

# Cercetări asupra formării zăporului amonte de lacul Izvoru Muntelui

Maria Rădoane<sup>1</sup>, Valerian Ciaglic<sup>2</sup>, Nicolae Rădoane<sup>1</sup>

Universitatea „Ștefan cel Mare” Suceava

INHGA, Stația Hidrologică Piatra Neamț

## Rezumat

În această lucrare ne-am ocupat de descrierea fenomenului de zăpor pe râul Bistrița, râul cu cel mai lung curs montan din România (216 km). Amonte de lacul Izvoru Muntelui pe o lungime de 25-30 km au loc, cu frecvență aproape anuală, în perioada rece a anului, aglomerări de blocuri de gheață cunoscute sub numele de zăpor. Analiza condițiilor hidro-meteorologice și de morfologie a albiei au arătat că acestea devin favorabile formării zăporului dacă există o anumită combinație în variația temporală a lor. Geometria hidraulică a albiei râului Bistrița este favorabilă curgerii zăului, năboiului și sloiurilor de gheață în condițiile unor temperaturi negative ale aerului de  $-7^{\circ}\text{C}$  atâta timp cât nivelul lacului Izvoru Muntelui se află sub cota de 500 m. La cote mai mari începe blocarea cu năboi a albiei încă din faza submersă a lacului și se propagă spre amonte cu viteze de câteva sute de metri pe zi. Cel mai dramatic fenomen a avut loc în iarna 2002-2003 când grosimea zăporului avea 6 m și a provocat inundații cu distrugeri și victime omenești. Apariția în 2003 a acumulării Topolicești, amonte 6 km de lacul Izvoru Muntelui, a complicat evoluția fenomenului, lacul acționând ca un bazin de acumulare a ghețurilor din amonte.

## Summary

The current work provides a description of the ice jam phenomena along the river of Bistrita, which has the longest mountainous course in Romania (216km). During the cold season of the year, in the upstream of the Izvoru Muntelui Reservoir over a length of 25-30 km, there are generated with a almost yearly frequency ice blocks accumulations known as ice jams. Analysis of the hydroclimatical and morphological conditions of the river bed has revealed that they are favorable to formation of ice jam provided there is present a certain combination of their temporal variations. Hydraulic geometry of the Bistrita river bed is favorable to flow of frazil slush, frazil pans and ice floes while the air temperature is  $-7^{\circ}\text{C}$  as long as the level of Izvoru Muntelui Reservoir is below 500 m. Over this level, the river bed is blocked with ice jam during the submerge phase of the lake and this blockage advances upstream with velocities of several hundreds of meters per day. The most dramatic phenomena has been recorded during the winter of 2002-2003 when the thickness of the ice was of 6 meters and it caused floods that provoked damages and claimed human lives. Aparition in 2003 of the Topolicești Reservoir, placed 6 km upstream of the Izvoru Muntelui Reservoir, has complicated the evolution of the phenomena, the lake itself acting as an accumulation pool for the ices in the upstream.

Cuvinte cheie: năboi, zăpor, geometrie hidraulică, condiții hidroclimatice, lacuri de acumulare, râul Bistrița  
Key words: frazil slush, ice jam, hydraulic geometry, hydroclimatical conditions, reservoirs, Bistrita River

## 1. Introducere

Aglomerările sau barajele de gheață pe râuri care se formează în perioadele de iarnă sunt o manifestare obișnuită pentru râurile din regiunile temperate. Un sezon cu gheață pe râu poate dura mai mult de 100 de zile pentru cele mai multe râuri din Scandinavia, Rusia și Canada și poate coborî până la latitudini de  $42^{\circ}$  și  $30^{\circ}\text{N}$  în America de Nord și Asia (Bates, Bilello, 1966). Cunoscute sub denumirea de zăpor (în engleză *ice jam*, în rusă *zator*, în franceză *embâcle*, în germană *Eisbarre* cf. Savin, 1996) aceste aglomerări blochează scurgerea râului (de regulă, redusă în acest sezon) și determină fenomene ample de inundații. Prin efectul lor, zăpoarele sunt considerate drept cel mai mare hazard al

fenomenelor de iarnă pe râuri (Ashton, 1986). Din acest motiv atenția cercetătorilor a fost de mult timp îndreptată spre înțelegerea fenomenului, stabilirea cauzelor și, mai ales, pentru găsirea soluțiilor de atenuare a efectelor negative. Exemple numeroase de pagube, distrugerii și pierderi de vieți omenești au fost semnalate, în timpul iernii, pe râurile din Canada și S.U.A., Rusia, țările scandinave, Islanda, Japonia și China etc, amplu comentate într-o serie de studii de către binecunoscutul specialist canadian Beltaos (2007, 2008) și echipa sa (Prowse, Conly, 1998; Prowse, Beltaos, 2002; Prowse, Bonsal, 2004). De asemenea, au fost publicate cataloage de inventariere pentru râurile siberiene (Korytny, Kichigina, 2006), ample sinteze, inventarii și site-uri specializate (menționăm în mod cu totul special site-ul US Army Corps of Engineerings, Laboratorul de Inginerie și Cercetare pentru Regiunile Reci - <http://www.crrel.usace.army.mil/icejams/> - care prezintă unele dintre cele mai complexe informații cu privire la fenomenele de baraje de gheață, de zăpoare, în general, cu analiza cauzelor, sistematica fenomenului, experimentarea în teren și laborator, efectele asupra celorlalte componente ale mediului și toată gama de măsuri de atenuare a efectelor).

În România, preocupările în legătură cu cercetarea fenomenelor de iarnă pe râuri datează încă din anii '60, odată cu dezvoltarea rețelei naționale de observare a fenomenelor hidrologice pe râuri (Semenescu, 1960; Constantinescu, 1964; Ciaglic, 1965; Ciaglic, 1985; Ciaglic, Vornicu, 1966, Ciaglic et al, 1975). Inundațiile de iarnă pe râurile de munte din țara noastră (Bistrița moldovenească, Bistrița ardeleană, Mureș, Dunărea etc) au captat interesul climatologilor, hidrologilor, geomorfologilor, dar și a specialiștilor din ingineria râurilor, astfel că s-au elaborat teze de doctorat și numeroase articole și capitole de cărți (Miță, 1977; Mustețea, 1996; Păvăleanu, 2003; Romanescu, 2005; Surdeanu et al., 2005; Ștefanache, 2007).

Fenomenele de iarnă cu efecte periculoase pe albia și valea râului Bistrița amonte de lacul Izvoru Muntelui au prilejuit o serie de investiții în studii și analize asupra fenomenului, în special, din partea Companiei Hidroelectrica, Filiala Piatra Neamț (1997, 1998); în mare parte și această lucrare a rezultat în urma unei asemenea colaborări și sprijinului financiar din partea susnumitei companii.

În ce ne privește, fiind o echipă interdisciplinară de geomorfologie și hidrologie, ne-am preocupat de analiza fenomenului de zăpor pe albia râului Bistrița amonte de lacul Izvoru Muntelui, cu privire specială asupra sectorului cuprins între coada lacului și barajul Topolicești. Analiza s-a făcut pe baza ultimilor progrese în cercetarea fenomenului, pe baza experienței proprii îndelungate în regiunea de studiu și pe baza observațiilor detaliate în sezonul rece 2007-2008. Principalele repere ale studiului de față sunt următoarele: a) prezentarea zonei de studiu cu privire specială asupra dinamicii albiei râului Bistrița amonte de lacul Izvoru Muntelui; b) geometria hidraulică a albiei râului Bistrița în condiții libere și în condiții de zăpor; c) analiza proceselor climatice și hidrologice favorabile formării zăporului; d) considerații asupra cauzelor formării zăporului amonte de lacul Izvoru Muntelui.

## 2. Zona de studiu

Bistrița este râul cu cel mai lung curs montan din România, lungimea sa în Carpați fiind de 216 km. De la Vatra Dornei la Piatra Neamț, valea Bistriței este un culoar îngust pe fundul căruia albia meandreează, încâtușată de versanții abrupti ai munților. De o parte și alta se desfășoară două lanțuri de munți cu altitudini de 1859 m (vf. Budacu în Munții Bistriței) și 1529 m (vf. Bivolul în Munții Stânișoarei). Valea Bistriței este o creație a râului respectiv, astfel că cel mai important relief genetic este relieful fluvial constituit din albia minoră, albia majoră și terasele fluviale. Altitudinea lor variază de la 0,5 – 4 m până la maximum 280 m în zona flișului (Călugăreni, Izvoru Alb ș.a.). Terasale și unele trepte de luncă din valea Bistriței reprezintă terenurile care îndeplinesc cele mai favorabile condiții pentru dezvoltarea așezărilor omenești. Aici se găsesc situate satele și orașele din lungul văii, calea ferată și cea mai mare parte din șoseaua care însoțește râul. Din punct de vedere climatic, valea montană a Bistriței se caracterizează prin genericul temperat-continental cu nuanțe diferite funcție de altitudinea și forma reliefului, de particularitățile dinamicii atmosferei.

În fig. 1 este redat profilul longitudinal al râului, poziția barajelor, a confluențelor și în mod deosebit este specificat sectorul de formare a zăpoarelor. Pe acest profil sunt localizate barajul (înălțime de 127 m) și lacul Izvoru Muntelui (pus în funcțiune în 1960, cu un volum de 1,23 miliarde m<sup>3</sup>

și o lungime a lacului de 33 km) și barajul (înălțime de 15,5 m) și lacul Topoliceni (pus în funcțiune în 2003, cu un volum de 800 000 m<sup>3</sup> și o lungime de 3,6 km).

Fenomenele de iarnă de tipul zăpoarelor au loc, cu frecvență aproape anuală, pe Bistrița Aurie, amonte de confluența cu Dorna, pe râul Dorna, amonte de confluența cu Bistrița și pe Bistrița propriu-zisă, între Vatra Dornei și Poiana Teiului. Sectorul în care acest fenomen se manifestă cu cea mai mare amploare este cel amonte de Poiana Teiului pe o distanță de 25 – 30 km, unde blocajele de gheață au atins grosimi de 5 – 7 m. Monitorizarea fenomenelor de iarnă între 1996 și 2005 (Ștefanache, 2007) a arătat o prezență medie de 94 zile în fiecare an în care au loc curgerile de năboi, gheață la mal, pod de gheață, zăpor și curgeri de sloiuri. Cea mai lungă perioadă de manifestare a zăporului în acest sector a fost între 2002 – 2003, respectiv, în 84 de zile din cele 106 cu fenomene de iarnă.

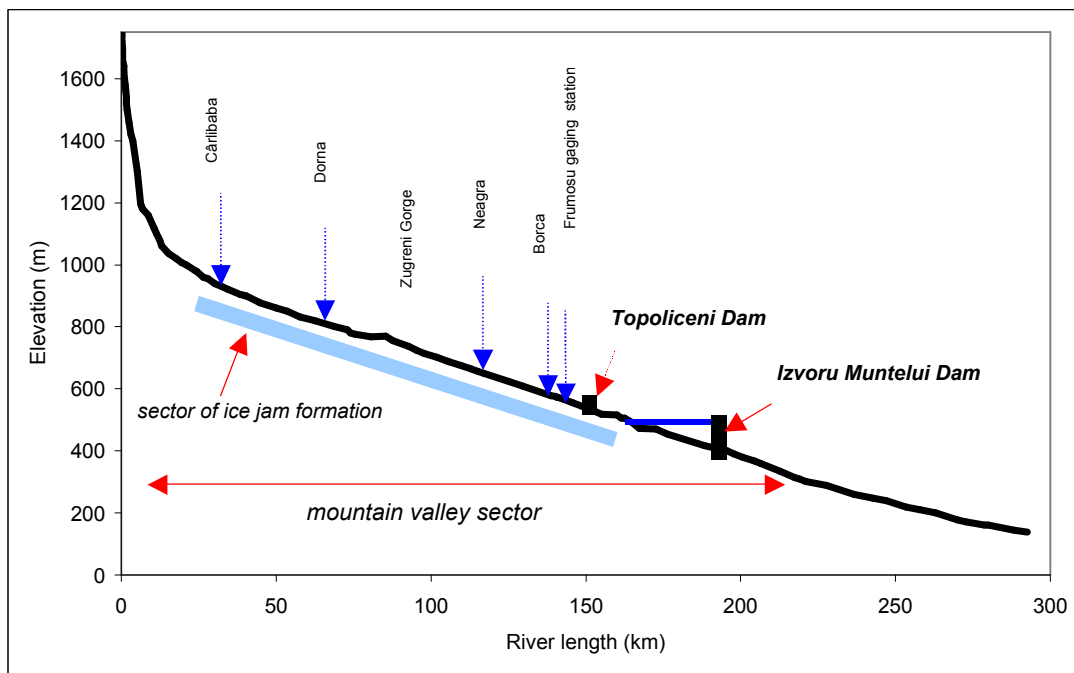


Fig. 1. Longitudinal profile of the Bistrita River, with the research location.

### 3. Geometria hidraulică a albiei râului Bistrița în condiții libere și în condiții de zăpor

Se cunoaște că deși albiile aluvionare au o mare mobilitate, există posibilitatea de a defini o anumită stabilitate a acestora. Este vorba de *stabilitatea dinamică* sau, altfel spus, o dinamică în care raporturile dintre diferitele variabile ce alcătuiesc sistemul se mențin în termeni cu rate mici de schimbare. Parametrii geometriei hidraulice a secțiunii descriu cel mai bine acest fenomen. Astfel, cei mai utilizați descriptori ai albiilor minore sunt indicați în fig. 2 în care  $B$  este lățimea albiei,  $P$  este perimetrul udat,  $A$  este suprafața secțiunii transversale,  $H$  este adâncimea albiei iar  $S$  este panta sau diferența de înălțime între două puncte,  $e_1$  și  $e_2$ , de-a lungul albiei de râu.

Cercetările pe o mare populație de secțiuni de albie au evidențiat aproximativ două tipuri de forme cu o mare stabilitate în natură: forma parabolică largă pentru albiile cu perimetrul din nisipuri omogene necoezive; forma rectangulară, trapezoidală pentru albiile cu perimetrul din depozite argilo-prăfoase cu mare coezivitate. În cazul albiei Bistrița, secțiunea Frumosu are o *formă parabolică*, cu maluri bine conturate, adâncite în materiale nisipoase la partea superioară și pietriș și bolovăniș la partea inferioară (fig. 2). Acest din urmă material se continuă în patul albiei care devine din ce în ce mai rugos spre linia de talveg. De asemenea, raportul între lățime și adâncime variază între 20 și 80, de unde observația că albia este largă și puțin adâncă, aceasta fiind o altă caracteristică a râurilor adâncite în depozite necoezive.

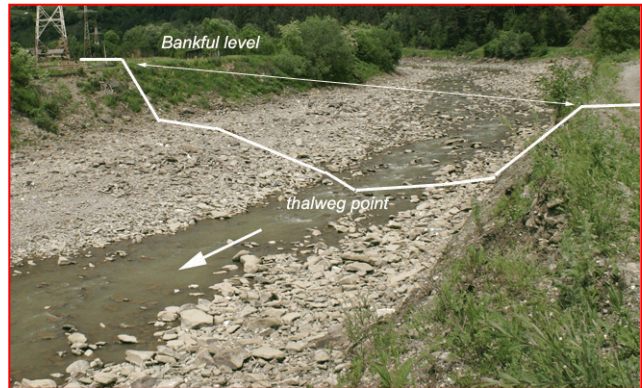
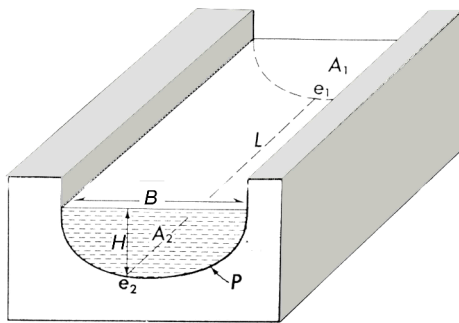


Fig. 2. Dimensional elements used in at-a-station hydraulic geometry determination (Bistrița River at Frumosu cross section).

O altă caracteristică a secțiunii transversale a râului Bistrița este *asimetria* și aceasta se înscrie în tendința generală a albiilor aluviale. Cu ajutorul analizei spectrale s-a demonstrat că asimetria secțiunii transversale are o comportare oscilatorie în lungul albiilor naturale nesupuse constrângerilor de natură litologică. Dezvoltarea asimetriei secțiunilor transversale este în legătură cu circulația secundară a curgerii, a cărei accelerare și decelerare locală poate produce schimbări în forma albiei. Pentru modelarea fenomenelor de iarnă în albia Bistriței această caracteristică a asimetriei secțiunii trebuie avută în vedere.

Proprietățile de autoorganizare și identitate ca sistem proces - răspuns ale secțiunii se concretizează prin ajustarea variabilelor acesteia funcție de debit, care îndeplinește cel mai important rol în dimensionarea albiilor. Aceste relații care asigură coeziunea dintre sistemul morfologic și cascada apă - sediment constituie ceea ce Leopold și Maddock (1953) au numit *geometrie hidraulică*. Astfel, s-a stabilit că în descrierea geometriei albiei funcție de debit sunt considerate fundamentale trei relații, după cum urmează: pentru lățimea albiei ( $B$ ),  $B = A_B Q^b$ , pentru adâncimea medie a albiei ( $H$ ),  $H = A_H Q^f$ , pentru viteza medie ( $V$ ),  $V = A_V Q^m$ . Dacă observăm atent relațiile scrise, produsul variabilelor dependente dau expresia de măsură a debitului respectiv:

$$B \cdot H \cdot V = Q \text{ (m}^3\text{/s)}.$$

Este cea mai clară dovadă a existenței unei ajustări între aceste variabile. Plecând de la acest adevăr elementar care descrie continuitatea mișcării, coeficienții de multiplicare ( $A_V$ ,  $A_B$ ,  $A_H$ ) și exponenții ( $b, f, m$ ) trebuie să satisfacă următoarele relații:

$$A_B \cdot A_H \cdot A_V = 1$$

$$b + m + f = 1$$

Pentru secțiunile stabile de tip parabolic cei trei exponenți au valori aproximativ egale  $b=m=f=0,33$ , în timp ce pentru secțiunile rectangulare, exponentul lărgimii, de regulă este mai mic (0,05). Măsurători făcute pe 139 râuri de Park (1977) și 587 râuri de Rhodes (1977) au evidențiat următoarele diapazoane de variație pentru cei trei exponenți:

$$b \approx 0,00 = 0,84, f \approx 0,01 = 0,84, m \approx 0,03 = 0,99$$

Cunoașterea geometriei hidraulice este importantă, pe această bază putându-se identifica secțiunile stabile din punct de vedere dinamic, atât de necesare în programele de amenajări, dar și în situația noastră de a modela tranzitarea năboiului și gheții în lungul râului. De asemenea, sunt importante pentru a discrimina exact rolul fiecărei variabile în această ajustare.

Pentru evaluarea geometriei hidraulice a albiei râului Bistrița, în condiție liberă și constrânsă de ghețuri, au fost folosite măsurătorile hidrometrice la aceeași stație Frumosu, amonte 14 km de nivelul maxim al lacului Izvoru Muntelui. Măsurătorile au fost realizate în perioada 1999 – 2004, atât în condiții de curgere liberă, cât și în condiții de curgere de năboi, de gheață la mal, pod de gheață și zăpor. Citirea modificării celor trei variabile fundamentale, lățimea albiei,  $B$ , viteza medie a curentului,  $V$  și adâncimea medie,  $H$  se realizează cu ajutorul unor grafice de corelație funcție de mărimea debitului



lichid,  $Q$ , mc/s. Reprezentările grafice din fig. 3 compară variația celor trei parametri în condiție de albie liberă și în condiții de zăpor, pod de gheață și năboi.

În condiție de albie liberă, geometria hidraulică a secțiunii Frumosu este descrisă de ecuațiile (fig. 3):

$$\begin{aligned} B &= 41.91 Q^{0.04} \\ V_m &= 0.217 Q^{0.43} \\ H_m &= 0.105 Q^{0.53} \end{aligned}$$

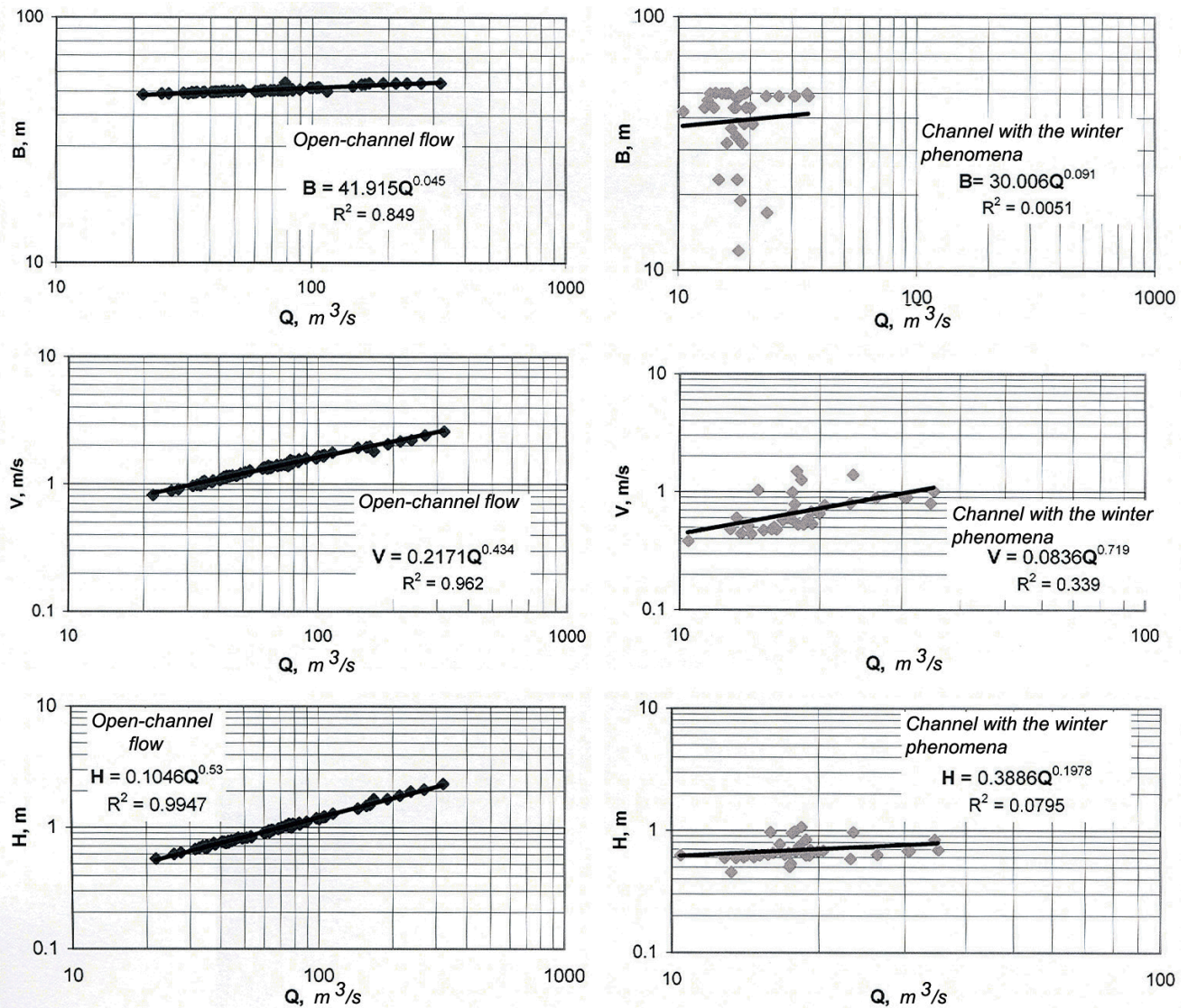


Fig. 3. The at-a-station hydraulic geometry for Bistrita River for two conditions: open-channel flow and channel with the winter phenomena (frazil ice flow, anchor ice, border ice, ice jam).

Atât forma curbilor de corelație, cât și suma exponenților arată că albia râului Bistrița în secțiunea Frumosu este stabilă și uniformă; cu o lățime ce crește de la 44,4 m la 54 m, cu o viteză ce crește de la 0,38 m/s la 2,58 m/s și o adâncime ce crește de la 0,38 m la 2,30 m în condițiile unui debit lichid ce variază de la 6,5 m³/s la 320 m³/s. Suma exponenților  $0.04 + 0.43 + 0.53 = 1.00$ , ceea ce confirmă condiția cvasi-uniformă de realizare a curgerii.

În condiție de albie constrânsă de fenomene de iarnă (în special gheață de mal – nu avem informații că s-au putut face măsurători în condiții de pod de gheață sau zăpor), geometria hidraulică

este total bulversată. Mai întâi, graficele de corelație arată o împrăștiere mult mai mare a punctelor în spațiul de corelare. Variabilele care au cea mai mare modificare sunt lățimea și adâncimea. Lățimea albiei se îngustează de la 55 m la sub 10 m în perioada de formare a gheții, până se acoperă în totalitate de pod de gheață. În aceeași direcție variază și adâncimea albiei care se reduce la sub 40 cm. În consecință, în spațiul redus care i-a rămas, râul este nevoit să-și mărească viteza pentru a realiza continuitatea curgerii. Din acest motiv, panta de corelație a vitezei este mult mai mare decât în cazul albiei libere (0.719 față de 0.430).



Fig. 4. Bistrita river channel downstream Topolicești bridge filled by freezep jam (February 6, 2008) and almost open (March 8, 2008).

Concluzia pe care o reținem din analiza geometriei hidraulice este următoarea: *asigurarea realizării curgerii în secțiunea de albie trebuie realizată prin orice măsură de intervenție. Oricât de redus este spațiul de curgere, râul își ajustează parametrii astfel încât procesul de transport să nu se întrerupă; blocarea totală a acestui spațiu duce la inundație și la pagube.* Sugestive sunt și imaginile comparative din fig. 4 asupra albiei râului Bistrița total ocupată de năboi și incapabilă să realizeze curgerea și aceeași albie liberă.

#### 4. Analiza proceselor meteorologice și hidrologice favorabile formării zăporului

Evaluarea corelațiilor între parametrii aerului și apei râului Bistrița a fost făcută pe baza măsurătorilor la același post hidrometric Frumosu, pe râul Bistrița, amonte de acumularea Topolicești. Parametrii avuți în vedere au fost: valorile zilnice de temperatura aerului, precipitațiile atmosferice, nivelul lacului Izvoru Muntelui, nivelul lacului Topolicești, nivelul râului Bistrița, debitele lichide ale râului Bistrița. Perioadele analizate au fost sezoanele reci ale anilor 1975-1976, 1981-1982, 1998 – 1999, 1999 – 2000, 2000 – 2001, 2001 – 2002, 2002 – 2003, 2003 - 2004. Corelațiile au fost analizate pe baza graficelor de tipul seriilor de timp prezentate în cascadă (temperaturi → precipitații → nivelul lacului Izvoru Muntelui și a acumulării Topolicești → nivelul râului Bistrița → debitul lichid al râului) din care am exemplificat doar câteva (fig. 5, 6).

Pentru anii 1976 și 1982 am analizat variația factorilor hidrometeorologici pentru toate cele 365 de zile (fig. 5). Au fost ani în care din punct de vedere climatic s-au realizat toate condițiile pentru formarea ghețurilor pe râuri, mai ales temperaturi ale aerului sub  $-10^{\circ}\text{C}$ . Răspunsul la aceste condiții s-a văzut în variația nivelului râului Bistrița. Comparând cele două situații (1976 cu 1982) am observat că în iarna 1976 nivelul Bistriței s-a menținut în jurul la 100 cm, în timp ce în iarna lui 1982 acesta a crescut la aproape 350 cm (în 15 ian. 1982). Care a fost cauza ce a determinat această favorabilitate mai mare a formării zăporului în 1982 față de 1976?

Comparând elementele hidrometeorologice generatoare de fenomene de iarnă pe râul Bistrița, singurul care diferă este poziția nivelului lacului Izvoru Muntelui. În acea perioadă acumularea



Topolicești nu exista, astfel că înregistrările de la postul hidrometric Frumosu puteau fi influențate direct de lacul Izvoru Muntelui. În ambele cazuri, lunile ianuarie – martie înregistrează o scădere a nivelului apei lacului, deosebirea fiind aceea că în decembrie 1981 și ianuarie 1982, acesta era mai ridicat cu aproape 1 m față de situația din 1976. Deși pare insignifiantă această diferență, cercetările au arătat că reducerea secțiunii de curgere și blocarea curgerii de năboi se propagă spre amonte cu o viteză destul de mare de ordinul a câtorva zeci și sute de metri pe zi (She, Hicks, 2006). După cum se constată, efectul în creșterea nivelului apei este unul cu răspuns imediat. Pentru unele râuri, cum este Athabasca din Canada, creșterea nivelului a fost 4,4 m în 15 minute (Kowalckyk, Hicks, 2003).

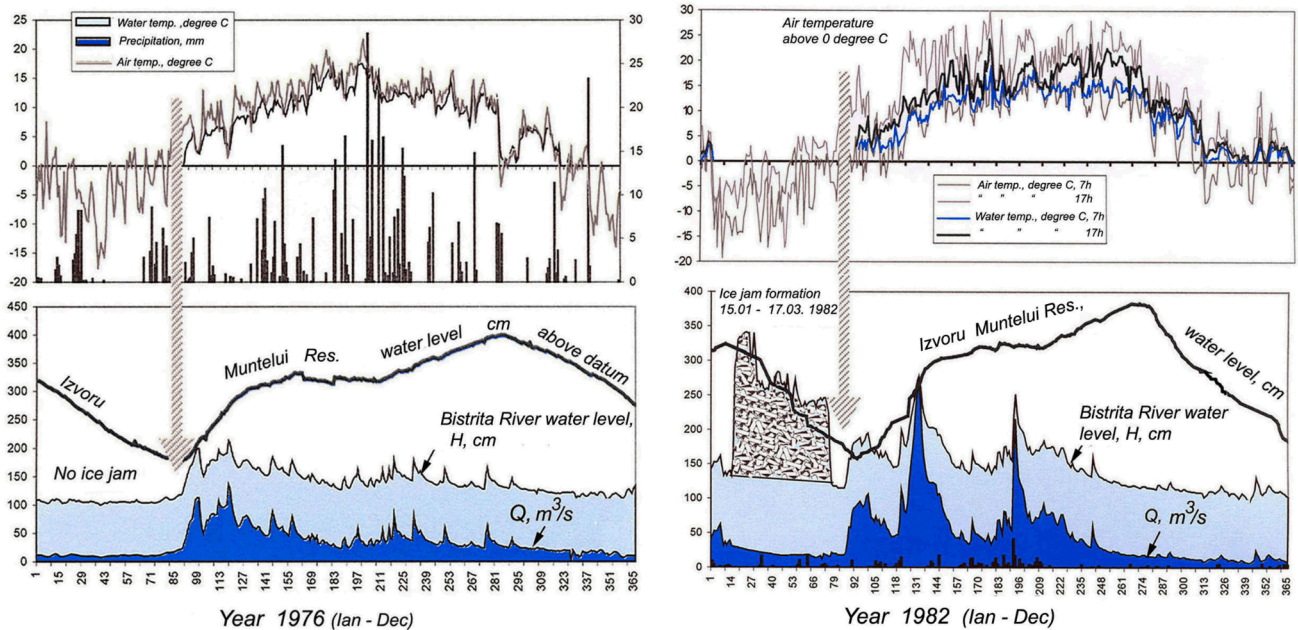


Fig. 5. Variation of the controlling factors of the ice jam at Frumosu station, Bistrita River in 1976 and 1982. Other comments in the text.

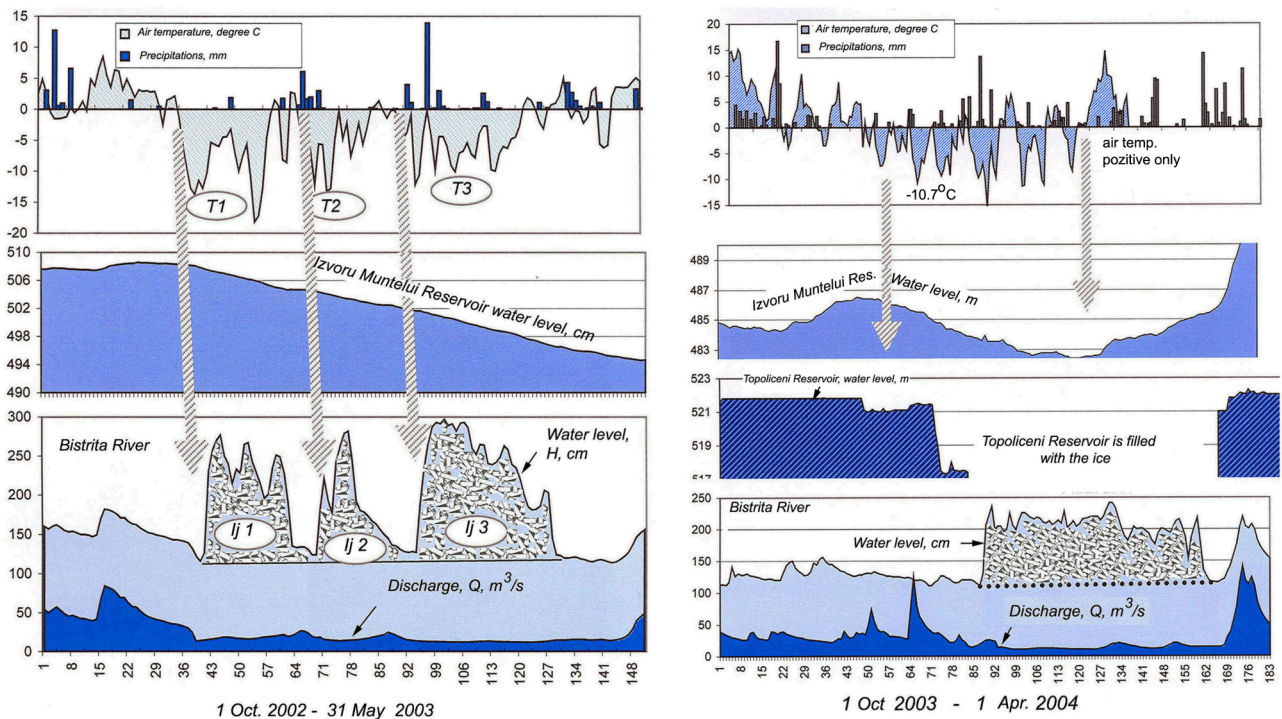


Fig. 6. Variation of the controlling factors of the ice jam at Frumosu station, Bistrița River in 2002 –2003 (when the dangerest ice jam occurred) and 2003 – 2004 (when Topolicești Reservoir has been set working). Other comments in the text.

O altă pereche de grafice pe care le comentăm sunt cele ce prezintă situația formării zăpoarelor în sezonele reci 2002 – 2003 și 2003 – 2004 (fig. 6).

În iarna 2002 - 2003 fenomenele iarnă pe râul Bistrița au cunoscut una dintre cele mai complexe și extinse faze de evoluție, efectele fiind dezastruoase pentru locuitorii din satele de pe Valea Muntelui (3 victime omenești și 98 de locuințe distruse). Blocajele de gheață din coada lacului Izvoru Muntelui se întindeau spre amonte pe o lungime de 21 km, având grosimi maxime de 6 m (Surdeanu et al., 2005; Ștefanache, 2007). Între 2 decembrie 2002 și 7 martie 2003 temperaturile medii zilnice au fost aproape permanent negative cu excepția a două perioade scurte de creștere a temperaturilor cu 3 – 5 grade peste zero. Ghețurile din blocajele existente s-au desprins și prin cumul cu cele de pe traseu au mărit presiunea asupra zăporului din avale, determinând cea mai mare revărsare de ape, cu cele mai mari pagube. De observat că în tot acest timp de acumulare și încălecarea a blocurilor de gheață, nivelul lacului Izvoru Muntelui a fost menținut la cote mari (între 18 noiembrie și 9 decembrie 2002 cota lacului era la peste 508 m). Abia după 10 decembrie începe foarte ușor să scadă, dar fără a avea efect asupra masivității blocajului cu gheață spre amonte, pe râu. Zăporul cel mai compact s-a format între 3 02. – 6 03. 2003, timp în care nivelul apei de inundație a atins 3 m grosime.

Situația de mai sus trebuie să o comparăm cu cea din sezonul rece următor (2003 – 2004), noutatea apărută fiind aceea că s-a pus în funcțiune acumularea Topolicești care a creat astfel un nou nivel de bază pe râul Bistrița, o nouă întrerupere a continuității curgerii. Iarna a debutat destul de blând, cu temperaturi medii zilnice în jur de  $-1^{\circ}\text{C}$ ,  $-3^{\circ}\text{C}$ , culminând cu  $-10,7^{\circ}\text{C}$  pe 26 dec. 2003, când activitatea uzinei Topolicești încetează deoarece acumularea este umplută cu gheață din amonte. La două zile după aceasta, pe 28 12. 2003, la Frumosu, amonte de acumularea Topolicești, nivelul Bistriței crește brusc cu aproape 1 m și se menține astfel până pe 7 martie 2004. În acel moment dispar blocajele, iar lacul Topolicești revine treptat la cota normală de retenție. În tot acest timp nivelul lacului Izvoru Muntelui a fost menținut la cote mici, sub 487 m și chiar sub 483 m, dar pentru activitatea hidrologică din secțiunea Frumosu acest fapt nu prea a mai contat mult. De această dată, efectul acumulării Topolicești și rolul de bazin de acumulare a ghețurilor își spun cuvântul foarte mult.



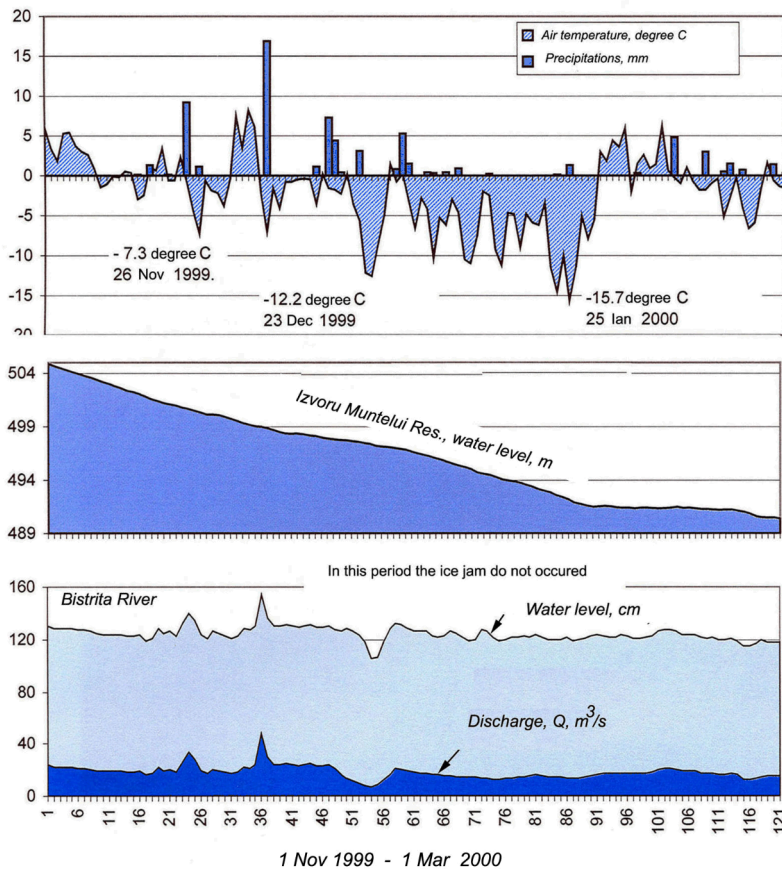


Fig. 7. Variation of the controlling factors of the ice jam at Frumosu station, Bistrita River in 1999-2000. Maximum favorability for ice jam, but this do not occurred.

Din cele prezentate rezultă o observație generală și de bun simț în analiza acestui fenomen: cauzalitatea formării zăporului pe râul Bistrița nu este una simplistă și generatoare de adevăr absolut. Am insistat asupra descrierii unor situații contradictorii, tocmai pentru a evita să cădem în capcana impunerii unei cauze supreme. De exemplu, am văzut cum coborârea temperaturii aerului sub  $-15^{\circ}\text{C}$  nu a determinat automat formarea zăporului (anul 1976, dar și în 1999-2000 – fig. 7 - sau 2000-2001), în schimb temperaturi mult mai blânde au generat asemenea fenomene.

Explicația ar fi că ghețurile care s-au acumulat pe sectorul coada lacului Izvoru Muntelui – Farcașa și care se vor forma amonte de acumulare Topolicești nu își au originea în acest loc. Sursa lor este undeva mult mai spre amonte, unde condițiile climatice sunt mult mai aspre. În opinia unuia dintre autori (V. Ciaglic), această sursă se află pe râul Bistrița, în zona Rusca – Crucea – Cotârgași. În cercetările noastre viitoare ne propunem să aducem și dovezi în acest sens.

O altă situație care a determinat multe semne de întrebare a fost rolul lacului Izvoru Muntelui. Fără îndoială, efectul de nivel de bază cu toate mecanismele hidraulice ce derivă este general acceptat drept o cauză primordială. Dar mecanismul oscilației nivelului apei și poziția optimă a acestuia pentru a împiedica formarea zăporului este mai puțin înțeleasă. O ipoteză o vom oferi și noi în această lucrare. Până atunci însă să observăm variația parametrilor hidrometeorologici din iarna 1999-2000 când temperatura aerului a coborât sub  $-15^{\circ}\text{C}$  în mai multe etape la Frumosu (iar spre amonte chiar și mai mult), iar pe râu nu s-au produs blocaje de gheață. Să fie nivelul lacului coborât la sub 499 m drept cauza? Probabil că da. Pentru că în 2001 – 2002, 2002 – 2003, la aceleași temperaturi ale aerului, dar la cote ale lacului de peste 508 m, blocajele s-au format pe râul Bistrița și au durat între 50 și 108 zile cu toate efectele nedorite.

## 5. Asupra rolului lacului Izvoru Muntelui în formarea zăporului din amonte

Prima informație privitoare la formarea zăporului pe râul Bistrița, amonte de lacul Izvoru Muntelui, apare într-un studiu privitor la colmatarea în zona de coadă a lacului întocmit de Stația Hidrologică Piatra Neamț în 1973, studiu publicat în 1975 (V. Ciaglic et al). Autorii studiului ajung la concluzia că *blocarea albiei râului cu năboi începe, nu din punctul unde râul intră în lac – zona Poiana Largu, ci cu mult mai jos, în interiorul chiuvetei lacului*. Mai exact, primul blocaj al albiei a avut loc sub podul de gheață în zona Călugăreni, în apropierea malului stâng al lacului, unde râul face o curbă

foarte strânsă. Pe malul opus se află bisericuța și cimitirul satului Călugăreni și borna profilului topografic nr. 28 (cf. ridicării topografice din 1972, fig. 8).

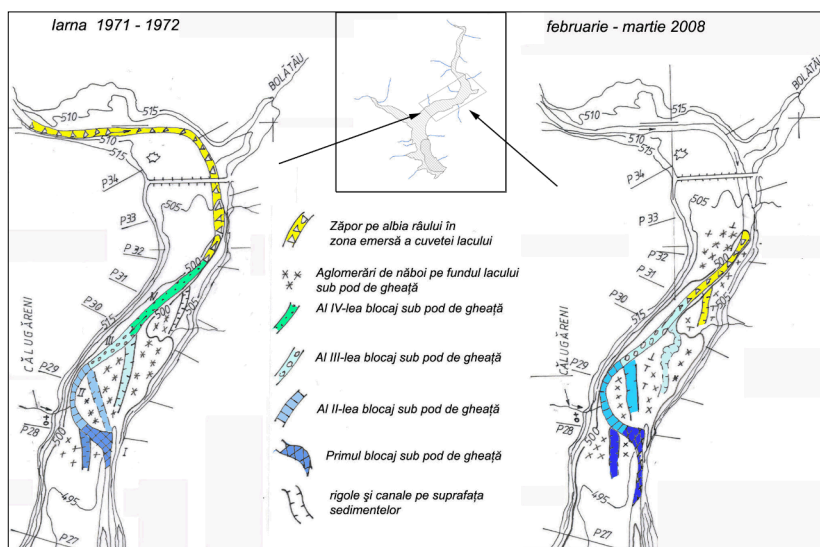


Fig. 8. Cartografierea fenomenelor de iarnă pe cursul albiei Bistriței în cuveta lacului Izvoru Muntelui, zona primară de formare și migrare regresivă a zăporului.

Observația respectivă s-a bazat pe faptul că în zonă existau rigole și canale de dimensiuni mari care plecau din albia râului și sugerau că apa care se scurge prin albie a fost obligată, prin blocarea albiei să își croiască un nou drum spre interiorul lacului. În aceeași lucrare se semnalează și faptul că blocarea s-a produs în condițiile în care nivelul lacului era într-o scădere lentă, dar continuă. Transparența apei la confluență era foarte redusă, 15-30 cm, în timp ce spre interiorul lacului aceasta depășea 200 cm. Acest fenomen neobișnuit se producea în condițiile în care, prin debitele foarte mici de pe râu, turbiditatea era și ea redusă la intrarea în lac, între 0.005 – 0.144 kg/m<sup>3</sup>. Or, creșterea turbidității și, în consecință, scăderea foarte mare a transparenței în zona de la coada lacului apare ca un paradox. Explicația dată este următoarea: pe măsură ce nivelul lacului scădea, iar râul își relua scurgerea gravitațională, prin forța curentului, suspensiile depuse în perioada anterioară de submersie au fost antrenate în mișcare.

Supozițiile autorilor respectivi privitor la faptul că primul blocaj (zăpor) ia naștere din interiorul lacului sub podul de gheață și se extinde treptat spre amonte au fost confirmate de observațiile noastre în perioada februarie-martie 2008. Odată cu dispariția prin topire a podului de gheață din coada lacului s-a constatat că pe întreg cursul râului Bistrița de la Călugăreni până la barajul Topolicești albia râului era plină, până la refuz, cu năboi îmbibat cu sedimente și acoperit cu un strat de măr de cca. 10-15 cm, peste care se mai aflau porțiuni din gheață formată pe suprafața lacului, într-un stadiu avansat de topire (fig. 9).



Fig. 9. Obturarea cu năboi a albiei râului Bistrița a determinat schimbarea cursului râului (zona Călugăreni în cuveta emersă a lacului Izvoru Muntelui): 1972 (foto I Miron); 2008 (foto N. Rădoane).

În mecanismul de formare a primului blocaj se disting două stadii: *stadiu submers* de dezvoltare a gheții spongioase (năboi) cu o evoluție mai lentă și un *stadiu emers*, când procesul se mută în albia râului și se propagă spre amonte cu o mare viteză. Din acest moment evoluția factorilor hidro-meteorologici cumulată cu caracteristicile în plan orizontal a albiei râurilor (ștrangulări, meandrări, schimbări bruște de direcție) și în plan vertical (alternanțe de sectoare cu ruperi de pante, sectoare cu panta mare și praguri, blocuri în albie) pot crea situații greu de controlat.

În concluzie, analiza noastră asupra fenomenului de zăpor pe valea Bistriței încearcă să demonstreze că procesul este unul firesc și deterministic în valea Bistriței și nicidecum „unic în Europa” sau „chiar în lume” cum a fost caracterizat de unele media locale (Monitorul de Neamț, 9 ianuarie 2008). De asemenea, dorim să arătăm că orice intervenție asupra albiei râului și asupra factorilor de control trebuie precedată de o investiție minimă în cunoașterea fenomenului în toată complexitatea sa. Semnele de întrebare pe care ni le-am pus în această lucrare arată că este nevoie încă de cercetări și experimente. Inițiativa Hidroelectrică este salutară și avem convingerea că va conduce la acea sincronizare așteptată între măsurile de atenuare ce trebuie luate și efectele minime în plan social, economic și ecologic.

### Bibliografie

- Altunin S.T. (1960), *Zailenie vodohranilișei. Razmiv ruslu v nijnem bife plotin*, Trudi III, Vsesoiuznogo Ghidrologhiceskogo Siezda, V, Leningrad, 53-64.
- Ashton G.D. (Ed.) (1986), *River and Lake Ice Engineering*. Water Res. Publications, Littleton, Co. USA.
- Bates R.E., Billelo M.A. (1966), *Defining the cold regions of the Northern Hemisphere*. Cold Regions Res. And Engeneering Lab. Technical Rep Nr. 178.
- Băncilă I. (1989), *Geologia amenajărilor hidrotehnice*, Editura tehnică, 264 p.
- Beltaos S. (2007), *Hydro-climatic impacts on the ice cover of the lower Peace River*, Hydrological Processes, 19.
- Beltaos S. (2008), *Progress in the study and management of river ice jams*, Cold Reg. Sci. And Technology, 51,2 –19.
- Beltaos S., Prowse T.D. (2001), *Climate impacts on extreme ice jam events in Canadian rivers*, Hydrological Science Journal, 46, 157 – 182.
- Donisă I. (1968), *Geomorfologia văii Bistriței*, Edit. Academiei, bucurești, 286 p.
- Ciaglic V. (1965), *Evoluția fenomenului de îngheț pe râul Bistricioara în iarna 1963-1964*, Hidrotehnica, 10, 2, 92 – 101.



- Ciaglic V., Petru Vornicu (1966), *Observații asupra schimbului de apă dintre râul Bistricioara și stratul acvifer freatic din albia majoră*, Studii de hidrogeologie, INMH Bucuresti.
- Ciaglic V., Rudnic I., Timofte V., Vornicu P. (1975), *Contribuții la cunoașterea fenomenului de colmatare a lacului de acumulare Izvoru Muntelui*, IMH, Studii de hidrologie, **XLIV**, 235-261.
- Constantinescu C. (1964), *Factorii care condiționează existența și durata fenomenelor de iarnă pe Dunăre pe sectorul aval de Tr. Severin*. Meteorologia, Hidrologia și Gospodărirea Apelor, 1.
- Ichim I., Maria Rădoane (1986), *Efectele barajelor în dinamica reliefului. Abordare geomorfologică*, Edit. Academiei, București.
- Ichim I., Bătucă D., Maria Rădoane, Duma D. (1989) - *Morfologia și dinamica albiilor de râu*. Editura tehnică, București.
- Korytny L.M., Kichigina N.V. (2006), *Geographical analysis of river floods and their causes in southern East Siberia*, Hydrological Sciences Journal, 51, 3.
- Kowalczyk T., Hicks F. (2003), *Observations of dynamic ice jam release waves on the Athabasca River near Fort McMurray*, Canadian Journal of Civil Eng. 34, 473 – 484.
- Leopold L. B., Maddock T. (1953) – *The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications*, U.S. Geol. Survey Prof. Paper, 275-c.
- Leopold, L.B. Wolman, M.G., Miller J.P.. (1964), *Fluvial processes in geomorphology*, W. Freeman and Co., San Francisco, 522 p.
- Mihăilescu, I.F. (1975) – Contribuții la studiul climei și microclimatelor din zona lacurilor de acumulare de pe valea montană a Bistriței, Rez. tezei de doctorat, Univ. „Al.I. Cuza” Iași.
- Miță P. (1977), *Regimul termic și de îngheț al cursurilor de apă din România*, Rez.tezei de doctorat, Universitatea București.
- Păvăleanu I. (2003), *Fenomenul de zăpor pe râul Bistrița amonte de acumularea Izvoru Muntelui*, Facultatea de Hidrotehnică, Univ. Tehnică Iași (manuscris)
- Park C. C. (1977), *Man-induced changes in stream channel capacity*, în *River channel changes*, Ed. K. J. Gregory, John Wiley & Sons, Chichester, 122-144.
- Prowse T.D., Conly F.M. (1998), *Effects of climatic variability and flow regulation on ice-jam flooding of a northern delta*, Hydrological Processes, 12, 1589 – 1610.
- Prowse T.D., Beltaos S. (2002), *Climatic control of river-ice hydrology: a review*, Hydrological Processes, 16, 805 – 822.
- Prowse T.D., Bonsal B.R. (2004), *Historical trends in river-ice break-up: a review*, Nordic Hydrology, 35, 4-5, 281 – 293.
- Rhodes D.D. (1977), *The b-f-m- diame : graphical representation and interpretation of at-a-station hydraulic geometry*, American J. Science, 277.
- Rădoane Maria (2004), *Dinamica reliefului în zona Lacului Izvoru Muntelui*, Edit. Universității Suceava, Suceava.
- Romanescu Gh. (2003), *Inundațiile între natural și accidental*, Riscuri și catastrofe, Casa Cărții de Șt., Cluj Napoca, 130 – 138.
- Savin C. (1996), *Dicționar științific poliglot*, Tipored, București.
- Semenescu M. (1960), *Fenomenul de îngheț în sectorul Porțile de Fier*, Meteorologia, Hidrologia și Gospodărirea Apelor, 4.
- She Y., Hicks F. (2006), *Modeling ice jam release wave with consideration for ice effects*, Cold Reg. Sci. And Technology, 20, 137 –147.
- Shen H.T., Liu L. (2003), *Shokotsu River ice jam formation*, Cold Reg. Sci. And Technology, 37, 35 – 49.
- Surdeanu V., Berindean Olariu P. (2005), *Factori naturali și antropici care determină formarea zăpoarelor în bazinul superior al râului Bistrița*, Riscuri și catastrofe, IV, 2, 125 – 134.
- Ștefanache Dumitrica (2007), *Cercetări privind evoluția unor fenomene hidrologice periculoase*, Rez. tezei de doctorat, Universitatea “Gh.Asachi” Iași.
- \*\*\* (1997), *Fenomene nefavorabile de iarnă pe râul Bistrița și implicații asupra amenajărilor hidroenergetice existente și a celor aflate în execuție*, ISPH (manuscris).

\*\*\*(1998), *Efecte nedorite de iarnă cu impact asupra construcțiilor hidroenergetice pe secotrul Borca – Poiana Teiului*, ISPH (manuscris)