

## Procese fluviale

**Maria Rădoane, Nicolae Rădoane**  
Universitatea "Ștefan cel Mare" Suceava

Rețeaua hidrografică a României are o lungime totală de 76 000 km, drenând o suprafață de 237 500 km<sup>2</sup>. Este tributară Dunării în proporție de 97.8 %, are un debit mediu anual de 1300 m<sup>3</sup>/s și în proporție de peste 80% izvorăște din Munții Carpați. În România, interesul pentru studiul proceselor fluviale, a dinamicii albiilor de râu a fost impus de nevoia cunoașterii dimensiunii intervențiilor antropice asupra râurilor prin amenajarea a peste 250 lacuri de baraj, realizarea a cca. 500 km derivații și aducțiuni; îndiguirea și regularizarea albiilor pe 16000 km din lungimea râurilor etc. Aceasta a fost preocuparea centrală în ultimii 30 ani a grupului nostru de cercetare, din care am selectat câteva rezultate cu caracter de noutate pentru regiunea noastră de studiu. În plus, am urmărit și alte contribuții de geomorfologie fluvială (Diaconu et al., 1962; Cornelia Grumăzescu, 1975; Hâncu, 1976; Panin, 1976; Bondar et al., 1980; Ichim et al., 1989; Ichim, Rădoane, 1990; Ichim et al., 1995; Rădoane et al., 1991; 2003; Amăriucări, 2000; Rădoane, Rădoane, 2005; 2007; 2008; Dumitriu, 2007; Burdulea, 2007; Rădoane et al., 2008; Canciu, 2008; Feier, Rădoane, 2008).

Cercetările de geomorfologie fluvială în care a prevalat analiza cantitativă s-au concentrat pe principalele râuri din partea de est a României, respectiv, râurile Prut și Siret cu afluenții lor cei mai importanți. O mare parte din aceste râuri drenează flancul exterior al Carpaților Păduroși, Carpaților Orientali și Carpaților de Curbură, apoi zona subcarpatică și de podiș, după care ajung în Dunăre în dreptul orașului Galați (tabel 1). Suprafața de drenaj a celor două bazine hidrografice totalizează peste 70 000 km<sup>2</sup>. Alte cercetări de geomorfologie fluvială cantitativă s-au derulat pe câteva râuri din sudul României (Dâmbovița, Argeș, Oltet, Jiu și Dunăre - Panin, 1976; Bondar et al., 1980; Rădoane et al., 1995; Pascu, 1999), dar și râuri din partea de nord-vest a României (Someș, cu afluenții săi - Perșoiu, 2008).

Tabel 1. Date generale asupra unora din râurilor studiate

Nr. crt.	Râul	Confluența cu	Suprafața bazinului Sb (km <sup>2</sup> )	Lungimea râului L (km)	Debitul mediu anual (m <sup>3</sup> /s)	Debitul maxim anual (m <sup>3</sup> /s)	Debitul de aluviuni în suspensie (kg/s)
1	Siret	Danube	42 274	544	254,0	3168	221,00
2	Suceava	Siret	2616	172	14,1	1385	5,90
3	Moldova	Siret	4299	153	26,2	1830	14,70
4	Bistrița	Siret	5695	279	62,8	2200	20,23
5	Trotuș	Siret	4456	162	33,0	1700	38,45
6	Putna	Siret	2480	205	13,4	1400	91,80
7	Buzău	Siret	5264	302	25,4	1800	80,30
8	Bârlad	Siret	7395	281	3,37	185	10,40
9	Prut	Danube	28463	1182	85,3	3300	20,11
10	Teleajen	Prahova	10 430	116,7	45,7	1440	95,00
11	Ialomița	Danube	42 274	416,5	254,0	3168	221,00
12	Dimbovița	Argeș	1656	261,7	9,3	-	-
13	Argeș	Danube	2837	338,3	13,3	1420	21,30
14	Oltet	Olt	12 590	189,0	49,7	1700	45,20
15	Jiu	Danube	2474	416,1	8,6	1190	39,40

Cu privire la condițiile naturale, cel puțin câteva precizări sunt necesare pentru evaluarea proceselor fluviale, și anume: i) Carpații au impus principalele direcții de drenaj ale râurilor României, pe o energie

maximă de relief de cca. 2500 m; ii) Principalele râuri de pe versantul estic al Carpaților Orientali (Suceava, Moldova, Bistrița etc) au continuitate de evoluție pe actualele trasee din Miocen; iii) Spectrul petrografic al rocilor ce alcătuiesc geologia bazinelor hidrografice studiate de noi este foarte larg: roci metamorfice, roci vulcanice neogene, depozite flișoide mezozoice - neogene, depozite de molasă și depozite cuaternar – holocene; iv) Din punct de vedere tectonic, regiunea este foarte activă și în timpurile noastre. În partea nordică a Carpaților Orientali (bazinele râurilor Moldova, Suceava, Bistrița) se înregistrează mișcări constante verticale de maximum 5 - 6 mm/an, iar partea sudică a Carpaților și Subcarpaților Orientali (de exemplu, bazinul râurilor Putna și Buzău) este afectată frecvent de cutremure (3 - 4 cutremure pe secol cu magnitudine 7 pe scara Richter); v) Râurile au un regim preponderent torențial. Circa 70 % din curgerea anuală se realizează primavara și vara, iar debitele medii lichide, cu câteva excepții, sunt sub 5 - 6 m<sup>3</sup>/s. În schimb, pe unele râuri cu bazine hidrografice mai mari de 1000 km<sup>2</sup>, s-au înregistrat debite maxime de peste 1000 m<sup>3</sup>/s.

Rezultatele de geomorfologie fluvială asupra cărora dorim să insistăm sunt următoarele: (i) modelarea formei profilelor longitudinale și interpretarea în contextul evoluției rețelei hidrografice din Carpații Orientali; (ii) evaluarea impactului antropic asupra albiilor de râu prin construirea de baraje pe sistemele hidrografice din România; (iii) analiza fenomenului de downstream fining și bimodalitate a materialului de albie; (iv) evaluarea stabilității în plan și în secțiune transversală a albiilor de râu.

În cele ce urmează vom detalia unele din rezultatele enunțate din care să rezulte o informație generală asupra stării sistemului geomorfologic al albiilor de râu din România.

Analiza geomorfologică a **profilelor longitudinale** (Rădoane et al., 2003) s-a concentrat pe interpretarea formei acestuia - o caracteristică care se definitivează la nivelul unui ciclu de eroziune. Pentru evaluarea formei profilelor longitudinale ale râurilor studiate am utilizat mai mulți coeficienți și modele matematice, din care selectăm variația indicelui de concavitate (fig. 1). Astfel, relația evidențiază faptul că indicele de concavitate a profilelor longitudinale tinde să crească de la nord spre sudul Carpaților Orientali. Explicația acestei situații a necesitat o revizuire a etapelor de evoluție a rețelei hidrografice din această regiune. Relația între vârsta râului și forma profilului longitudinal (fig. 1) arată că istoria geomorfologică a râului nu și-a pus amprenta într-un mod decisiv asupra formei profilelor longitudinale ale râurilor de pe flancul extern al Carpaților, așa cum ne-am fi așteptat, în conformitate cu modelele teoretice davisiene. Râurile de la nord de Trotuș care au vârste demonstrate de 13 - 14 milioane de ani pe același traseu (o perioadă suficient de lungă pentru realizarea unui ciclu de eroziune), prezintă profile longitudinale aparent cel mai puțin evoluuate (concavitate redusă, pantă accentuată). În schimb, râurile de la sud de Trotuș (Putna, Buzău, Prahova, Ialomița) a căror cursuri au suferit importante modificări, întreruperi, înălțări, subsidențe în cei aproximativ 2.5 milioane ani de evoluție, se caracterizează prin profile longitudinale cu mare concavitate. Or, în conformitate cu modelele teoretice clasice (Davis, 1899) sau cele moderne (Snow și Slingerlad, 1987) aceste din urmă profile ar trebui să fie cele mai evoluuate,

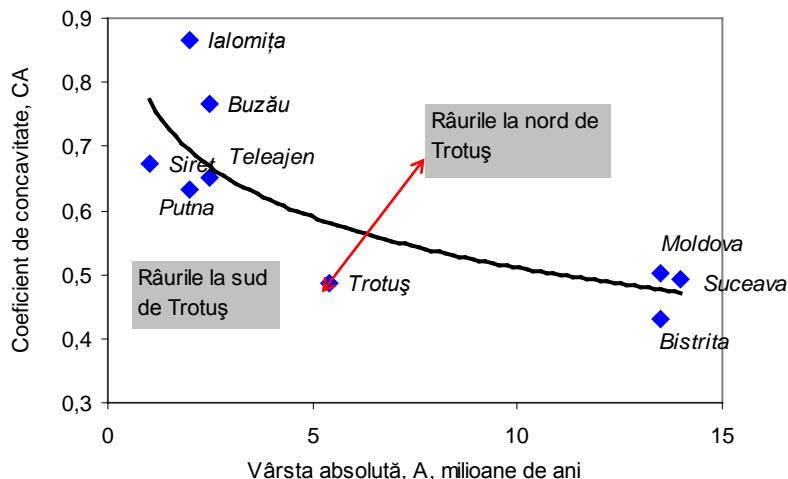


Fig. 1. Ilustrarea relației între forma profilelor longitudinale și vârsta lor pentru râurile din partea estică și sud-estică a României (Rădoane et al., 2003)

Situația oarecum contradictorie a fost analizată în contextul teoriei echilibrului dinamic și concluziile la care s-au ajuns sunt enunțate pe scurt astfel.

Profilul de echilibru liniar – exponențial este și un profil al echilibrului între eroziune și acumulare, deci un *profil al transportului*, caracteristică pe care râurile de la nord de Trotuș și-a păstrat-o, cu unele variații, timp de 14 milioane de ani. Înălțările tectonice au fost importante, iar fenomenul este prezent și în actual cu valori de peste 6 mm/an. Este posibil ca înălțarea tectonică să fi fost mai importantă decât rata de adâncire a râului, astfel că râurile de la nord de Trotuș să nu fi avut competență să-și modeleze un profil de echilibru de mare concavitate. Cu alte cuvinte, forma actuală a profilelor longitudinale ale râurilor de la nord de Trotuș este un răspuns al ajustărilor izostazice continue din Volhinian încoace.

Odată ce râul și-a atins forma sa de echilibru, în cazul de față, o anumită curbă mai mult sau mai puțin concavă, “luptă” să își păstreze această formă împotriva oricăror intervenții de natură tectonică sau climatică. Am putea spune că este o evidență clară a teoriei care a bulversat lumea geomorfologică în anii '60, teoria echilibrului dinamic, emisă de Hack. Aceasta spune că: o formă de relief pentru a exista nu trebuie să parcurgă neapărat cele trei stadii de evoluții – tinerețe, maturitate, bătrânețe; *o formă de relief își menține acele caracteristici care îi asigură o stare de echilibru în schimbul de masă și energie cu altă formă de relief*. Și credem că acesta este cazul fenomenului geomorfologic semnalat la nivelul formei profilului longitudinal al râurilor est-carpătice.

Analiza geomorfologică a profilelor longitudinale se află în legătură cu dezvoltarea proceselor **de downstream fining și bimodalitate a materialului de albie**, studiate pentru aceleași râuri carpatice (Rădoane et al., 2008). Luând ca exemplu 6 mari râuri ce drenează flancul vestic al Carpaților Orientali, și care au fost eșantionate în 190 de puncte distribuite în lungul acestora, am realizat un studiu asupra depozitelor actuale ale albiilor minore. Preocuparea centrală a fost să stabilim în ce măsură sursele de aluviuni din bazinul de drenaj au efect asupra fenomenului de downstream fining și asupra caracterului unimodal ori bimodal al materialului de albie.

Investigațiile noastre asupra variabilității materialului de albie ale râurilor din bazinul Siretului au avut în atenție, în primul rând, *verificarea modelului exponențial de reducere a dimensiunii* în lungul râului, conform așa-numitei « legi a lui Sternberg » care arată că particulele din albie își reduc dimensiunea proporțional cu lucrul mecanic efectuat împotriva frecării în lungul râului. Funcție de lungimea râului, diametrul median, D50, se reduce, pe ansamblu, exponențial, dar pe lungimi importante ale râurilor diminuarea exponențială este serios perturbată. Și din acest punct de vedere, râurile est-carpătice înregistrează multe deviații de la modelul teoretic. Râurile Trotuș și Siret prezintă chiar o creștere a dimensiunii materialului pe cea mai mare parte a lungimii lor. Singurele râuri care aplică apropiat modelul exponențial pe toată lungimea lor sunt Suceava și Moldova. Cauza principală pentru care modelul Sternberg nu este verificat la celelalte patru râuri se află în contribuția tributarilor cu o masivă intrare de aluviuni în râurile respective, mult mai mare decât puterea lor de prelucrare (fig. 2 în stânga).

Depozitele de albie ale râurilor cu pat de pietriș au o caracteristică distinctă față de alte tipuri de depozite și anume, *bimodalitatea*, definită prin existența a două mode (vârfuri) în distribuția granulometrică, separată de o penurie de material în categoria pietrișului mărunț, respectiv, fracțiunea 1-8 mm. Și pentru că există o amplă dezbateră asupra cauzei acestui fenomen, ne-am propus să-l investigăm și noi pe baza unui fond de date cu totul impresiionant. Astfel, dată fiind diversitatea mare a studiului de caz cercetat, am putut obține un model conceptual, conform căruia bimodalitatea depozitelor fluviale poate fi explicată, în cazurile studiate de noi, prin originea diferită a materialului de albie ce formează distribuțiile granulometrice bimodale.

*Pentru râurile carpatice, tributare Siretului*, blocurile, bolovănișurile și pietrișurile se înglobează într-o distribuție unimodală cu asimetrie de dreapta, cu puternic „downstream fining”. Sursa materialelor distribuțiilor grosiere este propria albie (prin mecanismul de uzură și sortare hidraulică asupra materialului de albie). Pentru aceleași râuri s-a individualizat o a doua distribuție cu modulul pe clasa 0.5 - 0.25 mm și care are, în general o asimetrie de stânga. Sursa celei de a doua distribuții este bazinul versant, respectiv, în cantitatea de nisip ajunsă în albie prin eroziunea terenurilor. Intersecția celor două mode are loc în zona fracțiunilor cuprinse între 0.5 – 8 mm, unde de fapt se intersectează cozile histogramelelor cu asimetrie de

dreapta (la pietrișuri) și asimetrie de stânga (la nisipuri). Astfel se explică și penuria de particule între 0.5 – 8 mm. La râurile unde sursele de aluviuni fine din bazin sunt mici, fracțiunile 0.5 - 8 mm au o pondere mai mare decât a fracțiunilor sub 1 mm (fig. 2 dreapta).

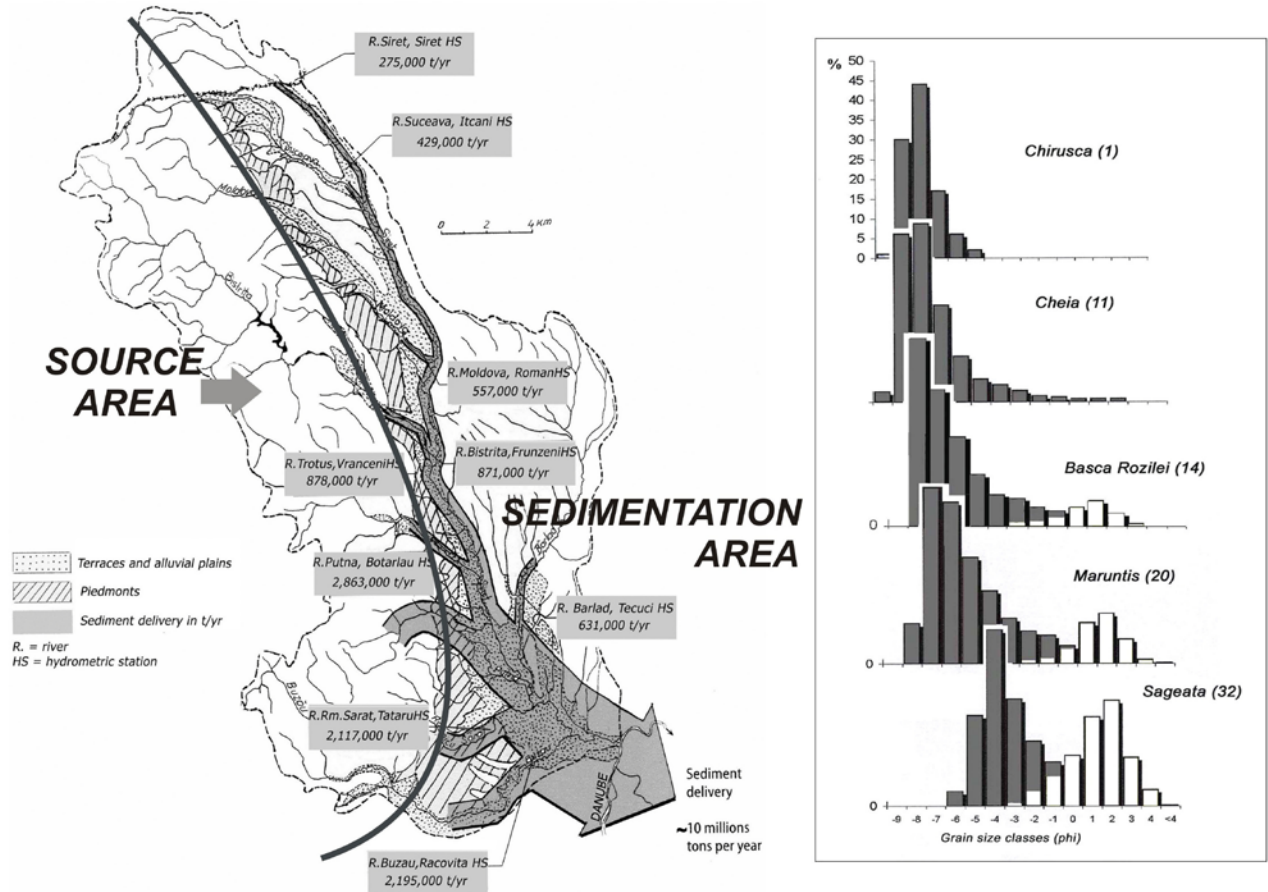


Fig. 2. (în stânga) Harta transportului de aluviuni în suspensie în bazinul hidrografic Siret. Transportul de aluviuni fine se suprapune pe transportul de material grosier, identificat de extinderea piemonturilor și teraselor fluviale. Linia centrală împarte cele două principale areale ale sistemului fluvial: aria sursă și aria de sedimentare. (în dreapta) Dezvoltarea bimodalității prin intersecția celor două distribuții. Materialul de albie a râului Buzău servește drept exemplu. Numerele din dreptul denumirii secțiunilor reprezintă poziția punctelor de eșantionare de la obârșie la gura râului (Rădoane et al., 2008).

Pentru râul Siret, bimodalitatea depozitelor de albie este cea mai puternică prin faptul că cea de a doua modă, a nisipurilor, reprezintă peste 25% din totalul probei globale. Spre deosebire de afluenți, sursa primei mode, cea a pietrișurilor, este alohtonă râului Siret (intrarea masivă de aluviuni grosiere prin intermediul tributurilor carpatic), pe când cea de a doua modă, a nisipului, este proprie râului. Și în acest caz suprapunerea celor două distribuții de particule cu origine diferită are loc în zona fracțiunilor cuprinse între 0.5 – 8 mm, generând impresia „penuriei” de particule în depozitele de albie.

Materialul de albie al râurilor este supus **mobilității verticale în profil longitudinal și în secțiune transversală**. Modificările patului albiilor de râu pe verticală, în sens pozitiv sau negativ față de un nivel de referință, sunt un răspuns direct al surplusului sau deficitului de material solid transportat de râu. Or, se știe că încărcătura solidă a râurilor este foarte sensibilă la orice schimbare în natura factorilor de control din bazin, fie naturali sau antropici. Pentru argumentarea observațiilor proprii, cercetările noastre s-au axat pe

datele înregistrate în cadrul a 63 de secțiuni transversale din bazinul hidrografic Siret, în special, cele de pe partea dreaptă a râului, motiv pentru care am folosit și sintagma "râurile est-carpătice". Astfel, pentru fiecare secțiune de albie s-au obținut serii de timp privind poziția patului albiei la un anumit nivel altitudinal. Informația a fost sintetizată într-o bază de date în care am insistat pe lungimea perioadei de observație, pe grosimea stratului mobil al albiei supus proceselor agradare - degradare, pe amplitudinea și lungimea fazelor de instabilitate.

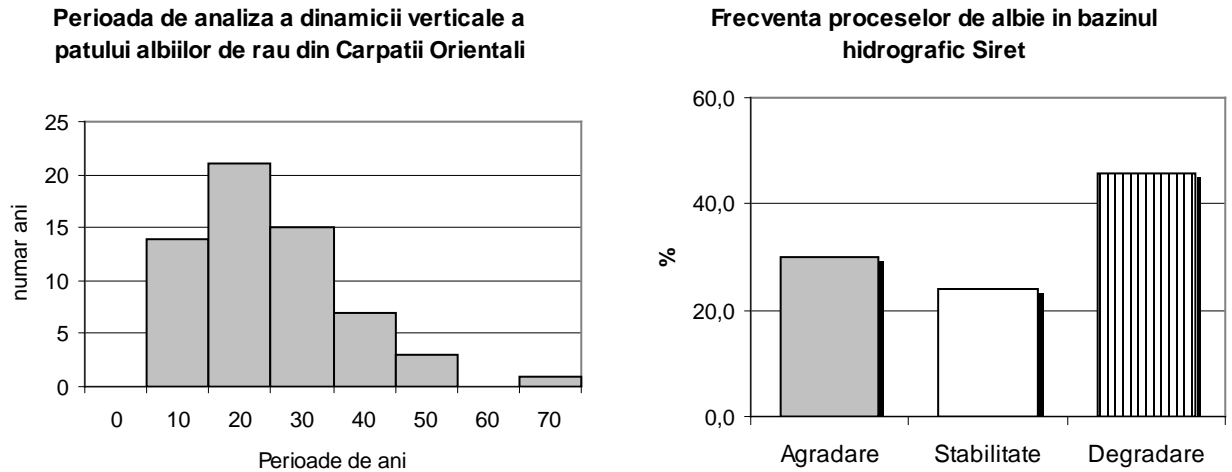


Fig. 3. Rezultatele analizei statistice ale mobilității verticale ale albiilor râurilor est-carpătice.

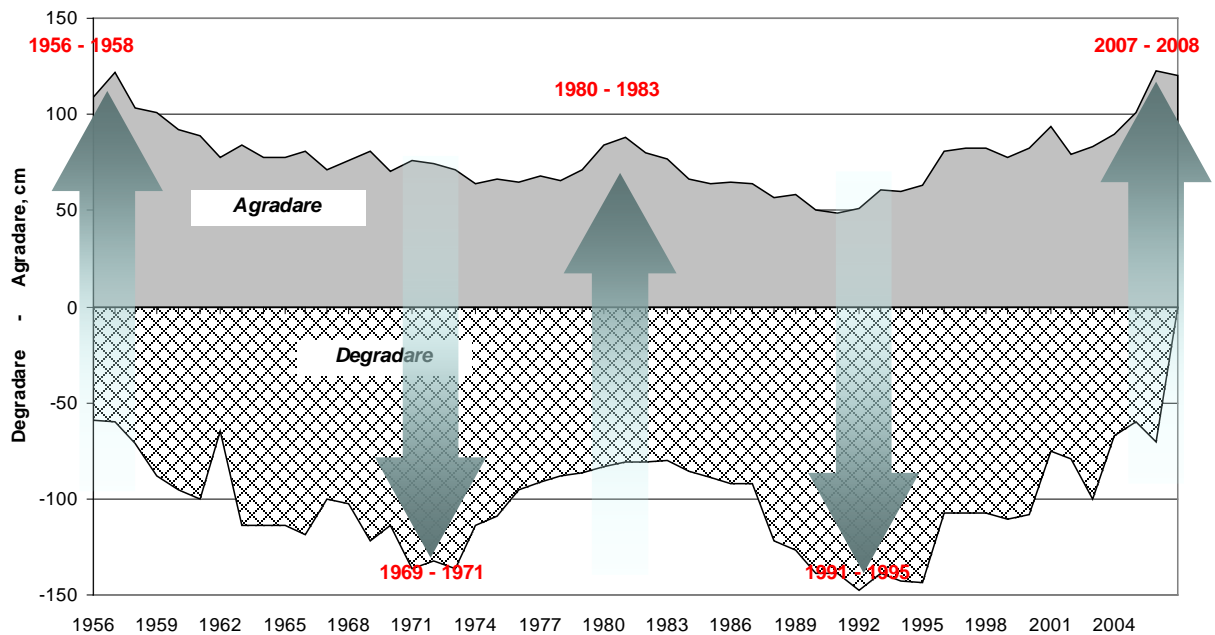


Fig. 4. Starea medie a mobilității verticale a albiilor de râu est-carpătice în perioada 1959 - 2008 și evidențierea fazelor de ape mari și ape mici (ce coincid cu ciclurile climatice): degradarea mai frecventă în perioadele de ape mari și agradarea mai frecventă în perioadele de ape mici.

Obiectivele pe care le-am urmărit în legătură cu acest aspect au fost următoarele: a) la nivelul celor peste 60 de secțiuni de albi analizate aferente râurilor din bazinul hidrografic Siret, care este starea medie a proceselor fluviale definite mai sus? b) care este factorul de control dominant în comportarea albiilor de râu studiate? c) este sesizabil impactul antropic în comportarea albiilor de râu pe baza datelor de care dispunem?

Răspunsul la aceste întrebări a fost obținut pe baza prelucrărilor statistice a bazei de date obținute de noi și din care exemplificăm câteva în diagramele din fig. 3. Astfel, pentru perioada de peste 70 ani (cea mai frecventă fiind între 20 - 30 ani) de monitorizare a poziției altitudinale a patului albiilor de râu în cele 63 de secțiuni transversale, am constatat că procesul fluvial dominant este *degradarea albiei* în aproape 50% din cazuri. Urmează ca importanță *agradarea albiei*. Stabilitatea albiei, respectiv, oscilația pe verticală a patului de râu sub 50 cm, caracterizează puțin peste 20% din cazuri. Mobilitatea patului albiilor are loc prin succedarea unor unde de *agradare* și *degradare* a căror amplitudine este de 80 - 100 cm pentru fazele de *agradare* și de 100 - 120 cm pentru fazele de *degradare*.

Corelațiile între mobilitatea patului albiei și mărimea debitului lichid a scos în evidență o anumită sensibilitate, pe care am încercat să o sintetizăm în diagrama din fig. 4. Astfel, pe ansamblu, s-a observat că ciclicitatea climatică, prin instituirea fazelor de ape mari și ape mici, controlează în mare măsură stabilitatea albiilor. Cele mai importante faze de *degradare* a albiilor de râu se suprapun pe anii de maximă activitate ciclonică, cu precipitații bogate și viituri însemnate (1969 - 1971; 1991- 1993), în timp ce fazele de *agradare* a albiilor, de refacere a materialului de albie, se suprapun pe anii cu precipitații mai reduse și cu scurgere lichidă de mică amplitudine (1956-1958; 1980 - 1983; 2007-2008). De aici putem deduce că *ciclicitatea climatică* determină și regenerarea materialului grosier din patul râurilor și echilibrul aparent între cele două procese fluviale dominante. Oscilațiile pe termen lung ale înălțimii patului albiilor se suprapun pe o ușoară tendință de adâncire a albiilor. Cauza acestui din urmă fenomen se află în multitudinea intervențiilor antropice asupra albiilor de râu propriu-zise, dar și în bazinul versant, cu efect direct asupra generării și transportului de aluviuni spre punctul de ieșire din sistemul fluvial.

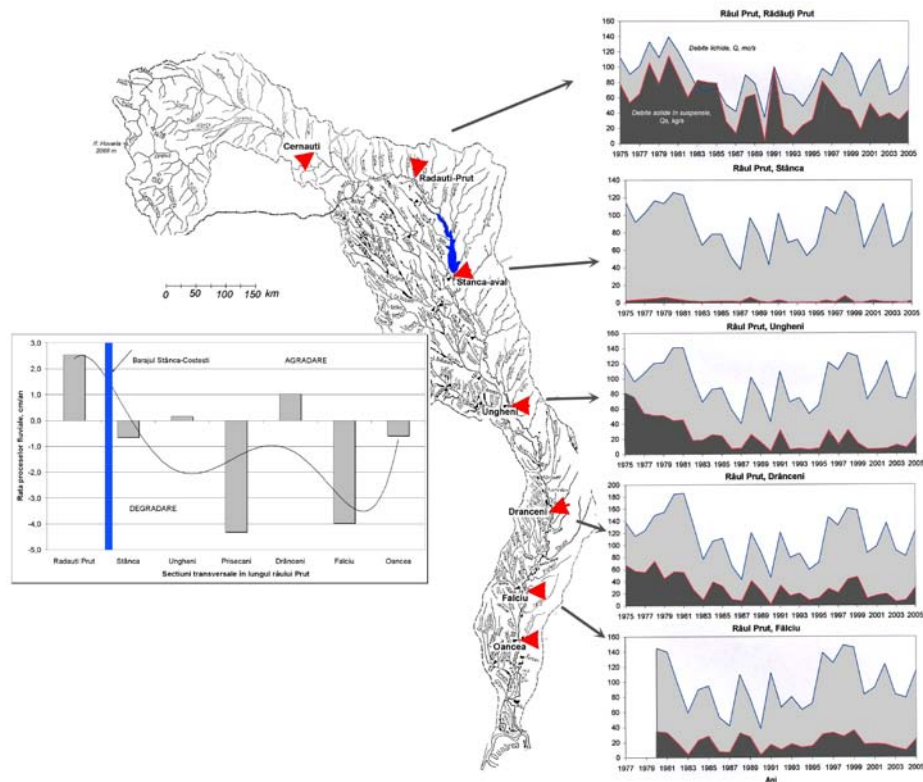


Fig. 5. Rata proceselor fluviale în lungul râului Prut.

Cele mai abrupte **intervenții umane asupra sistemelor fluviale** sunt construirea de baraje și amenajarea de lacuri artificiale. Râurile Bistrița, Siret și Prut au cunoscut importante amenajări de acest tip în România. Principalele caracteristici ale evoluției albiilor în aval de baraje sunt condiționate de schimbările ce au loc în regimul scurgerii lichide și solide. Vom aduce în discuție, în mod special, cazul râului Prut, pe care s-a construit în 1978 barajul de la Stânca - Costești. Acesta a determinat o captare aproape în totalitate a materialului aluvionar din bazinul superior (peste 95%), astfel că imediat aval de baraj, apa uzinată este lipsită de suspensii (fig. 5). Pe următorii 500 km spre aval râul încearcă să-și refacă debitul solid, dar nu reușește decât în proporție de 63% spre gura de vărsare. În schimb, mărirea debitului lichid nu a fost afectată, modificându-se doar regimul scurgerii care s-a regularizat (fig. 5).

Măsurătorile hidrometrice curente în secțiunile transversale de la posturile hidrometrice au fost folosite pentru a obține informații privind bilanțul proceselor de agardare – degradare la cele 7 secțiuni hidrometrice din lungul râului Prut (Rădăuți Prut, Stânca, Ungheni, Prisecani, Drânceni, Fălciu și Oancea) și care au acoperit o perioadă de timp între 1975 și 2005. Rezultatul a măsurat tendința proceselor fluviale pe care am extrapolat-o pentru întreg râul pe linia de graniță a României. Cum este și firesc, amonte de lacul Stânca, albia minoră a înregistrat o ușoară agardare, probabil, ca răspuns al stocării aluviunilor în zona de coadă a lacului. Imediat aval de baraj, degradarea este procesul dominant ca efect direct al reducerii drastice a încărcăturii solide a râului. Procesul acesta general de adâncire nu este liniar, ci apar și sectoare în care albia încearcă o ușoară agardare. În ansamblu, efectul barajului se transmite în avale pe albia râului Prut pe o distanță destul de peste 400 km, ritmul de adâncire fiind de peste 4 m<sup>3</sup>/m. Abia spre concluența cu Dunărea procesul diminuează la sub 0.5 m<sup>3</sup> per metru liniar de albie minoră.

În concluzie, rata proceselor fluviale și ritmul modificărilor la nivelul albiilor de râu se înscriu în tendințele observate la nivelul râurilor din Europa care au fost supuse unor îndelungi și diverse modificări antropice (Petts et al., 1989). La începutul secolului al XIX-lea procesul dominant era cel de agardare ce a afectat numeroase componente ale sistemului fluvial. În secolul al XX-lea, complexitatea intervențiilor antropice a determinat o adâncire și îngustare a albiilor (Liebault și Piegay, 2002; Rinaldi, 2003; Uribe Larrea et al., 2003). Față de tendința generală observată la nivelul râurilor europene, în România, există o anumită întârziere în răspunsul albiilor de râu, prin aceea că deși procesul de adâncire este dominant (peste 50% din totalul secțiunilor studiate), agardarea albiilor afectează încă numeroase secțiuni de râu. Așa cum precizăm mai sus, modificările la nivelul secțiunii de albie minoră sunt rezultatul proceselor ce caracterizează întregul bazin hidrografic, între care un rol important îl au intervențiile antropice.

## Bibliografie

- AMĂRIUCĂI M. (2000), *Șesul Moldovei extracarpatică dintre Păltinoasa și Roman. Studiu geomorfologic și hidrologic*, Edit. Carson, Iași.
- ARMENCEA GH., MARINESCU GH., STOICESCU HEDA, LUP I. (1980), *Aspecte ale prognozei procesului de coborâre al albiei râurilor aval de baraje*, Hidrotehnica, 25, 2, București.
- BONDAR C., STATE I., DEDIU R., SUPURAN I., VAȘLABAN G., NICOLAU G. (1980), *Date asupra patului albiei Dunării în regim amenajat pe sectorul cuprins între Baziaș și Ceatal Izmail*, Studii și cercetări de hidrologie, XLVIII.
- CANCIU C. (2008), *Valea Dunării între Brăila și Pătlăgeanca – studiu geomorfologic*, Teza de doctorat, Universitatea București.
- DAVIS, W.M. (1899), *The geographical cycle*. Geographical Journal 14 (1899).
- DIACONU C., BALAS D., BURCIU O., STROIA E. (1962), *Despre stabilitatea albiilor râurilor României*, Studii de hidrologie, III, București.
- DUMITRIU D. (2007), *Sistemul aluviunilor din bazinul râului Trotuș*, Editura Universității Suceava.
- FEIER IOANA., RĂDOANE MARIA (2007), *Dinamica în plan orizontal a albiei minore a râului Somesu Mic înainte de lucrările hidrotehnice majore (1870-1968)*, Analele Universității Suceava, XVI, 13 – 26.
- ICHIM I., RĂDOANE MARIA (1986), *Efectele barajelor în dinamica reliefului. Abordare geomorfologică*, Edit. Academiei, București.

- ICHIM I., BĂTUCĂ D., RĂDOANE MARIA, DUMA D. (1989), *Morfologia și dinamica albiilor de râu*, Edit. Tehnică, București.
- LIEBAULT F., PIEGAY H. (2003), *Causes of 20th century channel narrowing in mountain and piedmont rivers of Southeastern France*, *Geomorphology*, 27.
- PANIN N. (1976), *Some aspects of fluvial and marin processes in Danube Delta*, An. Inst. De Geologie, L, București.
- PASCU MARIA (1999), *Cercetări privind influența regularizării radicale a albiilor de râuri asupra stabilității unor construcții aferente și a mediului înconjurător – cu referire la bazinul hidrografic al râului Prahova*, Rez. Tezei de doctorat, Universitatea Tehnică „Gh. Asachi”, Iași.
- PERȘOIU IOANA (2008), *Time and space adjustments of Somesu Mic River. Causes and effects*, *Geophysical Research Abstract*, vol. 10, EGU General Assembly, Viena.
- PETTS G. E., MÖLLER H., ROUX, A. L. (editori) (1989), *Historical Changes of Large Alluvial Rivers in Western Europe*, Wiley, Chichester, London.
- POPA-BURDULEA ALINA (2007), *Geomorfologia albiei râului Siret*, Teză de doctorat, Universitatea „Al.I.Cuza” Iași.
- RĂDOANE MARIA, ICHIM I., PANDI G. (1991), *Tendențe actuale în dinamica patului albiilor de râu din Carpații Orientali*. St. cerc. geol., geofiz., geogr., ser. geogr., t. 38, 21 – 31.
- RĂDOANE MARIA, RĂDOANE N.(2003), *Morfologia albiei râului Bârlad și variabilitatea depozitelor actuale*, *Revista de Geomorfologie*, 4-5, 85-97.
- RĂDOANE MARIA, RĂDOANE N., DUMITRIU D. (2003), *Geomorphological evolution of river longitudinal profiles*, *Geomorphology*, 50, Elsevier, Olanda, 293-306.
- RĂDOANE MARIA, RĂDOANE N. (2005b), *Dams, sediment sources and reservoir silting in Romania*, *Geomorphology*, vol. 71, Elsevier, Olanda, vol. 217-226.
- RĂDOANE MARIA, RĂDOANE N., DUMITRIU D., MICLĂUȘ CRINA (2008), *Downstream variation in bed sediment size along the East Carpathians Rivers: evidence of the role of sediment sources*, *Earth Surface Landforms and Processes*, 32, Marea Britanie.
- RĂDOANE MARIA, FEIER IOANA, RĂDOANE N., CRISTEA I., BURDULEA ALINA (2008), *Fluvial deposits and environmental history of some large Romanian rivers*, *Geophysical Research Abstract*, vol. 10, EGU General Assembly, Viena.
- RINALDI M. (2003), *Recent channel adjustments in alluvial rivers of Tuscany, Central Italy*, *Earth Surface Proc. Landforms*, 28.
- SNOW R.S., SLINGERLAND R.L. (1987), *Mathematical modeling of grande driver profiles*, *Journal of Geology*, 95.
- URIBELARREA D., PEREZ-GONZALES A., BENITO G. (2003), *Channel changes in the Jarama and Tagus rivers (central Spain) over the past 500 years*, *Quaternary Science Reviews* 22, 2209-2221.