

SISTEMUL CIRCULAȚIEI APEI ȘI BILANȚUL HIDRIC ÎN DELTA DUNĂRII

PETRE GĂȘTESCU, BASARAB DRIGA

ABSTRACT. - Water circulation system and hydric balance in Danube Delta.

The delta, which is an open system, is permanently exchanging matter and energy with the external environment. *The hydrological sub-system*, basically the water circulation, represents the vital component of the very existence of the delta space. Since the water volume transported by the Danube to Ceatal Chilia is 205 km³/year at a multiannual mean of 6,515 m³/sec (1921-2000) and with it a quantity of alluvia of 54.85 million t/year (for the 1840-1990 period), and 83.5 million tons of salts/year (1980-1990 period) and 2,576.1 * 10¹² Kcal., this sub-system is undoubtedly playing a basic role within the configuration and evolution of the delta space. Of the matter and energy transported by the Danube, 95% reaches the three arms and flows into the sea, and only 5% is taken over by the network of backwaters and canals.

Key words: Danube Delta, system, circulation, hydric balance.

1. Introducere

Delta Dunării este considerată un sistem natural deschis și complex, în care intervențiile omului se manifestă deosebit de puternic prin ansamblul de modificări în rețeaua de canale, în complexele lacustre, prin îndiguirile laterale pe brațele principale, prin amenajările făcute (agricole, piscicole, silvice), care au scos cca 30% din suprafață de sub efectul direct al fazelor de regim hidrologic al Dunării. Delta, ca zonă terminală a fluviului Dunării, primește și tranzitează anual, prin arterele hidrografice și complexele lacustre, un important volum de apă, care îi conferă statutul de **zonă umedă**. Una din condițiile vitale ale zonei umede, cu varietatea de ecosisteme și biodiversitate reprezentativă, este sistemul circulației apei. Dunărea transportă anual la vârful deltei (Ceatalul Chilie) cca 205 km³ apă, respectiv 6 515 m³/s, cca 47,2 mil. tone/an aluviuni, 83,5 mil. tone/an săruri și 2 576 * 10¹² Kcal (corespunzător unei temperaturi medii anuale de 12,6° C) (valori pentru perioada 1921 – 1990).

Din valorile estimate de materie și de energie, 95% sunt tranzitate pe cele trei brațe (Chilia, Sulina, Sfântu Gheorghe) și numai 5% sunt preluate prin gârle și canale, stocate, parțial, în complexele lacustre și arii mlăștinoase din interiorul deltei.

Având în vedere condițiile climatice specifice, faza de evoluție morfohidrografică și modificările antropice prin diferite amenajări a spațiului Rezervației Biosferei Delta Dunării, legătura hidrică dintre brațele fluviului și depresiunile interioare prin intermediul rețelei de gârle și canale (circa 3 500 km), constituie o condiție importantă în starea ecosistemelor și, respectiv, a sistemului deltaic.

2. Debitul lichid

Înainte de ramificarea fluviului, la Ceatalul Chilieii, debitul mediu multianual al Dunării se estimează la $6\,515\text{ m}^3/\text{s}$ (perioada 1921 – 2000), valoarea maximă înregistrându-se în aprilie 2006 ($16\,500\text{ m}^3/\text{s}$), iar cea minimă în 1921 ($1\,350\text{ m}^3/\text{s}$); anterior acestei perioade sunt menționate debite maxime de $17\,700\text{ m}^3/\text{s}$ (C. Mociorniță, 1961) și chiar de $35\,000\text{ m}^3/\text{s}$ (în anul 1897, din Rapoartele Comisiei Europene a Dunării, *Geografia României, vol. I*, 1983).

Variația anuală a debitului lichid, la Ceatalul Chilia prezintă un minim și un maxim de iarnă (de amplitudini reduse), urmat de un maxim important de primăvară și de un minim, la fel de important, de toamnă. Perioada debitelor mari de primăvară (aprilie-iunie), reprezintă aproximativ 33% din scurgerea anuală, în timp ce de minimul de toamnă (septembrie – noiembrie) nu acoperă decât 17 – 18% din scurgerea anuală.

Brațul Chilia (120 km lungime) și în prezent cel mai important sub aspectul scurgerii, s-a caracterizat

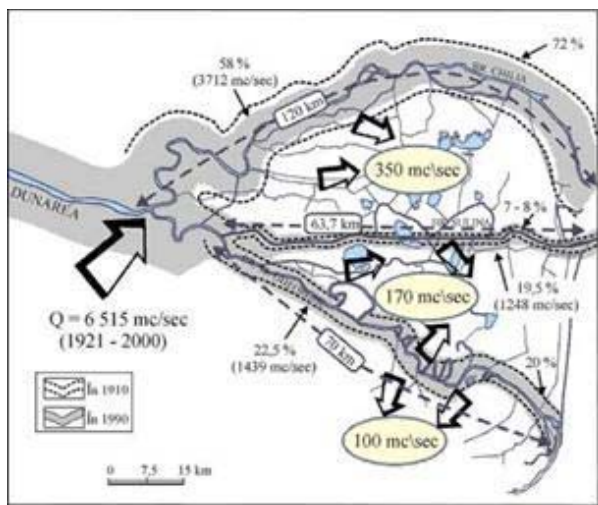


Fig. 1. Repartiția debitelor pe brațele Dunării

printr-o tendință de creștere a debitului până în anul 1890; după 1910, când prelua 72% din debitul fluviului, înregistrează o tendință de scădere (63,8% în 1950, 63% în 1960, 60,8% în 1970, 59,1% în 1980 și 58% în 1990) (fig. 1).

În aceeași perioadă ponderea **brațului Tulcea** (17 km între Ceatalul Chilieii și Ceatalul Sfântu Gheorghe), a crescut de la 28% la 42,4% în 1990, nu atât datorită **brațului Sfântu Gheorghe** (109 km lungime,

Abordări conceptuale și metodologice

în prezent 70 km și cu cel mai mare coeficient de meandrare, 1,7) a cărui pondere a crescut puțin peste 19 – 20%, cât mai ales datorită creșterii rolului **brațului Sulina** (lung de 63,7 km, la care se adaugă cca 8 km – prelungirea lui în mare prin digurile laterale) de la 7 – 8% la sfârșitul secolului trecut la cca 20% în prezent, ca urmare a rectificării și dragării sale continue.

Diferența dintre debitele de intrare (Ceatalul Chilieii) și debitele de la Ceatalul Sfântu Gheorghe (60 m³/s, respectiv, 0,9%) se scurge pe Canalul Mila 35. Astfel, pentru anii 1970, apreciat a fi cu nivelurile deosebit de ridicate, din debitul mediu multianual de 9 290 m³/s înregistrat la Ceatalul Chilieii, brațul Chilia prelua 5 440 m³/s (58,5%, iar brațul Tulcea 3 850 m³/s (41,5%); în anul 1971, cu niveluri scăzute, din cei 5 560 m³/s de la Ceatalul Chilieii, 3 290 m³/s (59,2%) erau preluați de brațul Chilia și 2 270 m³/s (40,8%) de brațul Tulcea (P. Gâstescu, B. Driga, 1981). Este de așteptat ca, prin rectificarea brațului Sfântu Gheorghe, a cărui lungime s-a redus prin tăierea a șase meandre (la 69,7 km) pe de o parte, să se producă o ușoară redistribuire între brațe.

Se apreciază că brațele Dunării în perioada 1980 – 1989, ca urmare și a realizării unor canale mari (Mila 35, Crișan – Caraorman), cedează în interiorul deltei un debit estimat la valori medii anuale de cca 620 m³/s, din care cca 350 m³/s sunt vehiculate prin rețeaua de gârle și canale și 270 m³/s sunt revărsate peste maluri, în faza apelor mari, pe cele trei unități Letea, Caraorman, Drianov. Cea mai mare parte, de 350 m³/s, se acumulează în spațiul dintre brațele Chilia, Tulcea și Sulina, urmată cu 170 m³/s în spațiul dintre Sulina și Sfântu Gheorghe, și 100 m³/s în spațiul dintre brațul Sfântu Gheorghe, lacul Razim și țărnul marin (C. Bondar, 1993).

Tabel 1. Debitul lichide medii ale Dunării la intrarea și ieșirea din deltă și pe brațele principale (m³/sec) (după C. Bondar, 2004)

Cursul de apă	Perioada											
	1921-1950		1951-1960		1961-1970		1971-1980		1981-1990		1921-2000	
	Qm ³ /s	%	Qm ³ /s	%	Qm ³ /s	%	Qm ³ /s	%	Qm ³ /s	%	Qm ³ /s	%
Dunărea intrare	6 295	100	6 476	100	6 976	100	6 892	100	6 209	100	6 515	100
Brațul Chilia	4 018	63,8	4 074	62,9	4 244	60,8	4 076	59,1	3 606	58,1	3 901	59,9
Brațul Sulina	906	11,2	1 060	16,4	1 181	16,9	1 289	18,4	1 235	19,9	1 154	17,7
Brațul Sf. Gheorghe	1 236	19,0	1 293	20,0	1 382	19,8	1 510	21,9	1 399	22,5	1 400	21,5
Dunărea vărsare	5 986	95,1	6 215	96,0	6 657	95,4	6 534	94,8	5 589	90,0	6 113	93,8
Diferența intrare-vărsare	- 309		- 261		- 319		- 358		- 620		- 402	

În intervalul 1991 – 2000, debitul pătruns din brațele Dunării în cele trei unități deltaice s-a mai redus. Astfel, în unitatea Letea pătrundea un debit de 192 m³/s, în unitatea Caraorman – 130 m³/s și în unitatea Dranov – 80 m³/s. Această reducere se datorește aluvionării unor secțiuni ale canalelor și închiderii altora care produceau colmatări în lacurile limitrofe (ex. Canalul Mila 35). Structura repartității debitelor Dunării pe cele trei brațe este cantitativ constantă, atât pentru anii cu debite mari, cât și pentru anii cu debite reduse (tabelul 1).

3. Studii de caz

Pentru a se reliefa particularitățile circulației apei în depresiunile lacustre s-a calculat bilanțul hidric în anii hidrologici reprezentativi conform ecuației generale a bilanțului hidric (P. Gâștescu, 1966):

$$X + Y_1 - Z - Y_2 = \pm \Delta V$$

unde: X = precipitațiile; Y_1 = aportul în lacuri prin canale; Y_2 = scurgerea prin canale din lacuri; Z = evaporația la suprafața apei; $\pm \Delta V$ = diferența de volum în unitatea de timp.

Deoarece schimbul de ape între brațele Dunării și lacuri se realizează prin aceleași gârle și canale, la o creștere de nivel în depresiunea lacustră rezultă că:

$$X + Y_1 - Z = + \Delta V, \text{ de unde } Y_1 = \Delta V + Z - X,$$

iar atunci când se înregistrează o scădere de nivel în complexul lacustru:

$$X - Z - Y_2 = - \Delta V, \text{ adică } Y_2 = \Delta V + X - Z$$

Pentru că, practic, toate componentele ecuației bilanțului au valori diferite de zero, iar creșterea sau scăderea de nivel nu este determinată exclusiv de aport, respectiv scurgerea prin gârle și canale, este recomandabil să se analizeze condițiile:

$$\begin{aligned} &\text{dacă } X - Z > + \Delta V, \text{ atunci } Y_1 = 0, \text{ iar } Y_2 = X - Z - \Delta V \\ &\text{dacă } Z - X > - \Delta V, \text{ atunci } Y_2 = 0, \text{ iar } Y_1 = Z - X - \Delta V \end{aligned}$$

Dintre parametri abiotici care influențează direct productivitatea biologică, debitul de primenire este de cea mai mare importanță, adică prin înlocuirea unei cantități de apă din lac având un anumit conținut de substanțe minerale, chimice sau organice, printr-o altă cantitate de apă „proaspătă”. În lucrările de specialitate se menționează necesitatea existenței unui debit de 0,7 l/s/ha necesar primenirii unui bazin piscicol în care predomină ciprinidele.

*Abordări conceptuale și metodologice***3.1. Depresiunea lacustră Matîța-Merhei**

Studiile și măsurătorile hidrologice efectuate de Institutul de Geografie relevă faptul că, în timp ce compartimentul sudic al depresiunii lacustre Matîța – Merhei beneficiază de o circulație activă a apelor (lacurile Bogdaproste și Trei Iezere), compartimentul mijlociu (lacul Babina), dar în mod deosebit cel nordic (lacurile Merhei, Matîța, Dracului etc.) suferă din cauza unei circulații deficitare (fig. 2).



Fig. 2. Sistemul circulației apei în Depresiunea Matîța-Merhei

Lumina și dezechilibre ecologice, două consecințele fiind mai importante:

- O parte din debitele de apă preluate din brațul Sulina sunt dirijate pe canalul Vătafu – Împutița și Iacob (la nord de lacurile Puiu, Roșu și Lumina), asigurându-se o bună circulație în această parte. Funcția vechiului canal Caraorman (între canalul Crișan-Caraorman și lacul Puiu) a fost redusă la 10-15% din debitul Crișan-Caraorman la ape mari.

3.2. Depresiunea lacustră Roșu-Puiu

Până în 1980, relațiile hidrice dintre brațele Dunării și depresiunile interioare se realizau, în principal, prin canalul Litcov (cu deschidere din brațul Sfântu Gheorghe la Km 100) ca axă principală și printr-o serie de canale și gârle scurte, cu funcție reversibilă din brațul Sulina (Gorgova, Ceamurlia, Mațovei, Vătafu, Busurca etc.); canalul Litcov, axat și folosind pe o anumită porțiune pe gârta Rusca și a Litcovului, asigură în cea mai parte și eficient primenirea apei în depresiunea lacustră.

În 1982 a intrat în funcție canalul supradimensionat Crișan – Caraorman care produce modificări importante în circulația apei în complexul Roșu – Puiu –

- O altă cantitate de apă din noul canal magistral Crișan – Caraorman se infiltrează prin grindurile Caraorman orientându-se către brațul Sfântu Gheorghe) (fig. 3).



Fig. 3. Sistemul circulației apei în Depresiunea Roșu - Puiu
redusă la 110 cm, redeschizându-se și Gârla Împutita).

3.3. Unitatea Dranov

Această unitate este slab drenată prin rețeaua de gârle naturale, coeficientul de acoperire lacustră fiind de 4,3% (90 lacuri nesemnificative ca suprafață, exceptând lacul Dranov - 2 170 ha). Gradul de amenajare al acestei unități este ridicat (26,2%) prin amenajarea agricolă (Murighiol) și piscicole (Dranov, Dunavăț, Holbina, Periteașca și Perișor).

Pentru reactivarea potențialului piscicol al Complexului lacustru Razim – Sinoie, între 1904 și 1906 a fost săpat canalul Dunavăț (Carol, 1905), în 1914

Digul litoral Sulina – Sfântu Gheorghe și canalul însoțitor, au fost proiectate pentru apărarea împotriva eroziunii marine a cordonului litoral și drenarea apelor din depresiune către brațele Sulina și Sfântu Gheorghe. Digul, prevăzut cu un deversor la o cotă ridicată (+130 cm), a atras după sine stocarea unui volum mai mare de apă în depresiunea Roșu – Puiu și ridicarea nivelului lacurilor și apelor freatice din grindul Caraorman, cu consecințe negative asupra ariei strict protejate și a așezării cu același nume. Măsura s-a dovedit nerealistă, abraziunea continuând atât datorită tendinței generale de creștere a nivelului mării (2-3 mm/an), urmare a modificărilor climatice globale, cât și a reducerii debitului solid al Dunării, consecință a amenajărilor complexe din bazinul hidrografic. Ulterior, cota deversorului a fost

Abordări conceptuale și metodologice

canalul Dranov (Ferdinand). Canalul Lipovenilor realizat după 1950, care asigură alimentarea cu apă (cca $10 \text{ m}^3/\text{s}$) a amenajărilor piscicole din nordul lacului Razim, a fost închis la priza din brațul Sfântu Gheorghe, după 1984, prin amenajarea incintei agricole Murighiol, continuând a prelua apele din canalul Dunavăț. Canalul Crasnicol, executat între 1933 – 1935, cu un debit mediu de $8,4 \text{ m}^3$ alimenta cu apă nord-estul depresiunii Dranov; la Km 10 pe brațul Sfântu Gheorghe se deschide canalul Palade, cu rol limitat în alimentarea cu apă a acestei unități (fig. 4).

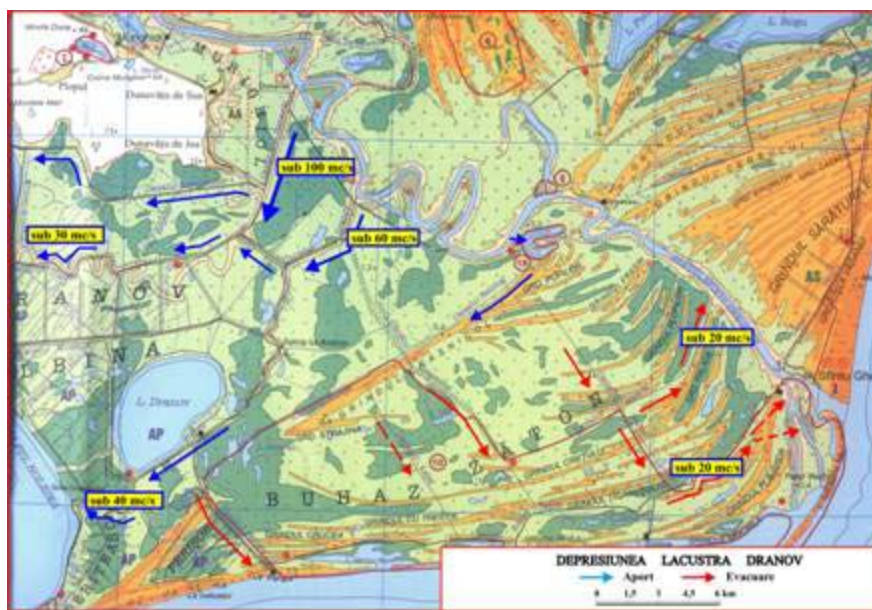


Fig. 4. Sistemul circulației apei în Unitatea Dranov

Se apreciază că volumul anual de apă ce intră în depresiunea Dranov din Dunăre este 2,47 miliarde m^3 . Mediile lunare multianuale ale debitelor intrate ating un maxim în mai ($60,6 \text{ m}^3/\text{s}$ pentru Dunavăț, $37 \text{ m}^3/\text{s}$ pentru Dranov, $19,3 \text{ m}^3/\text{s}$ pentru Crasnicol) și un minim în septembrie – octombrie ($28,3 \text{ m}^3/\text{s}$ pentru Dunavăț, $12,4 \text{ m}^3/\text{s}$ pentru Dranov și $3,64 \text{ m}^3/\text{s}$ pentru Crasnicol); cele mai mari debite lunare înregistrate corespund lunii mai 1970, $250 \text{ m}^3/\text{s}$ (din care Dunavăț $91,6 \text{ m}^3/\text{s}$ și Dranov $79 \text{ m}^3/\text{s}$). Începând din 1972, pe fondul unei tendințe accentuate de creștere a debitelor, canalul Dunavăț devine principala arteră de alimentare a depresiunii Dranov, în detrimentul celorlalte canale; astfel în decembrie 1976, debitul preluat de acest canal a reprezentat 90% din totalul cedat de brațul Sfântu Gheorghe pe acest sector.

4. Modelul și bilanțul hidric global al Deltei Dunării

Modelul hidrologic deltaic se exprimă prin forma generalizată a ecuației bilanțului hidrologic și care constă dintr-o parte dată de *intrări* (input **I**) și alta de *ieșiri* (output **O**), balanța dintre cele două măsurându-se prin volumul stocat la un moment dat (**V**) care poate fi (+ **V**) sau (-**V**) în raport cu perioada anterioară, conform expresiei:

$$\mathbf{I} + \mathbf{O} = \pm \Delta \mathbf{V}$$

Fiecare din cele două părți este configurată prin mai multe componente, și anume: precipitațiile căzute la suprafața sistemului (**X**), evaporația și evapotranspirația la aceeași unitate (**Z**), aportul de apă prin debitul Dunării (**Y₁**), scurgerea în spațiul marin prin intermediul brațelor principale și alte artere hidrografice (canale, gârle) sau chiar la nivelul perisipurilor joase în faza apelor mari în deltă (**Y₂**), aportul subteran (**U₁**) și pierderea subterană (**U₂**).

Componentele mai sus menționate se înscriu în ecuația de forma:

$$\mathbf{X} + \mathbf{Y}_1 + \mathbf{U}_1 - (\mathbf{Z} + \mathbf{Y}_2 + \mathbf{U}_2) = \pm \Delta \mathbf{V}$$

Exprimarea cantitativă a componentelor ecuației bilanțului hidrologic este posibilă la un anumit nivel pe baza măsurătorilor dintr-o perioadă mai mare de ani asupra (**X**, **Y₁**, **Y₂**) și pe o perioadă mai mică asupra evaporației și evapotranspirației (**Z**).

În condițiile climatului spațiului deltaic, unde evaporația și evapotranspirația sunt de 2–3 ori mai mari decât precipitațiile, rezultă un bilanț hidric deficitar, necesitând o relație eficientă a spațiilor interioare cu brațele Dunării și o circulație activă a apelor. Chiar în condițiile unui aport de apă dunărean în parametri normali, se impune identificarea *pragurilor-limită* până la care ciclurile anuale ale ecosistemelor deltaice se desfășoară normal. Cu atât mai mult se pune problema în prezent, când nutrienții și substanțele poluante depășesc capacitatea de asimilare și autoepurare. Subliniem acest aspect al ponderii **Y₁/Y₂** în modelul bilanțului hidrologic pentru Delta Dunării, deoarece nu se pot extrapola modelele altor delte, cum ar fi cele din regiunile subpolare sau din regiunile umede intertropicale, unde raportul **X/Z** poate regla și dimensiona pe **Y₂** (în cazul Deltei Dunării, raportul dintre **X/Z** are valori între 0,25 în stufărișuri și 0,35 pe lacuri).

Din estimările noastre, elementele bilanțului hidrologic global ale Deltei Dunării prezintă următoarele valori: **Y₁** (volumul mediu de apă al Dunării la Ceatalul Chilie) este de 205 km³/an, **X** (precipitațiile căzute pe suprafața deltei fără complexul lacustru Razim-Sinoie) sunt de 1,3 km³/an, **Z** (evaporația și evapotranspirația) - 4,5 km³/an, **Y₂** (scurgerea directă prin cele trei brațe în Marea Neagră), - 194,0 km³/an. Dacă înlocuim aceste valori în ecuația **Y₁ + X - Z - Y₂ =**

Abordări conceptuale și metodologice

$\pm \Delta V$ rezultă un volum de apă de **8,3 km³** ce poate fi stocat în spațiul Deltei Dunării.

Modificările intervenite în deltă prin realizarea diferitelor incinte îndiguite, modifică capacitatea de stocare, dar nu și rata anuală de primenire (vehiculare) a apei, care s-a intensificat prin reducerea volumului stocat.

5. Concluzii

Printre măsurile de remediere a sistemului circulației apei și a reconstrucției ecologice menționăm: realizarea sistemului circulației apei la scara sistemului deltaic și la cea a complexelor lacustre; circulația apei în interiorul deltei să se facă pe artere având sensul de curgere de la vest (vârful deltei) spre est (complexele lacustre Matița–Merhei și Roșu–Puiu), potrivit modelului Litcov și Sireasa); evitarea canalelor scurte, transversale, între bratele principale și complexe lacustre, care produc colmatări intense (ex. Canalul Crâncă, canalele Filat și Uzlina, între brațul Sfântu Gheorghe și lacurile Gorgova, respectiv, Uzlina) – unele dintre ele fiind deja barate; redimensionarea canalelor mari Mila 35 și Crișan – Caraorman, care produc colmatări în spațiile limitrofe; reactivarea unor canale care se colmatează și nu mai asigură o circulație activă a apei (Sulimanca, Dovnica, Stipoc, Chilia – ocolitor; reactivarea arterelor hidrografice din anumite amenajări „agricole” (Pardina, Sireasa, Dunava – Murighiol); realizarea de parcele experimentale pentru studierea procesului de eutrofizare; refacerea pădurilor de tip galerie, compuse din specii indigene, cu o capacitate mare pentru biodiversitate și cu funcții ecotonale; fragmentarea în module mai mici, ca suprafață, a amenajărilor agricole mari și nerentabile (Sireasa, Pardina) și reconstrucția lor ecologică parțială.

BIBLIOGRAFIE

1. Antipa, Gr. (1914), *Câteva probleme științifice și economice privitoare la Delta Dunării*, Anal. Academiei Române, Secț. Științ., Seria II, 36.
2. Banu, A.C., Rudescu, L. (1965), *Delta Dunării*, Edit. Științifică, București.
3. Bondar, C. (1993), *Secular evolution of some components of the hydrological Danube regime and of the mean level of the Black Sea*, Proceed. World Coast Conf.
4. Bondar, C. (1994), *Referitor la alimentarea și tranzitul apelor Dunării prin interiorul deltei*, Anal.Șt.Inst. Delta Dunării, Tulcea.
5. Drăga, B.(2004), *Delta Dunării. Sistemul circulației apei*, Casa Cărții de Știință, Cluj – Napoca.
6. Gâștescu, P. (1993), *The Danube Delta: Geographical characteristics and Ecological Recovery*, GeoJournal, 29, A International Jurnal, Kluwre Academic Publishers-Dordrecht, Boston/London.

*Riscuri și catastrofe**Victor Sorocovschi*

7. Gâțescu, P. (1996), *The Danube Delta Biosphere Reserve (DDBR) – Present State and Management*, Rev. Roum. de Géographie, **40**.
8. Gâțescu, P., Driga, B. (1983), *Les caractéristique du régime hydrique du Danube a son embouchure dans la Mer Noire*, RRGG - Géographie, **27**.
9. Gâțescu, P., Driga, B. (1998), *Bilanțul hidric și modele ale circulației apei în câteva complexe lacustre din RBDD*, Analele ICPDD, **VI/2**.
10. Gâțescu, P., Oltean, M. (1997) *On the mathematical model of the Danube Delta hydrologic system*, Rev. Roum. de Géographie, **41**.
11. * * * *Delta Dunării – Rezervație a Biosferei* (2008), Editori Petre Gâțescu, Romulus Știucă, Edit. CD PRESS, București.

RISCURI ȘI CATASTROFE
Vol. VIII, Nr. 6 / 2009