

A pályázat a hullámtereken és egyes, a mederben zajló recens folyamatok számszerűsítését tűzte ki célul. A kutatási tervben 5 főbb kérdéscsoportot fogalmaztunk meg, az alábbiakban ezeknek megfelelően mutatjuk be eredményeinket. Mintaterületül a Maros hazai 50 km-es szakaszát, illetve egy közép-tiszai (Szolnok) és egy alsó-tiszai (Mindszent) hullámtéri részt vizsgáltunk részletesebben. A vizsgálatokhoz a kutatási tervben bemutatott módszerek mindegyikét felhasználtuk. A kutatások eredményeit már java részt publikáltuk, ezért az alábbiakban azokat csupán röviden foglaljuk össze.

## 1. Hullámterek feltöltődése

A hullámtéri akkumuláció mértékét két szempontból vizsgáltuk: (a) a szabályozások óta és (b) egy-egy árvízhez kapcsolódóan. Ezekhez a mellékfolyók hatásától mentes mintaterületeket választottunk a Tisza, a Maros és a Körösök hullámterein.

### 1.1. *Hullámterek feltöltődése a szabályozások óta*

A kutatás ezen résztémájában született eredményeket több publikáció is tartalmazza: a tiszai eredmények Kiss et al. 2005 cikkében található, a Maros hullámterén mértek Oroszi – Kiss 2004ab, míg a mintaterületek összehasonlítása Kiss et al. 2004; Sándor – Kiss 2006 cikkeiben szerepelnek.

Az előzetes elgondolásainkkal szemben kétszer annyi helyen vettünk mintát, mint azt korábban terveztük. Ennek oka az volt, hogy eredetileg csupán ismert korú (szabályozások ideji) felszínekről kívántunk mintát gyűjteni. Mivel ilyen helyek a hullámtereknek alig néhány százalékát jelentik, ezért ennél reprezentatívabb helyet is kellett keresnünk. Így választottunk (1) olyan helyeket, amelyek a szabályozások hatására éles váltás következett be az üledék szemcseösszetételében (pl. szabályozásokig épülő övzátony-felszíneket, amelyek azóta messzebb kerültek az aktív medertől); és olyanokat (2) amelyek a szabályozások előtt is és azóta is az ártéri lapály üledéksorát reprezentálják. A begyűjtött mintáknak meghatároztuk a szemcseösszetételét, nehézfém-,  $\text{CaCO}_3$  és szervesanyag-tartalmát, pollenspektrumát, ezenkívül bizonyos minták  $^{137}\text{Cs}$  (ATOMKI) és mágneses szuszceptibilitás értékeit (University of Wolverhampton, SAS).

A szelvények jellemzőinek összehasonlításával a biztosan szabályozások óta felhalmozódott üledék (az övzátonyon) marker-rétegeinek segítségével a “bizonytalan” vastagságú üledékben is pontosan meghatározhatóvá vált a szabályozások óta eltelt 100-150 év akkumulációjának mértéke.

A Maros és a Tisza az árvizek hosszát és gyakoriságát tekintve jelentősen eltér egymástól. A Tiszára jellemzőek a gyakori, hosszan tartó áradások. Az elmúlt 100 év vízállás adatai azt mutatják, hogy 2234 olyan nap volt, amikor min. 1 méteres víz borította a hullámteret (ez az időszak 6,1 %-a), de ennél magasabb vízborítású volt további 2528 nap (6,9 %), tehát összesen 4762 napig volt kint a víz a Tisza hullámterén. Ezzel szemben a Maroson ugyanezen idő alatt csak 571 napig volt kint a víz, azaz az időszak 1,5 %-ában.

A mélyebb fekvésű részekben mindkét helyen hasonló mennyiségű üledék akkumulálódott (80-100 cm), miközben a hullámterek magasabb térszínein harmadannyi (30-40 cm) üledék rakódott le (1. táblázat). Nagyobb eltérések adódnak, ha a 100 árvizes nap alatti felhalmozódást hasonlítjuk össze. A Maroson ez egy nagyságrenddel több, ami a két folyó eltérő hordalékhozamában keresendő: A Maros átlagos lebegtetett hordalékának töménysége ( $650 \text{ g/m}^3$ ), árvízkor akár a  $10\,000 \text{ g/m}^3$  értéket is elérheti; míg a Tisza átlagosan  $370 \text{ g/m}^3$  anyagot szállít, árvízkor is csupán a  $2000 \text{ g/m}^3$  érték jellemzi.

Relatív magasság	Tisza hullámterén a felhalmozódás			Maros hullámterén a felhalmozódás		
	Összvastagsága (cm)	Átlagos mértéke (cm/év)	100 árvizes nap alatt (cm)	Összvastagsága (cm)	Átlagos mértéke (cm/év)	100 árvizes nap alatt (cm)
Alacsonyabb formák	88	0,8	1,8	100	0,6	17,5
Kiemelkedő formák	32	0,3	0,7	38	0,25	6,6
Levágott meder	n.a.	n.a.	n.a.	380	2,5	42,9

1. táblázat A Tisza és a Maros hullámterén az üledék-felhalmozódás összehasonlítása

A <sup>137</sup>Cs vizsgálatok nem adtak kielégítő eredményeket, bár három szelvényből összesen 75 mintán elvégeztük ezeket a méréseket. Ennek legfőbb oka, hogy az áradások a vízben könnyen oldódó Cs-ot szétmosták a szelvényben. Ilyen méréseket csak ármentes, vagy egyenletes vízborítású területeken javasoljuk használni. A mágneses szuszceptibilitás vizsgálat gyors és pontos módszernek bizonyult a szabályozások után lerakódott üledék jól elkülönítésére. Invazív növényfajok pollenjeivel történő abszolút kormeghatározás is megbízható adatokat eredményezett, de csak ahol a térszín folyamatosan nedves, így a pollenek megőrződhetnek (levágott morotvákban és ártéri mocsarakban).

A szelvények elemzése bár hosszabb időtávra ad adatot, de pontszerű, így térben korlátozott érvényességű, és igen munka- és eszközigényes. A hullámterek jellegzetes morfológiai helyzetű pontjain meghatározhatóvá vált az akkumuláció mértéke. Ez már beilleszthető egy információs rendszerbe, de további bővítése elengedhetetlen. Kiszámítható, hogy az egyes szakaszokon a hullámtér felmagasodásából adódóan milyen mértékű árvízszint emelkedés várható.

### 1.2. Hullámterek feltöltődése egy-egy árvíz során

Egy-egy árvíz friss üledékének a vastagságmérésével a hullámtéri üledéklerakódás mintázata meghatározható, nagy terület lefedhető, azonban a mérési adatok időben nem kiterjeszthetők (Kiss et al. 2002, Oroszi et al 2006). A part mentén a VO-szelvények is felhasználhatók, hiszen segítségükkel nem csak az akkumuláció, hanem az esetleges erózió mértéke is megadható. Az Alsó-Tiszán az 1998-2000-es árvizek után, míg a Közép-Tiszán és a Maroson egyidejűleg, a 2005. tavaszi árvizet követően is megmértük a lerakódott üledék vastagságát egy-egy hullámtéri öblözetben (2. táblázat). Ekkor a Tiszán egy nagy áradáshoz köthető 1-2 m mély víz borította be az ártereket, ugyanakkor a Maroson több kisebb árhullám vonult le.

	Árvíz ideje	tetőzés (cm)	hullámtér előntésének hossza (nap)	felhalmozódott üledék (mm)		átfolyási szelvény változása
				maximum	átlag	
Alsó-Tisza (Mindszent)	1998. nov.-dec.	779	32	100	37,9	0,89%
	1999. március-május	891	90			
	2000. március-április	999	63	280	6,5	0,09%
	2001. március-május	731	43	2	n.a.	n.a.
Közép-Tisza (Szolnok)	2005. február-május (2 árhullám)	817	74	190	1,5	0,01%
Maros (Vetyehát)	2005. március-május (3 kisebb árhullám)	461	30	180	10,7	0,2 %

2. táblázat: A legutóbbi árvizek által lerakott üledékek vastagsága

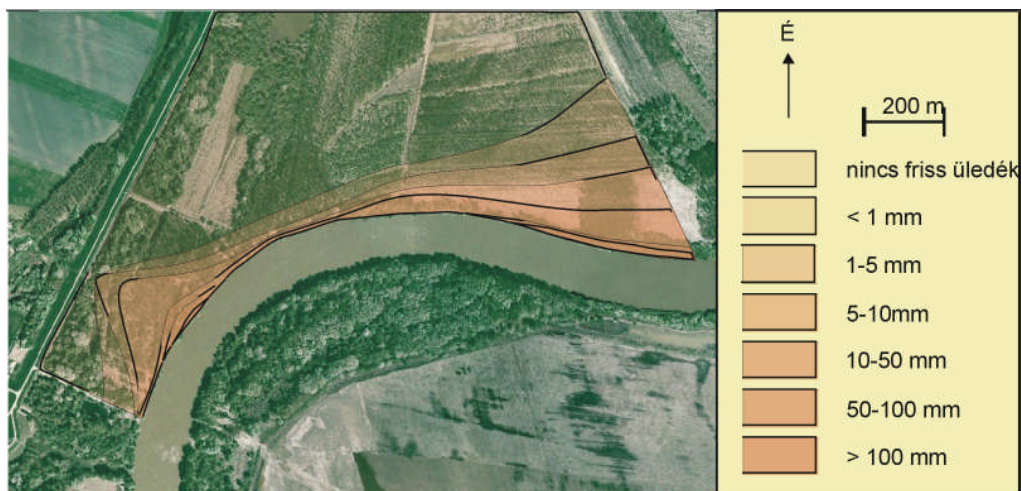
Eredményeink szerint az egyes árvizek különböző mennyiségű hordalékot szállítanak, nem állapítható meg egyértelmű kapcsolat a vízállás és a lebegtetett üledék mennyisége között, ahogy a hullámtéri elöntés hossza és a kiüledett hordalék mennyisége között sem.

A minimum feltöltés értékei között alig figyelhető meg eltérés a mérések alapján. A gátak szomszédságában rakódott le a legkevesebb üledék, helyenként csupán hártaként borítva a felszínt (1. ábra). Azonban az 1998-99-es árvizekkor a minimális felhalmozással jellemezhető terület jóval kisebb, ekkor a hullámtér nagy részére 5-15 mm-es felhalmozódás volt jellemző, szemben a 2000-es árvíz 1-5 mm-es akkumulációjával. Az akkumuláció maximális értékeit természetesen az övzátonyok, parti zátonyok és a folyóhátak mentén mértük. A legnagyobb felhalmozódást 1999-ben mértük (70 cm) egy kanyarulat belső ívén épülő övzátonyon. A partmenti 15-20 méteres sáv a vizsgált időszakokban általában legalább 1-5 cm-es értékekkel volt jellemezhető.

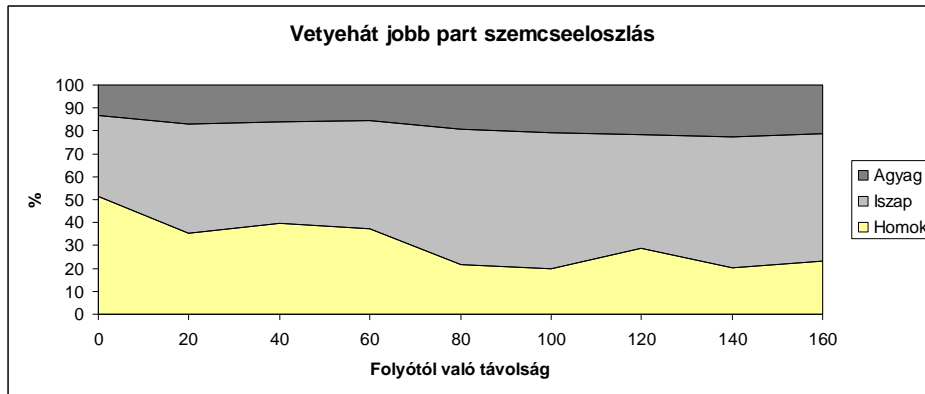
A folyópart mentén felhalmozódott homokos üledékek határát az 5 mm-es akkumulációs izovonal adja meg, az ennél kisebb felhalmozódással jellemezhető területeken főleg iszapos-agyagos üledéket találunk (2. ábra). Ennek jelentőségét egy esetleges árvízzel levonuló szennyeződés adhatja meg, hiszen a különböző típusú szennyező anyagok rendszerint a lebegtetett üledékhez kapcsolódnak, tehát a leginkább veszélyeztetett terület a fenti izovonal és a gátak által határolt rész.

A geomorfológiai helyzet és a felszínalakító folyamatok alapvetően meghatározzák felhalmozódás mértékét és további sorsát a hullámtér egész területén. A legnagyobb üledékfelhalmozódással jellemezhető partmenti sáv (10-20 m-re a folyótól) nemcsak aktívan épül, de pusztul is. Így az árvíz által felhalmozott üledék a folyóba néhány év elteltével visszakerül. Ezért a hullámtérre vonatkozó átlagos felhalmozódási értékek nem jelentik a hullámtér árvízvezető képességének ugyanilyen mértékű csökkenését.

Méréseink azt mutatják, hogy a különböző hidrológiai tulajdonságokkal jellemezhető árvizek által lerakott üledék vastagsága jelentősen eltér még ugyanazon a helyen is. E miatt a hullámtér víztározó kapacitása is eltérő mértékben csökkent, s ez a különbség akár egy nagyságrenddel is nagyobb lehetett.



1. ábra. A 2005. tavaszi árvíz során lerakódott üledék vastagsága a Közép-Tiszán (Millér)



2. ábra. A 2005. tavaszi árvíz során lerakódott üledék szemcseösszetétele (Maros, Vetyehát)

## 2. Levágott meanderek feltöltődési üteme

A holtágak feltöltődésének ütemét a Maros mentén vizsgáltuk (Kiss – Oroszi 2004, Oroszi – Kiss 2005). A szabályozások során a folyót csaknem teljesen kiegyenesítették, számos holtágat hozva létre, azonban ezek csaknem teljes mértékben hullámtéren belül maradtak. Ugyanakkor az a hosszabb torkolati szakasz, amely egyedülként a mentett oldalra került, alkalmatlan volt a vizsgálatokra, mert levágása óta többször kikotorták. A Maros az elmúlt 150 év alatt viszonylag egységes hullámteret alakított ki, ezért az átvágott holtágak a hullámtéren ma már csaknem teljesen feltöltődtek, légifotókon is csak nehezen azonosíthatóak. Célunk volt, hogy a Maros hazai szakaszának három hullámtéri öblözetében (Vetyehát, a makói Zugoly és Csordajárás) található feliszapolt morotvák környezeti változásait megismerjük, illetve hogy meghatározzuk feltöltődésük mértékét ismert időben elterjedt invazív növényfajok polleneivel, valamint a létesített szelvények nehézfém tartalmának marker rétegeivel.

Első lépésként az egyes morotvák feltöltődését a korabeli térképi ábrázolások segítségével követtük nyomon. Így a feltöltődés stádiumait nagyjából pontosítani lehetett, hiszen két térkép elkészülte közötti időszakban meander részletek tűntek el, az állandó vízborítás megszűnt, a növényzet megváltozott.

A Maros hazai szakaszának hullámterén vizsgált morotvák napjainkra nagymértékben feliszapolódtak, a Vetyeháton azonban időnként még ma is vízzel borított területet találunk. A szabályozási munkálatok nehézségeinek köszönhetően a zugolyi szakaszon 1870-80 között, míg a Vetyeháton 1858-ban, a Csordajáráson pedig a legkorábban, 1842-50 között következett be a mederfoglalás. A morotvákban a feliszapolódás megindulása közötti időkülönbség így közel három évtized. A mintavételi pontok mindhárom esetben a töltéshez viszonylag közel, ám bolygatatlannak mondható helyen lettek kijelölve. A két legtávolabbi morotva egymástól 23 fkm távolságra helyezkedik el. Az élő medertől való távolságuk igen eltérő: a Vetyeháton 1740 m, a Zugoly esetében 450 m, míg a Csordajárásnál 840 m. Ez a körülmény alapvetően befolyásolta az üledék lerakódását. A Zugolyban a szabályozások után az erdőket kivágták és a makóiak kerteket alakítottak ki, a Vetyeháton továbbra is döntően az erdők dominálnak, a Csordajárás területén pedig legelőterületek jellemzőek.

A szelvényekben a szabályozások előtti élő meder anyagát durva homokos fenéküledék képviseli, míg a morotvaállapotot finomabb üledékek. Ezek határa a Vetyeháton 255 cm, a Zugoly esetében 170 cm, míg a Csordajárásnál 380 cm-es mélységben található. Előbbi kettő esetében az üledéksorok második zónájában már a morotvákban akkumulálódó finomabb összetételű iszap- és agyagfrakció dominál, a felszín felé haladva az üledék folyamatos finomodása jellemző. Tőlük eltérő harmadik, csordajárási szelvény üledéksorozata, amelyben időről-időre durvább üledék is megjelenik, amely a nagyobb

áradásokhoz köthető, ugyanis ez a mintavételi hely a legkeletebbi, így a folyó energiája, szállított durva üledékének mennyisége is a legnagyobb.

A három vizsgált morotva feltöltődése eltérő ütemű volt. A leggyorsabban a hordalékkúphoz legközelebb elhelyezkedő Csordajárás töltődött fel (2,5 cm/év), míg a vetyeháti holtág akkumulációja csak 1,8 cm/év. Ez a különbség vélhetően az aktív medertől való távolsággal is magyarázható (840 ill. 1740 m). A zugolyi mintavétel történt legközelebb az élő mederhez (450 m), viszont a feltöltődés itt volt a legcsekélyebb, 1,3 cm/év. Ennek több oka is lehet: (1) a két évtizeddel később történt szabályozás és így az addig bekövetkezett jelentős elöntések elmaradása, (2) okozhatja a mintavétel hibája is, amennyiben az nem az egykori meder sodorvonalában helyezkedik el, hanem annak egy zátonyát keresztezi. A Vetyehát esetében a Tisza visszaduzzasztó hatásának köszönhetően, míg a Csordajárás területén, a hullámtérnek az öblözet alatti erőteljes összeszűkülése miatt megnövekedhetett a hordalék lerakódás.

### 3. Szigetképződés

A Maros szabályozása után fokozott sziget és zátonyképződés indult el. Ezen formák kialakulását, fejlődését és ezen folyamatok sebességét térképek, légifotók, GPS mérések és dendro-geomorfológiai módszerek segítségével dolgoztuk fel. Eredményeinket több cikkben is publikáltuk: Sipos – Kiss 2003, 2004abc, Kiss – Sipos 2005, „in print” és „reviewed”.

#### 3.1. Az apátfalvi zátony- és szigetrendszer

A feltérképezett zátony- és szigetrendszer a Maros 34. és 33. fkm-e között terül el. Vízfelszín feletti területe kisvízkor hozzávetőleg 9 ha volt 2001-ben, amely 2003-ra közel felére csökkent a sodorvonal áttevődése miatt. A terület meghatározó formáinak a rendszer vázát képző öt, fás növényzettel borított sziget tekinthető, amelyek nagyvízkor a Maros vízszintje fölé emelkednek. A szigetek folyamatos alakulását, vándorlását a felső végeken megfigyelhető leszakadásos, eróziós formák, valamint az alsó végekhez legyezőszerűen kapcsolódó fonatos zátonyok is jelzik. Ezek a zátonyok a sodorvonal áthelyeződése miatt 2003-ra zömében eltűntek, csupán a második sziget oldalában találhatóak meg az eredeti formák maradványai. A szigetek tetején folyóhát jellegű formák és homokfoltok mutatják a kivételesen nagy árvizek építő munkáját, ugyanakkor a szigetek tetején keresztirányú eróziós nyomok is felfedezhetők, amelyeket a szigetnek ütköző kivételesen magas árvizek áramlatai hoztak létre. A rendszer formái közt a második nagy csoportot a zátonyok képezik. Jellegzetes helyzetük és alakjuk alapján elkülönítettünk szigetekhez kapcsolódó fonatos zátonyokat, illetve mellékágakban előrenyomuló nyelv alakú zátonyokat. Ez utóbbiak 2001-ben a rendszer elsődleges formáihoz tartoztak, hiszen magasságuk az első és második sziget között elérte a 1,5-2 métert. Áramlással szembeni lejtőik dőlésszöge csupán 1–2° volt, ugyanakkor frontjuknál a lejtés elérte a 30–32°-ot is. Anyaguk döntően közép- és durvaszemű homok, de a formák kezdeténél a főbb sodrási irányoknak megfelelően kavics-sávok voltak megfigyelhetők. A frontok előterében iszappal kitöltött, környezetüknél jóval mélyebb eróziós mélyedések jelezték a lebukó víz munkáját. A 2003 tavaszi, mederkitöltő víz ezeket a nagy nyelv alakú zátonyokat csaknem teljesen eltüntette. A harmadik fő morfológiai csoportot az eróziós formák alkotják. Kialakulásuk legtöbb esetben azokhoz a helyekhez köthető, ahol a folyó apadása során még utat talált a zátonyrendszeren keresztül. Ilyen helyek a szigetek talpvonalánál, illetve zátonyformák találkozásánál figyelhetőek meg. Az eróziós formák elterjedése és mérete 2003-ra a zátonyokhoz hasonlóan csökkent.

A geomorfológiai térképek, légifotók és GPS mérések értékelése azt mutatta, hogy a területen viszonylag rövid idő alatt igen dinamikus morfológiai változások mentek végbe. A szigetek helyzete a vizsgált 50 év során folyamatosan változott: csoportokba tömörültek, hol a bal, hol a jobb part felé vándoroltak, miközben folyásirányban lefelé is mozogtak. Egy-egy

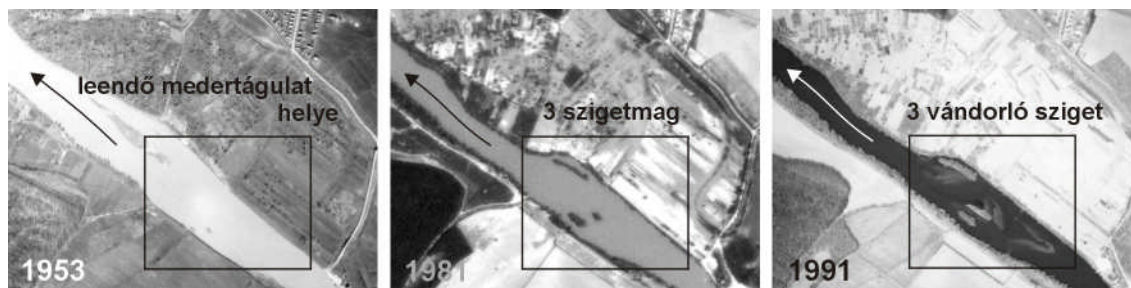
extrém időszakban akár 6 méter/évet is erodálódhatott folyásiránnyal szembeni végük, míg uszályuk akár évente 11 métert is nőhetett. Mindeközben a vizsgált medertágulat az elmúlt ötven év alatt már egyszer elérte azt az állapotot, amikor szigeteinek többsége a partvonalba olvadt és a meder csomószerű tágulata egy időre megszűnt. Azonban a meder közepén két szigetmag elég volt ahhoz, hogy a sodorvonal ismét megosztottá váljon, és a fonatos egység újjászülessen, kitáguljon és újabb szigetek képződjenek benne. Mivel eközben vízügyi beavatkozás nem érintette a medret, úgy tűnik, hogy a szigetek kialakulása és fejlődése ciklikus folyamat, amely során a nódusban keletkező szigetmagok szigetekké alakulhatnak, majd a sodorvonal áttevődésének megfelelően valamelyik parthoz kapcsolódnak. A sodorvonal a rendszeren belül gyakran változik, amely a mederágak ismételt felújulásához, vagy eltömődéséhez vezethet.

A dendrológiai felmérésünk azt mutatta, hogy a fák kora jó egyezést mutat a szigetépülés főbb időszakaival, rendszerint az akkumulációt követő, alacsonyabb vízállású években már megjelennek a fák a friss homok- illetve agyagfelszíneken. A vizsgált 2 szigetnél jól nyomon követhető volt épülésük tendenciája: A legidősebb fák – így a szigetek legidősebb felszínei is – a folyásiránnyal szemben állnak, míg a legfiatalabb fák a szigetek alsó végénél találhatóak. A mérések tanúsága szerint a szigetek balról jobbra is egyre fiatalodnak: míg a sodorvonal felé eső partjuk folyamatosan pusztul, addig a másik oldalon folyamatosan épülnek. A térinformatikai vizsgálat és a dendrológiai felmérés közel azonos eredményt adott a szigetépülés időszakaira vonatkozóan. A geomorfológiai és dendrológiai felmérés rámutatott arra, hogy az apadás sebessége, a nagy- és középvizek aránya alapvetően befolyásolja a kialakuló formák nagyságát, és fennmaradásuk lehetőségét. A mintaterületen a szigetképződés nagy árvizekkor kialakuló mederközépi zátonyokból indul ki, aminek további feltétele a növényzet gyors megtelepedése, és az ezt követő hosszabb, árvízmentes időszak.

### *3.2. Az Apátfalva és Nagylak közötti folyószakasz*

A vizsgált 20 km-es folyószakaszon a 2002-es állapot alapján 12 jelentősebb medertágulat különíthető el. Ezek hossza 300-800 m között változik, szélességük 230-300 m. A legkifejlettebb és legösszetettebb mind közül az Apátfalva alatt elhelyezkedő fent ismertett tágulat. Az itt megismert összefüggések alapján a folyószakasz többi medertágulata is értékelhető aszerint, hogy az adott időpontban a felvázolt fejlődési ciklus mely szakaszában vannak. A medertágulatok két csoportra oszthatók: a felsők és a bennük lévő szigetek idősebb és lassabban változó egységek (érett, öregedő tágulatok), míg az alsók fiatalabb és dinamikusabb képződmények (éledő, érett tágulatok). A fenti megállapítás a folyamat lefelé vándorlására enged következtetni. szakaszon, tehát medre feltöltődik.

Az 1914-től napjainkig terjedő időszakban a kijelölt folyószakaszon a szigetek összterülete jelentősen (44%-kal) növekedett. A területnövekedés az elmúlt 90 évben általánosnak mondható, ez alól csak az 1953-as állapot jelent kivételt. Ennek hátterében bizonyos fokú mederátrendeződés állhat, melynek részletes feltárása azonban további térképek és esetleges korábbi légifotók vizsgálatát teszi szükségessé. A fenti feltételezést támaszthatja alá az is, hogy az 1953-as légifotón igen sok apró sziget, nagy kiterjedésű csupasz zátonyfelszín azonosítható be, amelyek közül több is a később kialakuló szigetek magját képezte (3. ábra). Ennek oka a vegetáció üledékmegkötő hatása mellett a folyó egyes paramétereinek (vízhozam, hordalék minőség és mennyiség, keresztmetszet) megváltozásában kereshető, ami a hordalék időnkénti, relatíve nagy mértékű akkumulációját eredményezheti. Ha megvizsgáljuk az egyes idősíkokban a vizsgált folyószakaszon a szigetek összterületének százalékos arányát a partok által közrezárt vízfelület területéhez képest, akkor további bizonyítékot kapunk a folyószakaszon zajló, intenzív akkumulációra „elszigetesedésre”.



3. ábra. Újonnan létrejövő medertágulatban kialakult szigetek

#### 4. Partvonal futásának változása

Mind az Alsó-Tiszán mind a Maroson megkezdjük a mederalakulás vizsgálatát. Elsődleges célunk a partelmozdulás ütemének vizsgálata volt. A vizsgálatokhoz a vízügyi térképeket (1890, 1929, 1957, 1976, 1999, 2001), térképi és légi elvételezéseket, dendrogeomorfológiai vizsgálatokat alkalmaztunk. Eróziós tűkkel megkezdjük a meder oldalazó eróziójának mérését (17 helyen, 10-10 tű elhelyezésével), azonban 2 év elteltével feladtuk, ugyanis a horgászok rendre felszedték őket.

A partvonal változására vonatkozó eredményeinket a következő publikációk tartalmazzák részletesebben: Fiala K. – Kiss T. 2004, Kiss – Sipos (reviewed)

##### 4.1. Alsó-Tiszai mintaterület (200-225 fkm)

A mederváltozás legáltalánosabb indexe a középvonal hossza. A szabályozások előtti, 1842-es felmérés 16 meandert mutat, így ekkor a középvonal hossza 37,9 km volt. Három meander átvágásával a középvonal hossza 35 %-al lecsökkent (1890: 24,6 km). Azóta a középvonal hossza folyamatosan nő, bár 1890-1999 között csupán 0,35 km-rel (1,4 %), azonban nem egyenletes sebességgel, hiszen az 1929-es felmérésig a növekedés 6 m/év volt, azóta pedig csupán 0,8 m/év. Ez a középvonal növekedés folyamatos meanderfejlődést és két új kanyarulat megjelenését tükrözi.

A partvonalak oldalirányú elmozdulása 25 és 347 m között változott 1842 óta (0,16-2,4 m/év), azonban ez sem térben sem időben nem volt egyenletes. A 19. századi átvágások következtében az esés megduplázódott, és átlagosan 0,7 m/év-es laterális elmozdulás jellemezte a szakaszt. Ekkor mértük a legintenzívebb elmozdulást is (2,4 m/év) olyan meandereknél, amelyek élesebbek voltak és a partfal anyaga is lazább. A nagyobb görbületi sugarú, vagy agyagos partfalú meanderek esetében az oldalazó erózió jóval kisebb mértékű (0,4 m/év). A partbiztosítások építését (1930-as évek) követően az oldalazó erózió mértéke a nem biztosított kanyaroknál is jelentősen lecsökkent (0,6 m/év), illetve az anyamederré vált egyenes szakaszok arányának megnövekedése is befolyásolta az egész szakaszt.

A folyó szélessége 1842 óta 16 %-al csökkent, de ez sem volt egységes. A 19. századi átvágások és az azt követő anyamederré válás során következtek be a legnagyobb változások, hiszen 1842 és 1890 között 8 %-os szűkülés volt megfigyelhető, majd 1929-re a mederszélesség elérte a természetes (1842) értékeket. A 20. század során jelentős mederszűkülést tapasztaltunk, 1957-ben az átlagos mederszélesség már csak 154 m volt, ami 1929-1957 között 12 %-os (0,7 m/év) szűkülésnek felel meg. Azóta a szűkülés lelassult, 1957-99 között már csupán 2 méterrel csökkent az átlagszélesség. A legintenzívebb szűkülést a partbiztosított kanyaroknál tapasztaltuk (180-190 m), de a szabadon fejlődő szakaszok is szűkültek (100-140 m).

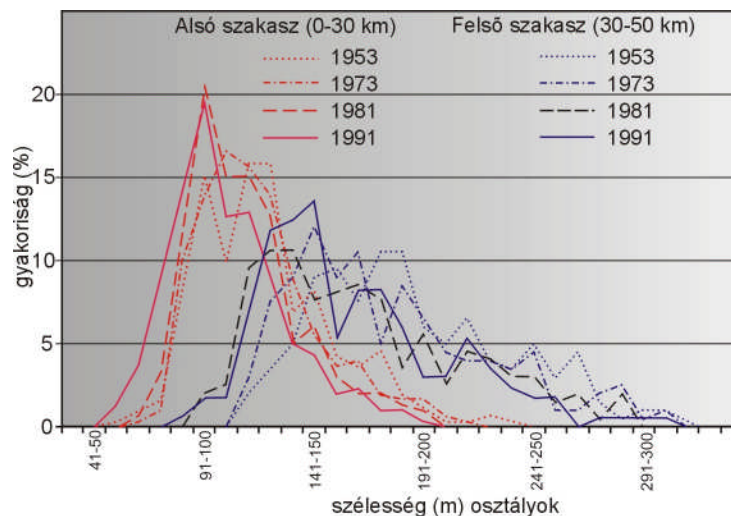
##### 4.2. A Maros (0-50 fkm)

A Maros hazai szakaszát teljes mértékben kiegyenesítették, így ott a kanyarulatképződés és vándorlás limitált mértékben tanulmányozható, de a folyó

szélességviszonyainak változása annál inkább érdekes, és rámutat a medertágulatok fejlődésének irányára is (4. ábra).

A magyarországi szakasz meder átlagszélessége 150 m volt 1953-ban, azonban a 0-30 fkm közötti torkolati szakasz átlagszélessége 124 m volt, míg a 30-50 fkm közötti szakaszé 190 m. A maximum szélességek is hasonlóan különböznek, ugyanis a felső szakasz legtágabb pontja 115 méterrel szélesebb az alsó szakasz legtágabb pontjánál. A két szakasz a vizsgált 50 év alatt végig hasonló módon elkülönült egymástól, s a szakaszhatár egybeesik a partbiztosított szakasz határával is, míg a felső szakasz teljes mértékben biztosítatlan. A két szakasz szélességviszonyainak különböző időpontokat reprezentáló eloszlásgörbéit összehasonlítva kitűnik, hogy az alsóbb szakasz szélességviszonyai mindig sokkal inkább egységesek voltak, mint a felső szakaszon. Azonban mindkét helyen az átlagszélesség folyamatos csökkenése (15 %) figyelhető meg 1953 és 1991 között. A minimum és maximum értékek is csökkenő tendenciát mutatnak, bár az alsó szakasz minimális szélessége már alig változott. A keskenyedésnek két lehetséges okát látjuk, mindkettő az 1940-es évekbe vezethető vissza. Ekkor ugyanis mederkitöltő és árvízi vízállások gyakoriak voltak, és nagyméretű zátonyfelszínek jöttek létre. A háború alatt a hullámtéri erdők kiirtása a parterózió felerősödéséhez vezetett, így a meder tágult. Azóta az árvizek gyakorisága lecsökkent, egyre hosszabb kisvízes időszakok köszöntöttek be, különösen 1981 óta. Így a növényzet megköthette a zátonyfelszíneket és a partokat, tehát szűkülni kezdett a meder (Kiss – Sipos 2003).

A legintenzívebb szűkülést a medertágulatokban mértük, hiszen ezek átlagosan 40 méterrel lettek keskenyebbek 1953 és 1991 között, miközben az egyenes szakaszok 24 méterrel. A szélesség értékek egyre kisebb szórást mutatnak, ami arra utal, hogy a medertágulatok fokozatosan felszámolódnak, az üledéktároló funkciójuk lassan megszűnik.



4. ábra. A Maros alsó- és felső-szakaszán a szélességviszonyok változása 1953-91 között

## 5. Nehézfém tartalom

A hullámtéri és a holtágak akkumulációjának vizsgálatokor lehetőségünk nyílt arra, hogy az üledékek nehézfém tartalmának változását mind térben, mind időben értékeljük. Ezeket az eredményeket a következő cikkekben foglaltuk össze: Kiss et al. 2004, 2005, Oroszi – Kiss 2004ab, Sándor – Kiss 2006.

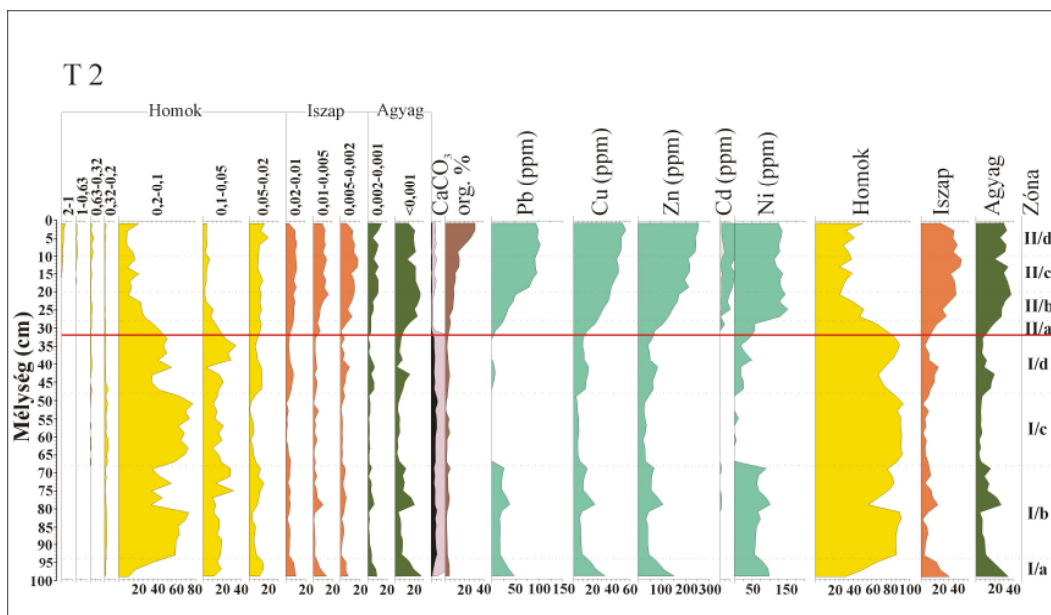
A folyókban szállított, és esetlegesen a hullámtéren lerakódó üledékeknek a nehézfém terhelése időben eltérő, ahogyan azt a 2001 óta rendelkezésre álló mérések mutatják.



Mennyiségüket több paraméter is befolyásolhatja, így természetes, hogy sem a friss üledékben, sem a fúrásokban, kutatóárkokban nem volt egyenlő a nehézfém tartalom mennyisége. Az általunk begyűjtött minták pH-ja semleges tartományba esett, így nagyon kicsi annak a lehetősége, hogy a vizsgált nehézfémek mobilizálódtak az üledékben.

A frissen lerakódott üledék nehézfém tartalmának vizsgálata azt mutatta, hogy a minták nehézfém tartalmát elsődlegesen az üledékek szemcseösszetételbeli sajátosságai határozzák meg, azaz minél finomabbnak bizonyult egy üledék, a benne található nehézfém koncentrációja annál magasabb volt. Ennek ellenőrzése érdekében elvégeztük az egyes nehézfémek egymással, a különböző üledékfrakciókkal (homok, iszap, agyag), illetve a szervesanyag tartalommal való korreláció analízisét, majd ebből összeállítottuk a mintavételi helyekre jellemző korrelációs mátrixot. A geomorfológiai helyzet közvetlenül, az áramlási viszonyok módosításával befolyásolja a szemcseösszetételt, ezáltal a nehézfém tartalmat. Így a morfológiai jellemzők a nehézfém-felhalmozódás szempontjából előrejelző szereppel bírnak.

A hullámtéri fúrások, szelvények mintáinak elemzése a nehézfém tartalom időbeli változását mutatja (5. ábra). Az elemzések egyértelműen azt mutatják, hogy a nehézfémek egyre nagyobb koncentrációban vannak jelen a felszín felé haladva, mennyiségük az üledékben a szabályozások óta csaknem megduplázódott (minden vizsgált fém esetében). Ugyanakkor a minden szelvényben előfordulnak olyan minták, amelyeknek kiugróan magas a nehézfém tartalma, ezek segítettek a szelvények párhuzamba állításakor. Azonban ezeket nem tudtuk 1-1 árvízhez konkrétan kötni, mivel nem állnak rendelkezésre korábbi, rendszeres mérési adatok az oldott és lebegtetett anyaghoz kötött nehézfémek mennyiségére vonatkozóan.



5. ábra Az Alsó-Tiszán a hullámtéren létesített szelvény jellemzői

## **6. Az eredmények hasznosulása**

A fenti eredmények elméleti jelentőségét abban látom, hogy sikerült néhány, a folyók hullámterein és mederében zajló folyamat mértékét számszerűsíteni. Ahhoz azonban, hogy ezek például modellekbe bekerüljenek, jóval több mérésre lenne szükség, illetve a folyamatokat befolyásoló tényezők pontosabb feltárására.

A hullámtér feltöltődésére, a mederalakulás mértékére eddig leginkább becsült adatok léteztek, s ezeket vették figyelembe bizonyos vízügyi beavatkozások, tervek kapcsán. Nagy előrelépésnek látom azt, hogy eredményeink a publikációk nagy száma miatt egyre szélesebb körben lesznek ismertek. Így egyre több pozitív visszajelzést kapunk a vízügyi szakemberektől, így reményeink szerint az eredmények előbb-utóbb beépülnek a vízügyi tervekbe is.

A pályázati tervben nagy hangsúlyt kapott fiatal kutatók, hallgatók bevonása a kutatómunkába. A pályázat támogatásával 4 PhD hallgató kutatásainak elindítására volt lehetőségem. A célkitűzések megvalósításában, a terepi munkákban több tucat hallgató vett részt, s ennek eredményeképpen összesen 16 diplomamunka és szakdolgozat született a témában.