

Ártérfejlődés és holtágfeltöltődés sebességének vizsgálta

Lóczy Dénes és Kiss Tímea

A nemzetközi trendekhez hasonlóan Magyarországon is a fluviális geomorfológia tekinthető a felszínalaktani kutatások egyik legfontosabb témakörének, különösen az utóbbi évtizedekben, amikor ismét határozottan megélenkültek a mederfejlődésre irányuló kutatások, megszorodtak az ide vonatkozó publikációk. Ugyanakkor az árterek kutatása jelenleg sem számít a „legdivatosabb”, kiemelt tárgykörök közé.

A mederfejlődés igen szorosan kapcsolódik az árterek fejlődéséhez, vizsgálataukhoz többféle módszert alkalmaztak. Az Alföld északkeleti területein a hosszútávú medereltolódásokat pollenanalízis és a régi medreket kitöltő üledékek együttes elemzésével vizsgálta Borsy és Félegyházi (1983) illetve Félegyházi (2001), míg például a Közép-Tisza vidéken az egykori vízhozamokat becsülték meg Gábris et al. (2001) morфомetriai elemzés, radioaktív koradatok és pollenanalízis segítségével. A Tisza gyorsan mélyülő szelvényeinél a partok üledékföldtani, radiokarbon és palinológiai elemzésével nemcsak a medereltolódást, de a holocén ártérfejlődés is együttesen vizsgálható (Félegyházi et al. 2004). Bizonyos folyószakaszokon a mederfejlődés igen gyors, így az újonnan létrejövő övzátony- vagy szigetfelszínek az ártér részévé válnak, így kutatásuk nemcsak a mederfejlődés szempontjából fontos. A kanyarulat- és szigetképződés üteme, feltételei és folyamata térinformatikai és dendrológiai módszerekkel, illetve mederszelvényezéssel vizsgálható (Sipos és Kiss 2001, 2003, 2006; Blanka et al. 2006).

Az említett vizsgálatok is megerősítik, hogy a Kárpát-medence domborzatának formálásában a holocénben is döntő szerepet játszott a folyóvíz. Így volt ez egészen a 19. sz. közepétől lezajlott folyószabályozási és lecsapolási munkálatokig, amikor az árvízvédelmi gátak és a lecsapoló csatornák révén az árterek területe jelentősen csökkent (Lóczy 2007), míg a mederrendezések hatására a természetes árteret alakító folyamatok (kanyarulatvándorlás, holtág-lefűződés, stb.) lelassultak vagy megálltak (Lóczy 2001). Ezt mutatják az 1970-es években elkészített *Vízrajzi Atlaszok* (VITUKI) is. Ugyanakkor jelentős mértékű a hullámterek feltöltődésének mértéke. Erre utalnak a 2001. évi márciusi tiszai árhullám idején történt lebegtetett-hordalék mérések is, amelyek során Kiskörénél 1372 mg/l, míg Szolnoknál 1195 mg/l hordaléktöménységet mértek. Ezzel bizonyítani lehetett a

Tisza-tóban végbemenő jelentős kiülepedést (Szlávik és Szekeres 2003). A hullámtér gyors feltöltődése az árvizek levonulásában gyakorlati problémát is okoz, ezért szaporodnak gyorsan a hullámtéri feltöltődést jellemző adatok elsősorban a Tisza (Nagy et al. 2001, Schweitzer 2001; Gábris et al. 2001, Sándor és Kiss 2006a), a Maros (Kiss et al. 2004, Oroszi és Kiss 2004) és a Körösök mentéről (Rakonczi és Sárköziné Lőrinczi 1984, Babák 2006).

Jelenleg az árterek legintenzívebb folyamata a feltöltődés, ezért az erre vonatkozó adatokat két csoportra osztottuk: (1) a hosszabb időtávot felölelő, általában az ármentesítés utáni időszakra vonatkozó, leginkább pontszerű adatokra, és (2) egy-egy árvíz feltöltő hatását bemutató, rendszerint több tucat vagy több száz ponton végzett mérésekre. Mivel azonban a vízgazdálkodással foglalkozó hidrológus szakemberek és a geográfus kutatók különböző nevezéktant használnak, ezért legelőször ezeket tekintjük át, illetve az árterek geomorfológiai térképezésének eredményeit ismertetjük.

Ártéri formák meghatározása és térképezése

A meder domború és a homorú oldalán (illetve az egyenes szakaszon) létrejövő formák elnevezése különbözik leginkább, bár gyakran „meder menti felmagasításról” lehet olvasni (Nagy et al. 2001). Angolszász forrásmunkák alapján Rátóti (1964ab) különíti el először ezeket a formákat: a domború oldalon a mederkitöltő vízhozamot meg nem haladó vízszállításkor épül az övzátony, míg a homorú parton csak az árvizek képesek parti lerakódást, un. parti zátonyt létrehozni, amelyet említ folyóhátként, parti hátként vagy parti gátként is. Hasonló nevezéktant alkalmaz Gábris et al. (2002) is (a fentiekén túl további ártéri formákat is bemutatva). Ezzel szemben a mederből kilépő árvíz által lerakott, néhány méter magas domborulatot övzátornak (helyenként parti gát) nevezi Nagy et al. (2001) és Schweitzer (2006). Félegyházi et al. (2004) munkájában megjelenik a „palajj” elnevezés is, ami a mellékelt ábrák és magyarázat szerint lapos felszínű övzátornak felel meg.

Mivel kiterjedt árterek a Tisza mentén voltak a leggyakoribbak, itt készült el a legtöbb részletes geomorfológiai térkép is. A Tisza-Körös torkolatvidékének áttekintő geomorfológiai térképén a holtágaknak több típusát különítették el a feltöltöttség mértéke és a vízborítás alapján (Schweitzer 2006). Elkészült a Tisza vezsenyi szakaszának 1:10 000-es geomorfológiai térképe is, hasonló formák feltüntetésével, de a jelenleg is aktívan fejlődő formák (pl. övzátonyok) mellőzésével (Balogh et al. 2005). A Közép-Tiszavidéken az egykori medrek térképezésének lehetőségeit, illetve a medrek tipizálását Tóth et al. (2001) mutatta be,

kiemelve, hogy a térképek felhasználhatók lennének az tájrehabilitációban és a víztározás megtervezésében is.

Az egykori aktív árterek elhagyott medreinek geomorfológiai térképezésével, a különböző korú medrek kormeghatározásával lehetőség nyílik az ártéren átrendeződő vízfolyások tér- és időbeli vizsgálatára. Ilyen módon került elemzésre a Sajó-Hernád hordalékkúpja (Nagy és Félegyházi 2001) és a Hortobágy (Félegyházi és Tóth 2003).

A Közép-Tisza vidéken DDM és régi térképek segítségével, valamint a Tiszából a szabályozások előtt kiszakadó erek geomorfológiai térképezésével és az erek medrének hullámhossza alapján Timár és Gábris (2008) kiszámították a medreket kialakító vízfolyások árvízi vízhozamát. Számításaik szerint 8 ér összesen közel 1000 m³/s vízmennyiséget szállíthatott el a Tiszából (ami a szabályozások előtti aktív ártérfejlődési folyamatok kiindulópontja is lehetett).

A jelenlegi és egykori árterek geomorfológiai térképezését gyakran konkrét vízgazdálkodási feladatok (pl. árvízi szükségtározók) megoldása érdekében végzik el, nem ritkán kombinált, geomorfológiai-tájökológiai megközelítésben (Gábris et al. 2004). Az ilyen kutatásokban is egyre inkább tér hódítanak a digitális terepmodellek, amelyeknek valósághűen kell bemutatni az ártér mikrodomborzati viszonyait és formakincsét, hogy a tervezett ártéri öblözet befogadó kapacitása és a víz visszavezetés legkedvezőbb helye pontosan megállapítható legyen. Elkészítésük különösen sok nehézségbe ütközhet, mint például a Beregi-öblözet lokalizációs terve esetében is (Illés et al. 2003). Ráadásul az ármentesített felszíneken a nagyüzemi mezőgazdasági művelés gyorsan elsimítja a folyóvízi felszínformálás nyomait (Kis és Lóczy 1985, Balogh és Lóczy 1990, Lóczy 2008).

A hosszú távú (1000 – 100 év) ártérfeltöltődés vizsgálata

A pleisztocén és holocén idején jellemző ártérfeltöltődés ütemére viszonylag kevés adat van. Felső-Tiszán alámosott magaspartok és elhagyott medrek elemzése alapján megadható volt a természetes árterek hosszútávú (20–32 ezer év alatti) feltöltődési üteme, ami a Bodrogek ÉK-i részén 0,2 mm/évnek, míg a középső és déli területein 0,8 mm/évnek (Borsy et al. 1989), a felső-tiszai Gulácsnál 0,3 mm/évnek adódott (Félegyházi 2004, Félegyházi et al. 2004) radiokarbon és pollenanalitikai vizsgálatok alapján. Hasonló időtávra, hasonló módszerrel (C-14) Nagyvárad (2004) több hazai folyó (Duna, Ipoly, Tisza, Sajó és Hernád) magaspartaiból vett mintákat. A partok üledékének szemcseösszetételének változásai-ból következtetett az extrém árvizek előfordulására, és közvetve az ártér feltöltődésének ütemére (pontos adatokat azonban nem közölt). A Nyírségben a buckamezők közötti, a Tisza egykori mellékfolyóinak mocsaras völgyeiben Borsy és

Lóki (1982) pollenanalitikai vizsgálatokkal határozták meg a völgytalp feltöltődésének mértékét, ami a holocénben átlagosan 0,2–0,35 mm/év ütemű volt.

Jóval több adat vonatkozik a tiszai hullámtéren a szabályozások óta zajló akkumulációra. Az ártérfeltöltődés lehetséges időszakait, az árvizek átlagos hosszát Lovász (2005) vizsgálta. Kutatásaiban az árvízi vízállásokat vetette össze a meder-él magasságokkal, ebből állapította meg a hullámtéri akkumuláció havi valószínűségét, illetve annak változási tendenciáját. Jakucs (1982) számításai szerint a Tiszai hullámtéren elvileg 1,125 cm/év átlagos vastagságú üledéknek kellene felhalmozódnia, de véleménye szerint ez csak a meder melletti szűk sávra korlátozódik.

A hullámtér magasodása olyan nagy mértékű, hogy azt geodéziai felmérések segítségével is lehet számszerűsíteni. Vízügyi felméréseket és számításokat alapul véve Károlyi (1960) megállapította, hogy a szabályozások utáni időszakban 20–160 cm üledék rakódott le a hullámtereken, a növényzet sűrűségének és a hullámtér szélességének függvényében, míg a partokon ennél jóval magasabb, akár 1,8–2,0 m felhalmozódást is leírt. Alsó-tiszai völgszelvény-mérések (1976 és 1983) adataira támaszkodva Szilágyi (2001) 1 cm/év átlagos felhalmozódást számolt a tiszai hullámtérre. Hasonló mértékű akkumulációt eredményezett a Közép-Tiszán az aktív és a mentett oldali ártér magasságviszonyainak összehasonlítása is (Gábris et al. 2002). A DDM alapján elvégzett számítások azt mutatják, hogy 120 év alatt a hullámtér átlagosan 0,23–0,60 cm-rel (0,5 cm/év) töltődött fel, ami az átfolyási szelvényt 5–16%-al csökkentette. Hasonló módszerrel végzett vizsgálatok szerint a Maros hullámtere ugyancsak intenzív feltöltődés színtere: a hordalékkúp peremén és a tiszai torkolatnál 2,0–2,5 m a feltöltődés vastagsága (1,3–1,6 cm/év), míg a kettő közötti szakaszon 1,2–1,8 m (0,8–1,2 cm/év) az akkumuláció mértéke (Botlik 2005).

A lerakódott üledék szedimentológiai elemzése is segíthet az akkumuláció mértékének megállapításában. A Körösök hullámterén Békésszentandrás térségében Schweitzer (2001, 2006) 1,2–1,6 m akkumulációról számol be, míg ugyanitt Somogyi (2000) közel 2 m-es üledékfelhalmozódást említ. A Közép-Tiszán Balogh et al. (2005) a felhalmozódás meghatározásához azt használták fel, hogy a szabályozások után (itt 1857) durvább és nagyobb mennyiségű üledék került a hullámtérre, eltemetve a szabályozások előtti talajt. Ezen markerréteg alapján megállapították, hogy 0,4–2 m (0,4–2 cm/év) üledék akkumulálódott a hullámtéren. Szintén a Közép-Tiszán, az üledékek nehézfém tartalmának és mágneses szuszceptibilitás értékeinek felhasználásával több (5) mintavételi pont alapján Sándor és Kiss (2006b) hasonló, 0,4 cm/év átlagos akkumulációs rátát határoztak meg, bár a feltöltődés üteme gyorsuló volt (0,7–0,8 cm/év) az utóbbi 50 évben.

Az Alsó-Tiszán és a Maroson a nehézfém-markerréteg felhasználása mellett özönnövények pollenjeit, mágneses szuszceptibilitás és Cs-137 méréseket alkalmazva vizsgálták a feltöltődés ütemét (Kiss et al. 2004). A két ártér akkumulációja különbözött: a Tisza hullámterén az átlagos értéke 0,3 cm/év, míg a Maroson 0,6 cm/év volt. Ugyanakkor a két folyó jelentősen eltér az árvizek gyakoriságát és hosszát tekintve, így a „100 árvizes nap” alatt felhalmozódó üledék vastagsága még nagyobb különbséget mutatott (Tisza: 0,7 cm; Maros: 17,5 cm), ami rávilágít arra, hogy milyen jelentősen változhat folyónként az ártérmagasodás mértéke.

A rövid távú (egy-egy árvíz okozta) ártérfeltöltődés vizsgálata

Egyetlen árvíz által lerakott üledék vastagágát először Borsy (1972) mérte, a Szatmári-síkon az 1970-es árvíz után. A partok mentén 20–80 cm homokos üledék halmozódott fel, majd a partoktól való távolsággal egyre finomabb szemű és egyre vékonyabb üledékréteg rakódott le. Mérései szerint a szabályozások óta az ártér helyenként 150–210 cm-rel magasodott.

Az Alsó-Tiszán több éve (1998-tól) folynak vizsgálatok arra vonatkozólag, hogy egy-egy árvíz mennyi üledéket rak le, a mérésekből izovonalas térképek is készültek, hogy a lerakódás térbeli mintázata meghatározható legyen. Az 1998–99-es árhullámokat követően partokon 9–70 cm, míg a mögöttes ártéren átlagosan 1 cm volt az akkumuláció mértéke (Kiss és Fejes 2000). A rövidebb, de magasabb 2000. évi árvíz által lerakott üledék vastagsága és mintázata is eltért a korábitól, ugyanis a partokon 0,8–14,5 cm, míg a hullámtéren az átlagos felhalmozódás csupán 0,6 cm volt, így ekkor az átfolyási szelvény kisebb mértékben szűkült, mint korábban (Kiss et al. 2002). Érdekes, hogy bár a 2001-es tavaszi árvíz is igen magas vízzinttel vonult le, ártérfeltöltő hatása mégsem volt mérhető, hiszen még a partok mentén is csupán 0,1–0,2 cm üledék rakódott le (Kiss et al. 2002). A különböző hidrológiai tulajdonságokkal jellemezhető árvizek által lerakott üledék vastagsága és mintázata tehát jelentősen eltér még ugyanazon helyen is. Hasonló méréseket végezett a Közép-Tiszán a 2005-ös és 2006-os árhullámokat követően Sándor és Kiss (2007). A mérésorozat során az üledékvastagság mintázatát összevetették a növényzettel és az árvíz csúcsán mért vízsebességekkel. Kiderült, hogy a hullámtéren vannak kis érdességű vízvezető sávok, amelyek szélein az akkumuláció intenzívebb volt.

Oroszi et al. (2006) a Maros torkolathoz közeli hullámterén, Vetyeháton végzett méréseket a 2005-ös kisebb árhullámokat követően. Vizsgálatai szerint a hullámtéren a medertől való távolsággal exponenciálisan csökkent az üledékvastagság a medertől mintegy 300 m-ig, majd a felszínformák elhelyezkedésének és a növényzet sűrűségének megfelelően változott.

Az egyre sűrűbbé váló növényzet szerepét Kovács és Váriné (2003) is hangsúlyozták, ugyanis a növényzet növeli a hullámtér érdességét és csökkenti a vízszállító képességét. Ezt a csökkenést mutatták ki Szolnoknál, ahol a terepi mérések szerint míg 1970-ben a hullámtér a teljes vízhozam 23 %-át, addig 1998–2000. évi árhullámoknál már csak 13 %-át szállította, tehát a hullámtér vízszállító képessége 31 év alatt 40–50 %-al csökkent. Kovács és Váriné (2003) HEC-RAS modellben elvégzett számításai szerint a hullámtér helyes karbantartásával az ávízszintek 100–120 cm-rel csökkenthetők lennének.

Több szerző is foglalkozott a frissen lerakott üledék nehézfém tartalmának vizsgálatával. Ezen mérések jelentősége abban rejlik, hogy eredményeik hasznosíthatóak lesznek a jövőben, hiszen a kiugró szennyezettségű árhullámok (pl. 2000. évi cián- és nehézfém szennyezés: Kiss et al. 2000; Hum és Matschullat 2005) által lerakott üledék nehézfém tartalmának térbeli vizsgálata segítheti a jövőben markerrétegek elkülönítését (ld. Braun et al. 2000). Meg kell azonban jegyeznünk, hogy az ilyen jellegű vizsgálatok eredményei akár szemben is állhatnak egymással: Kiss és Sipos (2001) marosi és Kiss et al. (2000) tiszai mérései szerint a folyóparttól távolabb lerakódó, iszapos-agyagos üledéknek volt nagyobb a nehézfém tartalma. Ugyanakkor a Dunán és a Tiszán Szalai et al. (2005) azt tapasztalták, hogy a homokos anyagú övzátonyokon (a szerzőknél folyóhát) több nehézfém ülepedett ki, mint a hullámtéren.

Egyes ártéri formák jelenlegi továbbfejlődése

A fenti adatok a hullámtér egészére meghatározott akkumulációra vonatkoztak. Azonban a részletesebb vizsgálatok (pl. Kiss et al. 2005, Oroszi et al. 2006) azt mutatják, hogy az ártér különböző geomorfológiai egységein jelentősen különböző lehet az akkumuláció mértéke.

1. Övzátonyok magasodása

Alsó-tiszai mérések szerint az aktív övzátonyokon árvizenként 15–70 cm vastag üledék rakódik le (Kiss és Fejes 2000, Kiss et al. 2002). Az intenzív övzátony-épülés előbb-utóbb a part egyensúlyvesztéséhez vezet, amely mivel egyre meredekebbé válik (a túloldali partbiztosítás miatt), egy idő után csuszamlással formálódik tovább (Fiala és Kiss 2006). Hasonló mértékű övzátony-magasodás mért Keller és Marsovszki (1992) is, akik a folyamatot átlagosan 30 cm/árvíz-re becsülték, s így számításaik szerint az Alsó-Tiszán 2,16 millió m³ hordalék akkumulálódik évente. A fenti adatoknál kisebb, csupán 5 cm/év felhalmozódási ütemet számolt Szlávik (2001) terepi magasságmérések adataira támaszkodva.

Blanka et al. (2006) térinformatikai és dendro-geomorfológiai vizsgálatai azt mutatják, hogy a Maroson az 1950-es évek óta a legintenzívebb övzátónyépülés 1953–64 között volt. Ekkor évente horizontálisan 2,7–14,6 m növekedetek a vizsgált övzátónyok, de a gyors épülés következtében magasodásuk lelassult, így a felszínük lépcsővel különül el a korábbi, hullámos övzátóny-felszínektől (Blanka és Kiss 2006).

Az ártérfejlődés egy speciális esetét írta le Don et al. (1998) és Szabó (2001) a Szigetközben, ahol a Duna vízszintjének mesterséges csökkentésével a meder keskenyebbé vált, és a szárazra került mederfenék elindult az ártérre válás útján. Az övzátónyok kavicsaljazatán szinte azonnal elkezdődött a finomabb szemű üledék felhalmozódása: 11 év alatt 5–25 cm. Ugyanekkor megindult a talajképződés és ezzel párhuzamosan az élőlények betelepedésével a másodlagos szukcesszió (Szabó et al. 2004).

2. Folyóhátak magasodása

Közép-Tiszán a szolnoki árapasztónál lévő aktív folyóhát feltöltődésének ütemét (a szerzőknél övzátóny) részletes vizsgálatokkal vizsgálta Nagy et al. (2001). Méréseik szerint a vizsgált parti gát a szabályozásokat követően alakult ki, és számításaik alapján árvizenként átlagosan 10 cm-rel magasodott, bár maximálisan akár 45 cm/árvíz felmagasodás előfordulhatott. A vizsgált folyóháton eróziót nem tapasztaltak, és a közölt adatok szerint a folyóhát magasodásával a rajta történő akkumuláció is lassult. Nehézfémek és Cs-137 mérések segítségével állították párhuzamba a fenti folyóhát épülésének és néhány közép-tiszai holtágnak a feltöltődésének ütemét (Braun et al 2003, Nagy et al. 2001).

Az 1998–2000 közötti árvizek során az Alsó-Tisza mindszenti szakaszán az aktív folyóhátak 10–28 cm-rel magasodtak árvizenként, amelyet jelentősen befolyásolt az árvíz hossza. A Maroson Oroszi et al. (2006) hasonló értéket mért a 2005-ös, közepes árvíz után: a folyóhát 15–18 cm-rel magasodott, ami igen magas érték, hiszen csupán 32 napig volt víz alatt a terület.

A szabályozások hatására az egykor aktív folyóhátak a jelenlegi medertől távolra kerülhettek, és ma a hullámtér legmagasabb pontjait alkotják. A Maros makói szakaszán végzett vizsgálatok szerint a ma már nem aktív folyóháton az akkumuláció kisebb (0,25 cm/év), mint a hullámtér egyéb részein (0,6 cm/év). Ez azzal magyarázható, hogy a magasabb térszínnek rövidebb ideig állnak vízborítás alatt és így kevesebb lebegtetett üledék rakódhat le (Kiss et al. 2004).



3. Holtágak és mélyfekvésű területek feltöltődése

A Felső-Tisza-vidéken a pleisztocén és holocén korú elhagyott medrek vizsgálata alapján lehetőség nyílt nemcsak a terület felszínfejlődésének rekonstruálására, de feltöltődésük mértékének meghatározására is. A Bodrogtközben az árterek természetes felmagasadosásánál jóval gyorsabb volt az elhagyott medrek átlagos feltöltődésének (1 mm/év) üteme (Borsy et al. 1989). Ez azonban nagyságrendi ingadozásokat takar, ugyanis míg a későglaciális és preboreális fázisokban lassabb (0,2–0,3 mm/év), az atlantikus fázisban gyorsabb (1–2 mm/év), majd a szubboreális fázisban ismét lassabb (0,8 mm/év) volt több elhagyott meder feltöltődésének üteme (Csongor et al. 1982). A palinológiai és radiokarbon adatok alapján a Hernád nyílt árterületén lévő elhagyott medrek feltöltődése hasonló ütemű volt a szubboreális fázis elején (0,4–0,5 mm/év), majd az utóbbi 2000 évben 1 mm/évre nőtt, mígnem az elmúlt 300 évben tovább gyorsult 8 mm/évre (Szabó 1996).

A szabályozások óta az aktív és a mentett ártereken lévő holtágak feltöltődésének mértéke jelentősen eltér, ezért Somogyi (2000) úgy említi a védgátakon kívüli levágott mederszakaszokat, mint amelyek „még ma is élővizű, bár különböző jellegű morotvatavak, míg a gátakon belüli hullámtérre került mederrészleteiket már rég feltöltötték a folyók árvizeinek lerakott hordalékai”. Bár ez utóbbi megállapítása sok helyütt nem állja meg a helyét, de alkalmazható például a Maros menti holtágakra, amelyek a Maros jelentős lebegtetett üledékhozama miatt mára már teljesen feltöltődtek (Oroszi és Kiss 2004).

Közép-tiszai holtágak feltöltődését Cs-137 és nehézfém-markerek segítségével Braun et al. (2000, 2003) vizsgálták, és átlagosan 2–6 cm/év üledékfelhalmozódási ütemet állapítottak meg. A felső-tiszai Marót-zugi-Holt-Tiszában az 1860-as levágása óta 400 cm üledék (ca. 3,0 cm/év) halmozódott fel, ám nem egyenletes ütemben. A nehézfémek és növényi pigmentek elemzése azt mutatta, hogy az 1920-as évektől az 1970-es évekig valószínűsíthetően 5 cm/év volt a felhalmozódás, majd lelassult kb. 2 cm/évre (Braun et al. 2000)

A Maroson özönnövények pollenjeit (pl. parlagnyír) használták a mederüledékek kormeghatározására, s így a feltöltődés ütemének meghatározására. A hullámtérben lévő levágott medrek igen gyorsan, átlagosan 1,3–2,6 cm/év ütemmel töltődtek fel, így levágásuk után 50–70 évvel már vízborításuk is megszűnt (Oroszi és Kiss 2004). Több feltöltődött meder vizsgálata azt mutatta, hogy a feltöltődés mértéke (1) nem volt egyenletes és (2) több tényező befolyásolta. Például a Makó melletti holtág kezdeti feltöltődése 2,4–2,5 cm/év volt (1842–1960-as évek között), majd ezt követően 3,5 cm/évre nőtt (Oroszi és Kiss 2004). A feltöltődés mértéke különböző volt az egyes holtágakban, amit befolyásolt (a) a holtág helye a hordalékkúphoz képest, ugyanis a leggyorsabban (2,5 cm/év) a hordalékkúpon

lévő holtág töltődött fel, míg a torkolathoz közeli holtágat 1,8 cm/év akkumuláció jellemezte; illetve (b) a mintavételi pont aktív medertől való távolsága.

A szolnoki árapasztó (amely tulajdonképpen egy mesterséges sekély meder) létesítése után Sándor és Kiss (2006b) megvizsgálták feltöltődésének ütemét. Mivel ez a környezeténél kb. 1,5–2 méterrel mélyebben fekvő ártéri forma, gyors akkumuláció jellemezte, így a kiágazásánál 13,6 cm/év, míg a belsőbb részeken 10,8 cm/év volt az akkumuláció mértéke 2000 és 2005 között, előrevetítve gyors eltömődését és funkcióvesztését. A Maroson a 2005-ös áradás után egy feltöltődött mederben Oroszi et al. (2006) 3–3,5 cm-es felhalmozódást tapasztaltak, szemben a környező ártér néhány mm-es akkumulációjával. Tehát a rövidtávú mérések is azt mutatják, hogy az ártér mélyebb fekvésű részein (pl. holtágak, fokok és csatornák medrei stb.) intenzívebb az üledék felhalmozódása, mint a hullámtér átlagos magasságú részein.

Felhasznált irodalom

- Babák K. 2006: A Hármas-Körös hullámterének feltöltődése a folyószabályozások óta. *Földrajzi Értesítő* 55/3–4, 393–399.
- Balogh J. – Lóczy D. 1990: Ökofációk térképezése dunai ártéren. *Földrajzi Értesítő* 39/1–4, 71–80.
- Balogh J. – Nagy I. – Schweitzer F. 2005: A Közép-Tisza mente geomorfológiai adottságainak és a hullámterek feliszapolódásának vizsgálata mintaterületeken. *Földrajzi Értesítő* 54/1–2, 29–59.
- Blanka V. – Kiss T. 2006: Kanyarulatfejlődés vizsgálata a Maros alsó szakaszán. *Hidr. Közl.* 86, 19–23.
- Blanka V. – Sipos Gy. – Kiss T. 2006: Kanyarulatképződés tér- és időbeli változása a Maros magyarországi szakaszán. III. Földrajzi Konferencia CD kiadványa, MTA-FKI, Budapest, 7.
- Borsy Z. – Csongor É. – Félegyházi E. 1989: A Bodroghöz kialakulása és vízhálózatának változásai. *Alföldi Tanulmányok* 13, 65–81.
- Borsy Z. – Félegyházi E. 1983: Evolution of the network of watercourses in the end of the Pleistocene to our days. *Quaternary Studies in Poland* 4, 115–125.
- Borsy Z. – Lóki J. 1982: Nyíregyháza geomorfológiája. *Acta Academiae Paedagogicae Nyíregyháziensis* 9, 5–19.
- Borsy Z. 1972: Üledék- és morfológiai vizsgálat a Szatmári-síkságon az 1970. évi árvíz után. *Földrajzi Közlemények* 20, 38–42.
- Botlik A. 2005: Az ártéri akkumuláció vizsgálata a Maros hazai szakaszán. Diplomamunka, Szeged, 53.
- Braun M. – Szalóki I. – Posta J. – Dezső Z. 2003: Üledék felhalmozódás sebességének becslése a Tisza hullámtereiben. *MHT 21. Vándorgyűlésén elhangzott előadások* 2/2.
- Braun M. – Tóth A. – Alapi K. – Dévai Gy. – Lakatos Gy. – Posta J. – Szalóki I. 2000: Environmental history of oxbow ponds: a sediment geochemical study of Marót-zugi-Holt-Tisza, NE-Hungary. In: Gallé L. – Körmöczy L. (szerk): *Ecology of river valleys*. TISCIA, Szeged, 133–138.
- Csongor É. – Félegyházi E. – Szabó I. 1982: A Karcza-ér medrének vizsgálata pollenanalitikai és radiokarbon módszerekkel. *Acta Geographica Debrecina* 20, 51–81.
- Don Gy. – Horváth I. – Scharek P. – Tóth Gy. 1998: Földtani monitoring a Szigetközben a Duna elterelésének hatása az üledékképződésre és a felszín alatti vizekre a Magyar Állami Földtani Intézet kutatásai alapján. MÁFI, Budapest. <http://www.mafi.hu/microsites/szigetk/monitor.htm>

- Félegyházi E. – Tóth Cs. 2003: Adatok a Hortobágy pleisztocén végi fejlődéstörténetéhez. In: Tóth A. (ed.) Tiszavölgyi tájváltozások. Kisújszállás, 65–74.
- Félegyházi E. – Szabó J. – Szántó Zs. – Tóth Cs. 2004: Adalékok az Északkelet-Alföld pleisztocén végi, holocén felszínfejlődéséhez újabb vizsgálatok alapján. A magyar földrajz kurrens eredményei: A II. Magyar Földrajzi Konferencia CD kiadványa, Szeged
- Félegyházi E. 2001: A Berettyó-Kálló vidék és az Érmellék medertípusainak elemzése. A Magyar Földrajzi Konferencia CD kiadványa, Szeged, 7.
- Félegyházi E. 2004: The effects the river regulatory works on the Bereg plain. In: Lóki J. – Szabó J. (eds): Antropogenic Aspects of Landscape Transformations 3, Debrecen, 55–60.
- Fiala K. – Kiss T. 2006: A középvízi meder változásai az 1890-es évektől az Alsó-Tiszán II. Hidrológiai Közlöny 86/5, 13–17.
- Gábris Gy. – Félegyházi E. – Nagy B. – Ruzsiczay Zs. 2001: A Középső-Tisza vidékének negyedidőszak végi folyóvízi felszínfejlődése. A Magyar Földrajzi Konferencia CD kiadványa, Szeged
- Gábris Gy. – Telbisz T. – Nagy B. – Bellardinelli E. 2002: A tiszai hullámtér feltöltődésének kérdése és az üledékképződés geomorfológiai alapjai. Vízügyi Közlemények 84/3, 305–322.
- Gábris Gy. – Timár G. – Somhegyi A. – Nagy I. 2004: Árvízi tározás vagy ártéri gazdálkodás a Tisza mentén. A II. Magyar Földrajzi Konferencia CD kiadványa, Szeged
- Hum L. – Matschullat J. 2005: A Tisza üledékeinek nehézfém- és arzéntartalma: a 2000. évi cianidos és nehézfém-tartalmú szennyező hullámainak mérlege. Hidrológiai Közlöny 85/5, 41–47.
- Illés L. – Kerti A. – Bodnár G. 2003: A beregi öblözet lokalizációs terve. Vízügyi Közlemények Különszám IV, 231–275.
- Jakucs L. 1982: Az árvizek gyakoriságának okai és annak tényezői a Tisza vízrendszerében. Földrajzi Közlemények 106, 212–235.
- Károlyi Z. 1960: A Tisza mederváltozásai. VITUKI, Budapest, 101.
- Keller P. – Marsovszki G. 1992: A Tisza mederváltozásai, különös tekintettel az árvízvédelemre. VITUKI, Budapest, Kézirat, 102.
- Kis É. – Lóczy D. 1985: Geomorfológiai térképezés környezetminősítési céllal. Földr. Ért. 34, 475–482.
- Kiss T. – Fejes A. 2000: Flood caused sedimentation on the foreshore of the River Tisza. Acta Geographica 37, 51–55.
- Kiss T. – Jóri Z. – Mezősi – Barta K. 2000: Heavy metal pollution of sediments along the River Tisza due to cyanide contamination. Proceedings of the Fifth International Symposium and Exhibition on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe. Prague
- Kiss T. – Sándor A. – Gresó Zs. 2005: Investigations on the rate of floodplain sediment accumulation in the Mártély embayment of the Lower Tisza. Acta Geographica 38, 15–27.
- Kiss T. – Sipos Gy. – Fiala K. 2002: Recens üledékfelhalmozódás sebességének vizsgálata az Alsó-Tiszán. Vízügyi Közl. 84/3, 456–472.
- Kiss T. – Sipos Gy. – Oroszi V. – Barta K. 2004: Üledék-felhalmozódás mértékének vizsgálata a Maros és az Alsó-Tisza hullámtérén. A II. Magyar Földrajzi Konferencia CD kiadványa, Szeged
- Kiss T. – Sipos Gy. 2001: A morfológia és nehézfém-tartalom kapcsolatának vizsgálata a Maros medrében és hullámtérén. In: Keményfi R. – Ilyés Z. (szerk): A táj megértése felé. Eszterházy Károly Főiskola, Eger. 63–83.
- Kiss T. – Sipos Gy. 2004: A Maros medermintázatának megváltozása a szabályozások hatására. In: Füleky Gy. (szerk): Víz a tájban. Gödöllő. 183–190.
- Kovács S. – Váriné Szöllősi I. 2003: Hullámtér árvízvezető képességének javítása. MHT 21. Vándorgyűlésén elhangzott előadások 2/2, 1–10. <http://www.vizugy.hu/vir/vizugy.nsf>
- Lóczy D. 2001: Geomorfológiai, tájökölógiai és természetvédelmi megfigyelések a Duna-ártér mohács alatti (bédai) szakaszán. A Magyar Földrajzi Konferencia CD kiadványa, Szeged

- Lóczy D. 2007: The changing geomorphology of Danubian floodplains in Hungary. *Hrvatski Geografski Glasnik* 69/2, 5–20.
- Lóczy D. 2008: Fluvial landscape pattern in an agricultural Danubian floodplain. In: Kertész Á. – Bassa L. (szerk): *Dimensions and Trends in Hungarian Geography*. Geographical Research Institute, Hungarian Academy of Sciences, Budapest, in print
- Lovász Gy. 2005: A hullámtéri akkumuláció gyakorisága a Tisza középső szakaszán. *Földrajzi Közlemények* 129/3–4, 125–132.
- Nagy B – Félegyházi E. 2001: A Sajó-Hernád hordalékkúp későpleisztocén mederhálózatának vizsgálata *Acta Geogr. Debr.* 35, 221–233.
- Nagy I. – Schweitzer F. – Alföldi L. 2001: A hullámtéri hordalék-lerakódás. *Vízügyi Közl.* 83, 539–564.
- Nagyváradai L. 2004: Klímaváltozások következményeként fellépő extrém árvizek kimutatása árvízi üledékekkel a Dunán és magyarországi mellékfolyóin. A II. Magyar Földrajzi Konferencia CD kiadványa, Szeged
- Oroszi V. – Sándor A. – Kiss T. 2006: A 2005. tavaszi árvíz által okozott ártérfeltöltődés a Maros és a Közép-Tisza egy rövid szakasza mentén. In: Kiss A. – Mezösi G. – Sümei Z. (szerk): *Táj, környezet és társadalom*, Szeged, 551–561.
- Oroszi V. Gy. – Kiss T. 2004: Folyószabályozás hatására felgyorsult hullámtér feltöltődés vizsgálata a Maros magyarországi szakaszán. A II. Magyar Földrajzi Konferencia CD kiadványa, Szeged
- Oroszi V. Gy. – Kiss T. – Bottlik A. 2006: A 2005. évi tavaszi áradás üledékfelhalmozó hatása a Maros hullámtérén. III. Földrajzi Konferencia CD kiadványa, MTA-FKI Budapest
- Rakonczai J. – Sárköziné Lőrinczi M. 1984: Az 1980. évi árvíz talajtani hatásai a Kettős-Körös mentén. *Alföldi Tanulmányok* 8, 31–41.
- Rátóti B. 1964a: Néhány adat a folyók medermenti természetes felmagasításáról. *Földr. Ért.*, 109–112.
- Rátóti B. 1964b: Néhány érdekes térszíni forma vizsgálata a Tisza árterén. *Földrajzi Értesítő*, 205–212.
- Sándor A. – Kiss T. 2006a: A hullámtéri üledék felhalmozódás mértékének vizsgálata a Közép- és az Alsó-Tiszán. *Hidrológiai Közöny* 86/2, 58–62.
- Sándor A. – Kiss T. 2006b: A hullámtéri akkumuláció meghatározása mágneses szuszceptibilitás és röntgensugaras mérések segítségével, közép-tiszai mintaterületeken. III. Magyar Földrajzi Konferencia CD kiadványa, MTA-FKI Budapest
- Sándor A. – Kiss T. 2007: A 2006. tavaszi árvíz okozta feltöltődés mértéke és az azt befolyásoló tényezők vizsgálata a Közép-Tiszán, Szolnoknál. *Hidrológiai Közöny* 87/4, 19–24.
- Schweitzer F. 2001: A magyarországi folyószabályozások geomorfológiai vonatkozásai. *Földrajzi Értesítő* 50/1–4, 63–72.
- Schweitzer F. 2006: 2006. évi árvízzel veszélyeztetett kistájak a Hármas-Körös mentén. In: Szabó J. (szerk): *Földrajzi tanulmányok dr. Lóki József tiszteletére*. Debrecen, 181–191.
- Sipos Gy. – Kiss T. 2001: Egy szigetrendszer morfodinamikájának vizsgálata a Maros apátfalvi szakaszán. I. Magyar Földrajzi Konferencia CD kiadványa, Szeged
- Sipos Gy. – Kiss T. 2003: Szigetképződés és -fejlődés a Maros határszakaszán. *Vízügyi Közl.* 85, 477–498.
- Sipos Gy. – Kiss T. 2006: A medertágulatok szerepe a síksági folyók morfológiai stabilitásában a Maros példáján. III. Földrajzi Konferencia CD Kiadványa, Budapest
- Somogyi S. 2000: Az egykori árterek vízrajzi átalakulásának hatása a domborzat fejlődésére. In: Somogyi S. (szerk): *A XIX. századi folyószabályozások és ármentesítések földrajzi és ökológiai hatásai Magyarországon*. MTA FKI, Budapest, 165–170.
- Szabó J. 1996: Csuszamlásos folyamatok szerepe a magyarországi tájak geomorfológiai fejlődésében. *Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen*, 223.

- Szabó M. 2001: A vegetáció foltmintázata és a szukcesszió lehetséges útjai a Szigetközben a lipóti övzátony példáján. A III. Magyar Földrajzi Konferencia CD kiadványa, MTA-FKI, Budapest.
- Szabó M. – Hajduné Darabos G. – Veres É. 2004: Új tájelemek a Duna szigetközi szakaszán: a Duna meder övzátonyai. A II. Magyar Földrajzi Konferencia CD kiadványa, Szeged
- Szalai Z. – Baloghné di Gléria M. – Jakab G. – Csuták M. – Bádonyi K. – Tóth A. 2005: A folyópartok alakjának szerepe a hullámtereken kiüledő üledékek csemcse- és nehézfém frakcionációjában, a Duna és a Tisza példáján. Földrajzi Értesítő 54/1–2, 61–84.
- Szlávik L. 2001: A Tisza-völgy árvízvédelme és fejlesztése. I. Magyar Földrajzi Konferencia CD-kiadványa, Szeged
- Szlávik L. – Szekeres J. 2003: Az árvízi vízhozammérések kiértékelésének eredményei és tapasztalatai (1998–2001). Vízügyi Közlemények Különszám IV, 45–58.
- Timár G. – Gábris Gy. 2008: Estimation of water conductivity of the natural flood channels on the Tisza flood-plain, the Great Hungarian Plain. *Geomorphology* 98/3–4, 250–261.
- Tóth Cs. – Félégyházi E. – Szabó J. 2001: The study of the middle Tisza region dead riverbeds from the aspect of lands from the aspect of landscape rehabilitation. In: *Man and Landscape*, Ostrava–Sosnowiec, 148–155.