

A folyó múltja

Kiss Tímea, Petru Urdea,
Sipos György, Sümeghy Borbála,
Katona Orsolya, Tóth Orsolya,
Alexandru Onaca, Florina Ardelean,
Fabian Timofte, Cristian Ardelean

A Maros múltbeli fejlődésének bizonyítékait hatalmas kiterjedésű hordalékkúpja őrzi (1. ábra). A Békés, Csongrád, Arad és Temes megyében található egykori, mára elhagyott medrek sokasága tanúskodik a folyó igen jelentős felszíninformáló tevékenységéről, melyet a mindenkori éghajlati és domborzati viszonyok alapvetően befolyásoltak. Vajon mely időszakokban volt a legaktívabb a folyó? Milyen mennyiségű vizet szállíthattak Nagyszentmiklóstól Orosházáig ma is kirajzolódó medrei? Mikor következtek be a leglényegesebb változások fejlődésében? Főként ezekre az alapvető kérdésekre kerestünk válaszokat vizsgálataink első szakaszában.

A fenti kérdések megválaszolásával több ezer évre visszamenően rekonstruálható a hordalékkúp fejlődési dinamikája. Emellett a medrek nagysága és jellege utalhat a vízgyűjtőn uralkodó mindenkori éghajlati viszonyokra is. Miért is lehetnek fontosak ezek a kutatások a Maros jelenlegi, illetve a jövőbeni fejlődése szempontjából? A válasz összetett: segítségükkel megérthető a folyórendszer hosszútávú dinamikája, becsülhető, hogy milyen éghajlati szélsőségek

Trecutul râului

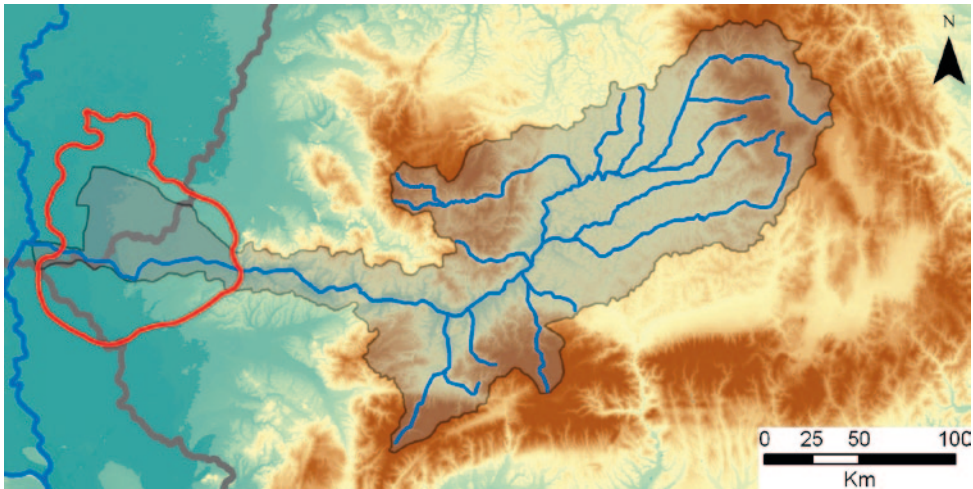
Kiss Tímea, Petru Urdea,
Sipos György, Sümeghy Borbála,
Katona Orsolya, Tóth Orsolya,
Alexandru Onaca, Florina Ardelean,
Fabian Timofte, Cristian Ardelean

Indiciile descifrării evoluției Mureșului în trecut stau ascunse în vastul său con de aluviuni care este localizat în județele Békés, Csongrád, Arad și Timiș (Fig. 1). Un mare număr de canale abandonate au surprins istoria acestui râu foarte activ, evoluție influențată de condițiile morfologice și climatice specifice diferitelor perioade din trecutul său. Când a avut râul cea mai mare dinamică? Ce debite au avut albiile minore abandonate dintre Orosháza și Sannicolau Mare? Când a avut loc cea mai radicală schimbare în evoluția sa? Un mare număr de întrebări de acest fel își găsesc răspunsul în prima parte a acestui studiu complex.

În final, găsind răspunsuri la toate aceste întrebări, este posibil să reconstruim dinamica formării conului de aluviuni și să surprindem relațiile existente între evoluția vechilor canale ale râului și condițiile climatice din trecut, condiții ce au caracterizat bazinul acestuia. De ce aceste investigații sunt importante pentru aspectul actual și viitor al râului Mureș? Răspunsul nu este deloc unul simplu, ci mai degrabă complex. Cu ajutorul acestor informații poate fi

jellemezték vízgyűjtőjét. A múltbeli adatok mindezekén túl fontos információt adhatnak arról, hogy milyen mértékű változások következhetnek be a jövőben, illetve mennyire lehet képes ezeket a változásokat az aktív meder levezetni.

ințeleș comportamentul râului pe termen lung, magnitudinea manifestărilor extreme care s-au produs în trecut și sunt posibile în viitor, putând, de asemenea, să fie evaluată și capacitatea râului de a se autoregla.



1. ábra: A Maros hordalékkúpjának elhelyezkedése.

Fig. 1: Localizarea conului aluvial al Mureșului.

Fig. 1: Location of the Maros/Mureș alluvial fan.

Módszerek

Az egykori Maros medreinek térképezéséhez a határ mindkét oldalán a lehető legjobb felbontású adatforrásokat gyűjtöttük össze. A vizsgálatok alapját a magyarországi területeken 1:10 000, míg a romániai területeken 1:25 000 méretarányú topográfiai térképek szolgáltatták. Mivel a romániai térképek felbontása sokszor elégtelen volt a részletes vizsgálatokhoz, ezért műhold felvételeket, valamint egyes területeken légifotókat is felhasználtunk a minél szélesebb körű felméréshez. Bár a magyarországi területeket sok esetben részletesebben lehetett térképezni,

Metode

Pentru cartarea paleoalbiilor Mureșului, au fost folosite de ambele părți ale graniței cele mai bune surse de date disponibile. Astfel, au fost utilizate hărți topografice la scara 1:10 000 în Ungaria și 1:25 000 în România. Scara hărților topografice din partea română nefiind adecvată pentru o cartare geomorfologică de detaliu, au fost folosite imagini satelitare și aerofotograme. Chiar dacă pentru teritoriul maghiar a existat posibilitatea unor cartări ocazionale mai detaliate, determinarea tipologiei canalelor de albie minoră și a morfologiei acestora, a reniilor (plajelor

azonban így is meghatározhatók voltak a jellemző medertípusok és az azokhoz tartozó formakincs. Jól kirajzolódtak a meanderező folyószakaszok és kapcsolódó övzátonyaik, de a fonatos medrek is az őket kísérő egykori zátonyokkal és szigetekkel egyetemben (2. ábra).

aluviale) specificice albiilor meandrate, precum și a grindurilor naturale de mal și insulelor, atât de caracteristice tipurilor de alții minore despletite, au putut fi detectate și cartate cu destulă precizie pentru întreg spațiul conului de aluviuni al Mureșului (Fig. 2).



2. ábra: A térképezés során azonosított különböző medermintázat típusok a Maros hordalékkúpján (balról jobbra: meanderező – Kétegyháza, fonatos – Kövegy, anasztomizáló – Pusztaföldvár)

Fig. 2: Diferite tipuri morfologice de canale identificate în urma cartării conului aluvionar al Mureșului (de la stânga la dreapta: curs meandrat la Kétegyháza, curs despletit la Kövegy și curs anastomozat la Pusztaföldvár)

Fig. 2: Different channel patterns identified during the mapping of the Maros/Mureș alluvial fan (from left to right: meandering – Kétegyháza, braided – Kövegy, anastomosing – Pusztaföldvár).

Vizsgálataink során fonatos, meanderező és anasztomizáló vízfolyásokat különítettünk el a hordalékkúp felszínén (2. ábra) (Rust 1978, Schumm 1985, Rosgen 1994). A folyó felülnevezeti képe utal azokra a hidogeográfiai, hidrológiai és természeti tényezőkre, amelyek befolyásolják mind a kialakuló formákat, mind az azokat kialakító folyamatokat. Ezek a tényezők szoros kapcsolatban állnak a folyó vízgyűjtőjének mindenkor éghajlati, geológiai, domborzati és növényzeti viszonyaival. A folyók végeredményben e tényezőkhöz igazodva alakítják ki sajátos formakincsüket.

A meanderező folyókat nem túl nagy mederesés és vízhozam, valamint vegyes hordalék összetétel jellemzi, partjaikat pedig általában növényzet stabilizálja. Mindez jól fejlett kanyarulatok és övzátony sorok kialakulásához vezet. A fonatos vízfolyásokat általában nagy esés és/vagy nagy mennyiségű görgetett hordalék jellemzi, partjaikat a gyér növényzet általában nem tudja megkötni. Ezek a körülmények legtöbbször száraz, illetve hideg klíma mellett adóttak, valamint a nagy esésű, hegységből kilépő folyók esetében. Az ilyen típusú folyókat széles, sekély és elágazó medrek, a mederágak mentén húzóódó folyóhátak, illetve a medreket megosztó zátonyok és szigetek jellemzik. Az anasztomizáló folyók legtöbbször kis esésűek, lebegtetett hordalékot szállítanak, és partjaikat erős növényzeti hatás jellemzi. Ezek szintén szigetekkel tarkított elágazó vízfolyások, azonban a szigetek jóval nagyobb méretűek és az ártér részei voltak korábban.

În urma cartării canalelor abandonate au fost diferențiate sectoare meandrate, despletite și anastomozate (Fig. 2) (Rust 1978, Schumm 1985, Rosgen 1994). Forma în plan a canalului reflectă adesea foarte bine caracteristicile parametrilor hidrogeografici, hidrologici și ambientali, determinând atât morfologia cât și dinamica unui sistem fluvial. Așa numiții parametri de control sunt în strânsă legătură cu climatul, geologia, geomorfologia și învelișul vegetal al bazinului. Prin urmare, râurile vor dezvolta întotdeauna o morfologie unică prin ajustarea la condițiile menționate mai sus.

Râurile meandrate sunt de obicei caracterizate de existența unor canale cu o pantă medie și un debit moderat, o compoziție sedimentară eterogenă și prezența unei vegetații bine dezvoltate. Acestea vor avea ca rezultat dezvoltarea curburii canalului și a sistemelor de renii. Pe de altă parte râurile despletite sunt caracterizate de o înclinare și un debit mare, un transport de debit solid la nivelul patului albii ridicat și o vegetație cu o influență redusă în cadrul sistemului. Aceste condiții sunt specifice unui climat uscat și rece și a unor râuri cu energie ridicată la părăsirea spațiului montan și pătrunderea în zona de câmpie. Aceste râuri sunt caracterizate de existența unor canale largi și puțin adânci care se despletesc în jurul insulelor și a reniilor din mijlocul canalelor. Râurile anastomozate au în mod normal pantă redusă și transportă sedimente cu precădere în suspensie, iar vegetația joacă un rol determinant în cazul acestor canale. Această structură este caracteristică vecinătății estuariene acestor canale. Râurile anastomozate sunt de asemenea împletite, dar insulele care despart brațele sunt mult mai largi și de obicei sunt disecate din suprafața câmpiilor aluvionare existente.

Az elhagyott medreket kialakító egykori vízfolyás vízhozamának meghatározása meanderező folyók esetében leggyakrabban a kanyarulatok sugara, tágasága, illetve a meder szélessége alapján lehetséges (Gábris 1986, Timár és Gábris 2008). A vízhozam nagysága ugyanis szükségszerűen tükröződik a meanderek paramétereiben: azaz minél nagyobb a vízhozam annál tágasabb, szélesebb és nagyobb sugarú kanyarulatok jönnek létre (3. ábra). Kellő számú jelenleg is aktív folyó kanyarlati és vízhozam adatai alapján függvényeszerű kapcsolat is megadható egy-egy régióra vonatkozóan, melynek segítségével a múltbeli vízhozamok kiszámíthatóak az elhagyott medrek méreteit felhasználva (Gábris 1986).

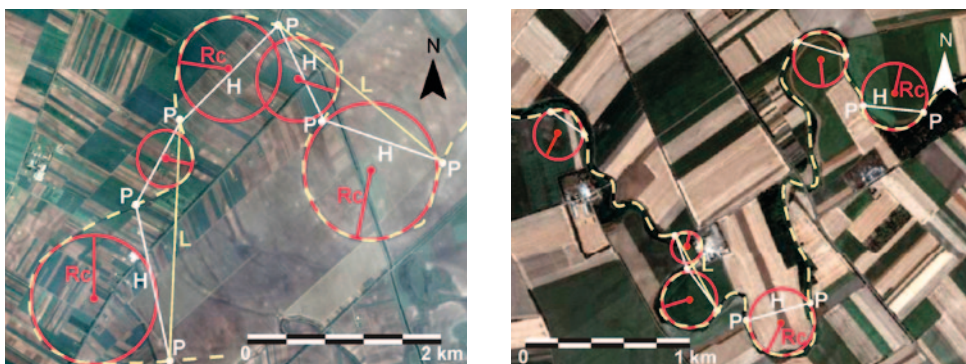
Első lépésként regionális érvényességű képletek kialakítása volt a célunk, melyek az adott földrajzi környezetben

În cazul râurilor meandrate care au existat în trecut calcularea debitelor se bazează pe parametrii albiei, cum sunt: raza și amplitudinea meandrului sau lățimea canalului (Gábris 1986, Timár și Gábris 2008). Ideea de bază din spatele acestor calcule este că fiecare schimbare de debit se va regăsi în dimensiunea meandrelor, și anume, cu cât debitul lichid este mai ridicat cu atât meandrele care vor lua naștere vor fi mai mari, mai late și având o rază de curbura ridicată (Fig. 3). Utilizând parametrii meandrării și ai debitelor actuale pentru mai multe râuri este posibil să se determine o relație funcțională validă la nivel regional, relație care să ajute la calcularea paleodebitelor pe baza mărimii canalelor abandonate (Gábris 1986).

Un prim pas în studiul nostru a fost acela de a dezvolta ecuații valide la nivel regional, care în condițiile geografice

és mérettartományok között jól meghatározózzák a mederparaméterek és a mederkitöltő vízhozam közötti összefüggést (Williams 1984). A képletek meghatározásához a Tisza vízgyűjtő vízfolyásairól elérhető legkorábbi vízhozam adatokat (1930-as évek), valamint a gyakorlatilag természetes, szabályozások előtti kanyarulati paramétereket (görbületi sugár, ívhossz és húrhossz) használtuk fel (Sümeghy és Kiss 2011). A Maros hordalékkúpján található egykori meanderező mintázatú medrek méretei alapján így következtetni tudunk az őket kialakító folyó vízhozamára, illetve a vízhozamot meghatározó éghajlati viszonyokra (3. ábra).

existente și al mărimii albiilor actuale să definească cu cât mai mare precizie relațiile dintre parametrii canalului și așa-numitul debit maxim al albiei minore, sau debit de formare a albiei (Williams 1984). Pentru determinarea funcțiilor enumerate mai sus cele mai vechi valori ale debitelor, cele din anii '30 au fost analizate împreună cu parametrii meandrelor naturale din perioada anterioară regularizărilor (raza, lungimea de arc, lungimea corzii) pe diferite râuri din bazinul Tisei (Sümeghy și Kiss 2011). Rezultatul final a permis determinarea debitelor și a condițiilor climatice responsabile de dezvoltarea diferitelor canale meandrate în cadrul conului de aluviuni (Fig. 3).



3. ábra: Légifotókon kirajzolódó meanderező medrek, illetve a vízhozam meghatározásához használt morfológiai paraméterek (P: inflexiós pont, L: hullámhossz, H: húrhossz, Rc: görbületi sugár).

Fig. 3: Albii meandrate surprinse pe o aerofotogramă și parametrii morfologici determinați în vederea calculării debitelor (P: punct de inflexiune, L: lungimea de undă, H: lungimea corzii, Rc: raza curburii)

Fig. 3: Meandering channels as seen from the air and the morphological parameters that were determined for calculating discharge (P: inflection point, L: wavelength, H: chord length, Rc: radius of curvature).

A képletek meghatározásához szükséges legkorábbi mederkitöltő vízhozam értékeket (Q_b) 1930-as évekből származó Vízirajzi Évkönyvekből vettük, ekkor ugyanis a szabályozások előtti természetes állapotukhoz képest még alig torzult a folyók medre. A mederkitöltő vízhozamokat a Tiszán és a hozzá tartozó mellékfolyókon összesen 18 vízmércéhez kapcsolódóan határoztuk meg (a Tiszán 7, a mellékfolyókon 11 helyen), mivel csak itt álltak rendelkezésre 1930-as évekből származó keresztszelvények, melyeken meg lehetett állapítani a mederkitöltő vízállás szintjét és így az ahhoz tartozó vízhozam értékét.

A meanderparamétereket – görbületi sugár (R_c), hullámhossz (L) és húr hossz (H) – egy-egy vízmérce közvetlen közelében 5 kanyarulatban határoztuk meg a III. katonai felmérés (1882-1884) térképlapjairól digitalizált partvonalak felhasználásával.

Az összegyűjtött vízhozam és a meghatározott felülnézeti paraméterek között másodfokú polinomiális összefüggéseket állítottunk fel, ezek korrelációs együtthatói (R^2) rendre 0,7 vagy annál magasabb értéket vettek fel, ami viszonylag erős statisztikai kapcsolatot jelent. Nagyon fontos megjegyezni, hogy a kapott képletek csak a vizsgált vízhozam és kanyarlati paraméter tartományok között alkalmazhatók (1. táblázat).

Az egykori medreket kialakító vízfolyások vízhozamát a Maros hordalékkúpján az így meghatározott egyenletek alapján számítottuk ki. A számítások során csak az ún. fejlett és érett kanyarulatok (Laczay 1982) adatait használtuk fel (3. ábra), mivel korábban Gábris (1986) rámutatott, hogy ezek a legalkalmasabbak a meanderparaméterek alapján történő vízhozam-meghatározáshoz.

Pentru determinarea ecuațiilor valorile debitelor de formare a albiei (Q_b) au fost preluate din Anuarele hidrologice disponibile din anii 1930. Acestea au asigurat realizarea investigațiilor numai în sectoarele cât mai naturale, care au suferit intervențiile cele mai reduse și unde valorile debitelor semănu cu cele originale. Au fost utilizate numai datele de la acele stații hidrologice unde măsurătorile secțiunilor transversale s-au efectuat cu regularitate în perioada anilor 1930, astfel că, atât debitul maxim al albiei minore, cât și nivelul maxim al apei au putut fi determinate. În total 18 stații au îndeplinit aceste condiții, 7 pe Tisa și 11 pe afluenții săi.

Parametrii meandrului – raza curbării (R_c), lungimea arcului (L) și lungimea corzii (H) – au fost determinate pe 5 meandre aflate în imediata vecinătate a stațiilor hidrologice prin digitizarea malurilor râurilor de pe hărțile reprezentând a treia ridicare militară austriacă (1882-1884).

După analiza comparativă dintre debitele colectate și parametrii măsurăți ai meandrului au fost generate funcțiile polinomiale de gradul doi. Coeficientul de corelare (R^2) obținut în toate cazurile a fost mai mare de 0,7, ceea ce relevă o relație statistică puternică între parametrii analizați. Este important de menționat că ecuațiile obținute sunt valide doar în cazul debitelor investigate și al parametrilor meandrului (Tabelul 1).

Calcularea paleo-debitelor râurilor care au lăsat în urma lor canale pe toată suprafața conului aluvionar al Mureșului a fost realizată cu ajutorul ecuațiilor determinate mai sus. Pentru calcule au fost utilizate doar datele acelor meandre cu o curbură bine dezvoltată (Fig. 3), considerate mature (Laczay, 1982), în timp ce Gábris (1986) a arătat că aceste tipuri de meandre sunt cele mai potrivite pentru calcularea debitelor.

1. táblázat: Vízhozam (Q) és kanyarulati paraméterek (Rc, L, H) közötti összefüggések és alkalmazhatóságuk értéktartománya.

Tabelul 1: Relația dintre debit (Q) și parametrii statistici (Rc, L, H) și intervalul validității acestora.

Table 1: Relationship between discharge (Q) and meander parameters (Rc, L, H) and the range of their validity.

	<i>ecuație</i> <i>equation</i>	R^2	<i>tartomány</i> <i>gama de valori</i> <i>range of validity</i>
(Rc)	$Q = 0.0008 \cdot Rc^2 + 4.1692 \cdot Rc - 226.130$	0.70	29 – 509 m
(L)	$Q = 0.0003 \cdot L^2 + 0.344 \cdot L - 81.329$	0.72	472 – 2538 m
(H)	$Q = 0.0015 \cdot H^2 + 0.0647 \cdot H - 31.762$	0.79	307 – 1197 m

A képletek segítségével azonban csak a meanderező mederszakaszok egykori vízhozamát tudtuk meghatározni. Az egyenes és fonatos medrek esetében másként kellett eljárni. Ezeknél a keresztiszelvények becsült területe, valamint a mederesés alapján az ún. Manning képletet felhasználva számítottuk ki a mederkitöltő, egyben mederformáló vízhozamot (Baker et al. 1988). A keresztmetszeti paramétereket fúrások, szedimentológiai vizsgálatok, geoelektromos szelvényezés (ERT) segítségével határoztuk meg. Az esést topográfiai térképek és SRTM domborzatmodell alapján számítottuk.

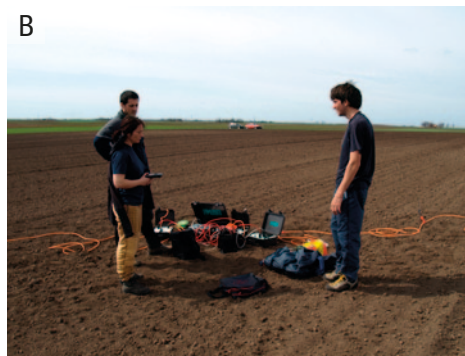
Geoelektromos és szedimentológiai szelvényeket 6 mintaterületen készítettünk. A mérések célja a durvább szemcseösszetételű, homokos, aprókavicsos medertalp azonosítása volt, mely alapján az egykori medrek átlagmélysége meghatározhatóvá vált. A vizsgálati területeken mintegy 2 000 m hosszon történtek a geofizikai mérések (4. ábra), miközben összesen 38 üledéktani fúrást mélyítettünk (maximális mélység 5,40 m, átlagos mélység 2–3 m). A fúrásokból 10 cm-ként vettünk mintákat, összesen mintegy 1 600-at gyűjtöttünk (5. ábra). Ezeket

Cu toate acestea, metoda de mai sus este aplicabilă doar pentru râurile cu un canal sinuos, meandrat. În cazul secțiunilor rectilinii sau despletite putem estima valorile debitelor maxime ale albiilor minore utilizând ecuația Manning, care utilizează suprafața secțiunii transversale și înclinarea canalului (Baker et al. 1988). Suprafața și parametrii secțiunii paleo-canalului au fost determinați prin investigații sedimentologice și geoelectrice (ERT). Panta a fost extrasă din modelele digitale ale terenului obținute din curbele de nivel ale hărților topografice și a datelor SRTM.

Datele sedimentologice și profilele geoelectrice au fost obținute din 6 situri reprezentând atât secțiuni meandrate cât și despletite ale râului. Principalul scop al măsurătorilor a fost identificarea nivelului original al patului albiei, de obicei reprezentat de prezența nisipurilor grosiere. Astfel adâncimea medie a canalelor a putut fi determinată. În total au fost obținuți aproximativ 2 000 m de secțiuni geofizice (Fig. 4) și au fost realizate 38 de foraje (adâncimea maximă: 5,4 m, adâncimea medie: 2–3 m). Prelevarea probelor s-a făcut la fiecare 10 cm

azután a pályázat keretében megvásárolt lézeres szemcseösszetétel meghatározó berendezés segítségével elemeztük (Fritsch Analysette 22 MicroTec plus). A vizsgálatok során a vízhozam meghatározáson túl összevetettük a geofizikai és szedimentológiai adatokat, meghatároztuk a mintaterületekre jellemző fajlagos ellenállás értékeket, valamint becsültük az egykori vízfolyások energia viszonyait is.

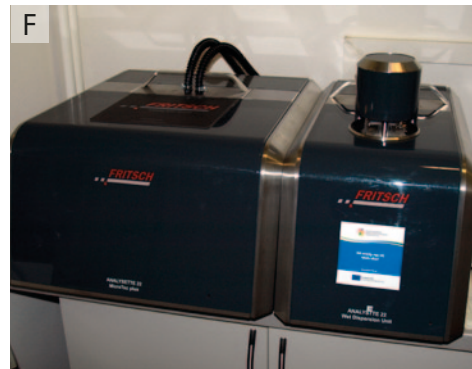
ai carotelor, astfel că aproximativ 1 600 de probe au fost colectate pentru analiză (Fig. 5). Măsurătorile sedimentologice au fost realizate cu un analizator granulometric automat cu laser (Fritsch Analysette 22 MicroTec plus), achiziționat din prezentul proiect. În timpul analizei în afara determinării debitelor s-a urmărit și relația dintre textura materialelor și datele geoelectrice, determinarea valorilor rezistivității electrice specifice fiecărui sit și estimarea energiei paleo-râurilor.



4. ábra: Georadaros és geoelektromos felmérések a különböző mintaterületeken (A, B, E – Orosháza, C, D – Kövegy, F – Nagyszentmiklós).

Fig. 4: Rezultatele profilării geoelectrice și GPR în diferite situri de investigate (A, B, E – Orosháza; C, D – Kövegy; F – Sânnicolau Mare).

Fig. 4: Ground penetrating radar and geoelectric surveys at different sampling sites (A, B, E – Orosháza; C, D – Kövegy; F – Sannicolau Mare).



5. ábra: (A, B, C, D) Fúrás és mintagyűjtés szemcseösszetételi vizsgálatokhoz. (E) A homokos üledék sok esetben jól jelzi az egykori medertalpat. (F) A mérésekhez használt műszer.

Fig. 5: (A, B, C, D) Carotarea și prelevarea de probe pentru analiza de granulometrie. (E) Sedimentele nisipoase sugerând cu precizie patul albiei în câteva cazuri. (F) Instrumentul utilizat pentru analiza granulometrică.

Fig. 5: (A, B, C, D) Drilling and sampling for grainsize analysis. (E) The sandy sediments signed well the level of the riverbed in several cases. (F) The instrument used for grainsize analysis.

A kétdimenziós elektromos szelvényezést (ERT) PASI 16GS24N gyártmányú műszerrel végeztük 32 elektródát alkalmazva (4. ábra). A kijelölt szelvényeket Wenner alfa ($W\alpha$) elektróda elrendezéssel mértük fel. Ennek előnye, hogy más elrendezésekkel összehasonlítva gyors, és kevésbé érzékeny a horizontális inhomogenitásra (Milsom 2003). A jobb felbontás érdekében az elektródák közötti távolságot 2 méterre állítottuk. A szelvények kiértékelése RES2DINV szoftverrel történt.

A szecseösszetétel vizsgálatokat megelőzően HCl és H_2O_2 segítségével távolítottuk el a minták karbonát és szervesanyag tartalmát, majd szárításukat követően enyhén porítottuk őket. A vizsgálatok során a mintákat 3 percig homogenizáltuk a mérőműszerbe épített ultrahang (36 kHz, 60 W) segítségével (5. ábra). A mérés két lineárisan polarizált He-Ne lézerral történt; zöld (532 nm, 7 mW) és infravörös (940 nm, 9 mW) tartományban. Az alkalmazott műszer alsó és felső mérési határa 0,08 és 2000 μm . A mérések 108 csatornán történtek, így kvázi folytonos spektrumokat kaptunk a szecseeloszlásra vonatkozóan. A vizsgálatot minden minta esetében háromszor ismételtük, és a harmadik mérés eredményét használtuk a további elemzésekhez (Kun et al. 2012). A kiértékelés során meghatároztuk a minták szecseeloszlásának statisztikus paramétereit (módusz, medián, szórás, ferdeség és csúcosság, valamint D10, D50, D90 értéke), amiből az ülepítő közeg energia-viszonyaira következtettünk.

Az egykori mederkitöltő vízhozamok meghatározása a Manning képlet segítségével történt, mely a keresztmetszeti paramétereket illetve a mederesést veszi figyelembe ($Q_b = A * R^{2/3} * S^{1/2} * 1,49/n$, azaz $Q_b = w * d^{5/6} * S^{1/2} * 1,49/n$, ahol A – keresztmetszet területe, R – a keresztmetszet nedvesített kerülete, S – a meder esése, w – a meder szélessége, d – a meder mélysége, n – Manning féle érdességi paraméter). Az alkalmazott képletnek csak egy kikötése van, miszerint a meder szélessége nagyságrenddel nagyobb kell legyen mint a mélysége (Baker et al. 1988). A képletben szereplő érdességi paraméter értéke a természetes vízfolyások esetében 0,03-0,08 között változik. A számításoknál a mai Marosra jellemző érdesség értéket vettük alapul, amit a Makónál mért vízhozam adatokból határoztunk meg ($n=0,056$). A mederkitöltő vízhozam mellett meghatároztuk az egykori vízfolyások sebességét ($v = R^{2/3} * S^{1/2} * 1,49/n$, ahol v – a vízfolyás átlagsebessége) valamint a fajlagos munkavégző képességét ($\omega = \phi * g * Q * S/w$, ahol ω – a fajlagos munkavégzőképesség, ϕ – a folyadék sűrűsége, g – a gravitációs gyorsulás). A számítások során figyelembe vettük a több szelvényben is meghatározott adatok szórását, és ezt hibaként beépítettük az eredményekbe (Taylor 1983).

Profilele geoelectrice 2D (ERT) au fost realizate cu un sistem PASI 16GS24N echipat cu 32 de electrozi (Fig. 4). Profilele obținute au folosit un aranjament al electrozilor de tip Wenner alpha ($W\alpha$). Avantajul acestei geometrii constă în eficiența ridicată, fiind mai puțin sensibil la neuniformitățile orizontale (Milsom, 2003). Pentru obținerea rezoluției necesare spațiul dintre electrozi a fost setat la 2 m. Evaluarea profilelor a fost realizată cu programul RES2DINV.

Proble sedimentologice pentru măsurătorile granulometrice au fost tratate cu HCl și H_2O_2 pentru îndepărtarea carbonaților și a conținutului organic, iar apoi după uscare acestea au fost zdrobite ușor. Înaintea măsurătorilor probele au fost omogenizate pentru 3 minute în camera cu ultrasunete a aparatului (36 kHz, 60 W) (Fig. 5). Măsurătorile au fost efectuate cu

două lasere liniare polarizate He-Ne în domeniile: verde (532 nm, 7 mW) și infraroșu (940 nm, 9 mW). Intervalul de determinare a texturii este cuprins între 0,08 și 2000 μm, măsurătorile sunt efectuate în 108 canale, astfel că un spectru al texturii cvasi-continuu este asigurat. Măsurătorile au fost repetate de câte trei ori în cazul fiecărei probe și rezultatul ultimei măsurători a fost folosit pentru analiza finală (Kun et al., 2012). Pe durata evaluării au fost determinați diferiți parametri statistici (modul, mediana, deviația standard, asimetria, indicele kurtosis și valorile lui D10, D50 și D90) pentru a descrie modul de sedimentare și energia.

Debitul paleo-albiilor minore a fost determinat cu ajutorul ecuației Manning, care ia în considerare parametrii secțiunii transversale și panta albiei ($Q_b = A * R^{2/3} * S^{1/2} * 1,49/n$, i.e. $Q_b = w * d^{5/6} * S^{1/2} * 1,49/n$, unde A – suprafața secțiunii transversale, R – perimetrul secțiunii transversale cu scurgere, S – panta albiei, w – lățimea albiei minore, d – adâncimea albiei n – coeficientul de rugozitate Manning). Ecuația are o singură restricție, și anume, lățimea râului trebuie să fie mai mare decât adâncimea cu cel puțin un ordin de magnitudine (Baker et al. 1988). Valoarea coeficientului rugozității folosită în această ecuație este de obicei între 0.03 and 0.08 în cazul scurgerii naturale. Valoarea rugozității folosită în realizarea calculelor ($n=0.056$) a fost determinată pe baza debitelor măsurate la stația hidrometrică Makó. În afara debitelor paleo-albiilor minore, viteza apei ($v = R^{2/3} * S^{1/2} * 1,49/n$, unde v : viteza medie a scurgerii) și energia specifică a râului ($\omega = \phi * g * Q * S/w$, unde ω : energia specifică a râului, ϕ : densitatea lichidului, g : accelerația gravitațională) corespunzătoare paleo-albiilor minore a fost determinată. Parametrii secțiunii transversale au fost determinați în câteva puncte ale albiei, valorile au fost mediate, iar deviația standard a fost luată în calcul în stabilirea marjei de eroare a rezultatelor finale (Taylor 1983).

Azt hogy az egykori Maros medrek mikor jöttek létre és meddig voltak aktívak OSL (optikailag stimulált lumineszcencia) mérések segítségével vizsgáltuk. A módszerrel megállapítható ugyanis, hogy a medreket felépítő homokos, iszapos üledéket mikor érte utoljára fény. Ez az időpont megegyezik az üledék lerakódásának, végső soron a vizsgált mederformák kialakulásának idejével. A fentieknek megfelelően a mintagyűjtés során az üledéket nem érheti fény, illetve a méréseket sötétlaborban kell végezni. A vizsgálatokat számos lépésből álló kémiai és fizikai előkészítés előzi meg, melynek során a minták kvarc tarlamát kell elkülöníteni (6. ábra).

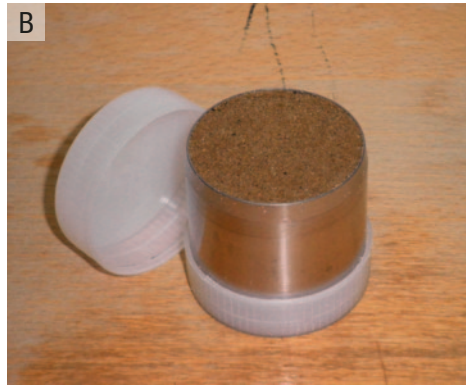
A kutatás során 27 db mintát gyűjtöttünk azon elhagyott medrekhez

Vârsta canalelor abandonate a fost determinată cu ajutorul metodei OSL (luminescență stimulată optic). Cu ajutorul acestei metode este posibilă determinarea timpului când sedimentele nisipo-prăfoase din compoziția canalelor investigate au fost ultima dată expuse luminii soarelui. Astfel, se poate afla vârsta sedimentelor îngropate și a diferitelor canale. Prin urmare sedimentele nu trebuie expuse la lumină pe durata prelevării și a analizei de laborator, care trebuie să se efectueze într-o cameră obscură. Măsurătorile sunt precedate de câteva proceduri chimice și fizice cu scopul de a separa cuarțul pur de restul probei (Fig. 6).

În total 27 de probe au fost colectate din sedimentele paleo-albiilor

kapcsolódóan, melyek egy-egy régebbi csapásirány (medergeneráció) jellegzetes képviselőinek bizonyultak a korábban már említett térképezés és morfológiai vizsgálatok alapján. A mintákat olyan formákból gyűjtöttük (elsősorban övzátonyokból és szigetekből), melyek jól jelzik az egykori folyó útját, illetve felszíninformálásának idejét.

considerate reprezentative pentru diferite generații ale albiei, ex.: traseul principal al unui paleo-râu. Prelevarea a vizat acele forme – în primul rând renii și insule–, care pot fi încadrate cu certitudine ultime faze active de formare a canalului și de depunere a sedimentelor, elemente surprinse de analiza noastră morfologică anterioară.



6. ábra: (A, B) Mintagyűjtés kormeghatározáshoz bolygatatlan mintagyűjtő patron segítségével. (C) A feltárások során kinyert kvarc frakció 1 cm átmérőjű acél korongokra ragasztva. (D) A korongok behelyezése a mérőműszer mintahordozó tárcsájába.

Fig. 6: (A, B) Prelevare de probe pentru datarea prin luminescență cu ajutorul unui cilindru de prelevare special. (C) Frațiunea pură de cuarț extrasă lipită pe discuri cu diametru de 1 cm. (D) Poziționarea discului în dispozitivul tip carusel al instrumentului

Fig. 6: (A, B) Sampling for luminescence dating with the help of an undisturbed sampling cylinder. (C) The extracted pure quartz fraction glued on 1cm diameter steel discs. (D) Placing the discs in the sample holder carousel of the instrument.

Az OSL kormeghatározáshoz a minták homokos 90–150 μm és 150–220 μm szemcseátmérőjű kvarc frakcióját használtuk fel (6. ábra). A laboratóriumi előkészítés során eltávolítottuk a minták karbonát és szervesanyag tartalmát (HCl és H_2O_2 felhasználásával), nehézfolyadék (LST) segítségével leválasztottuk a kvarc szemcséket, ezeket hidrogén-fluoriddal (HF) marattuk, majd acél hordozó korongokra rögzítettük szilikon segítségével. A mérések során a minta által az eltemetődés óta elnyelt radioaktív dózis (paleodózis) nagyágának megállapítása a cél, mely összetett tesztek és mérések segítségével lehetséges (Novothny és Ujházy 2000, Onac 2004, Sipos et al 2009).

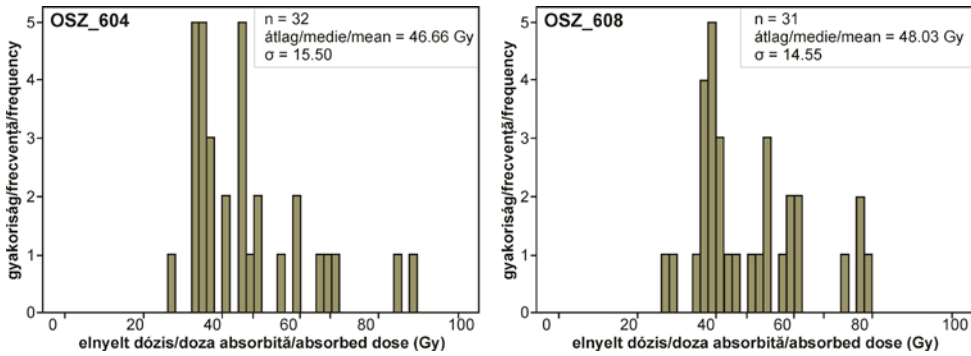
A paleodózis meghatározásához RISØ TL/OSL DA-15 típusú béta sugárforrással ellátott műszert használtunk. A mintákat 470 nm-es kék fényel stimuláltuk, detektáláshoz Hoya U-340 szűrőt alkalmaztunk. A mérések során a széles körben alkalmazott egymintás regenerációs protokollt (SAR), illetve az ahhoz kapcsolódó ellenőrző vizsgálatokat végeztük el (Wintle és Murray 2006). Ennek során egy mintára vonatkozóan számos mérés (48–72 mérés) történt, ezek eredményeit statisztikailag elemeztük (Galbraith et al. 1999), majd megadtuk az elnyelt dózis legvalószínűbb értékét (Fig. 7).

A kor kiszámításához szükség van még az egységnyi idő alatt elnyelt radioaktív dózis (dózis-ráta) meghatározására is, melyet a minta környezetében lévő üledékek természetes radioaktív elem (urán, tórium, kálium) tartalma határoz meg. Ezek koncentrációját alacsony háttérű Ge detektorral felszerelt Canberra típusú gamma spektrométer segítségével vizsgáltuk.

Pentru datarea cu OSL au fost folosite nisipurile cu o fracțiune cuarțoasă cuprinsă între 90–150 μm și 150–220 μm (Fig. 6). Principalii pași ai preparării probelor în laborator au fost: îndepărtarea materiei carbonatice și organice cu ajutorul acizilor (HCl, H_2O_2), separarea granulelor de cuarț prin metoda separării lichidelor cu densitate mare (LST), purificarea probei cu gravură de fluorură de hidrogen (HF) și lipirea probei pure de cuarț pe discuri din oțel inoxidabil cu silicon. Scopul precis al măsurătorii îl constituie determinarea cantității dozei radioactive (paleodoză) absorbite de probă din momentul îngropării sale, care poate fi făcută prin teste și măsurători complexe (Novothny și Ujházy 2000, Onac 2004, Sipos et al 2009).

Cantitatea paleodozei absorbite a fost determinată cu ajutorul unui sistem automat de determinare a luminescenței RISØ TL/OSL DA-15 dotat cu o sursă radioactivă beta. Probele au fost stimulate cu o lumină albastră de 470 nm. Pentru măsurători a fost folosit cel mai comun protocol, acela al probei de regenerare (SAR) pentru determinarea adecvată a parametrilor măsurătorii (Wintle și Murray 2006). Fiecare probă a fost divizată în numeroase subprobe (48–72 buc.), rezultatele măsurătorilor fiind analizate statistic (Galbraith et al. 1999) astfel că cea mai probabilă valoare a dozei absorbite a fost identificată (Fig. 7).

Calcularea vârstelor necesită încă un parametru, și anume, cantitatea dozei absorbite/unitate de timp, sau în alte cuvinte, rata dozei, care este determinată de cantitatea de elemente radioactive naturale (uraniu, thoriu, potasiu) din sedimente. Concentrația acestora a fost măsurată utilizând un spectrometru Canberra Ge gamma.



7. ábra: A részmintákból mért dózis értékek gyakorisági eloszlása két minta esetében. Jól látszik a folyóvízi minták jellegzetessége, miszerint az üledékszállítás és -lerakódás során nem minden szemcsét ér kellő mértékű napsugárzás, így egyes részminták nagyobb dózist, azaz idősebb kora tükröznek a valóságnál. Emiatt van szükség a minták statisztikai elemzésére, a legfiatalabb, egyben leggyakoribb értékek leválogatására.

Fig. 7: Distribuția valorii paleodozei măsurate în cazul a două probe. Trăsătura caracteristică sedimentelor fluviale este ușor vizibilă, și anume în timpul transportului sedimentelor unele grăunțe nu sunt expuse adecvat luminii soarelui, astfel că unele subprobe vor produce valori mai mari ale dozei și de vârstă decât celelalte. Aceasta se datorează faptului că grupul de subprobe tânăr de obicei surprinde vârstele reale și trebuie separat statistic.

Fig. 7: The distribution of the measured paleodose values in case of two samples. The characteristic feature of fluvial sediments is well visible, namely during sediment transport some grains are not exposed adequately to sunlight, thus certain subsamples will yield higher dose values and age than others. This is why the youngest group of subsamples, resembling the true age, has to be statistically separated.

Eredmények

Geomorfológia

A térképezés és geomorfológiai értékelés alapján a hordalékkúp közel 10 000 km² területű (1. ábra). Legnagyobb része Békés és Arad megyékben található, de Csongrád és Temes megyei kiterjedése is jelentős, sőt kisebb részben Szerbiába is átnyúlik. Északi peremét a Körös jelöli ki, a Maros egykori medrei a felszínen majdnem egészen Békéscsabáig nyomozhatók. Nyugat-délnyugat felől a Tisza ártere, délről a Béga egykori medrei határolják

Rezultate

Geomorfologie

Pe baza cartografierii și evaluării geomorfologice suprafața totală a conului de aluviuni se apropie de 10 000 km² (Fig. 1). Acesta se extinde în special în județele Békés și Arad, dar teritoriile importante ocupă și în Csongrád și Timiș, iar o mică parte chiar și în Serbia. În partea nordică conul aluvionar este mărginit de râul Criș, canalele abandonate ale Mureșului ajungând până la Békéscsaba în partea nordică. În vest și nord-vest se învecinează

(8. ábra). A hordalékkúp legmagasabb és legalacsonyabb pontja között több mint 30 m a szintkülönbség. Habár a hordalékkúp egésze süllyed, egyes területeken ez a folyamat lassabb, így a Maros a Battonyaihát, valamint az ennek folytatásában lévő Vingai-plató között látványos folyóvízi teraszokkal szegélyezett völgyet alakított ki az elmúlt évezredek során (9. ábra).

A hordalékkúp felszínén megfigyelhető elhagyott medrek alapján számos medergenerációt különítettünk el (8. ábra), ezek adták az alapot a vízhozam és a koradatok meghatározásához. A medergenerációk eltérő mintázattal rendelkeztek, illetve a medrek méretei is igen különbözőek. Mindez már jelzi, hogy egészen más vízhozamok mellett jöhetnek létre, ami eltérő éghajlati viszonyokra utal kialakulásuk idején. A medrek mintázatát, formáját azonban nem csak ez, hanem hordalékkúpi helyzetük, a hordalék összetétele, illetve a felszín lejtése is befolyásolta. Ez utóbbi szempontjából a hordalékkúp 3 eltérő zónára osztható (8. ábra): egy 20–25 cm/km eséssel rendelkező Orosháza-Battonya-Lovrin vonaláig terjedő felső zónára, melyet elsősorban fonatos medrek jellemeznek, majd egy 25–30 cm/km esésű meredekebb zónára, ahol az egykori vízfolyások többsége – még a fonatosok is – hatalmas kanyarulatokat alakított ki, végül egy újból kisebb, 22–27 cm esésű peremi zónára, melyen a medrek esetenként visszatérnek a felső zónában jellemző mintázathoz, de többnyire a meanderezés kerül előtérbe. A meredek középső zónát tekinthetjük az intenzív hordaléklakás határának, felette az elágazó fonatos medrek nagy mennyiségű görgetett hordalékkal tölgették a hordalékkúpot, alatta viszont

cu câmpia aluvionară a Tisei, iar în sud sunt delimitate de valea Begăi (Fig. 8). Diferența de nivel maximă între cea mai ridicată și cea mai coborâtă altitudine a conului este de 30 m. Cu siguranță că unele suprafețe au fost afectate de ridicări tectonice importante și, ca o consecință, râul a dezvoltat o vale spectaculoasă cu terase între zona ridicată a Battonyiei și câmpia înaltă a Vingăi (Fig. 9).

Analizând canalele abandonate ale râului au fost identificate mai multe generații (Fig. 8). Calcularea debitului și datarea depozitelor fluviale au vizat principalele rute de drenaj ale râului. Diferite tipuri structurale de canale cu o varietate foarte mare în ceea ce privește dimensiunile au fost descoperite. Toate acestea ne-au indicat faptul că albiile au fost configurate la debite foarte diferite, pe fondul unui climat ce a prezentat diferențe mari în decursul evoluției râului. Tipul albiilor și mărimea acestora au fost influențate de poziționarea acestora în cadrul conului, de compoziția sedimentologică și de panta terenului. Din această perspectivă conul de aluviuni poate fi separat în trei zone distincte (Fig. 8). Cea mai ridicată zonă se întinde pe aliniamentul Orosháza-Battonya-Lovrin și are o pantă medie de 20–25 cm/km, fiind caracterizată de prezența canalelor despletite. Zona mediană este constituită dintr-o bandă îngustă cu o înclinare de 25–30 cm/km pe unde au curs majoritatea paleo-râurilor – chiar și cele despletite – formând meandre. Zona cea mai joasă cu pante de 22–27 cm/km consfințește revenirea canalelor la tipul specific zonelor ridicate, dar cursurile meandrate devin dominante. Zona mediană cu pante mari poate fi considerată limita de acumulare sedimentară intensă. În amonte de această zonă canalele despletite

a lebegtetett hordalék válik dominánssá (8. ábra).

A legnagyobb, helyenként akár 2 km szélességű fonatos medrek három medergenerációban jelentkeznek, egyrészt a Nagykamarás–Pusztatömlök–Csanádapáca–Orosháza, másrészt Kunágota–Pitvaros–Kövegy–Apátfalva, illetve Romániában a Perjámos–Pesac–Nagykomlós vonalon (8. ábra). Ezeket hatalmas szigetek, zátonyok és folyóhátak jellemzik, amelyek helyenként jelenleg is 1,5–2 m-rel magasabbak, mint a hordalékkúp síkja. Ily módon ezek a földrajzi formák mindenkor biztonságos megtelepedési lehetőséget nyújtottak az egykor itt élő népeknek és kultúráknak.

A felszínen ma is látható medrek többségét azonban egy meanderező, egykoron több ágra szakadó folyó hagyta hátra. A legnagyobb kanyarulatok Makótól északkeletre, valamint Mezőkovácsháza, Csabacsúd és Zimándújfalú (Zimandu Nou) környékén találhatóak (8. ábra). Esetenként megfigyelhető (pl. Tótkomlós vagy Perjámos (Periam) térségében) amint egyik-másik fiatalabb medergeneráció felülírja idősebb társát, s gyakorlatilag elmosza a régebbi formákat. Hasonlóan figyelemre méltó jelenség, amikor egy nagyobb vízhozamú mederben a vízszállítás hirtelen visszaesik és a korábbi méretes kanyarulatokat a fiatalabb vízfolyás mintegy kifodorozza (misfit jelenség). Erre talán a legszebb példát Csanádalberti és Királyhegyes térségében találhatjuk (8. ábra).

au depozitat cantități mari de sedimente transportate pe fund, în aval rolul celor în suspensie fiind mai mare (Fig. 8).

Cele mai largi albie minore, măsurând în unele cazuri chiar 2 km lățime corespund generațiilor de canale situate în lungul aliniamentelor Nagykamarás–Pusztatömlök–Csanádapáca–Orosháza, Kunágota–Pitvaros–Kövegy–Apátfalva și Periam–Pesac–Comloșu Mare (Fig. 8). Aceste canale sunt caracterizate de prezența unor insule enorme și a grindurilor care se ridică deasupra câmpiei aluvionare cu 1,5–2 m, asigurând în trecut o locație mai sigură pentru localitățile zonei și pentru culturile acestora.

Majortatea canalelor detectate la suprafața conului au fost formate în conjuncție cu sectoarele meandrate ale paleo-râului. Cele mai extinse benzi sunt localizate la nord-est de Makó și lângă Mezőkovácsháza, Csabacsúd și Zimandu Nou (Fig. 8). Uneori în vecinătatea unor localități, ca de exemplu Periam sau Tótkomlós, este evidentă suprapunerea unor generații mai noi peste cele vechi, spălând practic depozitele precedente și redesenarea canalelor precedente. Un alt fenomen geomorfologic interesant se produce atunci când debitul unui râu scade ca rezultat al unor meandre foarte dezvoltate și acestea sunt gătuite de către canale secundare. Un bun exemplu în această direcție poate fi întâlnit lângă Csanádalberti și Királyhegyes (Fig. 8).



8. ábra: A Maros hordalékkúp felszínén található elhagyott medrek és a mintavételi pontok. (A: hordalékkúp határa, B: elhagyott medrek a hordalékkúp felszínén, C: jelenkori folyó, D: államhatár, E: OSL mintavételi pontok, F: szedimentológiai-geofizikai felmérések helye.)

Fig. 8: Paleo-albiile și siturile de prelevare de pe conul de aluviune al Mureșului. (A: limita conului aluvionar, B: paleo-albiile abandonate, C: râul actual, D: granița de stat, E: siturile de prelevare a probelor OSL, F: Siturile investigațiilor geofizice.)

Fig. 8: Palaeochannels and sampling sites on the alluvial fan of the Maros River. (A: border of the alluvial fan, B: abandoned palaeochannels on the surface, C: present river, D: state-border, E: sites of OSL sampling, F: sites of the geophysical surveys.)



9. ábra: Folyóvízi terasz pereme Németszentpéternél (Sânpetru German).

Fig. 9: Fruntea terasei fluviale de la Sânpetru German.

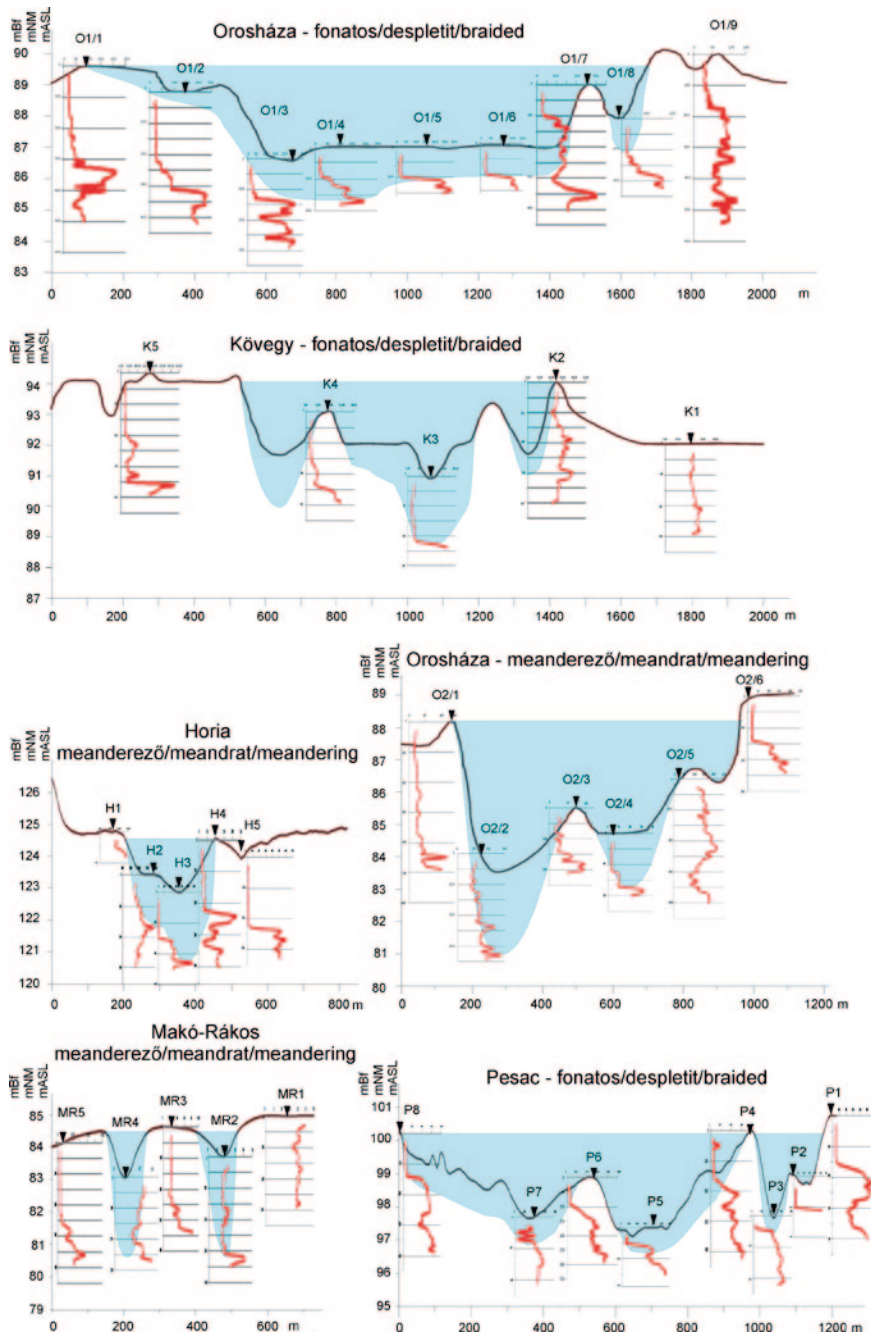
Fig. 9: The edge of the fluvial terrace at Sânpetru German.

Vízhozam és hidrológia

A meanderek geometriai paraméterei, illetve a keresztszelvények területe alapján számított egykori vízhozamok széles tartományban ingadoztak. A legnagyobb keresztmetszeteket az orosházi és kövegyi fonatos medrek esetében találtuk (10. ábra). Számításaink alapján ezek másodpercenként 2000–2500 m³ vizet szállíthattak telt meder esetén (2. és 3. táblázat), nagyobb áradások során azonban a vízmennyiség többszöröse is lefolyhatott a Maros egykori medreiben. Összehasonlításként a folyó jelenlegi ún. mederkitöltő vízhozama Makónál mindössze 600–700 m³/s, míg az 1970-es rekord árvíz során másodpercenként 2420 m³ vizet szállított. Érzékelhető, milyen aktívan formálhatta medrét a Maros amikor a múltban Orosháza, Kövegy esetleg Pesac irányába folyt. A fenti vízhozamok viszonylag sekély (átlagosan 2–3 m, maximum 4–5 m mély) vízszint akár km széles medrekben vezetődek le, így jöhettek létre a ma is kirajzolódó hatalmas zátonyok és szigetek (10. ábra).

Debite și hidrologie

În funcție de parametrii geometrici ai meandreilor și a suprafeței secțiunii transversale se poate afirma că valorile debitului au variat între limite largi în trecut. Cele mai late secțiuni transversale au fost specifice cursurilor depletite de la Orosháza și Kövegy (Fig. 10). S-a constatat că la debite maxime râul transporta 2000–2500 m³/s (Tabele 2 și 3), iar la inundații valorile erau mult mai ridicate. Pentru comparație trebuie precizat că debitul actual al Mureșului este de 600–700 m³/s, în timp ce la inundațiile din 1970 au atins 2420 m³/s. Ne putem imagina ce putere avea Mureșul în trecut când curgea pe la Orosháza, Kövegy, sau Pesac. Aceste cantități uriașe de apă au fost drenate de canale destul de puțin adânci, cu o adâncimea medie de 2–3 m, și o adâncime maximă de 4–5 m, dar având lățimi de ordinul kilometrilor, de aceea s-au format reții și insule de dimensiuni considerabile, putând astfel să fie detectate cu ușurință și în prezent (Fig. 10).



10. ábra: Az egykori mederkeresztmetszetek rekonstrukciója a szedimentológiai vizsgálatok alapján.

Fig. 10: Reconstrucția secțiunii transversale a albiilor minore pe baza datelor șdimentologice.

Fig. 10: Reconstruction of the palaeochannel cross-sections on the basis of sedimentological data.

Azokban az időszakokban amikor a Maros a vízgyűjtőről érkező vizet kanyargós, meanderező medreken továbbította, a vízhozam valamivel alacsonyabb lehetett, bár a felülnézeti paraméterek alapján ezek a szakaszok is esetenként 1500–2000 m³/s-os vízhozamokat jeleznek. Néhány meder esetében ettől azonban jelentősen eltérő értéket kaptunk a kiserkesztett mederkeresztmetszetek alapján (2. és 3. táblázat). Ennek oka az lehet, hogy bár esetenként nagyméretű kanyarulatokat fejlesztett a Maros, ezek mélysége a nagymértékű hordalékszállítás miatt mégsem lehetett akkora, mint az más folyókon, pl. a Tiszán napjainkban jellemző. Ezért a fenti medrek kisebb mennyiségű vizet szállítottak, mint azt a felülnézeti paraméterek alapján gondolnánk. Mindez rámutat arra, hogy az egykori vízhozamokat érdemes több módszerrel is meghatározni.

Vizsgálataink alapján a medertalpak durva üledéke jól elkülönült az geoelektromos szelvényeken (11. ábra), azaz a geofizikai méréseket a későbbiekben alkalmazni lehet a meder-keresztmetszetek kiserkesztéséhez, ezáltal az egykori vízhozamokat pontosabb meghatározásához.

A vízhozam és esésviszonyok alapján a Maros átlagsebessége több fonatos meder esetében is elérhette az 1 m/s-os értéket, amely a számított vízhozam értékek mellett tekintélyes munkavégző-képességet kölcsönözhetett a folyó számára. Igaz, a meder egységnyi felületére jutó ún. fajlagos munkavégző-képesség jelentősen nem haladta meg a Maros jelenlegi, 10 W/m² körül ingadozó nagyvízi értékeit (Fiala et al. 2007) (3. táblázat).

În perioadele în care Mureșul drena apa de pe suprafața bazinului prin intermediul canalelor sinuoase, cantitatea de apă transportată era probabil mai scăzută, deși parametrii meandrului relevă existența ocazională a unor debite de 1500–2000 m³/s în diferite perioade din trecut. Cu toate acestea, anumite canale determinate cu ajutorul metodelor geofizice și a celor sedimentologice au indicat existența unor debite semnificativ mai reduse (Table 2 și 3). Un posibil motiv este acela că deși Mureșul a dezvoltat meandre largi, adâncimea acestora nu era cea așteptată, cum este cazul râului Tisa spre exemplu, deoarece transportul de sedimente în suspensie era ridicat. Ca o consecință, aceste canale au transportat mai puțină apă decât am fi estimat pe baza parametrilor planiformi ai canalului. Toate acestea subliniază necesitatea utilizării ambelor metode pentru reconstruirea debitelor în viitor.

Compararea datelor geofizice și sedimentologice indică clar că sedimentele grosiere ale albiilor pot fi recunoscute cu ușurință pe profilele geoelectrice (Fig. 11). Ca atare, măsurătorile geofizice pot fi aplicate în viitor pentru investigarea transversală a paleo-canalelor și estimarea debitelor.

Pe baza datelor de debit și a înclinării terenului viteza medie a Mureșului a fost estimată până la valori de 1 m/s în cazul anumitor albiilor despletite, ceea ce înseamnă că puterea dezvoltată de Mureș putea fi considerabilă. Este adevărat că așa-numita energie specifică a râului exercitată pe o unitate de suprafață a canalului este apropiată de cea calculată pentru râul actual în zona Makó (Fiala et al. 2007) (Tabelul 3).

2. táblázat: Az egyes meanderező medergenerációk átlagos mederkitöltő vízhozamai (Q_b) a főbb felülnézeti paraméterek alapján.

Tabelul 2: Valorile debitelor descărcate (Q_b) ale generațiilor de canale ale mendrelor, pe baza parametrilor orizontali.

Table 2: Bankful discharge values (Q_b) of meandering channel generations on the basis of horizontal parameters.

<i>generație generațiile generation</i>	<i>R_c (m)</i>	<i>L (m)</i>	<i>H (m)</i>	<i>Q_b (m³/s)</i>
Mezőkovácsháza	649	423	405	493
	225	70	61	119 (misfit)
Pusztaföldvár	1154	765	770	896
Királyhegyes	673	570	281	508
	58	13	10	27 (misfit)
Makó-Rákos	2199	2087	2376	2220
Szikáncs	1919	1076	1899	1631
Orosháza	2497	2462	3006	2655
Kétegyháza	1327	908	998	1078
Kondoros	1084	524	774	794
Csabacsüd	2853	1474	2955	2427
Horia	3164	1860	1642	2222
Sánpaul	1450	1513	577	1180
Sânnicolau Mare	2289	1988	1027	1768
Aranka	1817	1755	706	1426

R_c: kanyarulati sugár/raza curbunii/radius of curvature, L: meander hullámhossz/lungimea de undă a meandrelui/meander wavelength, H: húr hossz/lungimea corzii/chord length, Q_b: mederkitöltő vízhozam/debitele descărcate/bankfull discharge

3. táblázat: A felmért medrek keresztmetszeti adatai, az őket kialakító vízfolyás számított vízhozama, sebessége, munkavégzőképessége.

Tabelul 2: Principalele date ale secțiunilor transversale ale canalelor investigate și valorile calculate ale debitelor, vitezei și puterii curențului.

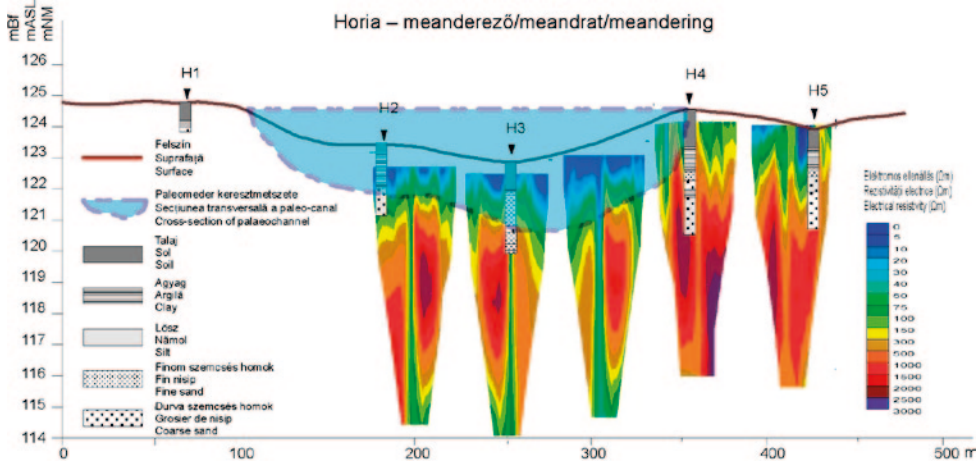
Table 3: The main cross-sectional data of the surveyed channels and calculated discharge, velocity and stream power values.

<i>Mintaterület Situl Site</i>	<i>Medermintázat Modelul albiei Channel pattern</i>	<i>A (m²)</i>	<i>d (m)</i>	<i>w (m)</i>	<i>S_c (cm/km)</i>	<i>Q_b (m³/s)</i>	<i>v (m/s)</i>	<i>ω (W/m²)</i>
Horia	M	590	2.38±0.7	210±35	18.9±0.8	330±10	0.47	2.91
Makó-Rákos	M	640	3.08±0.9	180±30	24.2±0.4	500±5	0.63	6.60
Orosháza	M	2410	4.05±0.9	595±80	22.5±1.0	2445±645	1.01	9.64
Kövegy	B	2530	2.69±1.4	620±210	46.3±2.7	1890±150	0.98	13.85
Pesac	B	2380	2.19±0.8	870±260	51.43±8.4	1970±290	0.79	11.42
Orosháza	B	3030	2.70±0.7	1120±140	20.3±0.3	2220±640	0.73	3.84
Makó – present		500	3.6	140	27	850	0.60	10.60

M: meanderező/meandrat/meandering, B: fonatos/despletit/braided, A: keresztmetszet területe/aria secțiunii transversale /cross-sectional area, d: átlagmélység/adâncimea medie/mean depth, w: átlag szélesség/lățimea medie/mean width, s_c: mederesés/panta canalului/channel slope, Q_b: mederkitöltő vízhozam/debitele descărcate/bankfull discharge, fajlagos munkavégzőképesség/puterea specifică a curențului/specific streampower

A fúrások segítségével feltárt homokos, iszapos, helyenként aprókavicsos mederanyag szemcseösszetéti vizsgálata alapján a hordalékszállítás körülményeire is következtethetünk. Ezek szerint a hordalékkúp csúcsához közelebb eső Horia és Pesac mintaterületeken főként görgetett hordalék szállítás és erősen turbulens áramlási viszonyok voltak jellemzőek. Nyugat felé haladva a vízáramlás örvénylő jellege gyengült és egyre osztályozottabb görgetett hordalék jellemezte az elhagyott medreket. Ezzel párhuzamosan csökken az üledékek elektromos ellenállása, melyet, mint azt már említettük, döntően befolyásol az üledék szemcsemérete (12. ábra).

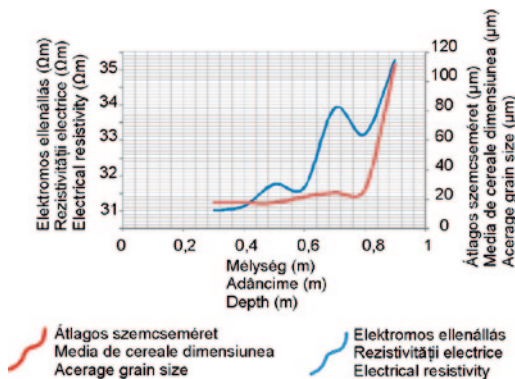
Investigând distribuția texturii sedimentelor, au fost surprinse caracteristicile nisipurilor și prafului, uneori ale pietrișurilor din cadrul paleo-canalelor, iar condițiile de transport fluvial au fost reconstruite. Pe baza acestor date în anumite situri situate în partea proximală, cum sunt Horia și Pesac, a fost caracteristic un transport al sedimentelor pe fundul albiei și extrem de turbulent. Spre vest caracterul turbulent al scurgerii a scăzut, astfel că sedimentele au fost din ce în ce mai sortate. În aceeași direcție a scăzut și rezistivitatea electrică a sedimentelor către marginile conului. Acest parametru geofizic este, astfel, într-o relație strânsă cu textura granulometrică a sedimentelor (Fig. 12).



11. ábra: A geoelektromos szelvények és a fúrások alapján meghatározott medertalp összevetése a horiai mintaterületen.

Fig. 11: Compararea profilelor geoelectrice de la Horia cu situația patului albiei determinată pe baza datelor de foraj.

Fig. 11: The comparison of geoelectrical profiles at Horia with the situation of the riverbed determined on the basis of drilling data.



12. ábra: Az elektromos ellenállás összefüggése a közepes szemcsemérettel a horiai mintaterületen.

Fig. 12: Relația dintre rezistivitatea electrică și dimensiunile medii ale granulelor din situl Horia.

Fig. 12: The relationship of electric resistance and mean grainsize at the Horia site.

A hordalékkúp fejlődése

A hordalékkúp múltbeli fejlődésének felvázolásához a legfontosabb információkat az OSL kormeghatározás nyújtotta. Ennek segítségével a morfológiai és vízhozam adatokat időben is lehetett értelmezni, és az éghajlat múltbeli változásaival kapcsolatos összefüggéseket is elkezdhattük feltárni. A kormeghatározás számszerű eredményei a 4. táblázatban láthatók, ennél azonban lényegesen informatívabb a vizsgált medergenerációk futását is feltüntető 13. ábra.

A Maros az utóbbi közel 20 ezer évben méréseink alapján igen gyakran váltogatta medrét hatalmas hordalékkúpján. A vizsgált medrek közül, a Battonya–Mezőkovácsháza–Makó irányába húzódó medergeneráció meanderei bizonyultak a legidősebbnek, ezek mintegy 17–18 ezer évvel ezelőtt kezdtek el kialakulni (4. táblázat és 13. ábra). Ekkor az utolsó jégkorszak szorításában Európában és a térségben is az éghajlat a jelenleginél sokkal hűvösebb és szárazabb volt, a vegetáció pedig igen gyér. Ebben az időszakban (idősebb Dryas) a Keleti- és Déli-Kárpátok magasabb régióiban gleccserek

Dezvoltarea conului de aluviuni

Informațiile esențiale care ne-au permis să reconstruim evoluția conului aluvionar ne-au fost furnizate de către datele OSL. Prin intermediul vârstelor măsurate, variația morfologiei albiei și a debitelor poate fi privită dintr-o perspectivă istorică, iar dezvoltarea conului aluvionar poate fi interpretată în contextul schimbărilor climatice din trecut. Rezultatele datărilor OSL sunt redată în tabelul 4, în timp ce Fig. 13 ne dezvăluie nu doar vârstele ci și informații suplimentare despre paleo-canale.

În ultimii 20 de mii de ani Mureșul și-a schimbat frecvent cursul, migrând pe suprafața vastului său con aluvionar. În ceea ce privește albiile detectate pe suprafața conului aluvionar, generațiile de meandre din zona Battonya–Mezőkovácsháza–Makó sunt cele mai vechi, acestea începând să se formeze în urmă cu 18–17 mii de ani (Table 4 și Fig. 13). În perioada respectivă, ultima fază glaciară a determinat un climat rece și uscat, iar vegetația existentă în Europa și în regiunea analizată era foarte săracă. Avansarea glaciară din Older Dryas s-a făcut resimțită în Carpații Orientali și Meridionali,

4. táblázat: Az egyes meder generációk OSL kor adatai ezer évben (ka) kifejezve.

Tabelul 4: Vârstele OSL ale diferitelor generații de albie exprimate în mii de ani (ka).

Table 4: The OSL age data of channel generations in thousand years (ka).

<i>Mintavétel helye Situl de prelevare Site of sampling</i>	<i>D*</i> (Gy/ka)	<i>De</i> (Gy)	<i>Kor/Ale/Age</i> (ka)	<i>Medermintázat Modelul albiei Channel pattern</i>
Mezőkovácsháza	2.21±0.24	41.40±3.00	18.7±2.3	M
	2.51±0.22	32.36±2.34	12.9±1.4	Mf
	1.99±0.23	22.70±2.72	11.4±1.7	
Makó-Rákos	2.05±0.20	33.47±2.85	16.3±1.9	M
	2.23±0.18	31.77±2.31	14.2±1.4	
	2.37±0.19	31.46±2.95	13.3±1.4	
Kunágota	2.14±0.28	36.33±5.51	16.9±2.0	B
Kövegy	1.91±0.22	29.56±2.35	15.5±2.0	B
Nagyszénás	2.12±0.25	32.28±2.63	15.2±2.0	B
Csabacsüd	2.14±0.23	35.96±3.29	15.1±1.9	M
	2.39±0.28	34.09±2.95	14.3±1.9	
Kétegyháza	2.05±0.25	30.94±3.43	14.7±2.1	M
Şiria	2.10±0.19	30.61±2.72	14.6±1.7	B
Pusztaföldvár	2.01±0.24	30.41±2.39	14.5±1.9	A
Orosháza	1.84±0.25	18.67±1.87	12.4±2.1	M
	1.81±0.25	20.77±2.49	11.5±1.9	
	2.38±0.20	22.91±3.12	9.6±1.3	
Horia	2.73±0.30	21.87±2.05	8.0±1.1	M
Sânpaul	1.63±0.13	13.98±1.42	8.5±0.9	M
	2.10±0.19	11.03±1.82	5.3±0.8	
Lovrin	2.11±0.25	15.08±1.61	7.1±1.0	B
Sânnicolau Mare	1.77±0.21	10.82±1.76	6.1±1.1	M
	1.81±0.17	6.34±0.64	3.5±0.4	
Sânnicolau Mare (Aranka)	1.99±0.24	3.22±0.61	1.6±0.3	M
	1.98±0.21	3.71±0.45	1.9±0.3	

nyomultak előre, melyek legnagyobb kiterjedésüket 16–17 ezer évvel ezelőtt érték el (Urdea et al. 2011). A hordalékúpon ekkor kialakuló meanderező medrek vízhozam adatai ennek megfelelően a mainál valamivel kisebb mértékű vízutánpótlásra utalnak (2. és 3. táblázat).

A Maros vize 2–3 ezer évig talált ebben az irányban lefolyást, majd úgy 15–16 ezer évvel ezelőtt Tótkomlós irányából

gheţarii montani cunoscând extensiunea maximă în urmă cu 16–17 mii de ani (Urdea et al. 2011). Prin urmare valorile debitelor albiilor menadrate indică un volum de apă mai scăzut decât în prezent (Table 2 și 3).

Cursul Mureşului s-a drenat în această direcție pentru o perioadă de 2–3 mii de ani, iar aproximativ acum 15–16 mii ani o albie despletită dezvoltată dinspre

egy új, fonatos mintázatú medergeneráció írta felül a meanderező formakincset (13. ábra). Ezt követően a folyó még azért vissza-visszatért a hátrahagyott mezőkovácsházi medrekbe, így hozzávetőleg 11 ezer éve az eredeti nagy meanderekben a Száraz ér tevékenységéhez kapcsolódóan jóval kisebb kanyarulatok (misfit) alakultak ki (13. ábra).

A mezőkovácsházi medreket felülíró Kunágota–Kövegy fonatos medergeneráció 15–16 ezer évvel ezelőtt már egy új időszak (Bölling interstadiális) kezdetét jelezte (Nádor et al. 2005, Gábris és Nádor 2007, Mezősi 2011). A klíma enyhülésnek indult, ami a hegyvidéki vízgyűjtő gleccsereinek fokozott oladásához vezetett, miközben a csapadék mennyisége is jelentősen nőtt. A nagyobb pulzusokban érkező áradások több hasonló korú fonatos és meanderező meder kialakulásához vezettek 14–15 ezer évvel ezelőtt (4. táblázat), melyek Medgyesegyháza–Pusztaföldvár–Békéssámson, Kétegyháza–Nagyszénás és Kétegyháza–Csabacsúd irányba vezették le a Maros vizét a Tisza vízrendszere felé (13. ábra). A medergenerációk a felsőbb szakaszokon fonatos, a hordalékkúp pereme felé meanderező formakincset hagytak maguk után. A valamivel idősebbnek tűnő fonatos medrek kialakulását elősegíthette, hogy a hideg száraz Dryas időszakból történő átmenet során a növényzet még gyér lehetett, így a partokat kevésbé tudta stabilizálni. Később a sűrűbb növényzet térhódításával (Sümegei et al. 2002) jelenhettek meg a meanderező mederszakaszok pl. Csabacsúd mellett. A koradatok alapján nem eldönthető, hogy ebben az időszakban gyors mederáttevéődések történtek-e, vagy pedig az azonosított medergenerációk

Tótkomlós a ssters meandrele respective (Fig. 13). Din când în când râul a revenit în meandrele abandonate de la Mezőkovácsháza și în consecință în urmă cu 11 mii de ani pârâul Száraz Ér/Er a dezvoltat câteva sinuoziități de mici dimensiuni în cadrul meandrelor originale (forme de tipul belciugelor) (Fig. 13).

Albia despletită care a funcționat la Kunágota–Kövegy a distrust meandrele de la Mezőkovácskaza, în urmă cu 15–16 mii de ani, consemnând începutul unei noi perioade (Interstadialul Bölling) (Nádor et al. 2005, Gábris și Nádor 2007, Mezősi 2011). Climatul a devenit mai blând, temperaturile au crescut, iar aceasta a condus la topirea accentuată a ghețarilor din aria montană a bazinul Mureșului, concomitent cu creșterea precipitațiilor. În aceste condiții, debitul Mureșului a crescut, cu precădere în sezonul cald. Apariția periodică a unor inundații de amploare a determinat formarea unor alpii despletite și menadrate având vârste similare, fiind formate în urmă cu 14–15 mii se ani (Table 4). Aceste alpii drenau apa Mureșului spre Tisa prin coridoarele Medgyesegyháza–Pusztaföldvár–Békéssámson, Kétegyháza–Nagyszénás și Kétegyháza–Csabacsúd (Fig. 13). În sectorul superior acestea au aparținut tipului de alpii despletite, iar înspre marginile conului s-au schimbat în cursuri meandrate. Dezvoltarea unor sectoare aparent vechi a fost facilitată de lipsa vegetației și implicit de lipsa de stabilitate a malurilor din perioada de tranziție de la sfârșitul lui Older Dryas. Meandre largi, cum sunt cele de lângă Csabacsúd au apărut puțin mai târziu când a avut loc o expansiune a învelișului vegetal în regiune (Sümegei et al. 2002). Pe baza vârstelor obținute nu

egyszerre alakultak ki. Mindenesetre míg a Kunágota–Kövegy meder közel $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ vízhozammal rendelkezett mederkitöltő vízállás esetén, addig a később Kétegyháza felől északi irányba tartó medrek $1000\text{--}1000 \text{ m}^3/\text{s}$ víz szállítására lehettek képesek (2. és 3. ábra), azaz ebben az időszakban a folyónak valószínűleg két-három főága is lehetett.

A fentiekől korban viszonylag jól elkülönül a hordalékkúp legnagyobb, Medgyesegyháza–Orosháza irányába futó medre, amely 9–12 ezer évvel ezelőtt lett aktív (4. táblázat, 13. ábra). A másodpercenként akár $2500\text{--}2800 \text{ m}^3$ vizet is könnyedén levezető rendszer kialakulása ismét egy lehűlési időszakhoz és az azt követő felmelegedéshez köthető. Korábbi vizsgálatok alapján a vízgyűjtő magashegységi területein 12–13 ezer évvel ezelőtt a gleccserek újból előrenyomultak (Reuther et al. 2007, Urdea et al. 2011). Az ún. fiatalabb Dryas időszakot követően intenzív felmelegedés következett, melyet több kisebb lehűlési fázis tarkított. Ezek a körülmények ismét kedveztek a fonatos medrek kialakulásának. Mindemellert néhány korábbi mederbe is juthatott víz, így alakultak ki a már korábban is említett mezőkovácsházi misfit meanderek (13. ábra).

Bár az utóbbi 10–11 ezer évben a holocén időszak Európában és a térségben is viszonylag stabil éghajlatot hozott (Járainé Komlódi 1969), a hőmérséklet és a csapadékmennyiség azért esetenként jelentősen ingadozott. A hordalékkúp fejlődésében a következő lényegi változás 7–8 ezer évvel ezelőttre tehető. Ekkor a Maros a síkságra kilépve először északra fordult, majd a korábbiakkal ellentétben a Battonyai-hátat délről kerülte meg (13. ábra). Ennek hátterében az északi

este evident dacă această perioadă a fost caracterizată de schimbări rapide ale cursului albiilor sau generațiile de albiu au evoluat simultan. Debitul specific albiei minore era în jur de $2000 \text{ m}^3/\text{s}$ în cazul canalului Kunágota–Kövegy, în timp ce albiile nordice drenau câte $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ fiecare (Table 2 and 3). În cadrul acestor coridoare râul avea două sau trei albiu principale în perioada respectivă.

Generația de albiu despletite de la Medgyesegyháza–Orosháza, având cele mai largi canale de pe cuprinsul conului aluvionar, poate fi separată cu ușurință de către sistemele de mai sus (Table 4 and Fig. 13). Prin această parte se drenea probabil cursul principal al Mureșului în urmă cu 9–12 mii de ani în urmă. Dezvoltarea sistemei de albiu de la Orosháza care putea drenea cu ușurință $2500\text{--}2800 \text{ m}^3/\text{s}$, s-a produs în timpul unui eveniment rece urmat imediat de o încălzire. Pe baza studiilor anterioare, în urmă cu aproximativ 12–13 mii de ani o nouă reavansare a ghețarilor s-a produs în sectorul montan înalt (Reuther et al. 2007, Urdea et al. 2011). După această perioadă rece (Younger Dryas) o încălzire accentuată întreruptă de câteva faze reci de scurtă durată se instaurează. Aceste condiții au favorizat dezvoltarea albiilor uriașe de lângă Orosháza. Cu toate acestea apa a fost drenată și de către albiile mai vechi rezultând meandrele inadapte de la Mezőkovácsháza (Fig. 13).

Chiar dacă în ultimii 10–11 mii de ani, perioada Holocenului a coincis cu o stabilizare a climatului în Europa (Járainé Komlódi 1969), temperatura și precipitațiile au continuat să prezinte fluctuații ocazionale. Următoarea etapă în formarea conului aluvionar a început în urmă cu

területeken történő nagymértékű hordaléklerakás állhatott, melynek hatására a Maros lecsúszhatott az idővel túlmagasított területekről. A délre fordulást Horia–Zimándköz–Arad (Horia–Zimanducz–Arad) környékén meanderező medrek, Perjámos–Lovrin (Periam–Lovrin)

7–8 mii de ani. Odată pătruns în zona de câmpie Mureșul a cotit către nord-vest, iar apoi s-a întors spre sud-vest, ocolind zona mai ridicată de la Battonya (Fig. 13). Separarea ar fi fost cauzată de acumularea intensă ce a avut loc în jumătatea nordică a conului aluvionar. Translația direcției



13. ábra: A Maros hordalékkúpon található fontosabb medergenerációk és azok kora.

Fig. 13: Generațiile principale de alții ale Mureșului din cuprinsul conului său aluvionar și vârsta acestora.

Fig. 13: Major channel generations on the Maros/Mureș alluvial fan and their age.

vonalaiban pedig egy jelentősebb fonatos meder jelzi (13. ábra). Ezek kora hasonló, megjelenési formájuk viszont igen eltérő. A fonatos medrek jelenlétét az ebben az időszakban (holocén atlantikus fázis) jelentősen megnövekedő csapadékmennyiség és vízhozam indokolhatná (Lovrinnál 2000 m³/s), viszont ekkorra már a területet feltehetően erdők boríthatták, azaz a vízfolyások partjai mindenképp stabilabbak voltak, ami nem kedvez a medrüket gyorsan változtató fonatos folyók kialakulásának. A fenti ellentmondás feloldása további vizsgálatokat igényel.

A Perjámos–Lovrin (Periam–Lovrin) medret nem sokáig használta a Maros, kb. 6 ezer évvel ezelőtt már főként a hordalékkúp tengelyében folyhatott keletnyugati irányban, a mai medertől néhány km-rel délebbre, Németszentpéter–Nagyszentmiklós (Sanpetru German–Sannicolau Mare) vonalaiban (Cornea et al. 1979). A folyórendszer vízhozama ekkorra valamelyest mérséklődött, de egyes meanderek alapján a mederkitöltő vízhozam 1000 m³/s feletti is lehetett (Table 2).

Végül a folyó elfoglalta mai medrét, s bár déli irányba az Aranka felé a 19. sz-i szabályozásokig volt természetes lefolyása, a víz fő tömege mintegy 4–5 ezer éve valószínűleg itt, a hordalékkúp tengelyében kerül levezetésre (13. ábra).

de scurgere este indicată de meandrarea canalelor de lângă Horia–Zimanducz–Arad și de albia despletită situată pe aliniamentul Periam-Lovrin (Fig. 13). Aceste generații de albie au o vârstă similară deși prezintă o morfologie și aparțin unor tipologii diferite. În această perioadă (faza Atlantică a Holocenului) formarea albiilor despletite poate fi explicată prin creșterea cantităților de precipitații și a debitelor, (circa 2000 m³/s la Lovrin). Se presupune că în acest interval arealul era acoperit de păduri, malurile râului fiind mult mai stabile, ceea ce nu favoriza dezvoltarea albiilor despletite. Oricum, sunt necesare investigații suplimentare pentru a rezolva aceste discrepanțe.

Albia Periam–Lovrin a fost activă o perioadă scurtă. În urmă cu 6000 de ani, Mureșul s-a stabilit aproximativ pe actualul aliniament, traversând conul aluvionar de la est la vest (Cornea et al. 1979) și ocupând câteva meandre mai mici pe aliniamentul Sânpetru German–Sânnicolau Mare. Debitul sistemului fluvial a scăzut considerabil odată cu trecerea timpului, fiind doar peste 1000 m³/s, fapt evidențiat de morfologia anumitor meandre (Tabelul 2).

În final cursul Mureșului s-a stabilit, iar actuala albie a devenit principală în urmă cu 4–5 mii de ani. Chiar și așa se pare că până în secolul XIX, când au avut loc regularizările cursului principal, Mureșul ar fi avut un emisar natural care comunica cu sistemul Aranka (Fig. 13).

Következtetések

Az összefoglaló kötet második tanulmányában a Maros fejlődésének múltbeli dinamikáját vizsgáltuk. Kutatásaink segítségével sikerült azonosítanunk a hordalékkúp történetének kulcs időszakait az utóbbi mintegy 18-20 ezer évre vonatkozóan. Vizsgálataink alapján általános következtetéseink az alábbiak:

- Számtalan egykori medergeneráció figyelhető meg a hordalékkúp felszínén, ami jelentős felszínformáló tevékenységre utal.
- A meanderező mederszakaszok esetében a vízhozamok meghatározása felületi morfológiai paraméterek segítségével is megoldható volt, azonban a fonatos mederszakaszok kapcsán geofizikai és szedimentológiai módszereket kellett bevetnünk az egykori keresztzelvények és vízhozamok rekonstruálásához. A két megközelítést a jövőben célszerű együtt alkalmazni.
- Az Orosháza, Kövegy és Pesac mellett húzódó egykori medrek mederkitöltő vízhozama akár 2000-2500 m³/s is lehetett. Árvizek idején ennél jelentősen nagyobb mennyiségű víz is érkezhett a vízgyűjtőről.
- Az optikailag stimulál lumineszcencia (OSL) segítségével sikerült a medergenerációk kialakulási korát meghatároznunk. Az eredmények alapján kitűnik, hogy a folyó sokkal dinamikusabban fejlődött a múltban, mint az korábban vártuk.
- A felszínformálásban a legnagyobb változások 15-16, 11-12 és 7-8 ezer évvel ezelőtt következtek be. Ezek a változások jól összevágznak a hidegebb periódusokat követő felmelegedési időszakokkal, amikor is a növekvő csapadék mennyiség és a hegyvidéki vízgyűjtő gleccsereinek olvadása jelentős árhullámokat idézhetett elő.

A kutatás rávilágít arra, hogy a múltban milyen dinamikusan változott a folyó a mindenkori morfológiai és környezeti tényezőkhez igazodva. Azt is láttuk, hogy néhány ezer év alatt milyen nagymértékű változások következhetnek be a terület éghajlatában, a szállított víz mennyiségében, így az áradások energiájában és romboló hatásában. Mindezek az eredmények kiindulási pontként szolgálhatnak a jövőbeni kutatások és tervezés során.

Concluzii

În acest capitol au fost prezentate rezultatele investigațiilor care au vizat evoluția Mureșului în trecut. Dincolo de toate aceste analize complexe putem afirma că evoluția râului Mureș a fost descifrată pentru ultimii 18-20 mii de ani. Concluziile generale sunt redată mai jos:

- Pe toată suprafața conului aluvionar au fost identificate numeroase generații de paleo-albii, sugerând o activitate considerabilă în trecut.
- În cazul albiilor meandrate au putut fi calculate paleo-debitele acestora pe baza parametrilor planimetrici, în timp ce în cazul albiilor despletite aplicarea metodelor geofizice și sedimentologice au condus la reconstruirea morfologiei transversale și a debitelor. Cele două metode trebuie aplicate și în viitor într-o manieră similară.
- Generațiile de albii de lângă Orosháza, Kövegy și Pesac puteau avea un debit corespunzător albiei minore de 2000-2500 m³/s, iar la inundații această valoare creștea.
- Formarea diferitelor generații de albii a putut fi descifrată utilizând metoda de datare prin luminiscentă stimulată optic (OSL). Rezultatele au arătat că râul a fost mult mai dinamic decât se estimase anterior.
- Schimbări majore în activitatea fluvială au existat în urmă cu 15-16, 11-12 și 7-8 mii de ani în trecut. Aceste evenimente au apărut când climatul a început să se încălzească după perioadele reci specifice, generând topirea intensă a gheții și zăpezii din bazinul superior.

Toate aceste elemente pun în lumină modul foarte dinamic în care râul a reacționat la schimbările geomorfologice și enviromentale petrecute. Aceste schimbări climatice semnificative s-au produs în doar câteva mii de ani, influențând modul de scurgere al râului și modul de manifestare al inundațiilor. Toate relațiile subliniate de acest studiu pot să servească ca puncte de plecare pentru realizarea viitoarelor amenajări și a unor studii similare

Irodalom / Bibliografie

- Baker V.R., Kochel R. C., Patton P. C. 1988. Flood geomorphology, John Wiley New York
- Cornea I., Dragoescu I. Popescu M., Visarion M. 1979. Harta mișcărilor crustale verticale recente pe teritoriul R.S.R., *Stud. Cercet. Geol. Geofiz., Geogr., Geofizică*, 17/1: 3–20.
- Fiala K., Sipos Gy., Kiss T., Lázár M. 2007. Morfológiai változások és a vízvezetőképesség alakulása a Tisza algyői és a Maros makói szelvényében a 2000. évi árvíz kapcsán. *Hidrologiai Közlöny*, 87/5;: 37–46.
- Gábris Gy. 1986. Alföldi folyóink holocén vízhozamai. *Alföldi Tanulmányok*: 35–48.
- Gábris Gy., Nádor A. 2007. Long-term fluvial archives in Hungary: response of the Danube and Tisza rivers to tectonic movements and climatic changes during the Quaternary: a review and new synthesis. *Quaternary Science Reviews* 26: 2758–2782.
- Galbraith R. E., Roberts R.G., Laslett G.M., Yoshida H., Olley J. M. 1999. Optical dating of single and multiple grains of quartz from Jinnium rock shelter, northern Australia: Part I, Experimental design and statistical models. *Archaeometry* 41: 339–364.
- Járainé Komlódi M. 1969. Adatok az Alföld negyedkori klíma-és vegetációtörténetéhez II. *Botanikai Közlöny* 56/1;: 43–55.
- Kun Á., Barta K., Katona O., 2012. Az M43-as autópálya által indukált 2010-11-es belvíz talajtani hatásai, *A VI. Magyar Földrajzi Konferencia Tanulmánykötete*: 483–494
- Laczay, I. 1982. A folyószabályozás tervezésének morfológiai alapjai. *Vízügyi Közlemények* 1982: 235–254.
- Mezősi G. 2011. Magyarország természetföldrajza. Akadémia Kiadó, Budapest: 108–117.
- Milsom J. 2003. Field geophysics, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, England.
- Nádor A., Thamóné Bozsó E., Magyarai Á., Babinszki E., Dudko A., Tóth Z. 2005. Neotektonika és klímaváltozás együttes hatása a Körös-medence késő-pleisztocén vízhálózat-fejlődésére. *A Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése*: 131–148.
- Novothny Á., Ujházy K. 2000. A termo-és optikai lumineszcens kormeghatározás elméleti alapjai és gyakorlati kérdései a negyedidőszaki kutatásokban. *Földrajzi Értesítő* 49/3-4: 165–187.
- Onac B.P. 2004. Clepsidrele geologiei. *Introducere in geocronologia izotopica*. Ed. Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca: p. 176

- Rosgen D.L. 1994. A classification of natural rivers. *Catena* 22: 169–199.
- Rust B.R. 1978. A classification of alluvial channel systems. In: Fluvial Sedimentology, Miall A.D. (ed). Canadian Society of Petroleum Geologists Memoir 5: 187–198.
- Schumm S.A. 1985. Patterns of Alluvial Rivers. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 13: 5–27.
- Sipos Gy., Kiss T., Nyári D. 2009. Kor-meghatározás optikai lumineszcenciával: homokmozgások vizsgálata a történelmi időkben Csengele területén. In: Kázmér M. (szerk.): Környezettörténet. Hantken Kiadó: 409–420.
- Sümegey B., Kiss T. 2011. Discharge calculation of palaeochannels on the alluvial fan of the Maros River, Hungary. *Journal of Environmental Geography* 4/1–4: 11–17.
- Sümegey P., Krolopp E., Rudner E. 2002. Negyedidőszak végi öskörnyezeti változások a Kárpát-medencében térben és időben. *Földtani Közöny* 132: 5–22.
- Taylor J.R. 1983. An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements. University Science Books,
- Timár G., Gábris Gy. 2008. Estimation of water conductivity of natural flood channels on the Tisza flood-plain, the Great Hungarian Plan. *Geomorphology* 98: 250–261.
- Williams G.P. 1984. Paleohydrological Equations for Rivers. In: Costa J. E., Fleisher P. J. (eds.): Developments and Applications of Geomorphology. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg: 343–367.
- Wintle A. G., Murray A.S. 2006. A review of quartz optically stimulated luminescence characteristics and their relevance in single-aliquot regeneration dating in protocols. *Radiation Measurements* 41: 369–391.