

OBSERVAȚII ASUPRA VARIABILITĂȚII HIDROLOGICE A RÂULUI PRUT

Nicolae Rădoane, Maria Rădoane, Mircea Amăriucăi

Key words: average water flow, suspended sediment load, multiannual variability, Stânca Reservoir effect.

Cuvinte cheie: debite lichide, debite de aluviuni în suspensie, variabilitate multianuala, efectul lacului de baraj Stânca.

Observations on the hydrologic variability of the Prut River. The Prut river is the second important river in the eastern part of Romania. It is an allochthon river that originates in the Woody Carpathians in Ukraine. The multi-annual average flow are determined on different periods at hydrometric stations, among which one is placed in Ukraine. As far as Orofteana de Sus its length is of 235.7 km, average slope of 6.4 m/ km and a hydrographic system of 8241 km². Between Orofteana and the confluence with the Danube on the surface of 946 km, it drains a basin of 28463 km². At Czernowitz the Prut river has a multi-annual average flow of 73.62 mc/s, it grows up to Fălciu at 103.48 mc/s, and then it comes down to 85.3 mc/s, because of the lateral losses. All along the Prut river the maximum flows occur during the months May-June in Ukraine (at Czernowitz) and in April –May at the hydrometric stations from Romania (with values of 140 – 180 m³/s from Rădăuți-Prut towards the confluence with the Danube). At all hydrometric stations the mobile average marked on the maps and which filters the seasonal variability indicates a slow increase tendency of the discharge between 1965 – 1981, and after this there was recorded a slow decline of the water flows. Regarding the alluvia transportation it has been noticed the decantation role played by the Stânca Costești Reservoir. The upstream the lake multi-annual average was of 44,26 kg/s, and downstream the lake was of 100 km, the multi-annual average value of the suspended sediments was of only 13,24 kg/s. These values appear in conditions in which the multi-annual average water flow increased (fig. 3) from 79.6 mc/s to 84.8 mc/s.

1. Introducere

Cercetările asupra resurselor hidrologice ale râului Prut au avut loc în cadrul proiectului „*Managementul și securitatea ecologică a resurselor naturale din bazinul hidrografic de graniță al Prutului*” finanțat prin programul național CEEX. Acest proiect reunește specialiști pluridisciplinari pentru monitorizarea și evaluarea calității resurselor naturale și a exigențelor de mediu la granița de est a României. În ce ne privește, ne-am concentrat în această etapă, asupra regimului hidrologic al râului Prut, ca bază de analiză a morfodinamicii actuale a albiei minore a râului Prut și a depozitelor ce o alcătuiesc. În plus, variabilitatea hidrologică a râului Prut reprezintă o componentă fundamentală de abordare și înțelegere a uneia dintre cele mai importante resurse naturale a bazinului Prut, apa. În conformitate cu domeniul nostru de expertiză, vom face primele observații asupra regimului hidrologic al râului, anual și multianual, calculul curbelor de asigurare a unor debite lichide și unele corelații cu debitele de aluviuni în suspensie. Datele hidrologice care au fost utilizate pentru

analiza de față au fost furnizate de Regia Autonomă „Apele Române”, cărora le suntem recunoscători.

Rețeaua hidrografică din bazinul hidrografic Prut reflectă în mare măsură condițiile de formare reprezentate de alcătuirea litologică și climatul. Sursa principală de alimentare a unităților acvatice o constituie precipitațiile, iar principalul consumator îl formează evapotranspirația. Astfel, se consideră că din suma precipitațiilor anuale din b.h. Prut, circa 90% sunt consumate prin procesul de evapotranspirație (Băcăuanu et al., 1980).

2. Variabilitatea hidrologică a râului Prut

Prutul constituie cel de al doilea râu important din partea de est a României. Este un râu alohton a cărui obârșie se află în Carpații Păduroși din Ucraina. Aici își formează și principala caracteristică hidrometrică, debitul lichid, aspect ce se poate observa foarte bine dacă vom compara acest element la p.h. Rădăuți-Prut (primul după intrarea Prutului pe teritoriul României) și Oancea, situat aproape de confluența cu Dunărea.

Pe teritoriul României, bazinul hidrografic al râului prezintă o formă asimetrică, cu o dezvoltare mai mare în jumătatea nordică, respectiv, rețeaua hidrografică ce drenează Câmpia Moldovei și o îngustare foarte mare a bazinului hidrografic de la sud de Ungheni până la confluența cu Dunărea, unde lățimea bazinului hidrografic scade la sub 20 km (figura 1). În 1978, în dreptul localităților Stâncă-Costești, amonte de confluența Bașelului cu Prutul, a fost dat în exploatare barajul cu același nume, înalt de 43 m și o lungime a coronamentului de 300 m. Barajul de greutate, cu nucleu intern de argilă a permis acumularea unui volum de 1290 mil. m³ apă a cărei suprafață este de 7700 ha. Folosința lacului este multiplă, pentru atenuarea viiturilor, alimentarea cu apă, irigații, producerea de energie electrică, pescuit (figura 2).

Marea majoritate a resurselor de apă ale Prutului se formează în regiunile carpatice și subcarpatice de pe teritoriul Ucrainei. Debitele medii multianuale sunt determinate pe perioade diferite la 6 posturi hidrometrice, din care unul este pe teritoriul Ucrainei (tabelul 1).

Repartiția scurgerii pe luni și pe anotimpuri se poate urmări din graficele inserate în fig. 3 de unde reiese că în luna martie, scurgerea medie depășește de 2,8 – 3,4 ori debitul mediu anual, iar scurgerea de primăvară reprezintă 45 – 50% din scurgerea medie anuală. Iarna și toamna, resursele de apă sunt foarte reduse (8 – 20%) dar varietatea lor, împreună cu scurgerea de vară, oglindește influența însemnată a iazurilor.

Tab. 1. Date asupra morfometriei bazinului hidrografic și a scurgerii lichide ale râului Prut.

Râul	Secțiunea	Suprafața bazinului, km ²	Distanța de la izvor (km)*	Q, m ³ /s
Prut	Cernăuți	6 890	193,30	73,62
Prut	Rădăuți - Prut	9 215	290,43	78,03
Prut	Stâncă	13 099	389,06	81,57
Prut	Ungheni	21 515	572,74	86,81
Prut	Drânceni	22 883	665,68	101,76
Prut	Fălciu	25 214	792,14	103,43
Prut	Oancea	28 463	865,43	85,30



Fig. 2. Lacul și barajul Stânca-Costești.

În regimul pericarpatic estic, moldav, se conturează destul de clar perioada apelor scăzute de primăvară (IV – V), precum și scurgerea mai ridicată în iunie-iulie, la începutul perioadei ploioase de vară (Ujvari, 1972). Tipul de regim al Prutului se apropie de cel carpatic oriental moldav, însă pe tot teritoriul țării noastre suferă deja o transformare destul de însemnată prin creșterea ponderii scurgerii din martie-aprilie (figura 4). În lungul râului Prut, debitele maxime se realizează în lunile mai – iunie pe teritoriul Ucrainei (la Cernăuți) și în lunile aprilie-mai la posturile hidrometrice de pe teritoriul României și au valori de 140 – 180 m³/s de la Rădăuți-Prut spre confluența cu Dunărea. Cele mai mici debite se înregistrează în lunile ianuarie-februarie, când pe râu se instalează și pod de gheață. Valorile debitelor minime pot scădea și sub 10 m³/s cum a fost în anul 1964, luna februarie, când în lungul râului Prut debitele au înregistrat un minim istoric de 5,34 m³/s la Stânca, 5,56 m³/s la Ungheni, 13,3 m³/s la Drânceni și 16,9 m³/s la Fălciu. Perioada de timp luată în analiză a fost reprezentativă pentru determinarea regimului, respectiv, 1895-1997 (Cernăuți) și 1950-1990 (pentru posturile de pe teritoriul României). O influență crescută în reglarea regimului scurgerii lichide ale r. Prut o are acumularea de la Stânca – Costești care asigură un debit minim de cel puțin 35 m³/s aval de baraj.

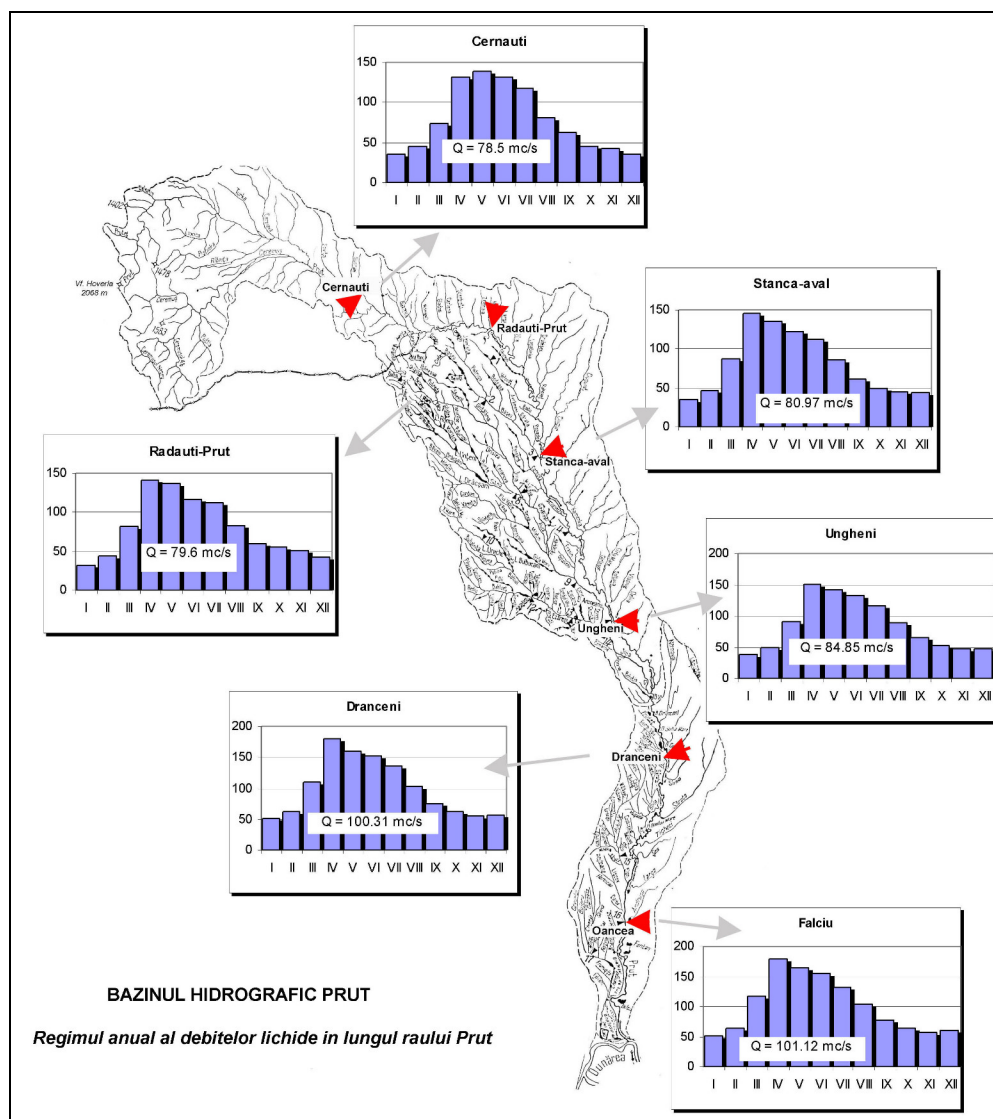


Fig. 3. Regimul scurgerii lichide în lungul râului Prut.

Analiza hidrografelor debitelor medii lunare pe timp lung oferă informații asupra perioadelor de viituri, de ape mici și tendința în variabilitatea acestui parametru. De exemplu, variația debitelor medii lunare ale r. Prut la intrarea în țară (p.h. Rădăuți-Prut) (figura 4) pentru o perioadă de 40 de ani arată, pe de o parte, sezonabilitatea anuală dată de regimul anual al scurgerii lichide și, pe de altă parte, o tendință pe timp lung în care se conturează alternanța unor perioade de ape mari în alternanță cu perioade de ape mai mici. Debitul mediu lunar cel mai mare înregistrat a fost în august 1955 de $452 \text{ m}^3/\text{s}$, iar debitul cel mai mic a fost de $5,61 \text{ m}^3/\text{s}$ în luna februarie 1962. Anul 1955 a fost oarecum singular în realizarea unui vârf istoric în scurgerea lichidă, perioada 1970-1975 având rol important în creșterea tendinței

scurgerii lichide, așa cum indică variația mediei mobile. Aceasta, chiar dacă nu s-au mai înregistrat debitele istorice din 1955. În aval, la postul Stânca (figura 5) tendințele pe timp lung se păstrează aproximativ la fel cu postul din monte, cu deosebirea că aici există o regularizare a debitelor de către acumularea din spatele barajului. Cel mai mare debit înregistrat a fost tot cel din august 1955, de $468 \text{ m}^3/\text{s}$, iar cel mai mic de $5,34 \text{ m}^3/\text{s}$ în februarie 1964. După 1978, odată cu darea în exploatare a lacului Stânca-Costești, asemenea debite minime nu s-au mai înregistrat, deși tendințele regimului anual s-au menținut.

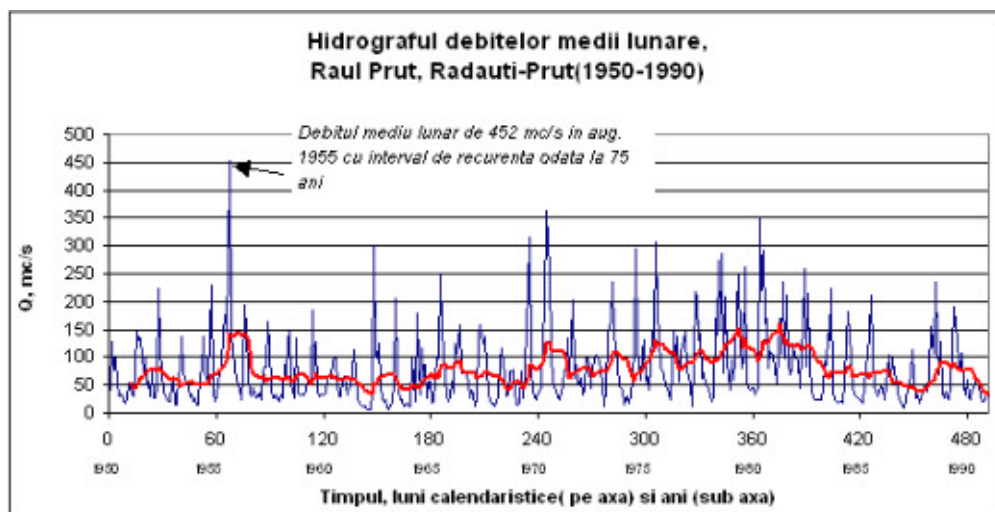


Fig. 4. Hidrograful debitelor medii lunare la Rădăuți-Prut.

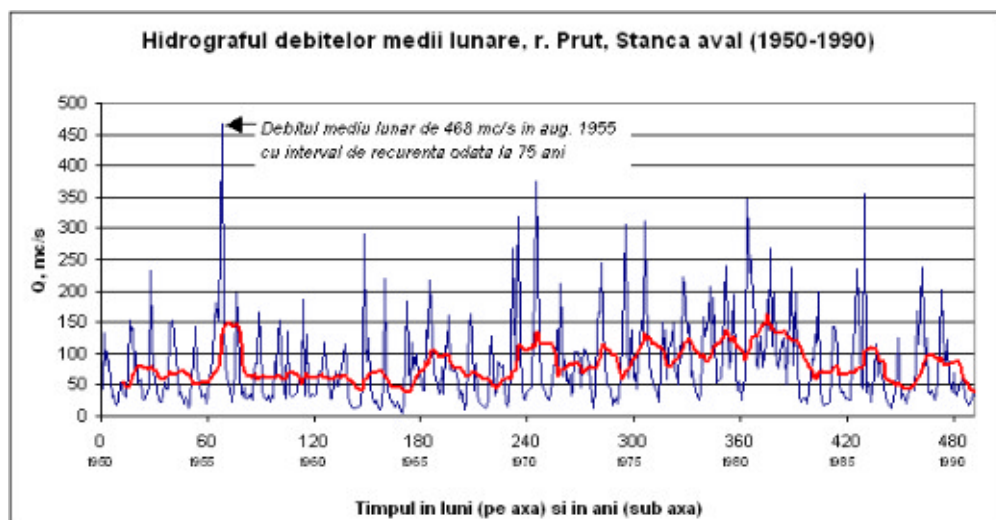


Fig. 5. Hidrograful debitelor medii lunare la Stânca aval.

La posturile hidrometrice Ungheni, Drânceni și Fălciu (fig. 6, 7 și 8) ce se succed în lungul râului Prut se remarcă tendințele imprimare din partea superioară a râului, cu deosebirea că variabilitatea debitelor este din ce în ce mai mare spre avale. Anul 1955 a fost peste tot cu cele mai mari debite înregistrate în lungul râului Prut, dar perioada 1969 – 1975 a fost cea mai lungă cu debite mari. Astfel, în august 1955 la Ungheni s-au înregistrat valori medii de $478 \text{ m}^3/\text{s}$, la Drânceni de $537 \text{ m}^3/\text{s}$, iar la Fălciu de $573 \text{ m}^3/\text{s}$. Cele mai mici valori, așa cum am arătat deja, au fost în februarie 1964.

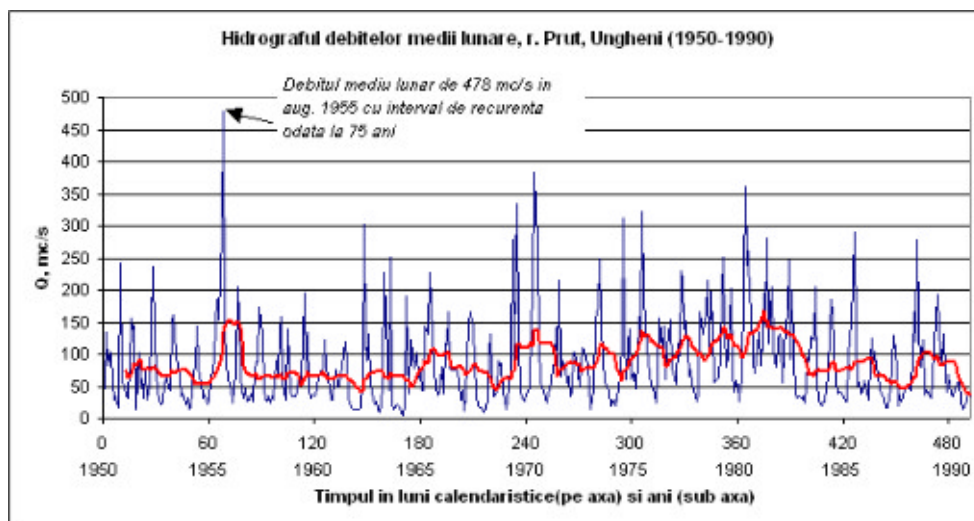


Fig. 6. Hidrograful debitelor medii lunare la Ungheni.

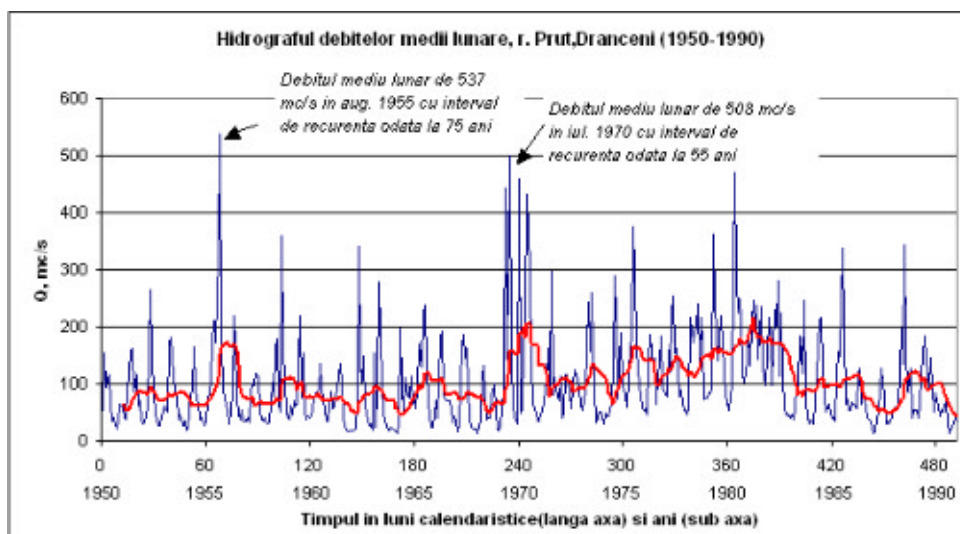


Fig. 7. Hidrograful debitelor medii lunare la Drânceni.

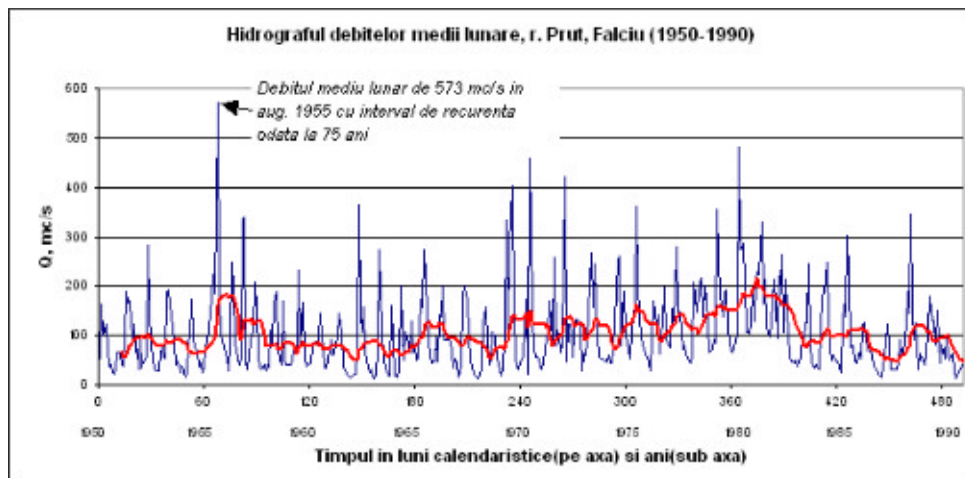


Fig. 8. Hidrograful debitelor medii lunare la Fălcium.

La toate posturile hidrometrice, media mobilă trasată pe grafice și care filtrează variabilitatea sezonală, indică o ușoară tendință de creștere a scurgerii lichide între 1965 – 1981, după care s-a înregistrat un ușor declin a debitelor lichide.

De exemplu, variația debitelor medii lunare ale r. Prut la intrarea în țară (p.h. Rădăuți-Prut) (figura 4) pentru o perioadă de 40 de ani arată, pe de o parte, sezonabilitatea anuală dată de regimul anual al scurgerii lichide și, pe de altă parte, o tendință pe timp lung în care se conturează alternanța unor perioade de ape mari în alternanță cu perioade de ape mai mici. Debitul mediu lunar cel mai mare înregistrat a fost în august 1955 de 452 m³/s, iar debitul cel mai mic a fost de 5,61 m³/s în luna februarie 1962. Anul 1955 a fost oarecum singular în realizarea unui vârf istoric în scurgerea lichidă, perioada 1970-1975 având rol important în creșterea tendinței scurgerii lichide, așa cum indică variația mediei mobile. Aceasta, chiar dacă nu s-au mai înregistrat debitele istorice din 1955.

Curbele empirice de asigurare au fost obținute cu ajutorul șirului de observații medii lunare ale râului Prut la toate posturile hidrometrice. Acestea au oferit posibilitatea aflării valorilor corespunzătoare pentru diferite perioade de repetabilitate sau recurență a debitelor. Metoda de calcul a constat în ordonarea descrescătoare a șirului de 492 valori medii lunare și aplicarea formulei:

$$p = \frac{m}{n + 1} \times 100$$

în care p = asigurarea în procente, m = numărul de ordine (1, 2... n) al fiecărui termen din șirul aranjat în ordinea descrescândă a valorilor termenilor; n – numărul total al termenilor șirului. Cu cât un șir este mai lung, cu atât primul termen, cât și ultimul se apropie de asigurări extreme (1% sau mai puțin și, respectiv, 99% sau mai mult). O valoare oarecare care corespunde asigurării de 10% arată că din 100 cazuri posibile, 10 sunt favorabile, adică în 10 cazuri se obține sau se depășește valoarea oarecare

considerată, iar restul de 90 cazuri sunt nefavorabile, în care nu se poate atinge valoarea limită corespunzătoare condiției $p = 90\%$. Curbele de asigurare astfel obținute sunt ilustrate în figura 9.

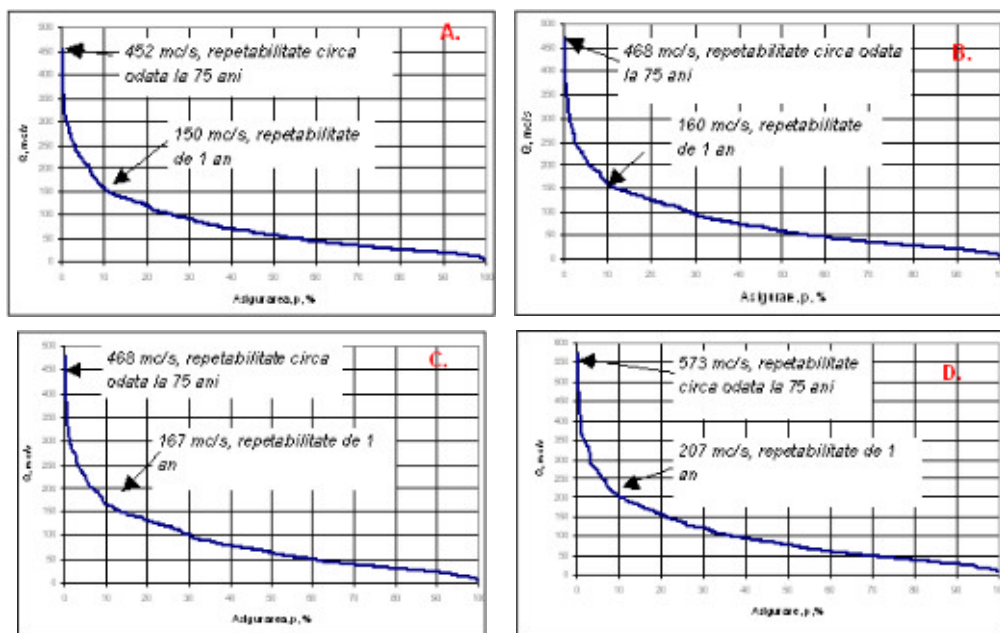


Fig. 9. Curbe de asigurare empirice ale debitelor lichide medii lunare ale r. Prut la posturile hidrometrice: A. Rădăuți-Prut; B. Stânca-aval; C. Ungheni; D. Fălciu.

O analiză a curbelor de asigurare ne ajută să stabilim care este perioada de recurență a celor mai mari, respectiv, celor mai mici debite anuale, anii secetoși (respectiv, cei care au asigurare de circa 75%), anii ploioși (care prezintă asigurarea de circa 25%) și anii normali (care prezintă asigurări de circa 50%).

Astfel, cel mai mare debit mediu lunar înregistrat la râul Prut pe teritoriul românesc în perioada 1950-1990 a fost cel din 1955 cu perioadă de recurență de 75 ani (adică o asigurare de 0,2%). Pe grafice sunt inserate și debitele cu recurență de 1 an, adică cele care au 10% asigurare. Debitul cu asigurare de 50 % este aproximativ debitul mediu lunar multianual.

3. Efectul lacului Stânca-Costești asupra transportului de aluviuni

Lacurile de baraj, în special cele mari, funcționează ca un decantor pentru aluviunile ce provin din bazinul hidrografic, încât apele uzinate sunt aproape cu totul lipsite de încărcătura solidă. Există multă exemple prezentate în literatura de specialitate, cum ar Siretul cu cele 5 lacuri de baraj amenajate în lungul său sau Bistrița cu cele 9 lacuri amenajate. Înregistrările la stațiile hidrometrice amonte și avale de lacuri au fost folosite cu succes pentru cuantificarea acestor influențe (Olariu, Gheorghe, 1999; Rădoane, 2004).

Pentru râul Prut am avut posibilitatea să investigăm influența lacului Stâncă Costești folosind înregistrările asupra aluviunilor în suspensie la posturile hidrometrice Rădăuți Prut (amonte de lac) și Ungheni (avale circa 100 km de baraj). Corelațiile între debitele lichide și debitele solide reprezintă o posibilitate de a observa intensitatea legăturii între cele două variabile, știut fiind că această relație este una de tip cauză-efect. În situația de față (figura 10), variabilitatea mai mare a transportului de aluviuni avale de baraj a determinat o împrăștiere mai mare a punctelor în jurul dreptei de regresie, comparativ cu situația amonte de lac. Chiar dacă exponenții corelațiilor sunt relativ apropiați, sensibilitatea corelațiilor mai mică la Ungheni arată faptul că încărcătura mai redusă și mai haotică a râului se reface în special pe seama eroziunii albiei Prutului pe acest sector și a aportului afluenților laterali.

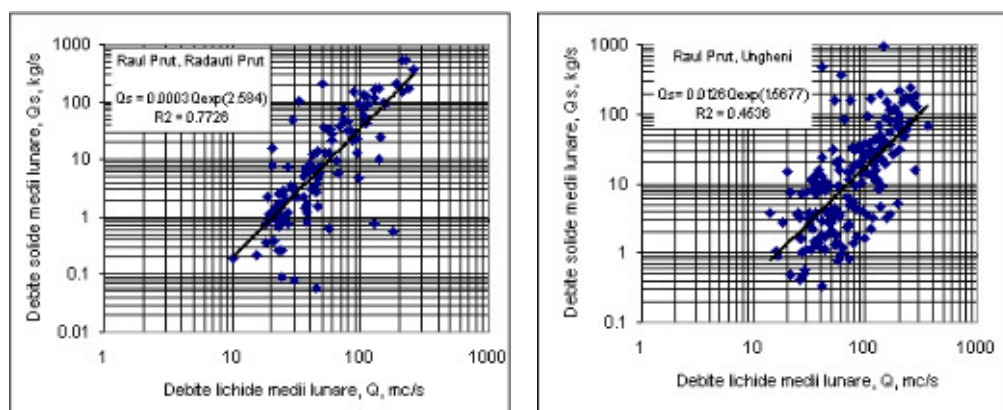


Fig. 10. Corelația între debitele de aluviuni în suspensie și debitele lichide ale râului Prut amonte (Rădăuți Prut) și avale (Ungheni) de lacul Stâncă Costești.

Construcția diagramei de regim al transportului de aluviuni amonte și avale de lac este și mai sugestivă privind rolul de decantor al lacului (figura 11). A fost mediată perioada de măsurători între anii 1982 și 2004, la patru ani după darea în exploatare a lacului. Rezultatul este unul foarte bine marcat de evoluția valorilor medii multianuale pe cele 12 luni ale anului. Valoarea medie multianuală amonte de lac a fost de 44,26 kg/s, iar avale 100 km de lac, valoarea medie multianuală a aluviunilor în suspensie a fost de doar 13,24 kg/s. Aceasta, în condițiile în care debitul lichid mediu multianual a avut o creștere (fig. 3) de la 79,6 mc/s la 84,8 mc/s.

În ce privește variația în timp pentru perioada post-amenajare baraj, tendința scurgerii de aluviuni este una de ușoară diminuare la ambele posturi hidrometrice. Această situație se explică prin relație directă cu variabilitatea scurgerii lichide care, pe timp lung, a înregistrat de asemenea o tendință de reducere.

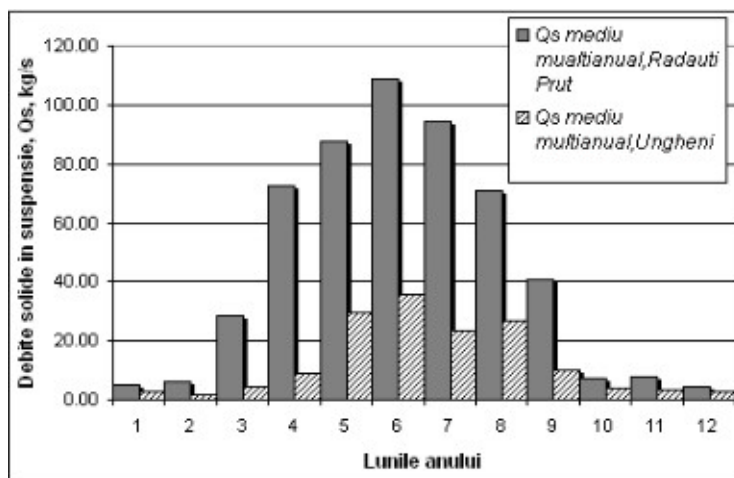


Fig. 11. Regimul mediu anual al transportului de aluviuni în suspensie amonte și avale de Lacul Stâncă Costești.

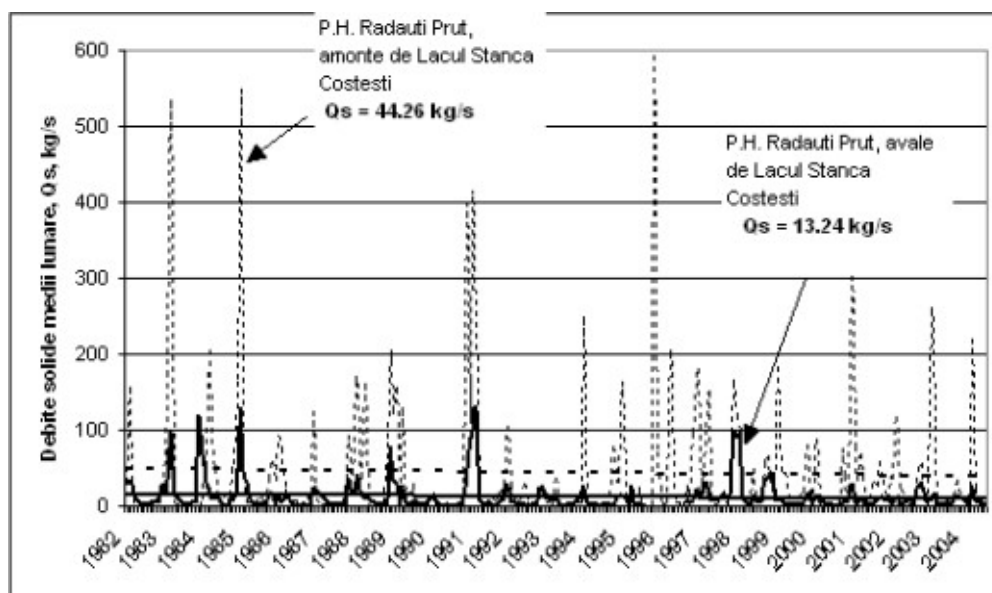


Fig. 12. Variația în timp a transportului de aluviuni în suspensie al râului Prut amonte și avale de Lacul Stâncă-Costești.

Concluzii

Bazinul hidrografic prezintă o formă asimetrică, cea mai mare parte a sa dezvoltându-se la nord de Ungheni; la sud de această localitate lățimea nu depășește 20 km. Cea mai mare parte a rezervelor de apă se formează în regiunea carpatică, pe teritoriul Ucrainei. O caracteristică aparte o reprezintă debitele lichide medii

multianuale la cele două posturi hidrometrice extreme (Cernăuți și Oancea, aproape de confluența cu Dunărea) care arată aproape aceeași valoare, de 73,6 mc/s și, respectiv, 85,3 mc/s. Între aceste extreme Prutul poate depăși 100 mc/s ca valori medii multianuale, avale de confluența cu Jijia.

Repartiția anuală a scurgerii evidențiază faptul că în luna martie, scurgerea medie reprezintă 45 – 50% din scurgerea anuală; iarna și toamna doar 8 – 20%. Cele mai mici debite s-au înregistrat în ianuarie-februarie când acestea scad sub 10 mc/s. Lacul Stânca Costești impune o reglare a scurgerii, asigurând un debit de cel puțin 35 mc/s.

Analiza hidrografelor conturează o alternanță a perioadelor de ape mari cu perioade de ape mici. Debitul mediu lunar cel mai mare a fost în anul 1955 de 452 mc/s, iar cel mai mic în 1962 de 5,61 mc/s.

Lacul Stânca prezintă efecte deosebite și asupra transferului de aluviuni în suspensie. Amonte de lac pătrund 44,26 kg/s aluviuni, iar avale, la circa 100 km de baraj, valoarea este de 13,24 kg/s, aceasta în condițiile în care debitul lichid înregistrează o creștere. În ceea ce privește tendința scurgerii de aluviuni se observă o ușoară diminuare în lungul Prutului, comună cu observațiile făcute și pe alte râuri, de exemplu, Siretul.

BIBLIOGRAFIE

- Băican, 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.
- Băloiu, V.** (1965), *Contribuții la studiul colmatărilor în bazinele de retenție din Moldova*, Bul. Inst. Politehnic Iași, tom XI(XX), fasc. 3-4.
- Băloiu, V.** (1980), *Amenajarea bazinelor hidrografice și a cursurilor de apă*, Editura Ceres, București
- Băloiu, V., Ionescu, V.** (1986), *Apărarea terenurilor agricole împotriva eroziunii, alunecărilor și inundațiilor*, Editura Ceres, București.
- Băcăuanu V.** (1968), *Câmpia Moldovei. Studiu geomorfologic*, Ed. Academiei, București.
- Băcăuanu, V., Barbu, N., Pantazică, Maria, Ungureanu, A., Chiriac, D.** (1980), *Podișul Moldovei. Natură, om, economie*. Editura științifică și enciclopedică, București.
- Diaconu C.** (1971), *Râurile României*, IMH București.
- Hârjoabă I.** (1968), *Relieful Colinelor Tutovei*, Ed. Academiei, București.
- Ioniță, L., Ouatu, O.** (1985) - *Contribuții la studiul eroziunii solurilor din Colinele Tutovei*, Cercet. Agronom. în Moldova, XIII, 58 - 62.
- Ioniță, I.** (1999), *Sediment delivery scenarios for small watersheds*, in *Vegetation, land use and erosion processes* (editat I. Zăvoianu, D. E. Walling, P. Șerban), Institut de Geografie, 66-73, București.
- Moțoc M.** (1963), *Eroziunea solurilor pe terenurilor agricole și combaterea ei*, Ed. Agrosilvică 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* (editat I. Zăvoianu, D. E. Walling, P. Șerban), Institut de Geografie, 40-50, București.
- Popa, A., Stoian, Gh., Popa Greta, Ouatu, O.** (1984), *Combaterea eroziunii solului pe terenurile arabile*, Editura Ceres, 186 p., 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.

- Pricop, A., Nicolau, A., Leu, D.** (1988), *Studiu privind influența unor factori cauzali asupra colmatării lacurilor de acumulare din bazinul hidrografic Bahlui*, Lucr. Celui de al II-lea Simpozion "Proveniența și efluența aluviunilor", 114-120, Piatra Neamț.
- Rădoane Maria, Rădoane N., Ichim I., Surdeanu V.** (1999), *Ravenele*, Presa Universitară, Cluj Napoca.
- Rădoane N.** (1996), *Evaluarea producției de aluviuni în bazinul versant al lacului Stânca Costești, sectorul românesc*, SCG t XLIII, București.
- Rădoane, Maria, Rădoane, N., Dumitriu D.** (2003). *Impactul construcțiilor hidrotehnice asupra dinamicii reliefului*, în Riscuri și catastrofe, editor V. Sorocovschi, Universitatea „Babeș-Bolyai” Cluj-Napoca, 174-185.
- Rădoane, Maria, Rădoane, N.** (2005), *Dams, sediment sources and reservoir silting in Romania*. *Geomorphology*, 71: 112-125.
- Rădoane, Maria, Rădoane N., Dumitriu, D., Cristea, I.** (2007), *Granulometria depozitelor de albie ale râului Prut între Orofteana și Galați*, *Revista de Geomorfologie*, 7, București.
- Ujvari I.** (1972), *Geografia apelor României*, Ed. Șt. Encicl. București.
- * * * *Dams in Romania* (2000), Romanian National Committee on Large Dams, Bucharest.

Maria Rădoane,
Nicolae Rădoane
Departamentul de Geografie
Universitatea „Ștefan cel Mare” Suceava
E-mail: radoane@usv.ro
http://atlas.usv.ro/www/m_radoane.htm

Mircea Amăriucăi
Centrul Meteorologic Regional Moldova - Iași