

VITEZE DE CURENȚI ȘI DEBITE ALE APELOR DUNĂRII MĂSURATE CU AJUTORUL SONTEK RIVERSURVEYOR ADP

CLAUDIA STRECHIE-SLIWINSKI, LAURA JUGARU TIRON, ȘTEFAN SZOBOTKA, RADU DIMITRIU, CORNEL IOAN POP

INCD GEOECOMAR, Str. D. Onciul, nr. 23-25, 024053 București, Sect. 2
cstrehie@yahoo.co.uk, jugarul@geoecomar.ro, szobi@usa.net, dimitriu@geoecomar.ro

Abstract. Vitezele curenților și debitele apelor Dunării au fost măsurate folosind un sistem Acoustic Doppler Profiler (ADP) SonTek RiverSurveyor. Această tehnică, modernă și performantă, permite măsurarea rapidă și precisă a vitezelor apei, în timp ce nava se deplasează. Aparatul măsoară viteza și adâncimea apei în celule rectangulare cu latura de minimum 1 m și efectuează corecția datelor pentru temperatura și salinitatea apei. Busola și senzorul de înclinare încorporate permit stabilirea poziției, iar un circuit bottom-tracking măsoară adâncimea apei și viteza navei față de fundul apei. Pachetul de programe, ce funcționează sub Windows, permite reprezentarea grafică a datelor într-un mod accesibil și sugestiv.

Cuvinte cheie. viteze de curenți, debite, Dunăre, Acoustic Doppler Profiler

Date noi de viteze de curenți și debite ale apelor Dunării, au fost obținute folosind o tehnologie performantă și modernă, utilizată în premieră în cadrul INCD GEOECOMAR.

Măsurătorile au fost realizate cu ajutorul unui Acoustic Doppler Profiler (ADP) SonTek – RiverSurveyor Standard cu frecvența de 500 kHz (Fig.1a). Acesta este un sistem robust și precis de măsurare a vitezelor și a debitelor râurilor în timpul mișcării vasului, prin utilizarea efectului Doppler. ADP-ul a fost cuplat la un GPS, ca sistem alternativ de determinare a poziției și mișcării navei și pentru creșterea acurateței măsurătorilor.

Măsurătorile au fost făcute în 2006 și 2007, de-a lungul Dunării românești și pe brațul Sfântu Gheorghe, campaniile de măsurători desfășurându-se la bordul navei de cercetare *Istros*.

1. DESCRIEREA ADP

Sistemul ADP RiverSurveyor combină cea mai avansată tehnică de măsurare utilizând efectul Doppler cu un pachet de programe care funcționează sub Windows (2000/NT/ME/XP). Precizia înaltă a utilizării acestui sistem ca și faptul că aparatul poate fi manevrat cu ușurință permit o măsurare sigură și rapidă a vitezelor de curenți și a debitelor râului, utilizând un mod de operare accesibil.

RiverSurveyor include: Acoustic Doppler Profiler (ADP) - pentru măsurarea vitezelor de curenți și a debitelor; Circuit Bottom-tracking – pentru măsurarea adâncimii apei, vitezei și direcției; Busola + senzor de înclinare - pentru orientare.

Principalele caracteristici tehnice ale aparatului sunt: frecvența de operare: 500 kHz; intervalul de adâncimi la care măsoară: 3-120 m; mărimea celulei de înregistrare (rezoluția) poate varia între 1 și 12 m în funcție de adâncimea apei; intervalul în care aparatul nu poate măsura (blanking distance): de 1m; adâncimea maximă de măsurare este de 135 m; sistemul este alimentat la 12-24 V.

SonTek ADP RiverSurveyor are 3 senzori, fiecare cu altă orientare. Fiecare dintre acești senzori generează un fascicul sonor îngust care este proiectat prin apă. Reflexiile datorate particulelor din apă (ca de exemplu: sediment în suspensie, materie organică, organisme sau bule de gaz) sunt folosite pentru determinarea vitezei apei.

Orientarea geometrică a fiecăruia dintre cei 3 senzori permite ADP-ului să calculeze viteza apei folosind un sistem de coordonate cartezian (XYZ) față de poziția și orientarea instrumentului. Busola și senzorul de înclinare încorporate în aparat permit calcularea vitezelor apei în coordonate ENU (East-Nord-Up), independent de orientarea instrumentului. Sistemul RiverSurveyor trebuie să utilizeze coordonatele ENU.



Fig. 1 Sistem de măsurare a vitezelor de curenți și a debitelor Sontek ADP – RiverSurveyor

ADP-ul folosește opțiunea Bottom-track pentru măsurarea vitezei navei față de fundul râului. Viteza navei este apoi scăzută din viteza măsurată a apei, pentru a obține viteza absolută a curentului independent de mișcarea navei. Bottom-track este un sistem de determinare a poziției mai precis decât GPS-ul, în special pentru lățimi ale râurilor mai mici de 1000 m. Pentru lățimi mai mari de 1000 m, GPS-ul poate minimiza incertitudinea poziționării.

2. EFECTUAREA MĂSURĂTORILOR

Sistemul ADP RiverSurveyor este montat în lateralul navei de cercetare *Istros*, pe un sistem de fixare amagnetic (construit din aluminiu). Acesta permite îndepărtarea instrumentului de corpul metalic al navei, pentru evitarea influențelor magnetice asupra busolei încorporate (Fig.1b). RiverSurveyor este cuplat la un calculator care înregistrează datele (Fig. 2) și la un GPS pentru completarea datelor de poziționare.

Pentru înregistrarea vitezelor de curenți de-a lungul profilului, nava se deplasează cu viteză scăzută (similară cu viteza apei), perpendicular pe mal, astfel încât aparatul să se afle direct în curent.

Traectoria navei este verificată cu ajutorul programului GlobalMapper, cu care se poate vizualiza poziția navei pe profil.

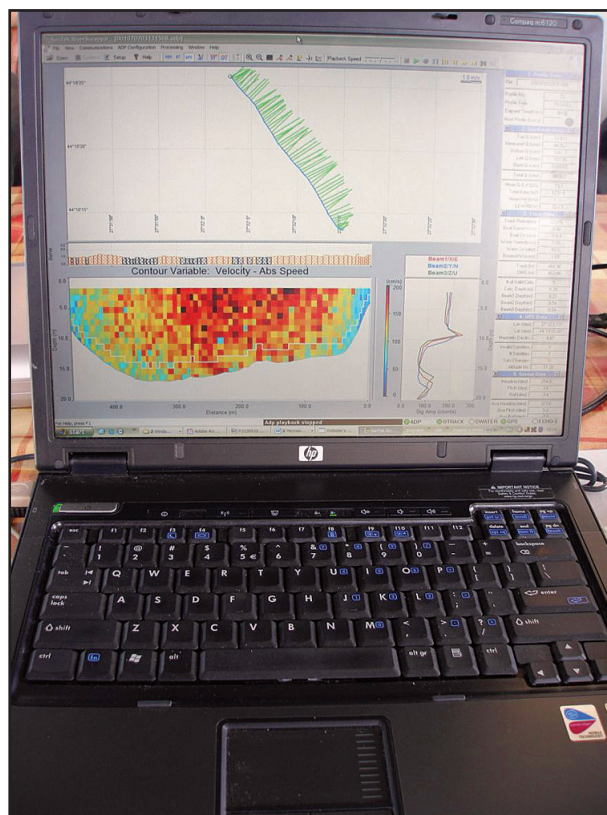


Fig. 2 Imagine a înregistrării datelor de la ADP pe computer

Pentru fiecare profil se efectuează între 2 și 6 traversări, pentru verificarea acurateții înregistrărilor. Programul RiverSurveyor are posibilitatea comparării măsurătorilor și calculează diferența (Coeficientul de variație COV) între acestea. Se consideră că două sau mai multe măsurători succesive sunt corecte, dacă $COV < 5\%$.

3. PRELUCRAREA DATELOR

Datele rezultate din măsurătorile pe un profil sunt comparate și mediate, rezultatul fiind un raport (Discharge Report) care conține toate datele esențiale pentru un profil (Fig.3).



Print
Save
Close

Discharge Measurement Summary
Date 22.03.2007

Station Information
Station Number
Station Name Km 626
Location aval Corabia

Measurement Information
Measurement No.
Compiled By GeoEcoMar
Checked By

Personnel and Equipment
Party C.P., C.S. Boat/Motor/Platform Istros

Rating Information
Gage Height Rating Discharge Rating No.
GH Change Index Velocity Meas. Rating
% Diff. 0.0% Rated Area Control Code

System Information
Serial # C743
System Frequency 500 kHz
Firmware Version 7.4
RiverSurveyor Ver v4.50

System Setup
of Cells 16 Averaging Interval 5.0
Cell Size 1.00 Magnetic Decl. 4.1
Blanking Distance 1.00 Salinity 0.00
Transducer Depth 0.25 Echo Sounder Not Pres.

Discharge Calculation Settings
Velocity Ref. BTrack Top Estimate Power Left Bank Sloped
Track Ref. BTrack Bottom Est. Power Right Bank Sloped
Depth Reference ADP Area Method none Orient. Profiles all

Computed Discharge Results
Width 1041.6
Area 6527.3
Mean Velocity 0.99
Discharge 6431.6
% Measured 54.0
Adj. Mean Velocity 0

Diagnostic Files
Moving Bed Test D01070703221251.adp Select File...
Compass Cal D0107070313074640.compass Select File...
Pressure Cal Select File...
Depth Calibration Select File...

Measurement Results

Tr#	Discharge					Distance				Area	Time		Mean Vel		#Profiles	
	Top	Middle	Bottom	Left	Right	Left	Right	Total	Start		End	Boat	Water	Total	Bad	
5	1738	3401	922.36	163.15	161.21	6385.8	45.0	95.0	1032.6	6521.7	13:16	13:29	1.14	0.98	156	0
9	1742.8	3540	911.77	168.34	114.45	6477.4	50.0	90.0	1050.7	6533.0	13:41	14:02	0.71	0.99	248	0
Mean	1740.4	3470.5	917.06	165.74	137.83	6431.6	47.5	92.5	1041.6	6527.3	Total	00:45	0.93	0.99	202	0
SDev	3.398	98.251	7.4915	3.672	33.058	64.772	3.5	3.5	12.8	8.0			0.30	0.01		
COV	0.002	0.028	0.008	0.022	0.240	0.010	0.074	0.038	0.012	0.001			0.327	0.009		

Tr5=D01070703221318.ADP; Tr9=D01070703221342.ADP;

Comments
test moving bed 60 m mal sting (1251): negativ

Note: Units for the above parameters are: Distance (m), Velocity (m/s), Area (m2), Discharge (m3/s)

Fig. 3 Raport conținând datele înregistrate pe un profil de măsurători

Reprezentarea grafică a datelor înregistrate pe profil permite o mai bună înțelegere a rezultatelor (Fig.4). Această imagine este afișată pe monitorul computerului chiar în momentul măsurătorilor, permițând verificarea traseului navei, a direcției acesteia față de curent ca și a vitezei ei de deplasare, în timp real.

4. REZULTATE

S-au efectuat 36 de profile hidrometrice pe Dunăre, și 6 profile pe Brațul Sfântu Gheorghe, în zona meandru-lui Murighiol și a „M”-ului Dunavăț. Poziția acestora este reprezentată în figurile 5 și 6. Datele de viteze de curenți și debite sunt centralizate în tabelul nr. 1. Trebuie menționat

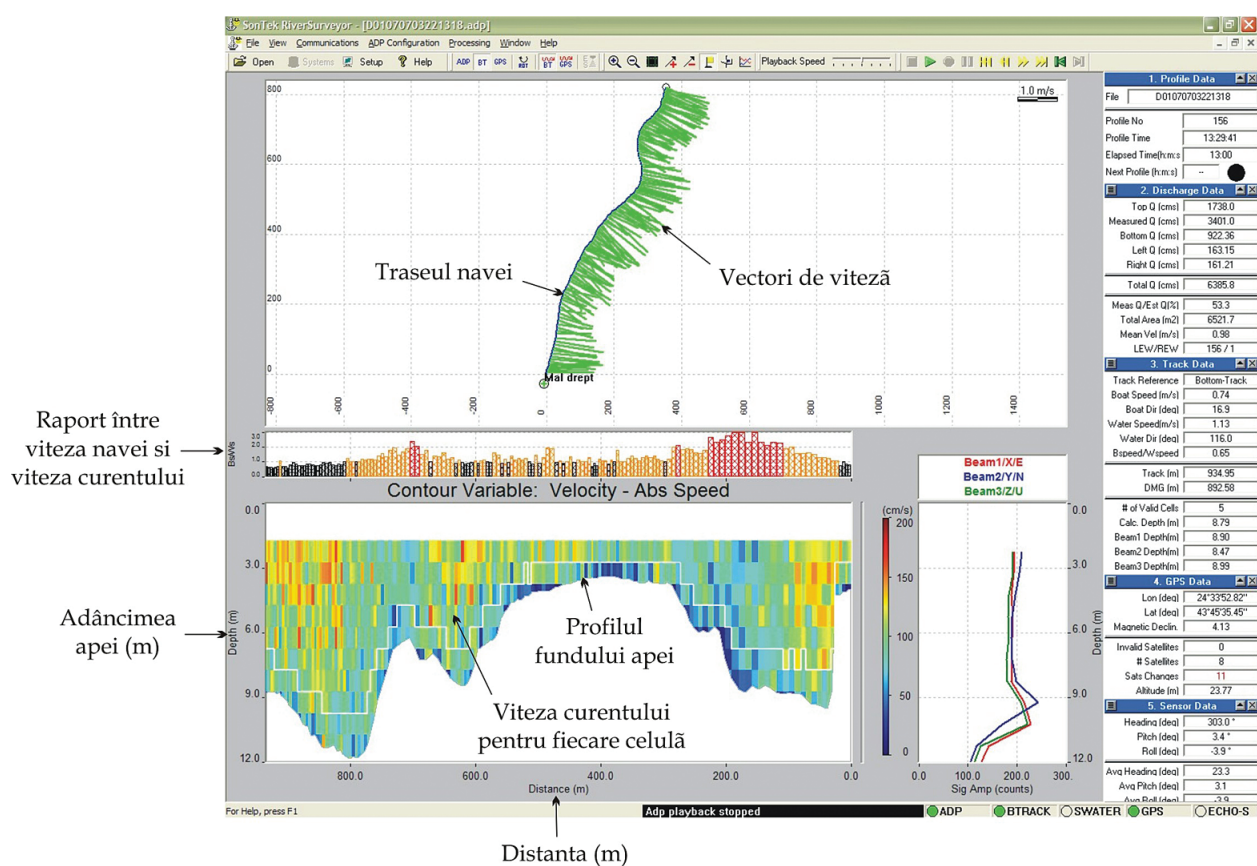


Fig. 4 Exemplu de reprezentare grafică a datelor înregistrate pe profil și a poziționării geografice ale acestuia. Profilul de la kilometrul 626 - aval Corabia

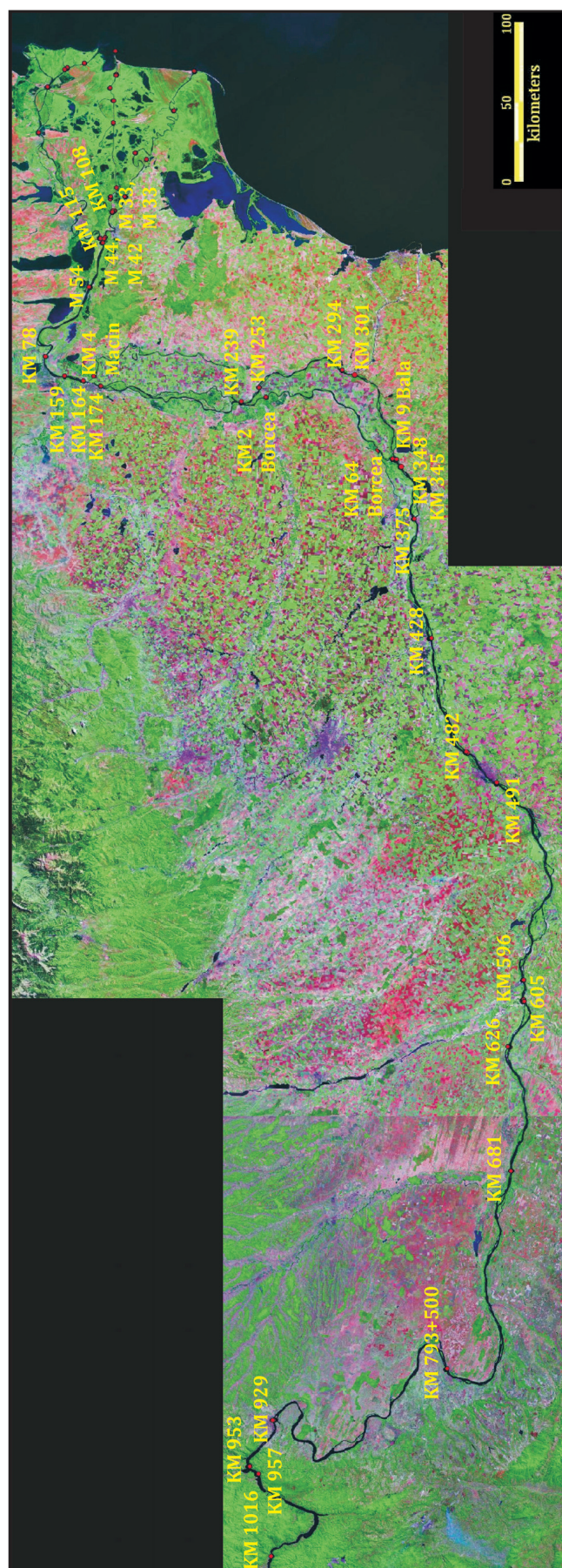


Fig. 5 Harta cu localizarea profilurilor de măsurători ale vitezelor de curenți și ale debitelor, măsurate cu ajutorul Sontek ADP

Tabel 1 Exemplificarea datelor obținute prin măsurători pentru de viteze de curenți și debite lichide pe Dunăre

No. crt.	Profil	Data	Debit (m3/s)	Viteză (m/s)	Lungime profil (m)	Locație
1	Mila 34	6/3/2007	3030,7	0,82	380,8	Ceatal Sf Gh. - Br Tulcea
2	KM 108+500	6/3/2007	1826,3	0,80	310,6	Ceatal Sf Gh. - Br Sf. Gheorghe
3	Mila 33	6/3/2007	1298,9	0,89	112,9	Ceatal Sf Gh. - Br Sulina
4	Mila 42	7/3/2007	3491,6	0,69	237,2	Ceatal Ismail - Br Tulcea
5	Mila 44	7/3/2007	6609,8	0,89	446,5	Ceatal Ismail - Dunărea
6	KM 115	7/3/2007	3199,2	0,75	565,9	Ceatal Ismail - Br Chilia
7	Mila 54	7/3/2007	6524,6	0,80	762,8	Isaccea
8	Mila 78	8/3/2007	6638,0	0,99	476,2	Aval Galați
9	KM 159	8/3/2007	6450,5	0,91	637,4	Amonte Galați
10	KM 167	9/3/2007	6487,9	0,82	637,3	Aval Brăila
11	Măcin - KM 4	9/3/2007	694,5	0,48	270,9	Braț Măcin (Dunărea Veche)
12	KM 174	9/3/2007	5776,7	0,90	453,2	Amonte Brăila
13	KM 239	10/3/2007	6795,2	0,90	974,9	Giurgeni - Vadu Oii
14	Borcea - Km 2	10/3/2007	4667,9	1,05	384,5	Borcea Km 2
15	KM 253	11/3/2007	2610,0	0,73	448,1	Hârșova
16	KM 294	11/3/2007	2820,3	0,83	550,1	Seimeni
17	KM 301	13/3/2007	2987,2	0,82	406,9	Amonte Cernavodă
18	KM 348	13/3/2007	7225,0	1,07	567,7	Pârjoaia
19	KM 345	14/3/2007	2796,8	0,83	775,8	Caragheorghe (Br. Dunărea)
20	Bala - km 9	14/3/2007	4186,1	1,00	481,4	Braț Bala
21	Borcea - Km 68	14/3/2007	704,5	0,74	195,3	Braț Borcea
22	KM 375	15/3/2007	7619,1	1,13	586,2	Silistra
23	KM 428	15/3/2007	7966,0	1,07	1256,4	aval Oltenița
24	KM 482	16/3/2007	7509,8	1,16	473,1	aval Giurgiu
25	KM 481	16/3/2007	7429,6	0,97	633,0	aval Giurgiu
26	KM 500	16/3/2007	7564,0	0,98	929,1	amonte Giurgiu
27	KM 491	17/3/2007	7489,6	1,07	1001,0	Giurgiu - Profil test
28	KM 596	22/3/2007	6564,8	1,09	770,1	aval Turnu Măgurele
29	Km 605	22/3/2007	6264,5	0,96	753,1	amonte Ilt
30	Km 626	22/3/2007	6431,6	0,99	1041,6	aval Corabia
31	Km 681	23/3/2007	6601,2	1,07	628,7	amonte Bechet
32	Km 793+500	24/3/2007	5559,1	0,85	795,4	Calafat
33	Km 929	25/3/2007	7202,9	0,68	1033,7	aval Turnu Severin
34	Km 953	26/3/2007	8546,6	0,45	901,8	Orșova
35	Km 957+200	27/3/2007	8079,5	0,42	972,8	Ieșelnița
36	Km 1016	27/3/2007	8042,0	0,98	812,6	Drencova
37	P2	4/10/2006	1029,6	0,66	93,0	Braț Sf.Gheorghe, Canal de rectificare Murighiol
38	P3	4/10/2006	1212,3	0,58	179,4	Br.Sf.Gh., aval de confluența cu canalul de rectificare Murighiol
39	P4,P5	4/10/2006	145,7	0,09	291,9	Br.Sf.Gh., Meandru Uzlița, amonte confluența cu cnl. rectific.
40	P6	5/10/2006	1236,1	0,61	220,6	Br.Sf.Gh., amonte 'M' Dunăvăț
41	P7	5/10/2006	1261,9	0,48	219,9	Br.Sf.Gh., amonte 'M' Dunăvăț

faptul că măsurătorile de pe brațul Sfântu Gheorghe din 2006 au fost efectuate în cadrul campaniei de training și testare a ADP-ului, imediat după achiziționarea acestuia. În consecință, aceste măsurători aveau ca scop principal testarea aparatului, dovedind, de altfel, calitatea și precizia acestuia.

Tabelul 2 Cotele apelor Dunării în perioada măsurătorilor de debite și viteze ale apei

Data	Stația	Cota (cm)
06.03.2007	Ceatal Sulina	205-5
07.03.2007	Pătăgeanca	220+2
07.03.2007	Isaccea	250+0
08.03.2007	Galați	320+0
09.03.2007	Brăila	329+0
10.03.2007	Hârșova	324+14
11.03.2007	Hârșova	340+16
11.03.2007	Cernavodă	301+31
13.03.2007	Cernavodă	334+10
13.03.2007	Izvoarele (Pârjoaia), km 348	337+5
14.03.2007	Izvoarele (Pârjoaia), km 348	334-3
15.03.2007	Silistra, km 375	438-2
15.03.2007	Oltenița	373+0
16.03.2007	Giurgiu	338
17.03.2007	Giurgiu	340+2
22.03.2007	Turnu Măgurele	283-23
22.03.2007	Corabia	256-24
23.03.2007	Bechet	332+14
24.03.2007	Calafat	256-34
25.03.2007	Turnu Severin	744+14
26.03.2007	Orșova	2484-16
27.03.2007	Orșova	2420-64
27.03.2007	Drencova	920-50

5. DISCUȚII

Analiza datelor de debite obținute de-a lungul Dunării, dar și pe brațul Sfântu Gheorghe, arată o bună închidere în zonele de confluență a diverselor brațe, ca de exemplu: pentru zona de confluență a Dunării cu brațul Măcin, măsurătorile realizate la km 174 pe Dunăre, la km 4 pe brațul Măcin și apoi la km 167 pe Dunăre au arătat o diferență de 16,7 m³/s, ceea ce reprezintă o eroare de 0,25%. Măsurătorile de la Ceatal Ismail, la Mila 44 pe Dunăre, Mila 42 – pe brațul Tulcea și la km 115 pe brațul Chilia, diferența de debit între debitul măsurat pe Dunăre și suma debitelor măsurate pe brațe este de 81 m³/s, adică o diferență de 1,22%. Pentru Ceatal Sfântu Gheorghe, diferența între măsurătorile de la Mila 34 – pe brațul Tulcea și suma debitelor obținute la Mila 33 – pe brațul Sulina și la km 108+500 pe brațul Sfântu Gheorghe este de 94,5 m³/s adică de 3,11%.

Se remarcă debitul mare (4186 m³/s) preluat de brațul Bala în confluența sa cu Dunărea Veche (7225 m³/s), față de ceea ce preia brațul Caragheorghe (2796,8 m³/s). Diferența de 242,1 m³/s, care reprezintă 3,35% din valoarea debitului Dunării Vechi, este datorată măsurării profilelor în două zile succesive, cotele apelor Dunării în zonă fiind în scădere (vezi tabelul 2).

În cazul brațului Sfântu Gheorghe, diferența între debitul Dunării la ieșirea din meandrul Murighiol și suma debitelor canalului de rectificare și al Dunării Vechi, este de 37 m³/s, adică 3,03% din debitul Dunării, valoare inclusă în marja de eroare acceptabilă.

6. CONCLUZII

Măsurătorile de debite și viteze de curenți realizate cu Sistemul ADP sunt precise, și rapide, aparatul fiind ușor de manevrat și robust. Precizia aparatului este confirmată de închiderea bună a debitelor măsurate în zonele de confluență, diferențele fiind de până la 3-4%, datorate în mare parte variațiilor de cote ale apelor Dunării.