

BILANȚUL MORFOLOGIC PE DUNĂRE ÎN SISTEMUL LACURILOR DE RETENȚIE PORȚILE DE FIER 1 ȘI 2 PENTRU INTERVALELE 1971-2005, RESPECTIV 1985-2005

CONSTANTIN BONDAR

INCD GEOECOMAR, Str. D. Onciul, nr. 23-25, 024053 București, Sect. 2 cbondar@geocomar.ro

Abstract. Cunoșcând batimetria și debitele de aluviuni intrate și ieșite prin secțiunile de control din sistemul celor două lacuri de retenție, Porțile de Fier 1 și 2, s-au putut determina cantitățile anuale de aluviuni depuse și tranzitate prin cele două sectoare de lacuri pe intervalele anilor 1971-2005 și respectiv 1985-2005. Pe baza măsurătorilor hidrometrice s-au făcut o serie de prelucrări numerice și grafice, privind bilanțul aluviunilor, în vederea cunoașterii proceselor depoziționale din cele două lacuri de retenție. Au rezultat cantitățile de sedimente intrate și depuse în lacurile de retenție, precum și volumele depunerilor.

Cuvinte cheie. bilanț morfologic, batimetrie, hidrometrie, depuneri de sedimente, aluviuni

1. GENERALITĂȚI

Bilanțul morfologic poate fi definit ca suma algebrică a componentelor de materiale aluvionare care intră, tranzitează și ies dintr-un volum de control (sectoare de albiu, lacuri, bare de guri, sectoare costiere etc.). Matematic, bilanțul morfologic poate fi exprimat prin ecuații cu diferențe finite pe volume elementare, sau prin mărimi finite pe volume mari. Pentru exemplificare în schița de mai jos este prezentat un contur de control al bilanțului cu componentele debitelor de masă care intră sau ies din perimetrul respectiv.

Potrivit celor definite mai sus, se prezintă în relația (1) ecuația cu diferențe finite a bilanțului.

$$(Raf + Rls + Rld - Ref) \times \Delta t = \Delta W \quad (1)$$

în care:

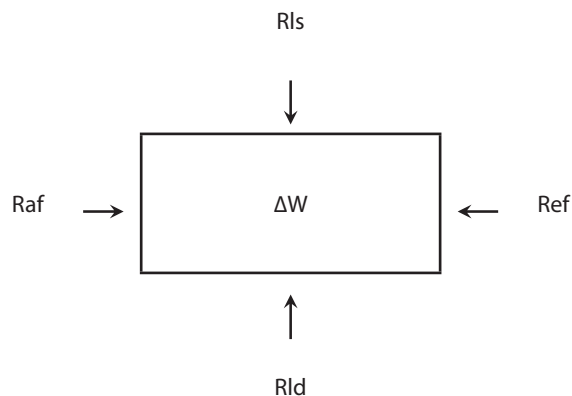
Raf - debit de masă afluent

Rls și Rld - reprezintă debitele de masă afluate lateral din stânga sau dreapta

Ref - debit de masă efluent

Δt - interval finit de timp

ΔW - volum finit de masă acumulată sau pierdută din perimetrul de control, pentru intervalul finit de timp Δt .



Scopul calculării bilanțului morfologic îl constituie determinarea stabilității morfologice a albiilor cursurilor purtătoare de sedimente, a cuvetelor lacurilor, a barelor de râuri și a sectoarelor marine costiere.

Încă din secolul al XIX-lea bilanțul morfologic a căpătat o largă aplicare în calculele hidraulice de colmatare a lacurilor de acumulare. În timp, cerințe practice au determinat aplicarea sa și în zone costiere instabile.

În continuare este prezentat bilanțul morfologic calculat pentru lacurile de retenție Porțile de Fier 1, pe intervalul anilor 1971 - 2005, și Porțile de Fier 2, pentru intervalul anilor 1985 -2005.

2. BILANȚUL MORFOLOGIC PE ALBIA DUNĂRII ÎN SISTEMUL HIDROENERGETIC ȘI DE NAVIGAȚIE PORȚILE DE FIER

Pentru determinarea bilanțului morfologic au fost utilizate două căi:

- Calcul volumetric, utilizând măsurătorile batimetrice din secțiunile hidrometrice de control ale scurgerii apei și aluviunilor;
- Calcul masic, utilizând măsurătorile de debite de aluviuni din secțiunile hidrometrice de control.

2.1. CARACTERISTICILE MORFOMETRICE INIȚIALE ALE CUVETELOR LACURILOR DE RETENȚIE.

Studiul se referă la sectorul comun de frontieră romano-iugoslav care cuprinde cuvetele lacurilor Porțile de Fier 1 și 2.

În tabelul 1 sunt prezentate valorile caracteristicilor morfometrice ale cuvetelor celor două lacuri de retenție.

2.2. BILANȚUL DEPUNERILOR ALUVIONARE REZULTAT DIN MĂSURĂTORILE BATIMETRICE REALIZATE ÎN SECȚIUNILE HIDROMETRICE DE CONTROL.

Potrivit programului de monitoring hidrologic pe Dunăre, în limitele de întindere ale celor două lacuri de retenție, anual se efectuează măsurători ale debitelor de apă și de aluviuni în 8 secțiuni hidrometrice; la Baziaș (km 1072), la Moldova Veche (km 1048), la Drencova (km 1016), la Svinita (km 995), la Orșova (km 957), amonte PF1 (km 947), la Turnu Severin (km 931) și aval de PF2, la Gruia (km 858).

Pentru evaluarea bilanțului morfologic s-au efectuat o serie de prelucrări numerice și grafice ale datelor batimetrice, sintetizate în tabelul 2.

Cu datele rezultate din tabelul 2, s-a întocmit graficul din figura 1.

Din analiza datelor conținute în tabel și examinarea graficului din Figura 1, rezultă următoarele constatări globale:

- Cea mai mare cantitate de aluviuni se acumulează în lacul de retenție Porțile de Fier 1, pe tronsonul de albie cuprins între secțiunile hidrometrice Drencova (km 1016) și

Orșova (km 957), având un maximum în zona Svinita (km 995);

- În perioada anilor de exploatare hidroenergetică a fluviului (1971-2005), volumul depunerilor aluvionare a fost de circa 170 mil. m³ în lacul de retenție Porțile de Fier 1, respectiv 10 mil. m³ în lacul de retenție Porțile de Fier 2. Totalul depunerilor în ambele lacuri de retenție a fost de circa 180 mil. m³.

2.3. BILANȚUL DEPUNERILOR ALUVIONARE REZULTAT DIN MĂSURĂTORILE DEBITELOR DE ALUVIUNI ÎN SECȚIUNILE HIDROMETRICE DE CONTROL.

Cunoscând debitele de aluviuni intrate și ieșite prin secțiunile de control, în sistemul celor două lacuri de retenție, s-au putut determina, prin bilanț, cantitățile anuale de aluviuni intrate, depuse și tranzitate pe intervalele de ani menționate. Astfel, pe baza materialelor hidrometrice s-au făcut o serie de calcule privind bilanțul aluviunilor, în vederea evidențierii caracteristicilor depunerilor. Cu datele rezultate din prelucrări s-au întocmit trei grafice reprezentative, după cum urmează:

Din figura 2 rezultă că în intervalul de timp analizat, scurgerea de aluviuni pe Dunăre a manifestat tendințe sensibile de diminuare față de trecut, atât la intrarea în țară cât și în zona de vărsare în Marea Neagră.

Pentru a ilustra și evidenția caracteristicile depunerilor de aluviuni în cuvetele lacurilor de retenție Porțile de Fier 1 și Porțile de Fier 2, s-au făcut o serie de prelucrări. S-au calculat pe ani succesivi, cantitățile anuale cumulate de aluviuni în suspensie la intrările în cele două lacuri, precum și cantitățile anuale cumulate, în suspensie, depuse în cele două lacuri (Fig. 3).

Din examinarea figurii 3 rezultă următoarele:

- În intervalul anilor 1971-2005, prin secțiunea hidrometrică Baziaș a intrat în lacul de retenție Porțile de Fier 1 o cantitate de circa 393,14 mil. t de aluviuni care s-a depus până la baraj într-un volum de 133,15 mil. t, respectiv în proporție de 33,9 %;
- Depunerile de aluviuni în lacul de retenție Porțile de Fier 1 au avut un regim crescător între anii 1971-1985, când s-a atins valoarea de circa 39,5 %;
- Odată cu intrarea în exploatare a hidrocentralei Porțile de Fier 2 (în anul 1984), regimul depunerilor cumulate în lacul de retenție Porțile de Fier 1, a rămas practic constant, cu o foarte slabă tendință de creștere;

Tabelul 1. Valorile caracteristicilor morfometrice ale cuvetelor celor două lacuri de retenție.

Lacul de retenție	Pozițiile kilometrice	Lungimea (km)	Volum (km ³)	Suprafața oglinzii apei (km ²)	Lățimea medie (m)
Porțile de Fier 1 (PF1)	1075-942,8	132,2	2,83	133	1049
Porțile de Fier 2 (PF2)	942,8-863	79,8	0,425	63,25	842

Tabelul 2. Evaluarea depunerilor de sedimente în lacurile de retenție Porțile de Fier 1 și 2 pentru intervalul 1971-2005, utilizând datele batimetrice din secțiunile hidrometrice de măsurători de debite de apă și alviuni

Secțiuni	km	Zh1971 (m)	Zh2005 (m)	Δz (m)	Δz_m (m)	Lățimea (m)	Lungimea (m)	Deltav (mc)
Lacul de retenție Porțile de Fier 1								
Baziaș	1072	59.94	58.59	-0.35				
					0.025	892	24000	535200
Moldova V.	1048	57.2	57.6	0.4				
					0.425	990	32000	13464000
Drencova	1016	57.6	58.05	0.45				
					2.725	1013	21000	57968925
Svinita	995	55.65	60.65	5				
					2.25	1093	38000	93451500
Orșova	957	45.8	45.3	-0.5				
					0.25	1261	14000	4413500
PF1	943	36.5	37.5	1				
							Total PF1	169833125
Lacul de retenție Porțile de Fier 2								
Drobeta T.S.	931	31	31.1	0.1				
					0.175	774	73000	9887850
Gruia	858	24.5	24.75	0.25				
							Total PF1+PF2	179720975

NOTĂ. Semnificațiile datelor din coloanele tabelului sunt următoarele:

- Zh 1971, cota medie a fundului albiei într-o secțiune hidrometrică dată în anul de început (1971)
- Zh 2005, cota medie a fundului albiei într-o secțiune hidrometrică dată în anul de capăt (2005)
- Δz , diferența dintre cotele medii ale fundului albiei, într-o secțiune hidrometrică dată, în anul 2005, respectiv 1971
- Δz_m , media aritmetică a diferențelor de cote medii ale fundului de albie între două secțiuni hidrometrice succesive
- Lățimea, media aritmetică a lățimii albiei dintre două secțiuni hidrometrice succesive
- Lungimea, distanța dintre două secțiuni hidrometrice succesive
- Δv , volumul depunerilor de sedimente dintre două secțiuni succesive între anii 1971-2005.

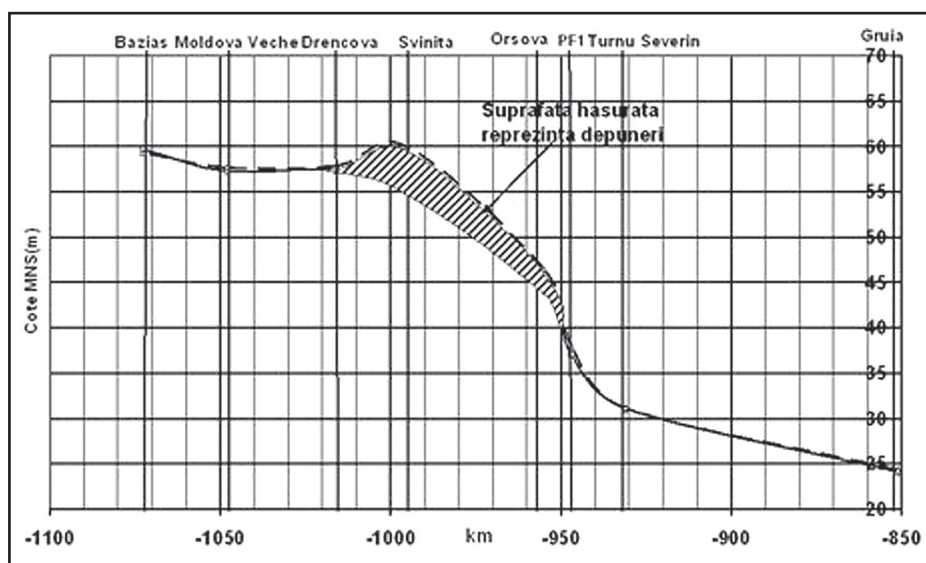


Fig. 1 Variația în lungul albiei Dunării pe sectorul lacurilor de retenție Porțile de Fier 1 și 2 a cotelor absolute (SMNS) ale liniei fundului mediu a albiei în anul 1971 (linia continuă), respectiv în anul 2005 (linia întreruptă).

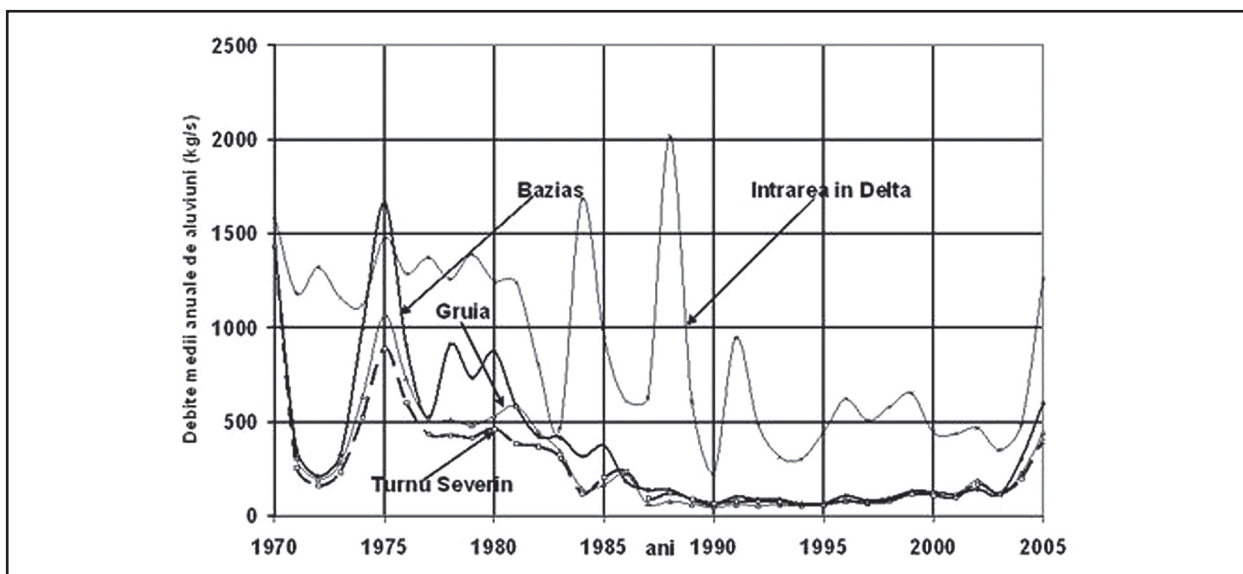


Fig. 2 Graficele cronologice ale debitelor medii anuale de aluviuni în suspensie ale Dunării tranzitate prin secțiunile hidrometrice Baziaș (km 1072), Drobeta Turnu Severin (km 931), Gruia (km 858) și la intrarea în Delta Dunării (km 80) între anii 1971-2005

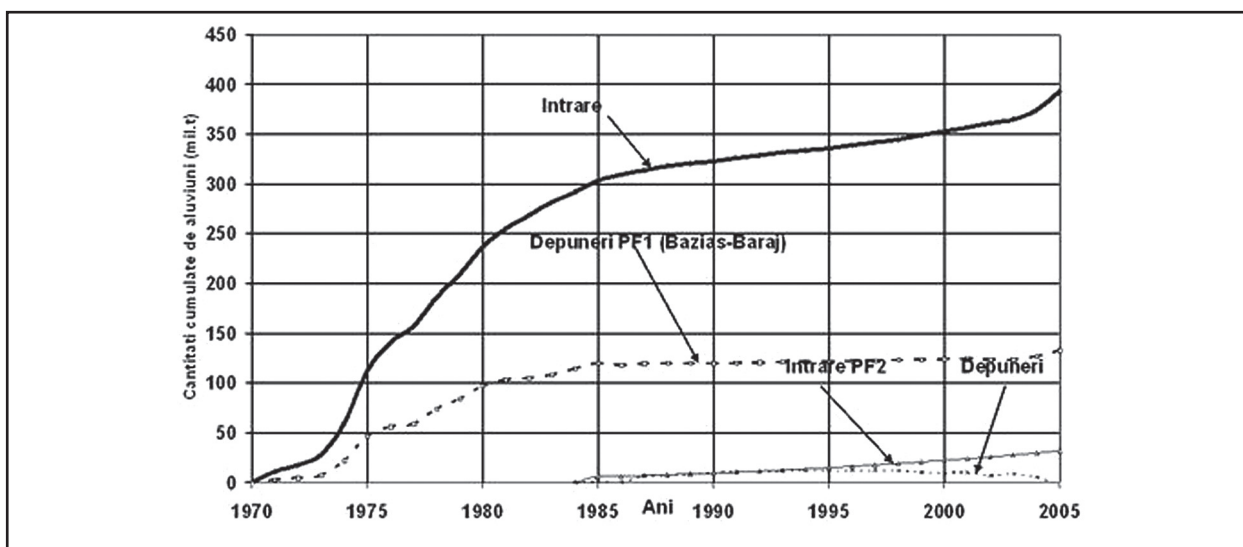


Fig. 3 Graficele cronologice ale cantităților anuale cumulate de aluviuni în suspensie ale Dunării, intrate și depuse în cuvetele lacurilor de retenție Porțile de Fier 1 pe anii 1971-2005 și Porțile de Fier 2 pe anii 1985-2005

- În intervalul 1985-2005 în lacul de retenție Porțile de Fier 2, depunerile cumulate au urmărit regimul intrărilor cumulate până în anul 1995, după care s-au redus la zero;
- Pentru precizarea regimului depunerilor în lacul Porțile de Fier 1, s-au calculat valorile relative ale cantităților anuale cumulate de aluviuni depuse în cuvetă, exprimate prin raportul dintre cantitățile anuale cumulate ale depunerilor și cantitățile anuale cumulate ale aluviunilor intrate în lac (Fig. 4).

În figura 4 poate fi urmărită variația în timp a depunerilor aluvionare din lacul de retenție Porțile de Fier 1 pentru intervalul 1971-2005. Se poate observa că la începutul exploatării lacului, în primii 5 ani, depunerile au crescut rapid atingând valoarea medie de circa 42% din cantitățile de aluviuni intrate. Pentru intervalul 1975-2005 a urmat o diminuare continuă a procentelor depunerilor, acestea atingând valoarea de circa 34% în anul 2005.

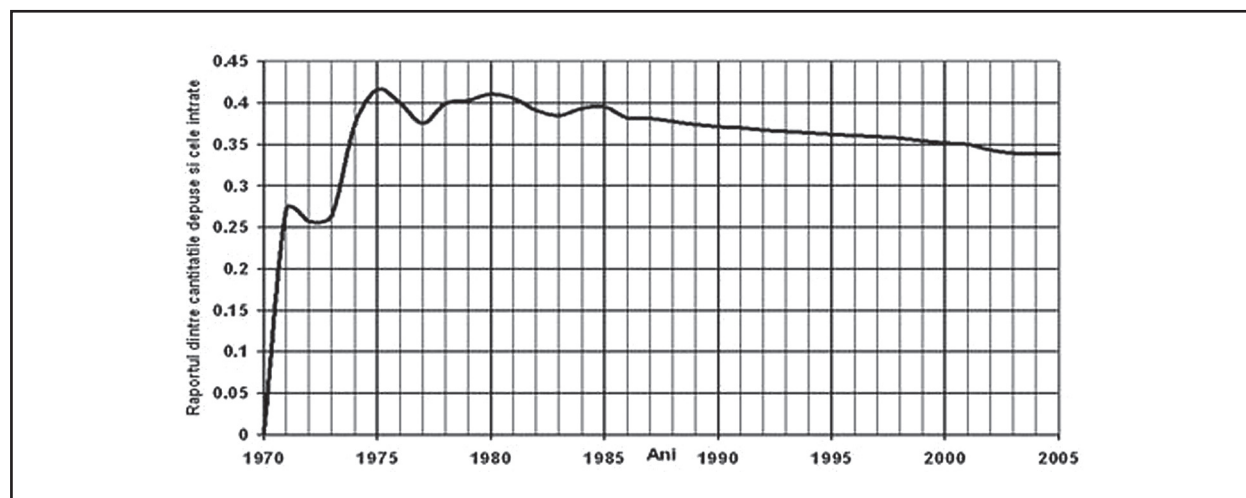


Fig. 4 Graficul valorilor relative ale cantităților cumulate de aluviuni depuse în cuveta lacului de retenție Porțile de Fier 1 pentru perioada 1971-2005

În vederea cunoașterii procesului hidraulic de acumulare a aluviunilor în cele două lacuri de retenție, s-a aplicat metoda corelării debitelor solide medii anuale cu debitele de apă și de aluviuni tranzitate în funcție de timp. În acest scop a fost adoptată o funcție empirică de proces, cu structura de mai jos.

$$dr/r = [adr \times (t - t_i + 1) + bdr \times Q] \times \Delta t \quad (2)$$

în care:

dr - reprezintă diferența dintre debitele de aluviuni ieșite (în aval) și intrate (în amonte) în tronsonul de albie studiat

r - media debitelor de aluviuni tranzitate prin tronsonul de albie studiat

t - timpul (ani)

Q - media debitelor de apă tranzitate prin tronsonul de albie studiat

adr și bdr - parametri determinați prin metoda celor mai mici pătrate.

Pentru aplicarea metodei, a fost elaborat un program de calcul adecvat "pmorfdr.bas". În urma rulării programului, s-au obținut următoarele rezultate pentru tronsonul de albie al Dunării cuprins între secțiunile Baziaș și Drobeta Turnu Severin.

Bilanțul aluvionar anual transportat în suspensie, care a tranzitat tronsonul menționat între anii 1971 - 2005 a fost determinat utilizând următoarea funcție empirică de proces:

$$dr/dt = r \times [adr \times (t - t_i + 1) + bdr \times Q] \quad (3)$$

Procesele morfologice din tronsonul de albie analizat se caracterizează prin următoarele elemente:

- Parametrii funcției de proces $dravam/dt = rmavam \times [adr \times (t - t_i + 1) + bdr \times Qmavam]$ au valorile $adr = -4.241655E-03$, $bdr = -4.467484E-05$ și coeficientul de corelație $rdr = -0.9133589$

- Procesele morfologice constau din depuneri descrescătoare în timp, evaluate la un debit mediu de aluviuni pe intervalul de timp analizat de $dravam = -92.5$ kg/s, în condițiile unui debit mediu de aluviuni tranzitate de $rm = 300$ kg/s
- Media grosimii stratului depus pe întregul traseu al lacului de retenție Porțile de Fier 1 este de $d_{hm} = -1.039738$ mm/an
- Pe durata intervalului de calcul, valoarea medie a debitului de apă tranzitat prin tronson a fost de $Q_m = 5194$ mc/s.

2.4. COMPARAREA REZULTATELOR OBTINUTE PRIN BILANȚ VOLUMETRIC ȘI MASIC

Determinarea bilanțului morfologic prin cele două metode, utilizând datele morfometrice și cele ale debitelor de aluviuni din secțiunile de control, a condus la obținerea a două valori diferite ale volumelor de aluviuni acumulate în lacul de retenție Porțile de Fier 1:

- 169 833 125 m³, obținută prin metoda volumetrică
- 133 000 000 t, obținută prin metoda masică.

Diferența dintre valori se explică prin faptul că metoda volumetrică a determinat depuneri de sedimente cu greutate specifică < 1 kg/dm³, în timp ce metoda masică a determinat depuneri compacte cu greutate specifică de $\sim 1,65$ kg/dm³.

3. CONCLUZII

- Pentru intervalul anilor analizați, regimul Dunării a manifestat tendințe sensibile de diminuare a scurgerii de aluviuni în suspensie față de trecut, atât la intrarea în țară cât și în zona de vărsare în Marea Neagră;
- Cele mai însemnate procese depoziționale s-au produs în lacul de retenție Porțile de Fier 1, pe tronsonul de albie cuprins între secțiunile hidrometrice Drencova (km 1016)

- și Orșova (km 957), având punctul de maxim în zona Svin-ita (km 995);
- În intervalul anilor de exploatare hidroenergetică a fluviului (1971-2005), volumul depunerilor aluvionare a fost de circa 170 mil. m³ în lacul de retenție Porțile de Fier 1, respectiv 10 mil. m³ în lacul de retenție Porțile de Fier 2. Totalul depunerilor în ambele lacuri de retenție a fost de circa 180 mil. m³;
- Din 1971, anul în care a intrat în exploatare hidrocentrala Porțile de Fier 1 și până în anul 1985, când a intrat în exploatare și cea de la Porțile de Fier 2, depunerile de aluviuni în lacul Porțile de Fier 1, au avut un curs ascendent, atingând valoarea de circa 42 % din cantitățile de aluviuni intrate în lac prin secțiunea hidrometrică Baziaș;
- Pentru intervalul 1975-2005 s-a constatat o diminuare continuă a proceselor depoziționale în lacul de retenție Porțile de Fier 1 (~ 34 % în anul 2005);
- După intrarea în exploatare a hidrocentralei Porțile de Fier 2, regimul depunerilor în lacul de retenție Porțile de Fier 1, a rămas practic constant, cu o foarte slabă tendință de creștere;
- În intervalul 1985-2005 în lacul de retenție Porțile de Fier 2, regimul depunerilor cumulate (sedimente transportate în suspensie și prin târâre pe fund) a urmat mai întâi regimul intrărilor cumulate (până în anul 1995), după care s-au redus la zero;
- Depunerile aluvionare în cele două lacuri de retenție s-au diminuat treptat, fără efecte sensibile asupra scurgerii de aluviuni la gurile Dunării.

BIBLIOGRAFIE

- BONDAR C.(1977) - Modificări ale regimului hidrologic prin amenajările hidrotehnice pe Dunărea inferioară., Hidrotehnica, București, Vol. 22, nr. 4, p.87 - 89.
- BONDAR C., STATE I., DEDIU R., SUPURAN I., VASLABAN G., NICOLAU G.(1980) - Date asupra patului albiei Dunării în regim amenajat, pe sectorul cuprins între Baziaș și Ceatal Izmail.
- BONDAR C., NICOLAU G., BALU M.(1983) - Caracteristicile tranzitului de aluviuni prin lacul de retenție al Complexului hidroenergetic și de navigație Porțile de Fier 1, între Baziaș și baraj, Studii și cercetări, Hidrologie, L(50), București, p. 101-108.
- BONDAR C.(1983) - Date asupra tranzitului și depunerilor de aluviuni în sectorul româno-iugoslav al lacului de retenție Porțile de Fier 1 pe anii 1971-1981, Hidrotehnica, Vol. 28, nr. 12, București, p.367-368.