

INFLUENȚA ANTROPICĂ ASUPRA BUGETULUI ALUVIUNILOR PENTRU ZONA MOLDOVEI DINTRE SIRET ȘI PRUT.

Maria RĂDOANE, Nicolae RĂDOANE

Cuvinte cheie: impact antropic, surse de aluviuni, colmatarea lacurilor, efluența aluviunilor
Key words: anthropic impact, alluvial sources, lakes colmation, alluvions effluence

Anthropical influence on the sediment budget in the Moldavia's area between Siret and Prut Rivers. The research results on the sediment system for a large area of our country are analysed; that is Moldavia between the Siret and Prut Rivers. This area is covered in the most part of Jijia ($A = 5722 \text{ km}^2$) and Bârlad ($A = 7395 \text{ km}^2$) drainage basins. To calculate the sediment budget it was taken into account a high amount of data about the gross erosion (evaluated on the erosion plots, in the gully erosion, on the landslide areas), the sediment transfer by the drainage network, the sediment storage in the different sinks, especially in the small lakes. So, the gross erosion for the Moldavia's conditions was calculated between $2300 \text{ t km}^{-2}\text{y}^{-1}$ to $4000 \text{ t km}^{-2}\text{y}^{-1}$; exceptionally, on the bare fields it may be of $8000 \text{ t km}^{-2}\text{y}^{-1}$. The sediment delivery in the river network is only of about 100 to $500 \text{ t km}^{-2}\text{year}$, that is a very low proportion of the gross erosion. This phenomenon is justified by a high rate of the sediment storage in the fluvial system (especially, on the hillslope feet, on the floodplains, in the small lakes etc). We are inventoried a number of 427 small lakes in the studied area, with an average volume under $1,000,000 \text{ m}^3$. They are characterised by a trap coefficient of 60 - 80%, this being determined by the silt and clay sediment.

In these conditions, the sediment delivery ratio is of about 21% for the Jijia drainage basin and about 4% for the Bârlad drainage basin. Morphodynamically, this means a high sedimentation in the all forms of storage, especially, hillslope feet and floodplains.

1. Argumente în sprijinul cercetării relațiilor surse de aluviuni - efluența aluvionară

Asupra *eroziunii versanților*, cel puțin pentru regiunea deluroasă și, în special, pentru regiunea Podișului Moldovei, există o informare foarte importantă care se bazează pe măsurătorile de lungă durată realizate în perimetrul Stațiunii pentru Cercetarea Eroziunii Solului Perieni (Moțoc, 1984; Ioniță, Ouatu, 1985; Pujină, 1997; Ioniță, 1999; Popa, 1999; Purnavel, 1999; Hurjui, 2000; Ioniță, 2000a, b). De asemenea, există numeroase lucrări care tratează regional problema eroziunii (Ichim, 1988, Rădoane et al., 1999; Ioniță, 2000b), fie la nivelul cartografierii geomorfologice (Băcăuanu, 1968; Hârjoabă, 1968), fie la nivelul unor evaluări cantitative pentru regiuni reduse din aria Podișului Moldovei (Pricop et al., 1988; 1990; Nicolau, Pricop, 1990; Popa, 1999; Hurjui, 1999; Rădoane et al., 2000).

Dacă avem în vedere rețeaua de posturi hidrometrice cu măsurători de debite de aluviuni din sistemele hidrografice ale Podișului Moldovei (peste 20), putem spune că există și o informare asupra *evacuării aluviunilor din principalele rețele de râuri* (Rădoane, Ichim, 1987; Rădoane et al., 1990; Olariu, Gheorghe, 2000). În plus, există o serie de cercetări aplicate asupra *sedimentării din câteva lacuri de baraj* din bazinul râului Bahlui, Prut și Bârlad (Băloiu, 1965; Zavati, Giurma, 1982; Pricop et al., 1988; Purnavel, 2000).

Toate acestea pot oferi o imagine generală asupra ratei eroziunii versanților, dar și asupra cantității de aluviuni din principalele sisteme hidrografice din podiș. Rămâne însă deschisă cunoașterea relațiilor dintre volumul depozitelor erodate de pe versanți într-un timp dat și cel evacuat dintr-un dintr-un bazin de o anumită mărime, în același timp; cu alte cuvinte, *raportul de efluență a aluviunilor*.

Raportul de efluență a aluviunilor nu este o problemă specifică cercetărilor din țara noastră, ci preocupă specialiștii în domeniu încă din 1962, odată cu lucrarea lui J.E. Roehl. Astfel, procesul de mișcare a aluviunilor într-un bazin hidrografic a fost abordat în termeni și concepții cu totul diferite de ceea ce eram obișnuiți a înțelege prin binecunoscuta triadă

morfodinamică: eroziune – transport – acumulare. *Raportul de efluență a aluviunilor* este, fără discuție, cea mai importantă contribuție în domeniul tranzitului de aluviuni, o mărime care vine să clarifice discrepanța între volumul de aluviuni provenit din eroziunea totală într-un bazin hidrografic dat și volumul de aluviuni care ajunge să fie evacuat din bazinul respectiv. Parametrii de calcul ai raportului sunt: *producția de aluviuni*, Pa ($t/km^2/an$) măsurată în secțiunea de închidere a bazinului (în care se includ volumele de materiale evacuate prin rețeaua hidrografică) și *eroziunea totală* (“gross erosion”) din bazin, Et ($t/km^2/an$), în care se includ volumele de materiale erodate prin eroziunea în suprafață, eroziunea în adâncime, alunecări de teren. Relația între cei doi parametri este în următoarea formă:

$$Ref(\%) = Pa/Et \cdot 100$$

Între detașarea aluviunilor și efluență se interpune un spațiu (suprafața bazinului hidrografic) și un timp necesar tranzitării acestui spațiu. Așa cum se poate ușor presupune, între punerea în mișcare a aluviunilor în ariile sursă și efluență există numeroase stocaje ale depozitelor, numeroase “remobilizări” ale acestora în procesul de transport. De altfel, într-o serie de cercetări nu se ezită a se defini domeniul cuprins între *surse* și *efluență* a aluviunilor sub genericul de “cutie neagră” (Walling, 1983), tocmai pentru a se evidenția faptul că “spațiul” dintre cele două domenii este extrem de puțin cunoscut.

În opinia noastră, principalele aspecte pe care le impune identificarea relațiilor între *surse* și *efluență* sunt: a) delimitarea ariilor sursă; b) diferențierea proceselor de transfer spre și în albiile de râu; c) stabilirea bilanțului între arii de proveniență și tipuri de procese.

Asupra tuturor s-au propus și testat în perioada de declanșare a cercetărilor privind efluența aluviunilor, o serie de metode noi, adăugate celor clasice (care țin, în primul rând, de cartografia și analiza depozitelor corelate). O mare parte dintre cercetători au abordat problema în relație strânsă cu sedimentarea în micile lacuri de baraj. Dintre metodele noi, reamintim câteva, presupuse a fi de mare rafinament, mai ales în ce privește echipamentul tehnic de determinare: a) Evaluarea raportului de îmbogățire a aluviunilor cu conținut de argilă; b) Evaluarea raportului de îmbogățire a aluviunilor în timpul transportului cu materie organică, azot, fosfor, carbon organic în raport cu solul parental; c) Studiul comparativ al mineralelor magnetice din bazinul hidrografic și din sedimentele acumulate în lunci sau mici lacuri de baraje; d) Analiza conținutului ^{210}Pb din solul parental și depozitele acumulate în lunci și mici lacuri de baraj; e) Analiza conținutului ^{137}Cs , comparativ, din ariile sursă și ariile sedimentare; f) Tehnici de analiză “close-range photogrammetry”.

Acestor metode și tehnici care presupun echipamente, laboratoare și programe speciale de investigare, deocamdată neutilizate la noi (sau utilizate parțial, de exemplu, Ioniță, 1998), li se adaugă o serie de analize tradiționale, între care în primul rând sunt: -cartografierea geomorfologică a depozitelor din zonele sursă și ariile de sedimentare; -studii detaliate de morfometrie ale arealelor de depunere; -eficiența de captare a aluviunilor (în special, a lacurilor de baraj).

În ce ne privește, posibilitățile de care dispunem ne obligă să apelăm la asemenea analize, cu precizarea că vom investiga în mod deosebit *semnificația ordinului rețelei hidrografice (în sistem Strahler) asupra raportului între surse și efluență*. Aceasta este posibil și pentru că în zona dintre râurile Siret și Prut nu există o varietate litologică prea mare, cel puțin în raport cu alte regiuni din țară, nici diferențieri climatice pregnante, iar utilizarea este preponderent în domeniul agricol.

2. Cercetări anterioare

În țara noastră, cu toate progresele obținute în cunoașterea ratei de eroziune a terenurilor (îndeosebi, în regiunile agricole) și a tranzitului de aluviuni, problema raportului de efluență a

aluviunilor rămâne încă deschisă pentru evaluări mai riguroase. În această lucrare ne-am propus o reevaluare a progreselor făcute în acest domeniu cu privire la aria Podișului și Câmpiei Moldovei, evidențiind în mod deosebit rolul acumulărilor mici de apă.

Ne-am propus o atentă revizuire a literaturii publicate până în prezent asupra măsurătorilor de eroziune în general din Podișul Moldovei și Colinele Tutovei, asupra datelor obținute în diferite perimetre experimentale, asupra manierei de prelucrare-interpretare a acestora, atât pentru a avea o imagine asupra stadiului de cunoaștere a fenomenului complex de denudație a reliefului acestor unități de relief, cât mai ales pentru a alege situațiile martor ce ne vor servi în programul de cercetări pe bazine hidrografice mici controlate de iazuri.

Întreaga informație obținută poate fi eșalonată după următoarea problematică:

- asupra eroziunii terenurilor, în general, și pe versanți, în special;
- asupra tranzitului de aluviuni pe râuri;
- asupra raportului de efluență a aluviunilor.

2.1. Asupra eroziunii efective a versanților

Relieful Moldovei dintre Siret și Prut este afectat de o eroziune puternică și foarte puternică pe mai mult de 50% din suprafață (Bechet, Neagu, 1975) al cărei efect se resimte imediat în diminuarea suprafețelor agricole.

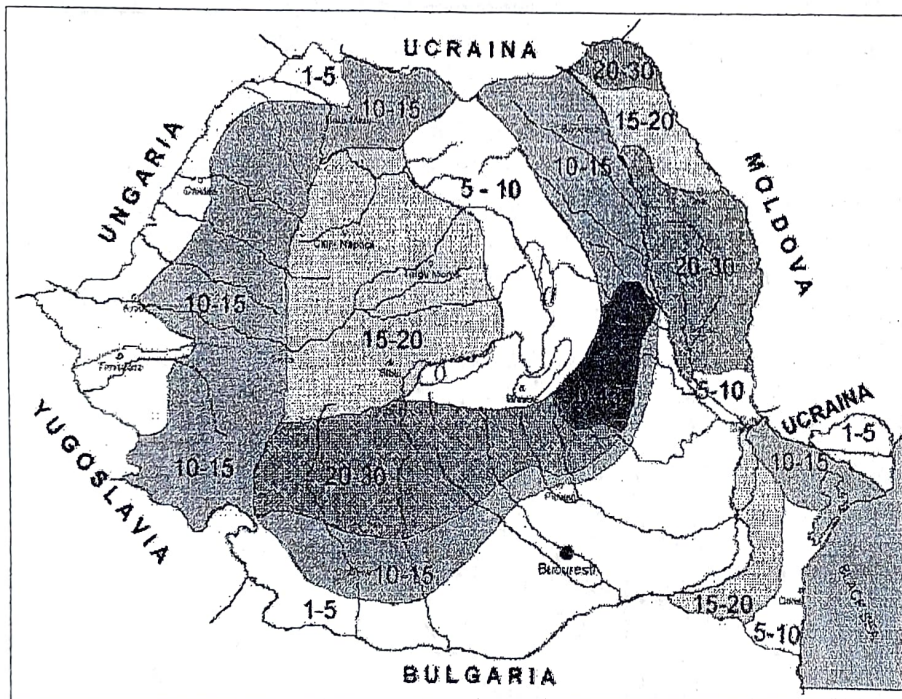


Fig. 1. Zonarea eroziunii totale pe terenurile agricole – t/ha/an (Moțoc, 1983).

a) *Evaluările globale* realizate la nivelul teritoriului României de către Moțoc și colaboratorii săi (1983, 1984) s-au concretizat într-o hartă de zonare a eroziunii totale pe terenuri agricole, inclusiv diferențierea ei pe județe și contribuția folosințelor și formelor de eroziune la formarea eroziunii totale (fig. 1).

În concepția autorului, *eroziune totală* înseamnă suma volumului eroziunii în suprafață, a volumului eroziunii în adâncime și aportul de material provenit din alunecări de teren, iar *efluența aluvionară* este produsul dintre eroziunea totală și coeficientul de efluență. La nivelul teritoriului României, eroziunea în suprafață contribuie cu 54% la cantitatea totală de material erodat, iar eroziunea în adâncime și alunecările cu 46%. Din punct de vedere al eroziunii totale, aria Podișului Moldovei, mai precis teritoriul cuprins între râurile Siret și Prut, se încadrează la un nivel ridicat, de 20-30 t/ha/an (sau 2000-3000 t/km²/an).

b) *Măsurători directe pe terenuri experimentale.* Stațiunea de Cercetare pentru Eroziunea Solului de la Perieni a realizat unul dintre cele mai ample programe de observații și măsurători complexe în perimetre special amenajate, neîntrerupte timp de 25 ani (1970-1994). Rezultatele raportate de-a lungul timpului de Popa et al. (1984), Ioniță, Ouatu (1985) și sintetizate recent de Ioniță (2000) redau cu deosebită acuratețe valorile ratei eroziunii în suprafață a versanților pentru condiții diferite de cultură și pentru teren nud, în relație directă cu agresivitatea pluvială (tabel 1).

Din aceste date se poate concluziona că eroziunea în suprafață și în rigole poate îndepărta anual de pe un teren lipsit de vegetație în zona Podilului Central Moldovenesc în medie 28,00 t/ha/an.

Evident, aceste cifre se reduc considerabil funcție de utilizarea terenurilor. Riscul erozional maxim se plasează în lunile iunie-iulie, cu procente de 30 – 40% din total an.

Valori comparabile ale eroziunii în suprafață și în rigole măsurată timp de 10 ani de Popa (1999) în cadrul unor parcele în Valea Țarinei (258 ha) și Bechet (29 ha) au fost de 15,80 t/ha/an și, respectiv, 26,90 t/ha/an.

Tabel 1. Eroziunea în suprafață determinată pe parcele în cadrul Stațiunii Perieni în perioada 1970-1994 (Ioniță, 2001)

Anul	Agresivitate pluvială $H_{i_{15}}$	Eroziunea (t/ha/an)		
		Ogor	Porumb	Grâu
1970-1974	85,5	34,1	8,8	0,40
1975-1979	65,6	22,7	1,4	0,60
1980-1984	39,8	16,5	2,5	0,20
1985-1989	88,0	40,6	15,5	1,20
1990-1994	80,0	24,9	7,0	1,90
Media	72,0	28,0	7,0	0,88

H = cantitatea de precipitații; i_{15} = intensitatea nucleului torențial pe durata de 15 minute.

Eroziunea în ravene are o contribuție importantă la realizarea eroziunii efective a versanților. Punctual, pentru cele 11 ravene monitorizate în bazinul Bîrladului, perioada 1961-1990, Ioniță (2000) a determinat rate medii de regresare a ravenelor de 10,6 m/an, ceea ce înseamnă un volum mediu de 1100 t/km²/an. La o valoare comparabilă am ajuns și noi pe baza ratelor de retragere a 38 de ravene din zona cuprinsă între râurile Siret și Prut.

Alte determinări asupra eroziunii efective a versanților au fost făcute de Băloiu și Giurma (1979) pe secțiuni de versant funcție de utilizarea terenurilor amonte de unele lacuri din Podișul Moldovei (este vorba de lacurile Cucuteni, Ciurbești și Ezăreni). Autorii specifică că nu toate aluviunile provenite de pe versanți ajung în cuveta lacului, dar nu precizează ce proporție anume se stochează. Zonele cu influență mare contribuie cu 5000-7000 t/km²/an, iar zonele cu influență slabă doar 200-400 t/km²/an.

Tabel 2. Efluența aluvionară calculată pe baza volumelor de sedimente din unele lacuri din bazinul Bahlui

Lacul	Bazinul de drenaj amonte de lac (km ²)	Volum aluviuni intrate în lac (m ³ /an)	Perioada măsurată	Eroziunea efectivă (t/km ² /an)	Sursa
Podu Iloaiei	525	121765	1964-1979	347,9	Zavati, Giurma (1982)
"		100895	1964-1985	288,3	Pricop et al. (1990)
Cucuteni	122	54357	1964-1979	668,3	"
Ciurbești	81	28208	1963-1987	522,4	"
Ezăreni	41	29750	1963-1980	1088,4	"
Aroneanu	47	14095	1964-1985	449,5	"
Tansa	347	172200	1975-1985	744,4	"
Puşcași	296	419231	1973-1998	1416,3	Purnavel (1999)
Cuibul Vulturilor	542	221430	1978-1992	408,5	"
Râpa Albastră	253	160000	1979-1993	632,4	"
Fichitești	163	180625	1977-1993	1108,2	"
Antohești	39,6	9000	1984-1995	227,3	"
Găiceanca	46,6	17000	1984-1995	364,8	"

c) *Colmatarea lacurilor de baraj*. Măsurătorile repetate asupra colmatării a 5 lacuri de baraj din bazinul Bahlui (Aroneanu, Ezăreni, Cucuteni, Ciurbești, Podu Iloaiei) a reprezentat acumularea unui set important de date privind stocajul de aluviuni. Acesta a putut fi utilizat pentru determinarea cu acuratețe a efluenței aluvionare, adică acea parte din materialele erodate de pe versanți care ajung în cuveta lacurilor.

Rezumând datele citate până aici, rezultă că *eroziunea efectivă a versanților* în condițiile Podișului Moldovei variază între $2380 \text{ t/km}^2/\text{an}$ – $4000 \text{ t/km}^2/\text{an}$ pentru teren nud, iar dacă se adaugă și volumul eroziunii în adâncime, volumul dislocat prin alunecări de teren, eroziunea brută a versanților (gross erosion) poate depăși $8000 \text{ t/km}^2/\text{an}$.

2.2. Asupra tranzitului de aluviuni pe râuri

Aluviunile transportate de râuri reprezintă acele depozite care ajung să fie evacuate din bazinul de drenaj sub formă de soluție, suspensie și târât și care, în conceptul de sistem al aluviunilor, poartă denumirea generică de *producția de aluviuni*.

În conținutul Podișului și Câmpiei Moldovei se apreciază că circa 95% din volumul total de aluviuni sunt reprezentate de suspensii. Așadar, volumul de aluviuni reprezentat de debitul târât în cazul acestor râuri poate fi considerat neglijabil.

Deși zona Moldovei (între Siret și Prut) ocupă o suprafață de circa 10% din teritoriul țării, aproximativ 25000 km^2 , densitatea posturilor hidrometrice la care se fac măsurători pentru transportul de aluviuni este de aproximativ 1 la 500 km^2 (tabel 3). Este o densitate foarte mică pentru o regiune unde eroziunea brută sau efectivă are valori mari. Să luăm, de exemplu, bazinul râului Bârlad în secțiunea hidrometrică Tecuci, care controlează o suprafață de 6778 km^2 ; aici se înregistrează o efluență aluvionară de $508\,628 \text{ m}^3/\text{an}$ sau $891\,849 \text{ t/an}$, respectiv, $131,58 \text{ t/km}^2/\text{an}$, ceea ce reprezintă 4% din rata eroziunii efective (eroziunii brute).

Tabel 3. Producția de aluviuni determinată pe baza măsurătorilor de aluviuni în suspensie ale râurilor din zona Moldovei (între Siret și Prut)

Bazinul hidrografic	Secțiunea măsurată	Suprafața bazinului (km^2)	Debitul lichid mediu multianual (m^3/s)	Debitul solid în suspensie (kg/s)	Producția de aluviuni ($\text{t/km}^2/\text{an}$)
Sacovăț	Șofronești	299	0,727	1,982	209,04
Bârlad	Negrești	817	4,670	15,530	599,45
"	Vaslui	1540	3,010	12,280	251,47
"	Bârlad	3952	6,560	13,580	108,34
"	Tecuci	6778	10,400	28,280	131,58
Vasluiet	Codăești	350	1,0377	5,080	455,92
Tutova	Plopana	20,4	0,048	0,715	1104,79
Lipova	Lipova	30	0,080	0,970	1019,66
Tutova	Rădeana	172	0,294	2,720	498,71
Pereschiv	Fichitești	73	0,111	0,690	298,08
Berheci	Feldioara	519	0,996	6,320	384,02
Zeletin	Galbeni	402	0,863	10,980	861,35
Racova	Ivănești	182	0,413	1,760	304,51
Jijia	Dorohoi	255	0,678	1,270	157,06
Jijia	Dângeni	852	1,770	8,290	306,70
Sitna	Todireni	940	2,040	5,110	171,60
Bahluiet	Tg. Frumos	72	0,163	0,780	342,15
Durduc	Frenciungi	163	0,456	0,960	185,73
Simila	Băcani	242	0,406	1,510	196,77
Elan	Tupilați	233	0,266	1,244	168,37
Chineja	Fârțânești	426	0,572	1,866	138,15

Se poate ușor constata diferența între eroziunea pe versanți și ceea ce este evacuat în sistemul hidrografic. Pierderea de aluviuni între versanții bazinului și secțiunea de evacuare se determină cu ajutorul *raportului de efluență a aluviunilor*.

a) *Ierarhizarea rețelei hidrografice* a constituit pentru noi baza de evaluare a efluenței aluviunilor în unele areale ale teritoriului României. Având în vedere semnificația ordinului de rețea hidrografică (în sistem Strahler) în variația mărimii unor caracteristici ale bazinelor, de la cele de ordin morfometric, la cele de regim al scurgerii lichide (Zăvoianu, 1985), am arătat că astfel de dependențe se realizează și la nivelul raportului de efluență. Ne-am gândit că această variabilă oferă și avantajul unei operative cadastrări a unui bazin hidrografic în funcție de obiectivul urmărit. Metoda de lucru a fost aplicată de noi la bazinele hidrografice Putna, Argeș, Buzău, Trotuș, Olteț, Bârlad. Concluziile noastre de până acum asupra acestui fenomen pot fi rezumate în două aliniate:

- există o diminuare a raportului de efluență a aluviunilor pe măsura creșterii ordinului de mărime a rețelei hidrografice. Dacă din bazinele de ordinul I (sistem Strahler), care de fapt se consideră a fi versantul propriu-zis, se evacuează teoretic 100% din aluviunile puse în mișcare, pe măsura creșterii dimensiunii bazinului, aluviunile sunt stocate în baza versantului, în albiile majore, în retenții, în conuri de dejecție ș.a.

- în Podișul Moldovei, ritmul de descreștere a raportului este mult mai mare comparativ cu bazinele din arealul subcarpatic sau cel al munților flișului (tabel 4). Acest fenomen se materializează într-o puternică supraînălțare a bazei versanților, o împotmolire a rețelei hidrografice (Ichim, 1981), de fapt, un transfer al aluviunilor de pe versanți în baza acestora, stocuri de depozite care, la rândul lor pot deveni surse de aluviuni într-o situație de schimbare a condițiilor de morfogeneză.

Tabel 4. Raportul de efluență a aluviunilor (%) în relație cu ordinul rețelei hidrografice pentru unele zone din România (Rădoane, Ichim, 1987)

Regiunea	Ordinul de mărime al rețelei (sistem Strahler)						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Bazine din munții flișului	100,0	65,2	42,2	33,2	26,1	20,0	-
Bazine din Subcarpații Moldovei și Subcarpații Curburii	-	100,0	80,9	61,6	45,6	30,0	25,0
Bazine din Podișul Moldovei	100,0	49,5	34,6	19,0	12,0	5,5	3,5

3. Analiza calității aluviunilor în evaluarea raportului de efluență

Analiza *calității aluviunilor* a fost propusă de Walling (1983) ca metodă indirectă pentru calculul raportului de efluență a aluviunilor (Ref, %). Aceasta înseamnă că rata eroziunii și a efluenței poate fi explicată sau evaluată procentual prin analiza unor proprietăți ale aluviunilor, comparativ cu cele ale depozitelor din aria sursă. Până în prezent calitatea aluviunilor a fost raportată la: semnificația unor formațiuni granulometrice; compoziția mineralogică a aluviunilor și depozitelor din ariile sursă; compoziția chimică; minerale magnetice, conținut de nutrienți; prezența ^{137}Cs sau ^{210}Pb ; prezența unor componente organici proprii solurilor din bazin.

Găsim că cea mai lesnicioasă metodă este analiza îmbogățirii în argilă a aluviunilor. Pentru aceasta, Walling și Karne (1984) au propus următoarea relație de calcul:

$$\text{Ref} = C_{\text{sol}}(\%) / C_{\text{susp.}}(\%)$$

în care Ref = raportul de efluență a aluviunilor; C_{sol} (%) = conținutul procentual în argilă a solului; $C_{susp.}$ (%) = conținutul procentual de argilă a suspensiilor. Metoda a fost aplicată de autori pentru râuri din Anglia și are la bază faptul că eroziunea, transportul și sedimentarea se fac selectiv și funcție de granulometrie. Se are în vedere stratul superficial al solului pe primii 30 cm și stratul superficial al sedimentelor, în cazul că se lucrează cu sedimente lacustre.

Această metodologie a fost aplicată pentru câteva bazine mici din zona deluroasă cuprinsă între râurile Siret și Bistrița, înlocuindu-se analiza sedimentelor transportate în suspensie de către râuri, cu cea a sedimentelor depozitate în lacurile mici din aceste bazine (Ichim et al., 1998). S-au colectat astfel probe din zonele de coadă a iazurilor și de la baraje pentru surprinderea fenomenelor de gradare granulometrică și în cuvetele lacurilor. Iazurile eșantionate au fost următoarele: Vădușu Cornei, situat pe cursul superior al pârâului Valea Albă; Prăjești, Bărc și Români, situate pe cursul superior al pârâului Verdele; Înăriei I și II, situate pe valea pârâului Bahna Mare; Budești, Bălănești I și II, în bazinul Valea Neagră.

Aceste lacuri sunt amplasate într-o regiune caracterizată de fragmentare deluros-colinară, cu asimetrie puternică a reliefului datorată structurii de monoclin exprimată la nivelul proceselor ce asigură sursele de aluviuni. Folișința terenurilor este, aproape în exclusivitate, agricolă, excepție făcând unele areale de pe cuesta pârâului Valea Neagră (între Budești și Bălănești) unde apar păduri de foioase.

Din analiza datelor obținute se pot reține câteva observații:

- s-a evidențiat un contrast evident între diametrele caracteristice ale depozitelor de versant și cele ale sedimentelor din lacuri. Astfel, procente de argilă, silt și nisip din solurile bazinelor aferente s-au raportat la procente de argilă, silt și nisip din sedimentele prelevate de la coada lacurilor și de la baraje. S-a constatat că din materialul erodat din bazin se stochează, mai întâi, particulele grosiere (nisipul, în special). Pe măsura apropierei de baraj s-au sedimentat și fracțiuni mai fine, siltul și argila, astfel că procentul lor ajunge să domine față de situația existentă în solul supus eroziunii. Pe baza raporturilor dintre ponderile fracțiunilor de argilă (în unele situații s-a considerat și procentul de silt) din sedimentele lacurilor și din solurile bazinelor aferente s-a evidențiat fenomenul de transport selectiv. Acesta a fost cuantificat prin parametrul numit raport de îmbogățire în argilă al sedimentelor, *Rima*. Acest raport a înregistrat variații între 40 și 60%, *aproape o dublare a conținutului de particule fine în sedimentele lacurilor față de cele din solurile parentale*.

- a existat o diferențiere și la nivelul conținutului de humus pentru cele două categorii de depozite: sol și sediment. În raport cu valorile acestuia determinate pentru solurile din bazinele de recepție, există o scădere mai accentuată în zonele de coadă a lacurilor și mai redusă în cele din apropierea barajelor. Observația arată că *humusul este un element evacuat cu relativă ușurință din bazinele hidrografice și, cu excepția unei mici proporții, nu este captat nisi de lacuri*.

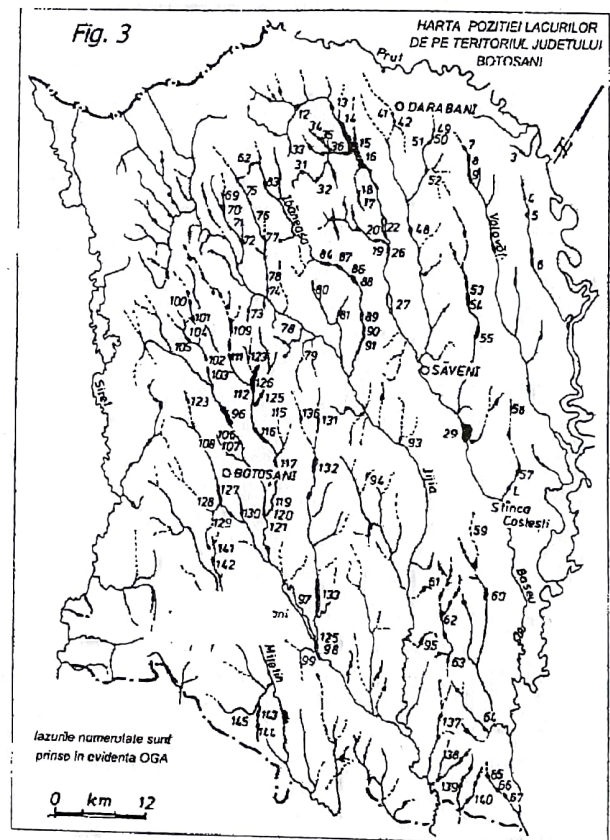
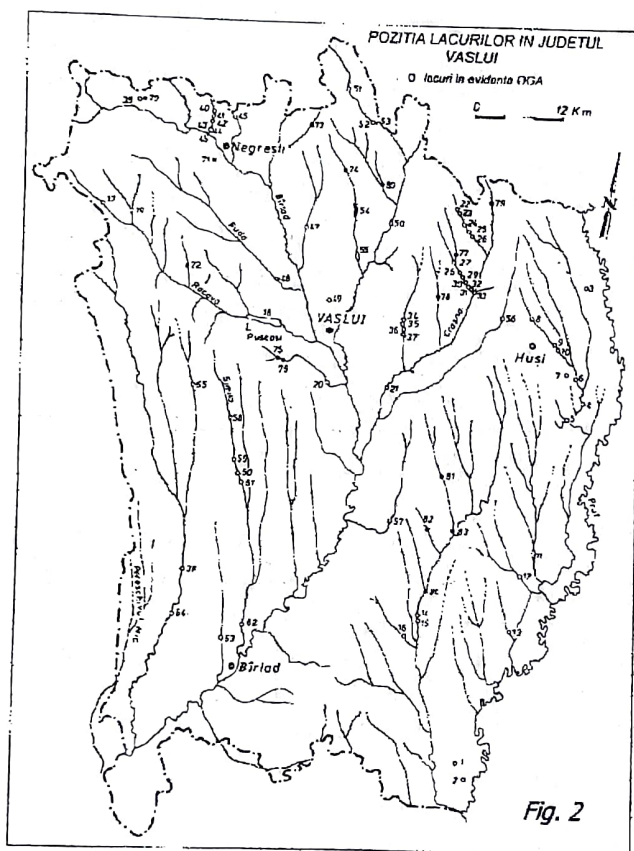
- raportul de efluență a aluviunilor prezintă o rată de 60 – 80%, comparabilă cu cea de 78,8% preliminară de Moțoc (1984) pentru totalul fondului agricol, reprezentând materialul solid evacuat din materialul solid total pus în mișcare prin procesele de eroziune. *Efluența mare a aluviunilor se explică prin dominanța fracțiunilor fine în solul supus eroziunii care, odată puse în mișcare, sunt repede și ușor transportate de apele de pe versanți și apele râurilor, particulele mai grele din categoria nisipurilor fiind stocate*.

4. Inventarierea iazurilor din Podișul Moldovei și Câmpia Moldovei

Zona cuprinsă între râurile Siret și Prut și care se suprapune regiunilor geomorfologice ale Câmpiei Moldovei și Podișului Moldovei este cunoscută prin prezența celor mai numeroase retenții din regiuni deluroase ale țării noastre. Practica amenajării lor datează din timpuri vechi, dar menționarea lor documentară datează din secolele XV – XVI.

Pe primele reprezentări cartografice riguroase, respectiv, pe hărțile lui Bawr (1781-1797) și hărțile lui Otzellowitz (1790) sunt consemnate 134 iazuri și, respectiv, 372 iazuri. Pe așa-numita hartă rusească, realizată în 1850 sunt menționate 126 iazuri, iar între 1850-1900 sunt menționate 1144 iazuri (Baican, 1970).

Pentru perioada de după 1900, întregul fond topografic cuprinde și o înregistrare a iazurilor și lacurilor. Numărul diferit de la o etapă la alta este în legătură cu gradul de detaliere a ridicării topografice a teritoriului, dar ceea ce se poate constata și în perioada actuală, unele lacuri sunt temporar scurse, iar vatra lor redată circuitului agricol (de regulă, pășunatului). Aceasta face foarte dificilă identificarea momentului de amenajare a unor lacuri, chiar dacă sunt menționate în documente istorice. Alteori, scurgerea unui lac este "compensată" prin darea în exploatare a altuia în imediata vecinătate, ceea ce complică atât fixarea poziției, cât și datarea lui. Pe noi ne interesează în mod deosebit clarificarea acestor elemente pentru reconstituirea volumului de depozite stocate și a condițiilor de sedimentare a acestora, indirect, reconstituirea ratei de eroziune.



În acest context, devine foarte dificilă alegerea unor lacuri (iazuri) reprezentative pentru proiectul ce ni l-am propus. În plus, se adaugă faptul că asupra unui mare număr de lacuri prinse în fișele de cadastru nu sunt date privind suprafața, volumul și alte caracteristici utile în evaluarea depunerilor de sedimente.

Într-o primă etapă am recurs la inventarierea după fișele-cadastru din Rețeaua Națională a Apelor și confruntarea acestora cu situațiile cartografice de pe ultimile hărți topografice. S-au inventariat acumulările din județele Vaslui, Iași, Botoșani, Suceava (fig. 2,3). În județele Bacău, Neamț, Galați și Vrancea prezența lacurilor colinare nu este o caracteristică.

S-au inventariat în total 415 retenții, din care am reținut doar 338 de acumulări cu date complete asupra volumului de apă, suprafeței luciului de apă, a utilizării. Confruntând fișele cu hărțile topografice în 8 culori, scara 1/25000, ediția 1983-1985, s-a constatat, pe de o parte, că multe lacuri din inventar nu mai existau la data aerofotografierii din 1983. În această situație am recurs la o metodă indirectă. Intuind că, în condițiile unui relief cu o mică energie, nu pot fi

amenajate lacuri cu baraje înalte și, în consecință, suprafața luciului de apă se află în raport strâns cu volumul de apă acumulat, am testat pe baze statistice o astfel de relație. Rezultatul indică, într-adevăr, o mare dependență a celor două variabile, în același timp detașându-se două grupe de acumulări.

- *acumulările mici și mijlocii* (unele dintre ele foarte vechi, cum este Dracșani pe râul Sitna), se grupează după dreapta descrisă de ecuația:

$$V_1 = 18,4585 S_L^{1,0444}$$

unde V_1 = volumul lacului în mii m³ și S_L = suprafața lacului în hectare și

- *acumulările mari*, de regulă cele amenajate după 1960, se grupează după dreapta descrisă de ecuația:

$$V_2 = 100,1 S_L^{0,991}$$

Parametrii statistici indică, de asemenea, o mare eficiență a relațiilor ($r = 0,944$; $r^2 \times 100 = 88,4\%$ și, respectiv, $r = 0,891$; $r^2 \times 100 = 79\%$). Relația V_1 a fost utilizată pentru completarea datelor de volum în cazul acumulărilor cu date incomplete în inventariere, iar relația V_2 a fost utilizată, în special, pentru verificarea suprafețelor lacurilor măsurate pe hărți în scara 1/25000.

În final, prin confruntarea datelor din fișele de cadastru cu cele rezultate din analiza hărților topografice, ediția 1983-1985, am reținut un număr de 427 de iazuri și lacuri, repartizate pe cele două bazine importante ce drenează aria Moldovei, respectiv, Jijia (cu 307 iazuri) și Bârlad (cu 55 iazuri). Alte iazuri aparțin bazinului Bașeu (65) care se varsă în Prut, mai jos de Ștefănești. Pentru analiza rolului iazurilor asupra efluenței aluvionare este esențial ca acestea să fie repartizate pe bazine de drenaj, respectiv, incluse sistemelor fluviale de eroziune-transport și acumulare.

5. Evaluarea coeficientului de captare a aluviunilor pentru lacurile mici din zona Moldovei (între Siret și Prut)

Evaluarea coeficientului de reținere a aluviunilor pentru unele lacuri din Podișul Moldovei a fost făcută până acum pe baza curbei lui Brune (1955). Numeroși alți autori (Heinemann, 1981; Yoon, 1982; Rausch și Heinemann, 1985; Bube și Trimble, 1986; Evans și Church, 2000) s-au preocupat atât de corectarea și adaptarea curbei Brune, cât și de modificarea ei, în ideea creșterii gradului de eficiență. Una dintre acestea ia în considerare raportul între volumul lacului și mărimea bazinului hidrografic ca variabilă independentă:

$$E_t = 100 \left(1 - \frac{1}{1 + 2,1 \frac{V}{Sb}} \right)$$

unde: E_t = coeficient de captare a aluviunilor; V = volumul lacului în m³; Sb = suprafața bazinului de alimentare a lacului în ha. Relația poate fi utilizată în situațiile când măsurătorile asupra tranzitului de aluviuni din bazinele hidrografice lipsesc sau sunt puțin reprezentative. Este și motivul pentru care am aplicat-o pentru arealul studiat.

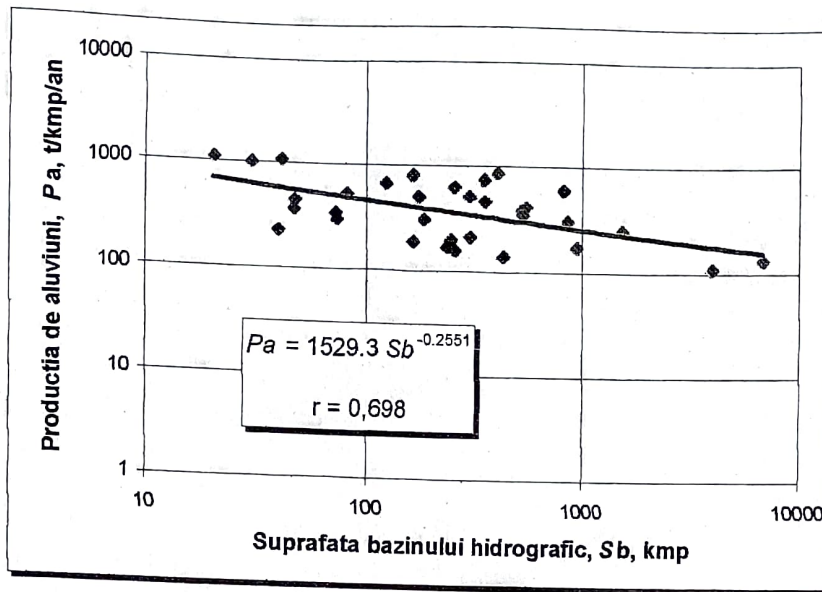
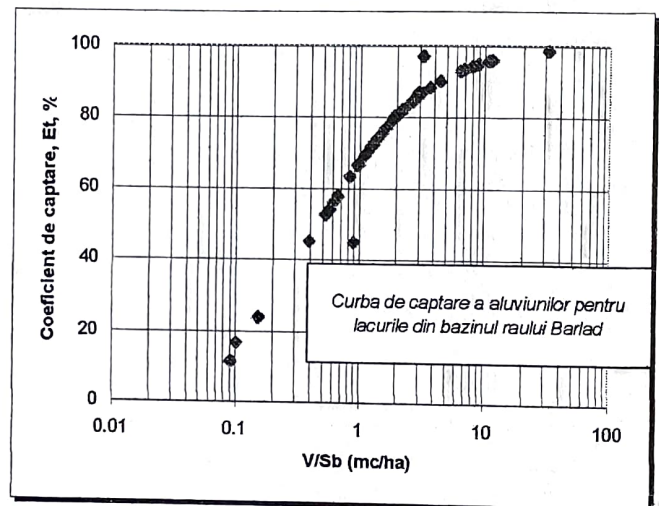
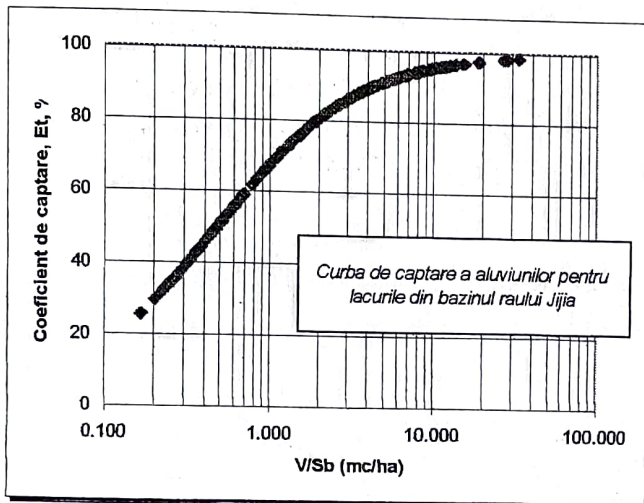


Fig. 4. Relația dintre producția de aluviuni, P_a , și suprafața bazinelor hidrografice, S_b , în condițiile râurilor și lacurilor din Podișul Moldovei și Câmpia Jijiei

Fig. 5. Curbele de captare ale aluviunilor de către lacurile din bazinul Bârladului și Jijiei.



Au fost determinate curbele coeficientului de captare pentru lacurile din bazinele Bârlad și Jijia (fig.5) care dovedește un mare grad de acurateță pentru calculul volumului de aluviuni reținut de lacuri. De exemplu, pentru raporturi V/S_b mai mare de 10 (cazul lacurilor Cătămărăști, Dracșani, Căzănești, Solești, Râpa Albastră), gradul de reținere a aluviunilor este peste 95%. Dimpotrivă, lacurile cu raport V/S_b mic (între 1 și 10) au un coeficient de captare de 70 – 80%. De altfel, în această bandă de variație s-a situat cel mai mare număr de lacuri studiate; tot aici se plasează și valoarea medie (74%) a coeficientului de captare. Cu raport V/S_b foarte mic, regulă, sub 1,0 sunt iazuri mici ca dimensiuni și care au coeficient de captare sub 50%.

Datele asupra coeficientului de captare au permis și evaluarea ratei de colmatare a lacurilor și a timpului de colmatare a 50% din volumul inițial al acestora. Relația între rata de colmatare (R_c , %) și coeficientul de captare (E_t , %) exprimată grafic în fig. 6, este descrisă de ecuația:

$$R_c = 17,098 - 0,1783 E_t \quad (r = 0,579)$$

indică trei zone de grupare a lacurilor funcție de capacitatea lor. Astfel, lacurile de mare capacitate se grupează în zona cu un coeficient de captare a aluviunilor de peste 90% și cu o

rată de colmatare sub 2%, ceea ce înseamnă un timp de colmatare mare pentru această zonă. Lacurile mari, precum Pușcași, Cuibul Vulturilor, Râpa Albastră rețin aproape întreaga cantitate de aluviuni din amonte. De exemplu, în lacul Cuibul Vulturilor intră anual 221 000 m³ și efluează doar puțin peste 20000 m³. Lacul Râpa Albastră primește anual un volum de 160 000 m³ aluviuni și efluează doar 8000 m³. Lacurile de mică capacitate (sub 100 000 m³) se grupează în zona unui coeficient de captare a aluviunilor sub 50% și o rată de colmatare mare (peste 5%), ceea ce înseamnă și un timp de colmatare redus. Dar cea mai mare parte a lacurilor din bazinele Bârlad și Jijia se plasează în zona mediană a graficului (fig. 6), cu un coeficient de captare de 60 – 80% și o rată de colmatare de 1 – 5 %, ceea ce se materializează într-un timp de colmatare rezonabil pentru condițiile Podișului Moldovei și Câmpiei Jijiei. De altfel, într-un studiu separat cu caracter global privind timpul de colmatare a lacurilor de baraj din România (Ichim, Rădoane, 1986), aria geografică cuprinsă între râurile Siret și Prut se detașează ca foarte favorabilă, ocupând poziția a doua după aria montană.

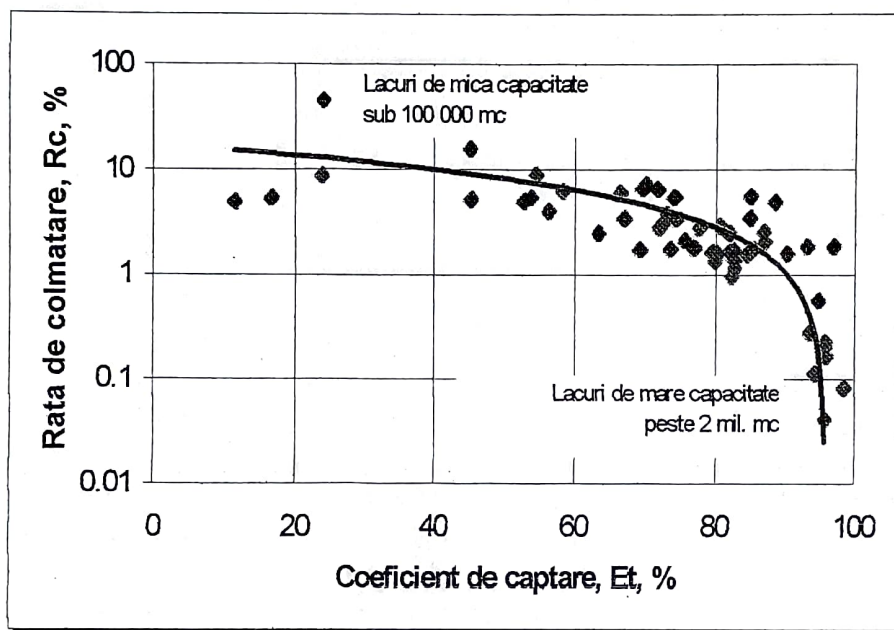


Fig. 6. Rata de colmatare a lacurilor funcție de coeficientul de captare în condițiile Podișului Moldovei și Câmpiei Jijiei.

6. Bugetul de aluviuni pentru bazinele râurilor Bârlad și Jijia

Eroziunea efectivă a versanților în bazinul râului Bârlad a fost evaluată la 12 740 700 m³/an. Aluviunile efluente în secțiunea Tecuci, unde bazinul Bârladului însumează 6770 km² reprezintă 509 628 m³/an, adică 4% din volumul total de material erodat în bazinul din amonte (fig. 7). Rezultă că în bazinul Bârladului se stochează peste 90% din materialele puse în mișcare pe versanți, în ravene, alunecări de teren, în albiile de râu. În acest însemnat stocaj, lacurilor din bazinul Bârladului le revin doar 6%, adică 750 000 m³/an și efluează 164 000 m³/an. Dar trebuie să se țină seama că în această etapă lacurile controlează doar 36,9 % din suprafața bazinului, pentru care eficiența reținerii aluviunilor este foarte ridicată (81 %).

În cazul bazinului Jijiei (fig. 7), eroziunea efectivă a versanților este mai redusă decât în cazul bazinului Bârlad, respectiv, a fost evaluată la aproximativ 1 125 000 m³/an. Din această cantitate, 236 000 m³/an sunt evacuate din bazin prin secțiunea din avale de orasul Iași, după confluența cu r. Bahlui. Această cifră reprezintă 21% din eroziunea efectivă din bazin, cu mult mai mare decât în cazul Bârladului. Aceasta înseamnă că sistemul hidrografic al Jijiei în care funcționează peste 300 de iazuri realizează un stocaj relativ limitat, de aproximativ 3 %. Un stocaj important de 79% se realizează în ariile depoziționale ale bazinului Jijiei, precum albiile majore, conuri aluviale, glaciuri etc. Efluența mai mare în cazul bazinului Jijiei, comparativ cu Bârladul se explică și prin granulometria mult mai fină a materialelor transportate de-a lungul rețelei de drenaj, în relație directă cu aria sursă în care domină materialele siltice și argiloase.

Din această cauză și coeficientul de captare de către iazuri este mic, undele de viitură, atunci când sunt, traversează retențiile aproape fără să se decanteze materiale solide importante. Evident, cu câteva mici excepții, și acumularile de apă sunt reduse, în medie de 250 000 m³.

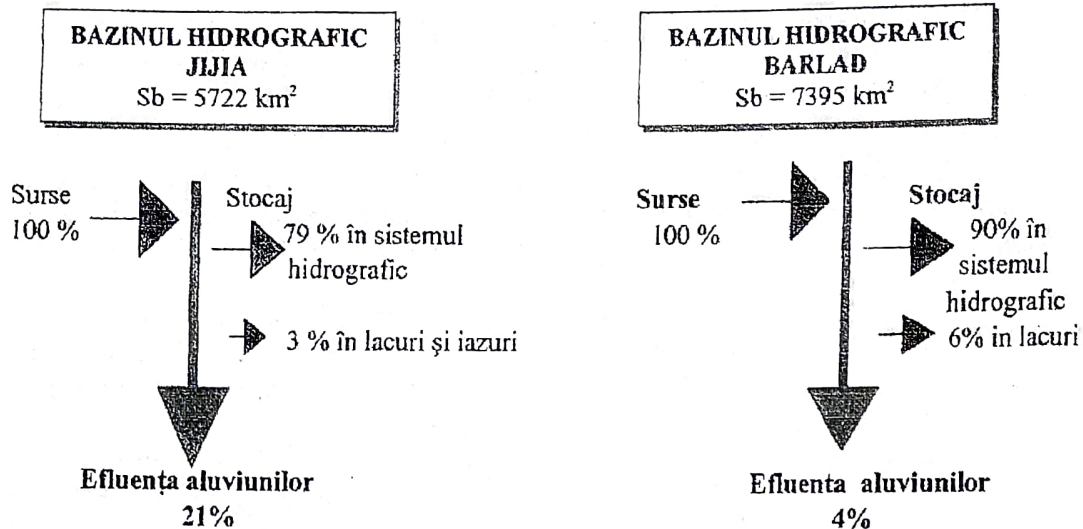


Fig. 7. Bugetul de aluviuni ale bazinelor hidrografice Jijia și Bârlad

Concluziile lucrării noastre încearcă să pună accentul pe faptul că sedimentele, în general, procesele legate de acestea și fenomenele de impact reprezintă secvențe importante în dinamica mediului natural și afectează direct sau indirect domenii ale economiei naționale. Cu referire la o zonă geografică importantă a țării noastre - Moldova între râurile Siret și Prut - evaluările noastre bazate pe cercetările proprii, cât și pe cele mai recente studii, arată că mișcarea sedimentelor înregistrează un ritm deosebit de accentual în domeniul versanților și unul lent în cel al albiilor de râu. Morfodinamic, aceasta înseamnă ceea ce demult timp s-a definit drept o „îmbătrânire a rețelei hidrografice” (Filipescu, 1950) sau o supraînălțare a bazei versanților (Ichim, 1981) din această zonă. Rețeaua relativ deasă de lacuri și iazuri determină o încetinire și mai mare a transferului de aluviuni prin captarea unei părți din volumele transportate.

Aluvionarea puternică a șesului râurilor din această zonă poate căpăta dimensiuni catastrofice, fenomen evidențiat sugestiv prin exemplul citat de Băcăuanu în binecunoscuta lucrare „Câmpia Moldovei”.

„Moara de apă din satul Dădești (în șesul Bahluietului, n.n), construită în jurul anului 1848, a dispărut din cauza ridicării continue a nivelului șesului. De atunci și până în prezent, șesul Bahluietului s-a înălțat cu 3-4 m. În alte sectoare apropiate, arborii de pe șes au fost îngropați aproape în întregime în aluviuni, rămânând afară doar unele ramuri uscate care au fost tăiate în anul 1945. Cu 40-50 ani în urmă, podul de peste Bahluiet de la Dădești, se găsea la peste 2 m deasupra apei, însă prin aluvionare, albia s-a ridicat continuu, iar în prezent apa curge imediat sub grinzile podului” (p. 138).

Cercetările asupra dezvoltării luncilor din bazinul hidrografic Jijia realizate de Bojoi et al (1998) confirmă această tendință a mișcării aluviunilor. Prin metode cantitative moderne, autorii au reliefat în mod deosebit rolul confluențelor, noduri de maxima concentrate a fluxurilor de masă și energie de pe traseul albiilor. Așa se explică de ce la confluențe luncile ating dimensiunile cele mai mari pe un tronson de vale considerat. Cu alte cuvinte, confluențele sunt punctele majore de stocaj a aluviunilor în sistemele fluviale ale teritoriului dintre Siret și Prut.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVA

- Baican, V.** (1970), *Iazurile din partea de est a României în documentele istorice și cartografice din sec. XV-XIX*, An. St. Univ. "Al.I.Cuza", s. Geografie, t. XIX, Iași.
- Băcăuanu, V.** (1968), *Câmpia Moldovei. Studiu geomorfologic*, Editura Academiei, 298 p.
- Bojoi, L., Apetrei, M., Vârlan, M.** (1998), *Geomorfometria huncilor. Model de analiză în bazinul superior al Jijiei*, Editura Academiei Române, 260 p.
- Bube, K.B., Trimble, S.W.** (1986), *Revision of the Churchill reservoir trap efficiency curve using smoothing splines*, Water res. Bull, 22, 2, 305 - 309.
- Hârjoabă, I.** (1968), *Relieful Colinelor Tutovei*, Editura Academiei, 155 p. Heinemann, H. G. (1981), *A new sediment trap efficiency curve for small reservoirs*, Water Res. Bull., Amer. Water Res. Association 17, 5, 825-830.
- Hurjui, C.** (2000), *Rolul rocilor sedimentare în morfologia și dinamica ravenelor. Studii caz din Podișul Moldovenesc*, Rez. Tezei de doctoral, Universitatea "Al. I. Cuza" Iași.
- Ichim, I.** (1981), *Tendențe actuate în formarea glacisurilor în condițiile morfogenetice din România*, Analele Univ. "Al.I.Cuza" Iași, tom XXVII, s IIb.
- Ioniță, I.** (2000a), *Formarea și evoluția ravenelor din Podișul Bârladului*, Editura Corson, 169 p.
- Ioniță, I.** (2000b), *Geomorfologie aplicată. Procese de degradare a regiunilor deluroase*, Editura Universității "Al. I. Cuza" Iași, 250 p.
- Moțoc, M.** (1984), *Participarea proceselor de eroziune și a folosințelor terenului la diferențierea transportului de aluviuni în suspensie pe râurile din România*, Bul. Inf. ASAS, 13, București.
- Olariu, P., Gheorghe, Delia** (1999), *The effects of human activity on land erosion and suspended sediment transport in the Siret hydrographic basin*, in *Vegetation, land use and erosion processes* (citată I. Zăvoianu, D. E. Walling, P. Șerban), Institutul de Geografie, 40 - 50, București.
- Popa, N.** (1999), *Contribuții la elaborarea unor modele de prognoză a pierderilor de sol și elemente fertilizante prin eroziune de pe versanții agricole, cu referire la Podișul Bârladului*, Rez. Tezei de doctorat, Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" Iași.
- Pujină, D.** (1997), *Cercetări asupra unor procese de alunecare de pe terenurile agricole din Podișul Bârladului și contribuții privind tehnica de amenajare a acestora*, Rez. Tezei de doctorat, Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" Iași.
- Purnavel, Gh.** (1999), *Cercetări privind efectul lucrărilor de amenajare a formațiunilor torențiale, aflate în zona de influență excesivă a lacurilor de acumulare, asupra procesului de colmatare a acestora; cu referire la Podișul Central Moldovenesc*, Rez. Tezei de doctorat, Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" Iași.
- Rădoane, Maria, Ichim, I.** (1987), *Problema efluenței aluviunilor condiționată de ordinul rețelei hidrografice*, Hidrotehnica, 32,2.
- Rădoane, Maria, Rădoane, N., Ichim, I., Surdeanu, V.** (1999), *Ravenele. Forme, procese și evoluție*, Presa universitară clujeană, 266 p.
- Zavati, V., Giurma, I.** (1982), *Cercetări privind colmatarea unor lacuri de acumulare din bazinul hidrografic Bahlui*, Hidrotehnica, 27, 2, 37-41.