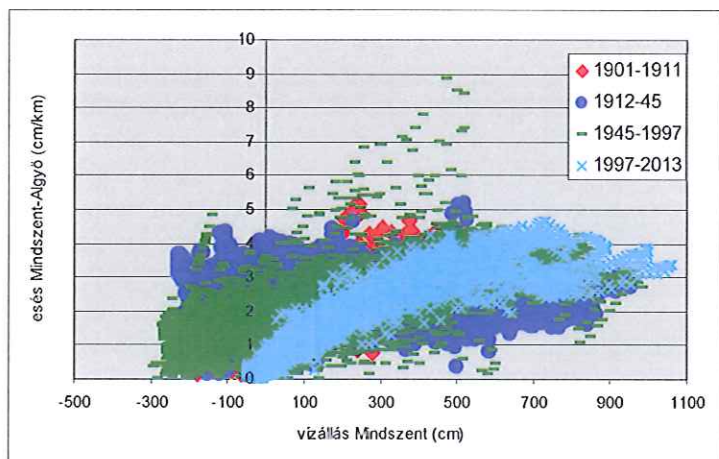
A kérdés megválaszolásához a napi vízállás függvényében ábrázoltam a vízszint esésének értékét. A Tiszáról származik a leghosszabb adatsor, így itt összehasonlíthatóak a 20. század eleji és végi esésviszonyok. A két pontfelhőből kitűnik, hogy napjainkra a pontfelhő szűkült (a megnyúlás csupán a vízállások növekedéséből adódik). Ez azt jelenti, hogy adott vízálláshoz már jellegzetesebb esésértékek tartoznak, azaz a kisvizek esése jóval kisebb (akár 0 cm/km), mint a közép- vagy nagyvizeké.



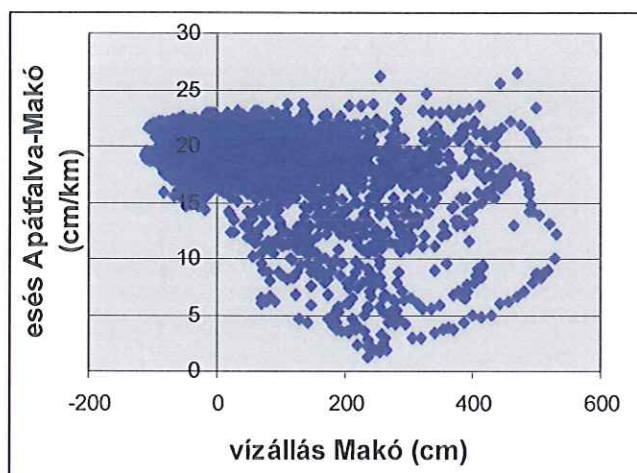
*A Tisza esése 1901-1911 és 1997-2013 között Mindszent és Algyő között*

A vízállás–esés kapcsolata a vizsgált folyókon változatos képet mutat. Ha függvényt illesztünk a pontfelhőkre, látszódná, hogy a Tisza és a Hernád esetében pozitív kapcsolat van a két paraméter között, tehát a Tiszán és a Hernádon az árhullámok nagyobb eséssel vonulnak le, mint a kisvizek. Ugyanakkor negatív kapcsolat állítható fel a két paraméter között a Dráván, tehát a nagyvizek esése kisebb, mint a kisebb vízállásoké. Korábban ezért kötöttem a kisvízes időszakokhoz a Dráva esésnövekedését, amikor esetleg a mederformák illetve a mini-árhullámok szerepe jobban érvényesül. A Maros a másik három folyótól különbözik abban, hogy esése a szélesebb határok között mozog (bár az adatsor is rövidebb), és trend nem jellemzi, bár a vízállások emelkedésével nő az esés értékek szórása. Ezt azzal magyarázom, hogy a három folyó közül a Maros a legkevésbé „független”, azaz bármilyen vízállásnál befolyásolhatja a Tisza visszaduzzasztó hatása, tehát a magas vízszintek nem feltétlen önálló árhullámok lehetnek, hanem akár kis esésű, erőteljesen visszaduzzasztott vizek is.

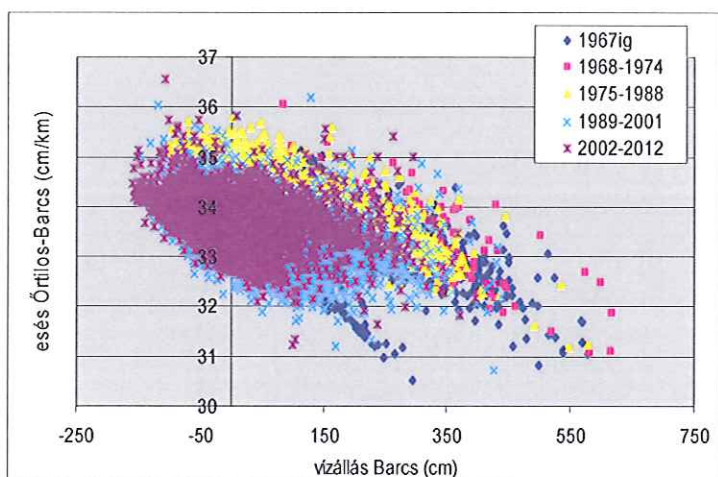




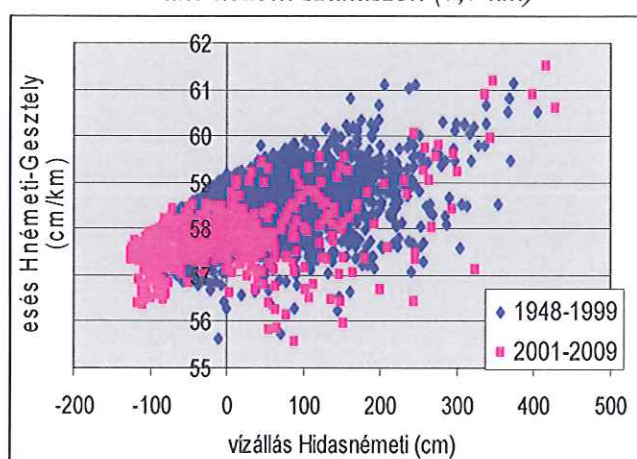
A Tisza esése 1901-2013 között a Mindszent és Algyő közötti 26 km hosszú szakaszon



A Maros esése 1998-2013 között az Apátfalva és Makó közötti szakaszon (7,7 km)



A Dráva esése 1960-2013 között az Órtilos és Barcs közötti szakaszon (81,8 km)



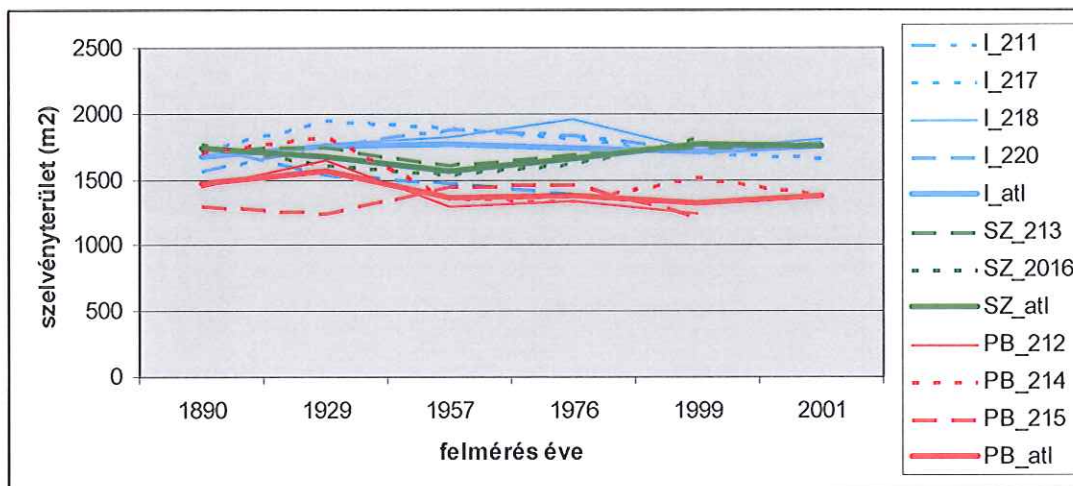
A Hernád esése 1948-2009 között a Hidasnémeti és Gesztely közötti szakaszon (73 km)

A kanyarulat-átvágás hatástávolságának megállapításához valóban kevés csupán a vízvári Dráva kanyart vizsgálni, azonban a 19. századi szabályozási munkák dokumentációjának tér- és időbeli felbontása nem tette lehetővé a részletesebb méréseket, bár ezt megpróbáltam. Időről-időre felröppen egy-egy elképzelés a Tiszán néhány szűk kanyarulat átvágására, ahol reményeim szerint lehetőség lesz a folyamat részletes vizsgálatára.

A partbiztosítások térbeli hatása is az adathiány miatt állapítható meg nagyon nehezen. Az bizonyos, hogy a partbiztosítással védett kanyarulatban vagy szakaszon a hatásuk igen intenzív (bevágódás, mederszűkülés, övzátonyok pusztulása, a kanyar élesebbé válása). Azonban mivel csupán 2 szabadon fejlődő kanyarulat van az alsó-tiszai mintaterületen, s azok is beékelve a partbiztosított kanyarulatok közé, nem állapítható meg a hatástávolság pontosan. Az kijelenthető, hogy a partbiztosítás megépítése után a folyásirányban alatta lévő legalább 2 kanyarulat módosulva fejlődik néhány évtizedig.

A mederszűkülés küszöbértékének vizsgálatához az Alsó-Tiszán 9 meder-keresztmetszetet vizsgáltunk, amelyek között van partbiztosított (3) és szabadon fejlődő (6) is. Mivel a partbiztosítások megépítése előtt, a kanyarulat-átvágások utolsó éveiben a szelvényterület 1400-1700 m<sup>2</sup> között változott, majd 1929-ig további 1600-1950 m<sup>2</sup>-re nőtt, feltételeztem, hogy a meder igazodott az átvágások utáni esésnövekedéshez, és a töltésépítés miatt megnövekedő

mederben levonuló vízhozamhoz. A partbiztosítások kiépülte után a biztosított kanyarulatok szelvényterülete  $1500 \text{ m}^2$  alá csökkent, de ezek mindegyikében megfigyelhető a partbiztosítások és az övzátonyok tömegmozgások révén történő pusztulása, azaz a meder szélesedése. Véleményem szerint az, hogy a természetesen fejlődő szakaszok szelvényterülete ma is  $1650\text{-}1800 \text{ m}^2$ , arra utal, hogy legalább  $1650 \text{ m}^2$  nagyságú az a szelvényterület, amely az adott hidrológiai peremfeltételek mellett megfelelő vízvezetést biztosít.



*Az Alsó-Tisza középső szakaszán az inflexiók (I) helyzetben, a szabadon fejlődő kanyarulatokban (SZ) és a partbiztosított kanyarulatokban (PB) felmért keresztjelvények területe és az adott csoport átlaga*



*A 212.sz. VO-kőnél a szűk mederben elindult az övező mederbe csúszása (piros pötty), miközben a partbiztosítás a túlmélyített mederbe gördül, így a part hátrálni kezd (nyíl)*

A Hernádon az adott hidrológiai perem-feltételek mellett a mederszélesség küszöbértékét azért nem határoztam meg, mert a felhasznált térképi adatbázis (1953-2002) szerint Zsujtán a mederszűkülés még nem állt le, és a meder átlagosan 37 m széles volt 2002-ben. Alsódobozán a legszűkebb (37 m) a meder 1997-ben volt és 2002-ig a szélessége 40 méterre nőtt. Tehát lehetséges, hogy a Hernád legkisebb fenntartható mederszélessége 37 m, de ehhez még néhány légifelvételész feldolgozott adatai is kellenek, mert nem érzem megalapozottnak, ha csupán egy adatból vonok le következtetést.

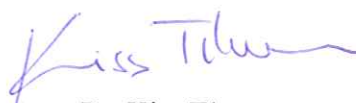


Elnézést kérek a helyesírási, szerkesztési hibákért, amelyek többször félrevezetővé és félreérthetővé tették mondanivalóm.

- „*Érdekes szerkesztési megoldás, hogy a 2.1.1. A) rész összefoglalása tulajdonképpen a következő B) fejezet első mondata (11. old.)*” Így próbáltam a két fejezetet összekötni, a figyelmet megtartani.
- A 2.1.6. rész címe helyesen: A rendszerek zavaró hatásra adott válasza és ellenállása
- A Módszerek fejezetben (40. old. 3. melléklet) az egyes paraméterek - közöttük az átlagos vízállás – rövidítését és meghatározását tartalmazó mellékletre utaltam.
- Az apró betűs szövegekben rendszerint olyan kutatási adatok leírására szorítkoztam, amelyek a későbbi tárgyaláshoz szükségesek voltak. Ha nem írtam volna le ezeket az eredményeket, a dolgozat egyes következtetései megalapozatlannak tűnhetnének. Ugyanakkor úgy gondoltam, hogy az olvasóra bízom, hogy elolvassa-e vagy sem, hiszen a száraz adatok nélkül is követhető a későbbi gondolatmenet.
- 55. oldal első sora helyesen: Összehasonlítottam az ártéri feltöltődést a Maros és a Tisza ugyanolyan morfológiai helyzetű pontjain (5.2.1 táblázat).
- Az alsódobozai kanyar laterális eróziója 2009-2010 között 16,7 m/év volt.

Nagyon köszönöm Opponensem támogató szavait, hasznos tanácsait!

Szeged, 2015. szeptember 18.



Dr. Kiss Tímea