

Hullámtér-feltöltődés vizsgálata az Alsó-Tisza mentén. II. Folyóhátak (parti háta) feltöltődését befolyásoló tényezők

Nagy Judit*, Kiss Tímea*, Fiala Károly**

*Szegedi Tudományegyetem, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, 6722 Szeged, Egyetem u. 2.

**Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság, Vízgazdálkodási és Vízrajzi Monitoring Osztály, 6720 Szeged, Stefánia 4.

Kivonat

A kanyarulatok külső ívén épülő folyóhátak (parti háta) a hullámtér legmagasabb formái, hiszen egy-egy árvíz során itt halmozódik fel a legvastagabb hordalék. Jelen tanulmány célja a folyóhátak magasságát, szélességét és fejlődésük ütemét befolyásoló tényezők vizsgálata. Eredményeink szerint a folyóhátak magasságát meghatározó tényezők szerepe jelentősen eltérhet a kanyarulatok fejlettségi szintjétől függően, hiszen az ál- és fejletlen kanyarulatok mentén magasságukat elsősorban a hullámtér szélessége határozza meg, míg a fejlett és érett kanyarulatok mentén a görbületi sugár is befolyásolja a folyamatot. Ezzel szemben a folyóhátak szélességét – függetlenül a kanyarulat fejlettségétől – a hullámtér szélessége befolyásolja. A folyóhátakon a hordalék-felhalmozódás üteme a sodorvonal helyzetével mutat kapcsolatot. Minél közelebb van a sodorvonal a parthoz, annál kisebb a felhalmozódás sebessége, ami az árvizek során fellépő intenzívebb erózióknak köszönhető. A partbiztosítások hatása a felhalmozódott hordalék vastagságára nem mutatható ki egyértelműen, hiszen hasonló átlagos üledékvastagság jellemző a partbiztosított és a partbiztosítás nélküli szakaszokon is. A hordalék-felhalmozódás üteme gyorsuló tendenciát mutat, hiszen míg a 175 évnél idősebb folyóhátak fejlődési üteme $\leq 10-21$ mm/év, addig a csupán 40 éve fejlődők 67-101 mm/év ütemben magasodnak.

Kulcsszavak

Feltöltődés, folyóhát, görbületi sugár, sodorvonal, hullámtér-szélesség, partbiztosítás

Floodplain aggradation along the Lower Tisza. Part II: Natural levee formation and its influencing factors

Abstract

Natural fluvial levees are significant floodplain features, since large amount of sediment is deposited on their surface during floods. The aim of this research is to analyse the local influencing factors on the height, width and sedimentation rate of natural levees. The results suggest that the height of natural levees significantly depends on the sharpness of meanders. Along slightly sinuous bends the height of levees are primarily affected by the width of floodplain, while along sinuous meanders the radius of curvature of the channel also has considerable effect on levee formation. In contrary, the width of natural levees is solely determined by floodplain width. The sediment accumulation rate has strong (negative) correlation to thalweg location, since the closer is the thalweg to the riverbank the slower is the rate of accumulation, thus during floods erosion can lower the natural levees. The effects of revetments could not be proved, since the thickness of deposited sediment is very similar along the meanders with and without revetments. The rate of accumulation shows an increasing temporal tendency, since natural levees older than 175 years have 10-21 mm/y accumulation rate, while levees younger than 40 years grow by 67-101 mm/y.

Keywords

Floodplain sedimentation, natural levee, radius of curvature, thalweg, floodplain width, revetments

BEVEZETÉS

A hullámterek markáns akkumulációs formái a folyóhátak. A hazai szakirodalomban különböző elnevezések vonatkoznak erre a magas, a kanyarulatok külső íveit és egyenes szakaszait szegélyező formára. Egyes cikkekben övzatonynak (Nagy és társai 2001, Szilávik 2001, Schweitzer és társai 2002), míg mások parti hátnak nevezik (Gábris 2003, 2016). Azonban, mivel több geomorfológiai tankönyv (pl. Borsy 1993, Lóczy és Veress 2005) is folyóhátként jelöli ezt a formát, jelen tanulmányban is ezt az elnevezést használjuk.

A folyóhátak alapvető szerepet töltenek be az árvizek során a hullámtérre kijutó hordalékmenyiség szabályozásában (Brierley és társai 1997). A hazai szakirodalomban leginkább a folyóhátak formálódásával és szemcseösszetételével, valamint fejlődésük ütemével foglalkoztak (pl. Nagy és társai 2001, Kiss és társai 2002, Sándor és Kiss 2006, 2007). Azonban mivel csak egy-egy formán végezték a méréseket, nem vizsgálták azt, hogy térben hogyan

változott a méretük, illetve hogy milyen helyi hatótényezők befolyásolják formájukat és fejlődésük ütemét.

Az Alsó- és a Közép-Tiszán végzett kutatások (Sándor és Kiss 2007, Sándor 2011, Kiss 2014) kimutatták a hullámtér – és ezen belül a folyóhátak – gyorsuló feltöltődését, amelynek háttérében elsősorban a hidrológiai viszonyok megváltozása, a növényzet-, illetve területhasználtságváltozás áll. Az 1960-as évektől egyre magasabb és hosszabb lefutási idejű árvizek tapasztalhatók, továbbá sűrűbbé vált a hullámtéri növényzet is, hiszen az 1980-as évektől elterjedtek az özönnövények, ami kedvez a hordalék akkumulációjának (Sándor 2011). A változások eredményeként a hullámtér feltöltődésének üteme megduplázódott, hiszen míg az 1960-as évek előtt a hordalék-felhalmozódás átlagos üteme 20 mm/év volt, addig az azt követő évtizedekben már 46 mm/év (Kiss 2014). Egy-egy árvíz során felhalmozódott üledék vastagságát Mindszentnél mérjük 1998 óta. A partél mentén, a folyóháton rakódik le a legvastagabb hordalék ($\geq 10-50$ mm), azonban az intenzív akkumuláció sávja egyre szűkül, amelynek háttérében

az egyre sűrűbbé váló partmenti növényzet állhat (Kiss 2014).

A nemzetközi szakirodalomban több tanulmány is részletesen foglalkozott a folyóhátak formálódását befolyásoló lokális tényezőkkel. A folyóhátak fejlődését befolyásolhatja az ártér/hullámtér szélessége (Klasz és társai 2014), a kanyarulatok fejlettsége (Cazanacli és Smith 1998), a kanyarulatok görbületi sugara (Hudson és Heitmüller 2003), a meder szélessége (Smith és Pérez-Arlucea 2008), a sodorvonal helyzete (Uddin és Rahman 2012), a partbiztosítások (Brinkle és társai 1998, Klasz és társai 2014) illetve a folyó által szállított hordalék szemcseösszetétele is (Cazanacli és Smith 1998).

Jelen tanulmányban célunk az Alsó-Tisza Csongrád és szerb országhatár közötti szakaszán a kanyarulatok külső ívén fejlődő folyóhátak magasságát és fejlődésük ütemét befolyásoló tényezők vizsgálata. Célunk a folyóhátak magassága és szélessége, illetve a meder görbületi sugara, a hullámtér szélessége, a sodorvonal helyzete és partbiztosítások megléte közötti kapcsolat geomorfológiai szemléletű elemzése.

MÓDSZEREK

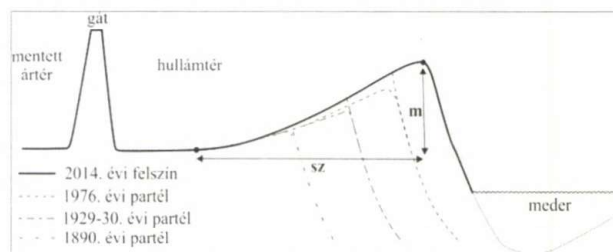
A folyóhátak méreteit egy 0,5x,05 m-es felbontású, 2014-ben készült LiDAR felvétel (vertikális pontossága $\pm 0,1$ m) segítségével vizsgáltuk. Relatív magasságukat a mentett ártéri területekhez viszonyítva számítottuk ki, amelynek magasságához egy 5x5 m-es felbontású, az 1979 és 1985 között készült M=1:10000 topográfiai térkép alapján létrehozott digitális domborzat modellt (DDM) használtunk. Utóbbi vertikális pontossága ± 70 cm, ami azt sugallja, hogy eredményeink fenntartással kezelendők, de csak akkor lehet pontosabb eredményeket kapni, ha a mentett oldalról pontosabb felvételezés készül a jövőben. Az elemzéseket ArcGIS 10.1 program segítségével végeztük.

A kanyarulatok külső ívén épülő folyóhátak magasságát és szélességét egyetlen időpontban, azaz csak a 2014-es LiDAR felvételen határozhattuk meg. A folyóhátak legnagyobb magasságát kanyarulatonként, azok felső, középső és alsó harmadában mértük le a mentett oldal (gátépítéskori felszín) átlagmagasságához képest. A formák szélességét kereszt-szelvények alapján határoztuk meg a partél és azon pont között, ahol a folyóhát az ártérbe simul (1. ábra).

Ezeket a magasság és szélesség adatokat vetettük össze a meder jelenlegi görbületi sugarával, a hullámtér (jobb és baloldali, illetve teljes) szélességével, a sodorvonal helyzetével (1976. évi mederfelmérés), illetve a partbiztosítások meglétével és korával.

A szabályozások óta a kanyarulatok vándorolnak, tehát a partélek elmozdulhattak, ezért a folyóhátak épülése eltérő időpontokban kezdődött el. Kialakulásuk kezdete alapján három csoport különíthető el. (1) A kanyarulatok átvágásakor az új mederszakaszok mentén új folyóhátak születtek, tehát fejlődésük kezdete az adott mederátvágás évére tehető. (2) Vannak olyan folyóhátak, amelyek szűkülő meder mentén alakultak ki. Ilyen esetekben a folyóhát maximum korát az adott felszín ártérként való ábrázolásának évében határoztuk meg a Tisza-felmérések (1890,

1929-30 és 1976) alapján. Például a 2014-es LiDAR felvételen azonosítottunk egy folyóhátat, de a jelenlegi helyzete alapján az 1890. évi felmérésen még a mederben lenne (tehát ekkor még nem létezett), de az 1929-30. évi felmérésen már ezen a helyen ártér volt, tehát képződése leghamarabb 1891-ben indulhatott el. (3) Végül vannak olyan szakaszok is, ahol a meder alig (vagy nem) mozdult el 1838-42 („Tisza hajdan és most”) óta, tehát az itt lévő folyóhátak legalább 175 évesek.



1. ábra. A folyóhát magasságának (m) és szélességének (sz) mérési helye, illetve a felhalmozódás ütemét befolyásoló partél változásai

Figure 1. Determination of the height (m) and width (sz) of a fluvial levee, and bankline changes influencing the rate of aggradation

A folyóhátakon zajló hordalék-lerakódás ütemét (A) a jelenlegi partél (2014) és az ezt megelőző legutolsó ismert partél helyzete közötti folyóhát területre végeztük el (1. ábra). Mivel a folyóhátaknak csak a jelenlegi, 2014-es magasságát (m) ismerjük, ezért csak azt lehet meghatározni, hogy 2014-es és az utolsó ismert partél helyzetének éve (Tu) közötti időszakban mennyi volt a feltöltődés üteme (mm/év).

$$A_{2014-Tu4} = \frac{m}{2014 - Tu}$$

EREDMÉNYEK

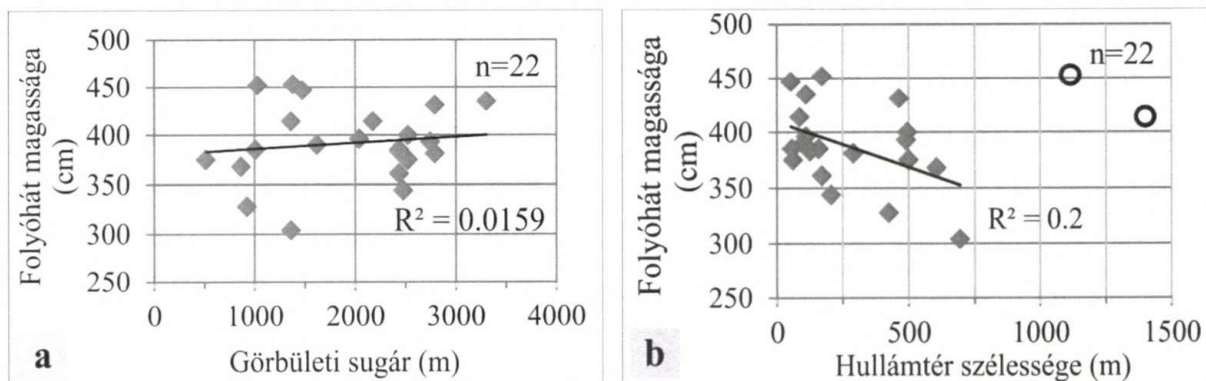
A hullámtér feltöltődésének vizsgálatokor (ld. Nagy és társai: Hullámtér-feltöltődés vizsgálata az Alsó-Tisza mentén I. Hullámtér-szélesség és beömlő mellékfolyók hatása az akkumulációra) egyértelműen kiderült, hogy a kanyarulatok külső ívén épülő folyóhátak a feltöltődés kitüntetett helyei, ezért elemeztük, hogy a medernek milyen paramétere befolyásolja magasságukat és fejlődésük ütemét. Mindezt a kanyarulatok fejlettségének függvényében vizsgáltuk meg. A kanyarulatokat két nagy csoportra osztottuk Laczay (1982) osztályozása alapján: (1) ál- és fejletlen, illetve (2) fejlett és érett kanyarulatokra. Ez azért lényeges, mert a hordalék felhalmozódása a kanyarulat fejlettségi fokától függően eltérő mértékű lehet, és ugyanazon akkumulációt befolyásoló tényező hatása is másképpen nyilvánulhat meg.

A görbületi sugár és a hullámtér-szélesség hatása a folyóhátak magasságára

A kanyarulatok görbületi sugara alapvetően meghatározza a centrifugális erő mértékét (Hudson és Heitmüller 2003), így hatása lehet a partokon túl jutó víz áramlási irányára és sebességére, ami befolyásolja a folyóhátak kialakulását. A hullámtérre kilépő víz áramlási viszonyai jelentősen különbözhetnek az ál- és fejletlen, illetve a fejlett és érett kanyarulatok között, de a hullámtér szélessége még ilyenkor is domináns tényező lehet, ezért hatásukat együtt

vizsgáltuk. Az ál- és fejletlen kanyarulatok mentén a folyóhátak magassága és a meder görbületi sugara nem mutat szoros kapcsolatot (2a. ábra), de a hullámtér szélességével már összefüggést mutat, ugyanis a vizsgált ál-és fejletlen kanyarulatok 60%-a mentén a hullámtér szűkebb, mint 200 m (2b. ábra). A hullámtér szélességének hatását

azonban felülírhatják bizonyos helyi hatótényezők. Például a levágott kanyarulatok (Sulymostó- és Mártélyi-holtág) végén felhalmozódott hordalékdugók (malágy) felszínén, a partközeli szűkebb sávban vastag (453 cm és 414 cm) hordalék-lerakódás figyelhető meg, holott a hullámtér széles (1115 m és 1400 m).



2. ábra. A folyóhát magassága és a kanyarulat görbületi sugara (a), valamint a folyóhát magassága és a hullámtér-szélesség közötti kapcsolat (b) az ál- és fejletlen kanyarulatok mentén

(Megjegyzés: A fekete körök azokat a folyóhátakat jelölik, amelyek esetében a folyóhát magasságát nem a hullámtér szélessége, hanem más lokálisan ható tényező - pl. holtágak végén kialakult malágy- határozza meg.)

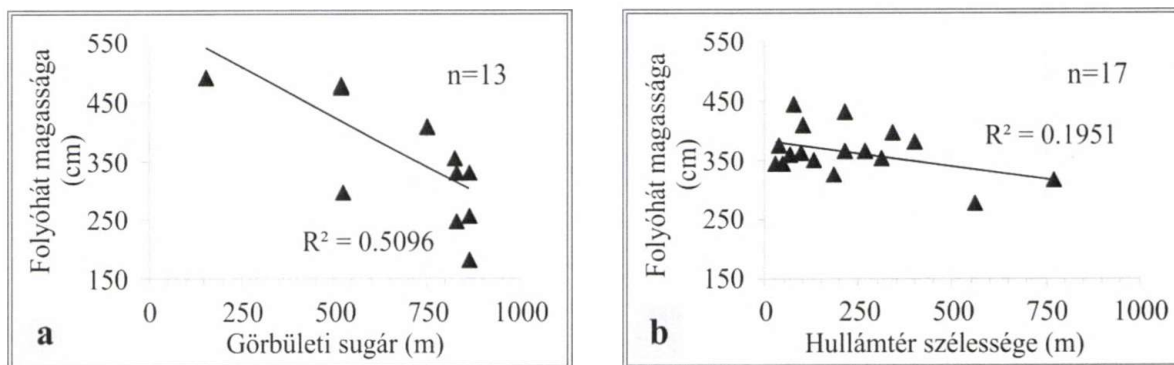
Figure 2. Relationship between the radius of curvature and natural levee height (a), and the floodplain width and natural levee height (b) in case of slightly sinuous bends

(Legend: black circles indicate those points, where the height of the natural levee is determined by local factors - e.g. sediment plug at the end of an ox-bow - instead of floodplain width.)

A fejlett és érett kanyarulatok közel felénél mutatható ki a folyóhátak magassága és a meder görbületi sugara közötti kapcsolat (3a. ábra). Azoknál, amelyeknél nincs kapcsolat ezen két paraméter között, ott a folyóhátak magassága a hullámtér szélességével mutat összefüggést (3b. ábra). A kis görbületi sugárral rendelkező kanyarulatok mentén magasabb folyóhátak alakulnak ki, amelynek oka, hogy a kisebb görbület miatt a víz a kanyarulat középső és alsó harmadában nagyobb erővel léphet ki a hullámtérre (Sándor 2011). A görbületi sugár leginkább azokon a szakaszokon határozza meg a felhalmozódás vastagságát,

ahol a hullámtér széles (≥ 200 m) és így lehetőség van magasabb és szélesebb folyóhátak kialakulására. A Mártélyi-holtágtól folyásirányban lefelé nem találhatóak olyan kanyarulatok, amelyek mentén a folyóhátak magasságát a görbületi sugár befolyásolná, mivel itt a meder kanyargóssága jóval kisebb.

A folyóhátak magasságát és hullámtér szélességét megvizsgálva megállapítható, hogy a szűk (< 500 m) hullámtéri területeken magas (345-445 cm), míg szélesebb hullámtéren (> 500 m) alacsonyabb (275-317 cm) folyóhátak alakulnak ki.



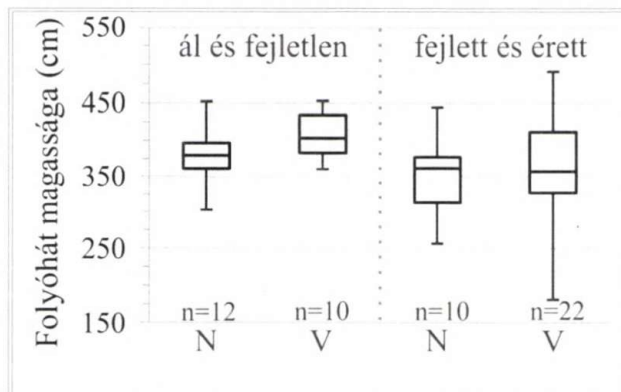
3. ábra. A folyóhát magassága és a görbületi sugár (a), valamint a hullámtér-szélesség (b) közötti kapcsolat a fejlett és érett kanyarulatok mentén

Figure 3. Relationship between the radius of curvature and natural levee height (a), and the floodplain width and natural levee height (b) in case of sinuous bends and meanders

A partbiztosítások hatása a folyóhátak magasságára

A Tisza vizsgált szakaszán 39 kanyarulat található, amelyek közül 26 mentén építettek partbiztosítást. Ezért fontosnak tartottuk megvizsgálni, hogy a Tisza mentén a partbiztosítások vajon befolyásolják-e a folyóhátak átlagos magasságát.

Az ál- és fejletlen kanyarulatok mentén a partbiztosított szakaszok menti folyóhátak átlagmagassága 408 cm, míg a partbiztosítás nélküli szakaszokon 378 cm. A fejlett és érett kanyarulatok mentén is hasonló tapasztaltunk (4. ábra). A partbiztosított szakaszokon a folyóhátak átlagmagassága 364 cm, a partbiztosítás nélküli szakaszokon pedig 349 cm. Ez a 20-30 cm-es magasságkülönbség a partbiztosított és anélküli szakaszokon azonban – figyelembe véve a módszer hibáit – nem bizonyítja egyértelműen, hogy a partbiztosított szakaszok mentén magasabb folyóhátak fejlődnek.



4. ábra. A partbiztosítások hatása a folyóhátak magasságára ál- és fejletlen, illetve fejlett és érett kanyarulatok mentén (N: nincs partbiztosítás, V: van partbiztosítás)

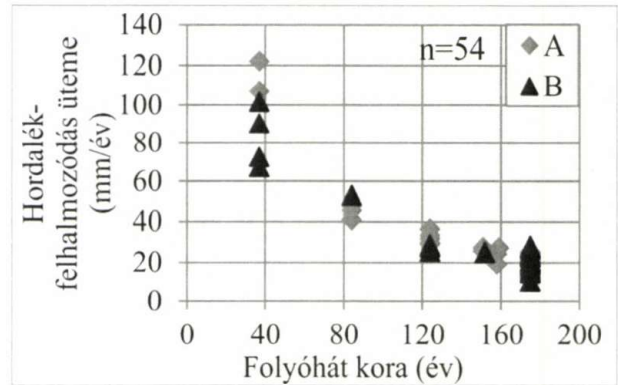
Figure 4. Effect of revetments on natural levee height in case of slightly sinuous and sinuous bends (N: no revetment, V: revetment bank)

A hordalék-felhalmozódás ütemének alakulása

A legtöbb folyóhát fejlődése a szabályozások óta zajlik, de vannak olyanok is, amelyek már a szabályozások előtt is léteztek. Utóbbiak legalább 175 éve épülnek, felszínükön a hordalék-felhalmozódás átlagos üteme a legkisebb (≤ 28 mm/év).

A folyóhátak fejlődésének ütemében az ál- és fejletlen kanyarulatok, illetve a fejlett és érett kanyarulatok között különbségek fedezhetők fel (5. ábra). Az ál- és fejletlen kanyarulatok leginkább a szabályozott szakaszokon jellemzőek, így a mellettük kialakuló folyóhátak 160 évnél fiatalabbak. Ezzel ellentétben a fejlett és érett kanyarulatok egy része szabályozások előtti, így folyóhátuk már a szabályozási munkálatok megkezdése előtt is léteztek. Azonban mindkét kanyarlati csoport esetében megfigyelhető a felhalmozódás ütemének növekedése. Az ál- és fejletlen kanyarulatok mentén a 160 évnél idősebb folyóhátak átlagos fejlődési üteme ≤ 22 mm/év, míg a fiatalabb formáknál felgyorsuló feltöltődés figyelhető meg, így a kb. 40 éve épülő folyóhátak már átlagosan 107-122 mm/év ütemmel

épülnek. A fejlett és érett kanyarulatok mentén is hasonló tendenciát tapasztaltunk: a leghosszabb ideje fejlődő folyóhátak felhalmozódása bár nagyobb szórást mutat, de feltöltődési ütemük csupán ≤ 10 -21 mm/év, míg a legfiatalabb, csupán 40 éve fejlődő folyóhátak fejlődése 67-101 mm/év közötti. A legnagyobb ütemű felhalmozódás (>75 mm/év) a Mindszent és Mártély közötti szakaszra (205,3-218,4 fkm) jellemző.

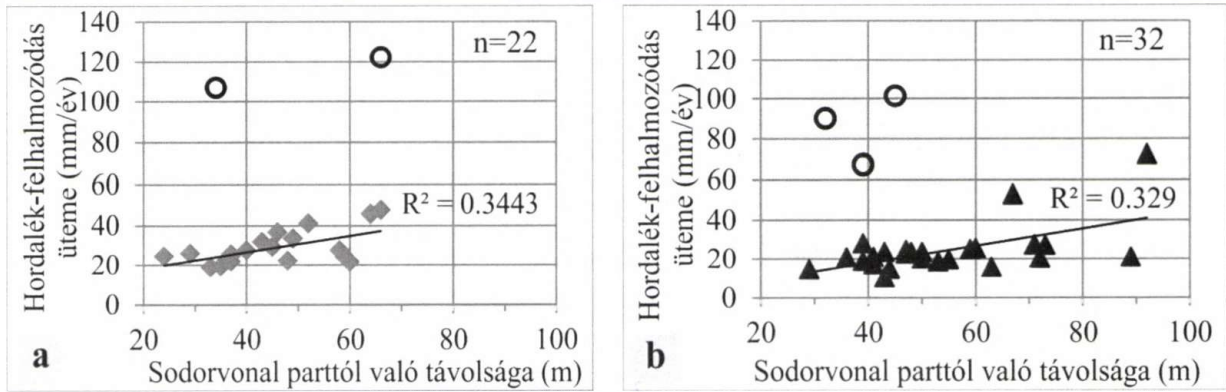


5. ábra. A folyóhátak időben változó feltöltődési üteme ál- és fejletlen (A), valamint fejlett és érett kanyarulatok mentén (B)
Figure 5. Temporal changes in aggradation rate of fluvial levees in case of slightly sinuous bends (A) and sinuous meanders (B)

A felhalmozódás üteme tehát nagyobb az ál- és éretlen kanyarulatok esetében, mint a fejlett és érett kanyarulatoknál. Ennek okát abban látjuk, hogy a szabályozások során kialakított vezérárkokat a Tiszának először ki kellett szélesíteni és mélyíteni, ami jelentős mennyiségű többlet hordalék-termeléshez vezetett (Iványi 1948), így ezeken a szakaszokon több hordalék halmozódhatott fel az ártéren a kezdeti időszakban.

Azonban a hordalék-felhalmozódás ütemének általános gyorsulása számos tényező megváltozásának lehet az eredménye. A part menti növényzet sűrűbbé válása, az árvizek magasságának és tartósságának növekedése mind okozhatja a feltöltődés ütemének gyorsulását (Sándor és Kiss 2007, Sándor 2011)

Az ál- és fejletlen, valamint a fejlett és érett kanyarulatok esetében is a hordalék-felhalmozódás üteme a sodorvonal helyzetével áll a legszorosabb kapcsolatban, bár ez a kapcsolat is gyenge (6a. és 6b. ábra). Mindkét kanyarlati csoport esetén megfigyelhető, hogy minél távolabb van a sodorvonal a parttól, a folyóhátak annál gyorsabb ütemben magasodnak. Ez azzal magyarázható, hogy a parthoz egyre közelebb simuló sodorvonal megteremtí a lehetőséget nemcsak a fokozott feltöltődésnek, de az erózióknak is, hiszen a partmenti sávban árvíz idején jelentős erózió is felléphet, amely csökkenti a hordalék-felhalmozódás átlagos éves ütemét (Uddin és Rahman 2012). Természetesen itt is vannak kivételek, amelyek esetében fokozott a feltöltődés sebessége. Ezek a pontok egymáshoz közel található ott, ahol egyéb okok miatt a legnagyobb ütemű a hullámtér feltöltődése.

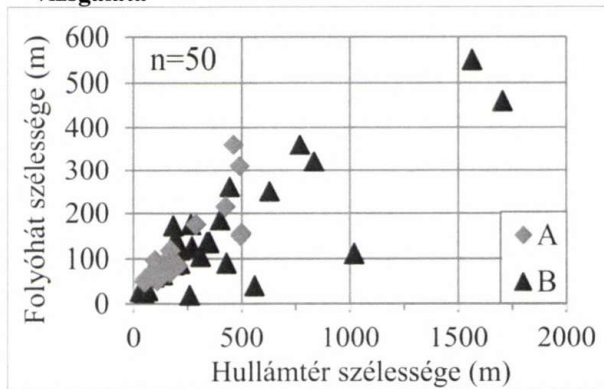


6. ábra. A folyóhátak feltöltődési üteme ál- és fejletlen (a), valamint fejlett és érett kanyarulatok (b) mentén a sodorrivonaltól való távolságának függvényében (Megjegyzés: A fekete körök azokat a folyóhátakat jelölik, amelyek esetében a trendtől eltérően fokozottabb a hordalék-felhalmozódás sebessége.)

Figure 6. Relationship between the distance of the thalweg and aggradation rate of fluvial levees in case of slightly sinuous bends (a) and sinuous meanders (b)

(Note: circles indicate those fluvial levees, where the rate of aggradation is exceptionally high and does not fit to the main trend.)

A folyóhátak szélességét befolyásoló tényezők vizsgálata



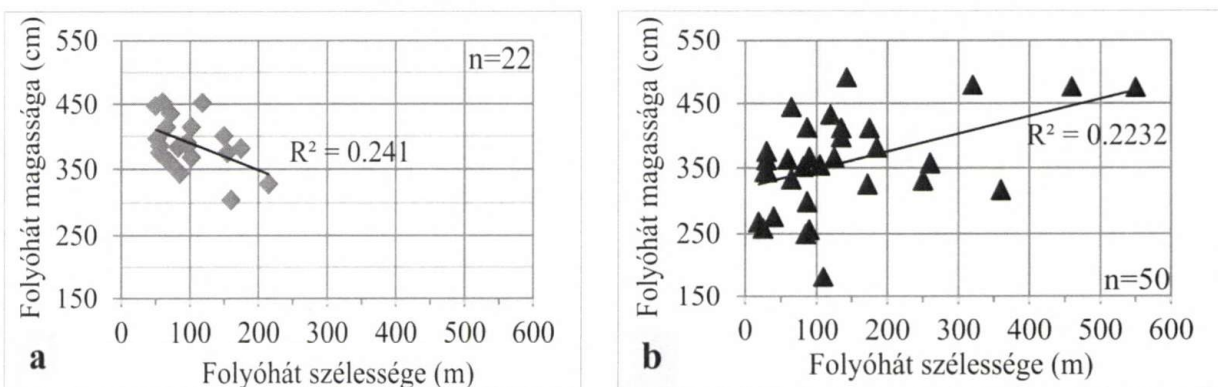
7. ábra. A folyóhátak szélessége és a hullámter szélessége közötti kapcsolat ál- és fejletlen (A), valamint fejlett és érett kanyarulatok (B) mentén

Figure 7. Relationship between the width of fluvial levees and floodplain width in case of slightly sinuous (a) and sinuous (B) bends

A folyóhátakon akkumulálódott hordalék vastagsága és a felhalmozódás üteme mellett megvizsgáltuk, hogy a

folyóhátak szélessége milyen tényező(k)től függhet. Az adatok azt mutatják, hogy a folyóhátak szélességét egyértelműen meghatározza a rendelkezésre álló tér nagysága, azaz az adott oldali hullámter szélessége. Minél szűkebb a hullámter, annál keskenyebb folyóhát tud csak kialakulni. Ez igaz mind az ál- és fejletlen kanyarulatok, mind pedig a fejlett és érett kanyarulatok csoportjára (7. ábra).

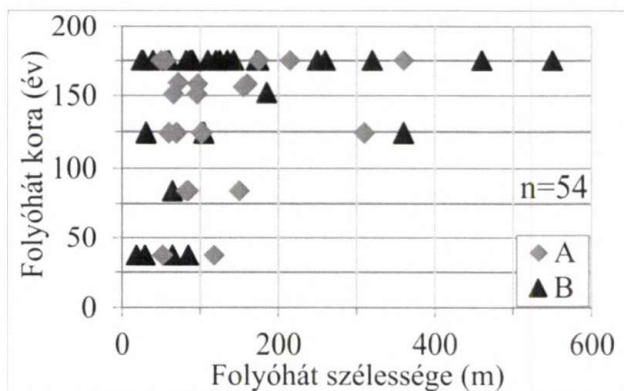
A folyóhátak magasságának és szélességének kapcsolatát is elemeztük. Az ál- és fejletlen kanyarulatok mentén kialakult folyóhátak általában keskenyek (100-200 m), de magasak (300-460 cm) (8a. ábra). Horizontális fejlődésüket alapvetően korlátozza a közeli árvízvédelmi töltés, amelyek a legtöbb esetben 200 m-nél közelebb vannak a mederhez, így itt a folyóhátak magassága és szélessége is egyenesen arányos a hullámter szélességével. A fejlett és érett kanyarulatok esetében azonban jóval nagyobb szórás mutatnak az adatok (8b. ábra). Ezt az okozhatja, hogy ezek mentén a folyóhátak magassága több tényező függvénye, míg szélességüket egyértelműen a hullámter szélessége határozza meg, így a folyóhátak magassága és szélessége között nem figyelhető meg egyértelmű arányosság.



8. ábra. A folyóhátak magassága és szélessége közötti kapcsolat ál- és fejletlen (a), valamint fejlett és érett kanyarulatok (b) mentén

Figure 8. Relationship between the width of the fluvial levee and its height in case of slightly sinuous bends (a) and sinuous meanders (b)

A folyóhátak szélességét koruk alapján is megvizsgáltuk (9. ábra), ami azt mutatja, hogy minél hosszabb ideje fejlődik a folyóhát, annál szélesebb forma jött létre. Mindkét kanyarlati csoportnál nagy szórást mutat a szabályozási munkálatok előtt is meglévő folyóhátak szélessége. Ennek oka, hogy a folyóhátak fejlődését azóta nagyban befolyásolja a hullámtér szélessége, így hiába fejlődik hosszú ideje az adott forma, a korlátozott hely miatt jóval keskenyebbé vált az elmúlt kb. másfél évszázad alatt. Ennek ellenére megfigyelhető, hogy a legfiatalabb folyóhátak jóval keskenyebbek (max. 120 m). A legjelentősebb különbség a különböző fejlettségű kanyarulatok között a leghosszabb ideje fejlődő folyóhátak szélességében van. Míg az ál- és fejletlen kanyarulatok mentén a legszélesebb folyóhát 360 m, addig a fejlett és érett kanyarulatok akár 550 m széles forma is kialakulhatott.



9. ábra. A folyóhátak szélessége és kora közötti kapcsolat különböző fejlettségű kanyarulatok esetén (Megjegyzés: A: ál- és fejletlen kanyarulatok, B: fejlett és érett kanyarulatok)
Figure 9. Relationship between the width and age of natural levees
(Legend: A: slightly sinuous bends, B: sinuous meanders)

ÖSSZEGZÉS

A kanyarulatok külső ívén fejlődő folyóhátak vizsgálata alapján megállapítottuk, hogy magasságukat, szélességüket és fejlődésük ütemét számos tényező befolyásolja, és ezen tényezők hatása eltérhet a kanyarulatok fejlettségi szintjétől függően. A folyóhátak magasságát az ál- és fejletlen kanyarulatok mentén szinte kizárólag a hullámtér szélessége határozza meg. Szűk hullámtéren ez a megállapítás igaz a fejlett és érett kanyarulatok mentén kialakuló folyóhátakra is. Azonban a tág hullámtérű szakaszokon – mivel ott már a rendelkezésre álló hely nem korlátozott – a folyóhát magasságát a görbületi sugár befolyásolja.

A folyóhátak szélességét mind a két vizsgált kanyarlati csoport esetén a hullámtér szélessége alapvetően befolyásolja, ugyanis az árvízvédelmi töltés több helyen olyan közel fut a mederhez (<200 m), hogy csak igen keskeny folyóhátak képesek kialakulni.

A folyóhátakon a hordalék-felhalmozódás üteme átlagosan 33 mm/év, bár folyóhátanként jelentősen változik (10-122 mm/év). Az egy-egy árvízi esemény után lerakódó hordalék mennyiségét vizsgáló kutatások azonban ennél jóval nagyobb értékeket mértek. Például Nagy és társai (2001) 100-450 mm, Kiss és társai (2002) 400-500 mm, míg Sándor és Kiss (2007) legalább 50 mm vastagságú fel-

halmozódást mért a folyóhátakon egy-egy árvíz után. Az általunk számított alacsonyabb értékek abból adódhatnak, hogy (1) a hullámtér nem minden évben kerül árvízi előntés alá, illetve (2) a folyóhátak anyaga erodálódhat is, amit jelez a sodorvonal távolságának és a feltöltődés mértékének fordított aránya.

A feltöltődés üteme a vizsgált tényezők közül a sodorvonal helyzetével mutat szoros kapcsolatot: minél közelebb van a sodorvonal a parthoz, a part menti felhalmozódás annál kisebb ütemű, mivel árvizek idején erózió is fel léphet (Sándor és Kiss, 2006). A folyóhátak kora és a hordalék-felhalmozódás üteme azt mutatja, hogy gyorsul a hordalék lerakódása, hiszen míg a legidősebb folyóhátak fejlődési üteme csupán átlagosan 10-27 mm/év, addig a legfiatalabbaké már 67-122 mm/év. Az Alsó-Tisza mentén, Mindszent térségében végzett kutatások is megerősítik ezt a tendenciát (Sándor 2011), ugyanis az 1960-as évek előtt a hordalék-felhalmozódás üteme 20 mm/év volt, azt követően pedig már 46 mm/év, tehát a feltöltődés üteme megduplázódott. A felhalmozódás ütemének gyorsulása a hidrológiai viszonyok megváltozásával (pl. esés-csökkenés, árvizek magasságának növekedése; Kiss 2014), illetve a felszíni érdesség megnövekedésével magyarázható, de ezek pontos hatása a folyóhátak méretére és fejlődésük ütemére további kutatásokat igényel.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást az OTKA 119193 sz. pályázata támogatta. Az adatokért köszönet illeti az ATIKÖVIZIG munkatársait.

IRODALOM

- Borsy Z. (1993). Általános természetföldrajz. Egyetemi tankönyv. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest
- Brierley, G., Ferguson, R., Woolfe, K. (1997). What is a fluvial levee? *Sedimentary Geology*. 114, 1-9.
- Brinkle, W.B.M., Schoor, M.M., Sorber, A.M., Berendsen, H.J.A. (1998). Overbank sand deposition in relation to transport volumes during large-magnitude floods in the Dutch sand-bed Rhine River system. *Earth Surface Processes and Landforms*. 23, 809,824
- Cazanacli, D., Smith, N. (1998). A study of morphology and texture of natural levees – Cumberland Marshes, Saskatchewan, Canada. *Geomorphology*. 25, 43-55.
- Gábris Gy. (2003). Övzátóny vagy parti hát? *Földrajzi Közlemények*. 51 (1-4), 178-184.
- Gábris Gy. (2016). A Körös-medence folyóvízi formavilága. *Acta Climatologica et Chronologica*, 50(B), 47-53.
- Hudson, P., Heitmuller, F. (2003). Local- and watershed-scale controls on the spatial variability of natural levee deposits in a large fine-grained floodplain: Lower Pánuco Basin, Mexico. *Geomorphology*. 56, 255-269.
- Iványi B. (1948). A Tisza kisvízi szabályozása. *Vízügyi Közlemények*. 30 (2), 131-159.
- Kiss T. (2014). Fluviális folyamatok antropogén hatásra megváltozó dinamikája: egyensúly és érzékenység vizsgálata folyóvízi környezetben. Akadémiai doktori értekezés, Szeged, pp. 56-57.

Kiss T., Sipos Gy., Fiala K. (2002). Recens üledékfelhalmozódás sebességének vizsgálata az Alsó-Tiszán. *Vízügyi Közlemények*. 84 (3), 456-472.

Klasz, G., Reckendorfer, W., Gabriel, H., Baumgartner, C., Schmalzfuss, R., Gutknecht, D. (2014). Natural levee formation along a large and regulated river: The Danube in the National Park Donau-Auen, Austria. *Geomorphology*. 215, 20-33.

Laczay I. (1982). A folyószabályozás tervezésének morfológiai alapjai. *Vízügyi Közlemények*. 64 (2), 235-255.

Lóczy D., Veress M. (2005). Geomorfológia I. Földfelszíni folyamatok és formák. Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs. pp. 93-94.

Nagy I., Schweitzer F., Alföldi L. (2001). A hullámtéri hordalék lerakódás (övezet). *Vízügyi Közlemények*. 83 (4), 539-564.

Sándor A., Kiss T. (2006). A hullámtéri üledék-felhalmozódás mértékének vizsgálata a Közép- és az Alsó-Tiszán. *Hidrológiai Közlöny*. 86 (2), 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*. 87 (4), 19-24.

Sándor A. (2011). A hullámtér-feltöltődés folyamatának vizsgálata a Tisza középső és alsó szakaszán. Doktori értekezés, Szegedi Tudományegyetem

Schweitzer F., Nagy I., Alföldi L. (2002). Jelenkor övezet (parti gát) képződés és hullámtéri lerakódás a Közép-Tisza térségében. *Földrajzi Értesítő*. 51 (3-4), 257-278.

Smith, N., Pérez-Arlucea, M. (2008). Natural levee deposition during the 2005 flood on the Saskatchewan River. *Geomorphology*. 101, 583-594.

Szlávik L. (2001). A Tisza-völgy árvízvédelme és fejlesztése. *Magyar Földrajzi Konferencia*, Szeged CD-kiadvány, pp. 16.

A Tisza helyszínrajza. A Tisza hajdan és most (1902). M. kir. földművelésügyi miniszter kiadványa. Hadtörténeti Intézet és Múzeum, B IX b 225.

Uddin, M., Rahman, M. (2012). Flow and erosion at a bend in the braided Jamuna River. *International Journal of Sediment Research*. 27 (4), 498-509.

A SZERZŐK



NAGY JUDIT az SZTE Földtudományok Doktori Iskola PhD-hallgatója. 2014-ben földrajz BSc szakon végzett, majd 2016-ban okleveles geográfus diplomát szerzett a Szegedi Tudományegyetemen. Kutatási témája a folyóvízi felszínformálás, azon belül is az Alsó-Tisza menti hullámtér feltöltődésének és befolyásoló tényezőinek vizsgálata.

KISS TÍMEA egyetemi docens az SZTE-TTIK Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszékén. 1994-ben biológia-földrajz szakos tanárként végzett a Debreceni Egyetemen. A PhD fokozatot 2001-ben, a DSc fokozatot 2015-ben szerezte meg. Főbb kutatási területei az antropogén geomorfológia, folyóvízi folyamatok vizsgálata, futóhomok területek felszínfejlődése, pollenanalízis és dendrológia geomorfológiai kutatásokban való alkalmazása. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja 2001 óta.

FIALA KÁROLY osztályvezető helyettes, az Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság, Vízgazdálkodási és Vízirajzi Monitoring Osztály munkatársa. 2004-ben okleveles geográfus diplomát szerzett a Szegedi Tudományegyetemen. Feladatkörébe elsősorban szakértői vélemények készítése, és fejlesztési tervek kidolgozása tartozik. A Magyar Hidrológiai Társaság tagja 2006 óta.