

UDK 551.46.06.(497.5)

TERMOHALINSKA OBILJEŽJA VODE U ŠIREM PODRUČJU LUKE PLOČE

ZLATIMIR BIČANIĆ i MIRO LAKOŠ

Izvadak:

Naglašeno velike razlike mikrogeografskoklimatskih, hidroloških i maritimnih značajki na vrlo malom prostoru, potakle su interes i zahtijevale potpuniju raščlambu vrijednosti termohalinskih parametara. Mjerenja i uzorkovanja obavljena su sezonski, u zaljevu, jezeru, kanalu, riječnom koritu i morskom području zaklonjenom od izravnog utjecaja s otvorenog mora. Općenito, na svim postajama uočen je značajan utjecaj slatkovodnih dotoka različitog intenziteta, ovisno o položaju i sezoni. Zamijećena je i česta pojava pozitivne termokline i rjede, fenomen potpovršinskog halinskog minimuma. Obradeni su i raščlanjeni podaci iz mjerenja obavljenih u svibnju i rujnu 1990., te u siječnju i ožujku 1991.

Gljučne riječi:

Jadran, Hrvatska, Ploče, temperatura mora, slanoca mora, gustoća mora

TERMOHALINE PROPERTIES IN THE WIDER AREA OF THE PLOČE PORT

Abstract:

Outstanding differences in microgeographic-climatic, hydrologic and maritime characteristics in a very small area have roused interest, requiring a more complete analysis of thermohaline parameters. Measurements and samplings were carried out seasonally, in the bay, channel, river and sea area, protected from the direct influence from the open sea. In general, a significant impact of the fresh-water inflows of different intensities, depending on position and season, was observed at all the stations. A frequent occurrence of positive termocline was also noted, as well as a rather infrequent phenomenon of subsurface haline minimum. The data from the measurements carried out in May and September 1990, and January and March 1991 were analyzed.

Key words:

Adriatic, Croatia, Ploče port, sea temperature, sea salinity, sea density

Uvod

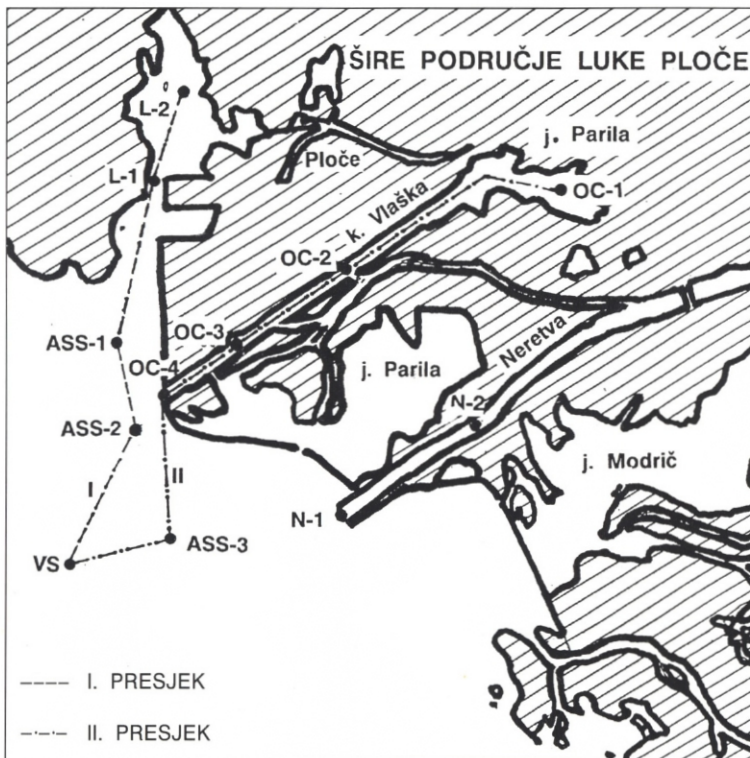
Temperatura, slanost i gustoća svojstva su morske vode koja posredno i neposredno najviše utječu na oblikovanje parametara fizičke, kemijske, biološke, geološke i drugih znanstvenih grana i djelatnosti. Njihove vrijednosti određuju termohalinsku strukturu vode, a raspored označuje trenutačna termohalinska stanja u mediju. Aplikativna svrha proučavanja je višestruka. Statističkim raščlambama klimatoloških podataka parametara temperature, slanosti i gustoće i utvrđivanjem njihove veze s drugim parametrima mogu se predviđati termohalinska stanja s prihvatljivom točnošću. Sinoptički podaci pak predstavljaju stanja u kratkoročnom

razdoblju. Koriste se kao pokazatelji stvarnih prilika, za određene atmosferske uvjete.

Cilj istraživanja raščlamba je rasporeda vrijednosti parametara temperature, slanosti i gustoće i određivanje termohalinske strukture vode u širem području like Ploče. Složenost zadaće uvjetuje velika raznolikost mikroklimatskih obilježja. Područje je složenog hidrološkomaritimnog tipa.

Područje, mjerenja, podaci i obrada

Ograničeni maritimni značaj istraživanog područja rezultat je smještaja postaja u priobalju i u određenom pogledu, fizička zaklonjenost od izravnog utjecaja s otvorenog mora. Hidrološka obilježja okoliša postaja



Slika 1 - Istraživano područje, raspored postaja i vertikalnih presjeka
Fig. 1 - Researched area, arrangement of stations and vertical sections

u jezeru Vlačka, kanalskom području i u rijeci Neretvi uvjetuju veći maritimni utjecaj.

Istraživano područje pokriveno je s 12 postaja, a obuhvaća uže područje luke Ploče (dubine do 15 m), jezero Vlačka s kanalom Vlačka (do 12 m) i korito rijeke Neretve (do 9 m). Također i područje na otvorenom moru, južno i jugozapadno od rta Višnjica i ušća kanala Vlačka i rijeke Neretve (dubine do 26 m sl. 1, tablica 1, 2, 3 i 4) (SMIRČIĆ et al., 1991.).

U užem lučkom dijelu postaje su L-2 i L-1, u jezeru Vlačka i kanalu postaje OC-1, OC-2, OC-3 i OC-4. U ušću rijeke Neretve N-2 i N1. Vanjske postaje su ASS-1, ASS-2, ASS-3 i VS. Na ASS postajama obavljeno je još i mjerenje parametara morskih struja, a na VS postavljen je valograf. VS je najdalje od obale, 1.5 M.

Mjerenja na svih 12 postaja obavljena su multisondom "Meerestehnick" s točnošću mjerenja temperature 0.01°C i slanosti 0.02 ppt. Gustoća je računana iz izmjerenih vrijednosti temperature i slanosti iskustvenom Knudsen-Ekmanovom jednačbom (Hydrographical Tables, 1953.). U interpretaciji se koristi gustoća SIGMA-t, određena kao veličina oblika $SIGMA-t = (\rho-1)10^3$. Uz ranije navedene uvjete, smatra se da se gustoća dobije s točnošću 0.02 kg/m³.

U radu su korišteni podaci iz četiri sezonska mjerenja (tablice 1, 2, 3 i 4) ili u rokovima na prijelazu sezona. Svibnja i rujna, 1990., siječnja i ožujka 1991. Iz ukupnog fonda podataka iz četverokratnog mjerenja korišteni su reprezentativni podaci. Posebna pozornost posvećena je termohalinskoj strukturi u površinskom sloju. Raščlanjeni su podaci na dubinama 0, 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25 m i pri dnu. Obrada je većim dijelom napravljena na računalnom sustavu VAX 8350 - VMS V5.4 i osobnom računaru (banka podataka).

U raščlambama rasporeda vrijednosti parametara korišteni su prikazi vertikalnog rasporeda u vodenom stupcu i rasporeda na značajnim vertikalnim presjecima.

Rezultati

1. Vertikalni raspored vrijednosti parametara temperature, slanosti i gustoće

U gotovo svim raščlambama termohalinske strukture vode značajno mjesto ima raščlamba vertikalnog rasporeda vrijednosti tih parametara glede otvorenog mora, priobalnog, međuotočnog, kanalskog i jezerskog područja. Posebno su interesantne sezone proljeće i jesen. Osobite su po prijelazu homogenih vrijednosti parametara u vodenom stupcu u ljetnu raslojenost (proljeće) i ponovno uspostavljanje homogenosti (jesen) (SVERDRUP, 1943.). Na trajanje pojedinih faza u tim procesima izravno utječe više činitelja. Najznačajniji su dinamika vode, klimatski utjecaj i hidrološki element (dotok slatkih voda).

Raščlamba podataka (tablice 1 do 4) upozorila je na reprezentativnost stanja na postajama ASS-2, VS, L-1, OC-1, OC-4 i N-1. Za njih su napravljene temeljitije raščlambe (sl. 1, 2 i 3). Svi dijagrami imaju isto mjerilo na apscisi, a ordinate prikazuju stvarne vrijednosti. Svaki dijagram predstavlja stvarno stanje u vrijeme mjerenja (u mjesecima V., IX., I. i III.).

Termalno stanje na postaji ASS-2 pokazuje obilježje priobalnog područja. U svibnju se zapaža prva faza u raslojavanju (sl. 2). Površinska temperatura viša je od pridnene (utjecaj sunčevog zračenja) i do dna je zabilježen umjereni pad. Pridnena vrijednost je 16.83, a površinska 19.94°C (tablica 1). Iznenađuje da kasnojletne vrijednosti temperature (rujan) pokazuju stanovitu homogenizaciju u vodenom stupcu. Na to utječu klimatski i hidrološki parametri. Po intenzitetu im je utjecaj približan.

Siječanjaska površinska temperatura u površinskom sloju, debelom dva metra, niža je za oko 3.5°C od izotermalne vrijednosti u stupcu (15°C). U sloju od 1 do 2 m pozitivna je termoklina (nagli porast temperature) (SVERDRUP, 1943.). Ima vrlo veliki

Tab. 1 - Vrijednosti temperature, slanosti i gustoće u širem području luke Ploče u svibnju, 1990. *Tab. 1 - Temperature, salinity and density values in the wider area of the Ploče port, May 1990*

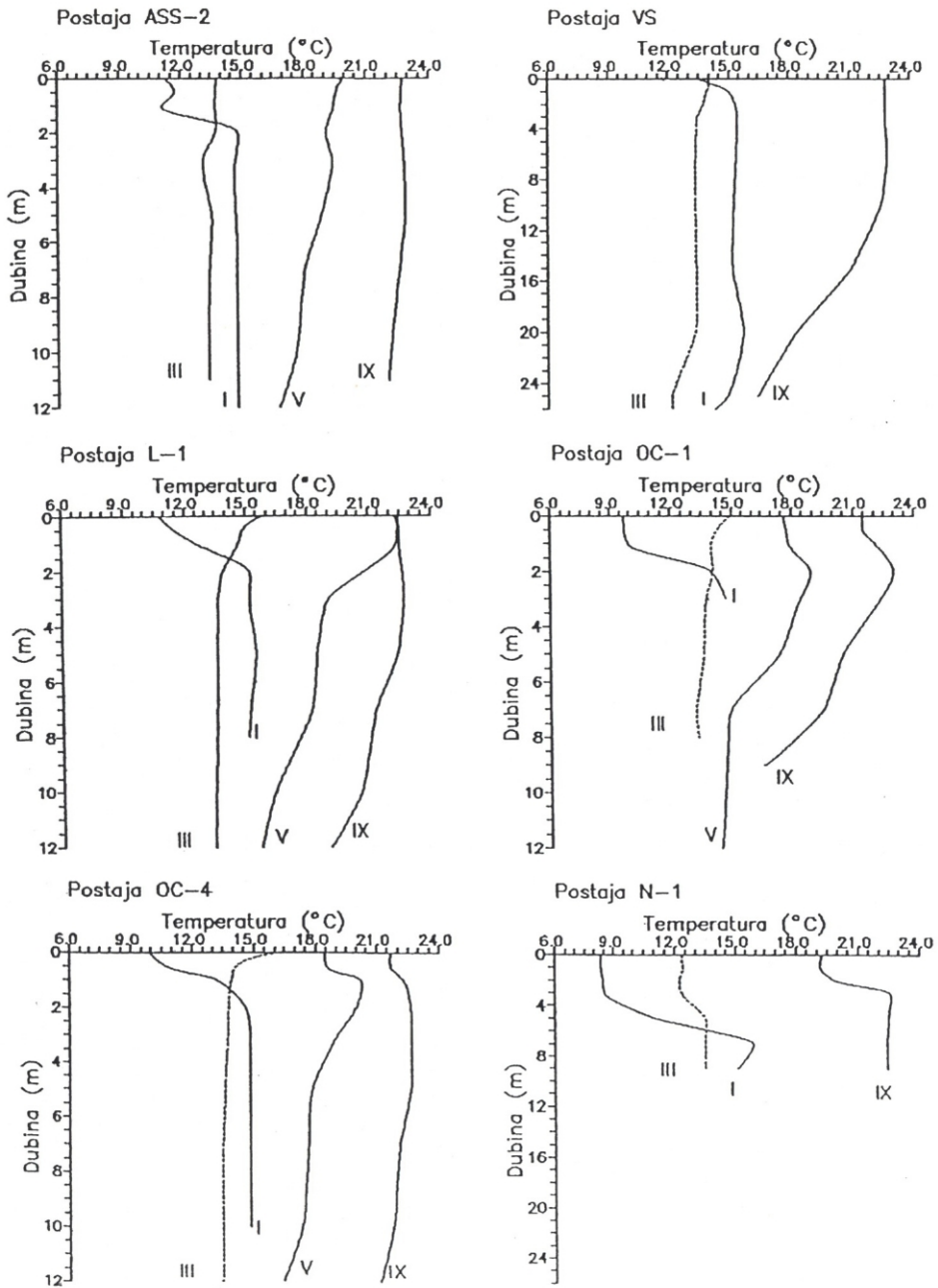
Postaja	Dubina (m)	Temperatura (°C)	Slanost (ppt)	SIGMA - t
ASS - 1	0	20.79	25.574	17.57
	0.5	20.82	28.503	19.65
	1	20.16	33.378	23.51
	2	19.70	33.862	23.99
	3	19.28	35.816	25.59
	5	18.85	36.658	26.34
	7	18.12	37.118	26.88
10	17.76	37.304	27.11	
11	17.50	37.342	27.21	
ASS - 2	0	19.94	15.424	9.97
	0.5	19.61	26.224	18.21
	1	19.50	33.523	23.79
	2	19.13	35.897	25.69
	3	19.42	36.480	26.06
	5	18.91	36.518	26.22
	7	18.10	36.950	26.76
10	17.67	37.305	27.14	
12	16.83	37.544	27.52	
ASS - 3	0	17.49	19.716	13.77
	0.5	18.40	27.760	19.68
	1	19.01	32.402	23.06
	2	19.22	35.867	25.65
	3	19.60	36.490	25.95
	5	18.53	37.121	26.78
	7	18.47	37.198	26.85
10	17.85	37.353	27.13	
15	15.49	37.925	28.13	
16	15.48	37.960	28.16	
L - 2	0	21.92	19.771	12.77
	0.5	21.44	29.663	20.35
	1	20.97	32.727	22.80
	3	19.50	35.734	25.47
	5	18.26	36.704	26.53
	7	17.70	36.880	26.80
	10	16.72	37.472	27.50
15	15.35	37.988	28.21	
L - 1	0	22.45	27.163	18.19
	0.5	22.43	27.384	18.37
	1	22.36	27.803	18.70
	2	20.82	33.849	23.69
	3	19.06	36.127	25.88
	5	18.48	36.777	26.53
	7	18.21	36.913	26.70
10	16.35	37.783	27.82	
12	15.67	37.966	28.12	
OC - 1	0	17.64	8.390	5.13
	0.5	17.76	11.363	7.36
	1	17.88	11.400	7.37
	2	18.95	31.525	22.41
	3	18.45	35.964	25.92
	5	17.42	37.252	27.16
	7	15.00	37.650	28.03
10	14.67	37.770	28.20	
12	14.48	37.770	28.24	
OC - 2	0	17.48	9.590	6.08
	0.5	17.74	12.095	7.93
	1	18.25	20.823	14.45
	2	19.56	34.577	24.57
	3	18.70	36.000	25.88
	5	17.15	37.284	27.25
	7	16.36	37.431	27.55
9	15.96	37.494	27.69	
OC - 3	0	17.71	8.037	4.84
	0.5	19.15	25.584	17.84
	1	19.46	30.948	21.84
	2	19.57	33.627	23.85
	3	19.42	35.336	25.19
	5	17.86	36.755	26.67
	7	17.02	37.224	27.23
10	16.71	37.369	27.42	
11	16.25	37.513	27.64	
OC - 4	0	18.50	8.843	5.30
	0.5	18.56	20.608	14.21
	1	20.21	31.611	22.15
	2	20.00	34.224	24.19
	3	19.08	36.165	25.91
	5	17.81	36.795	26.71
	7	17.62	37.010	26.92
10	17.32	37.316	27.23	
12	16.38	37.576	27.66	

negativni gradijent (ascedent), 3.76°C/m (sl. 2). Razlog je hidrološke i klimatske prirode. Tanak površinski sloj ohlađen je niskim temperaturama zraka i dotokom hladnije, manje slane vode u površinskom sloju (sl. 3). U ožujku u vodenom stupcu vlada izotermija. Dinamični poremećaji na postajama s većim maritimnim utjecajem uvjetovani su u prvom redu hidrološkim i klimatskim utjecajima. Zabilježeni su u površinskom sloju do 3 m dubine.

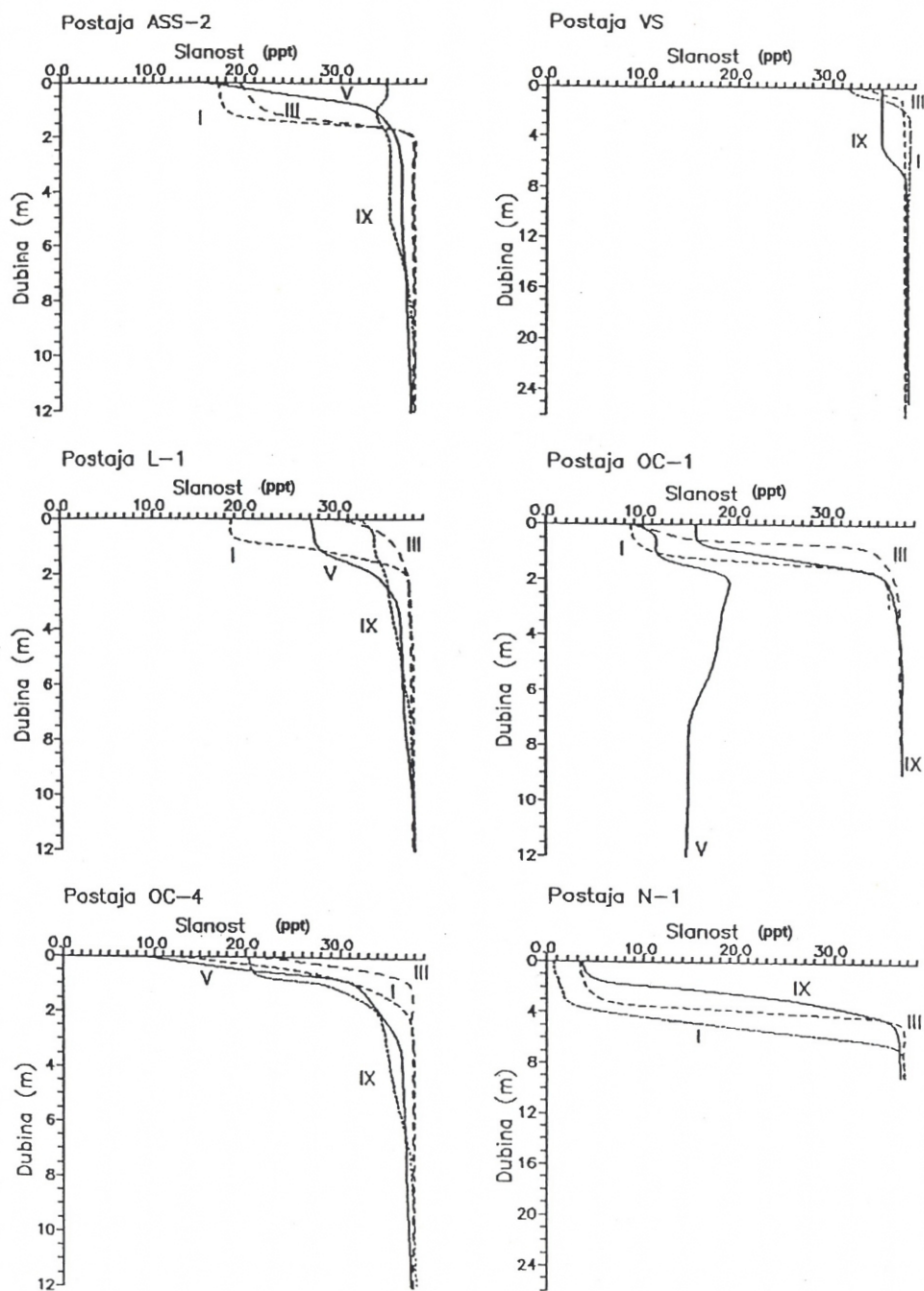
Postaja VS nešto je dalje od obale. U svibnju nisu obavljena mjerenja. Rujanske temperature pokazuju visok stupanj statičke stabilnosti u stupcu. Površinski miješani sloj ima debljinu od 10 m. U siječnju je vladala izotermija s blagim pridonjenim poremećajem. Vjerojatno nastaje pod utjecajem struja morskih mijena. Izmjerena je umjerena površinska pozitivna termoklina (0.8°C/m). U ožujku je izotermija. Pridneni sloj od 20 do 26 m neznatno je hladniji.

Površinske temperature u svibnju i rujnu na L-1 približnih su vrijednosti, oko 22.4°C. Do dna rujanske su temperature znatno više (sl. 2). U siječnju se pojavljuje jaka površinska pozitivna termoklina, kao i na postajama ASS-2 i VS. U ožujku je izotermija, osim u zagrijanom površinskom sloju debelom 2 m.

Slično termalno stanje je i na postajama OC-1 i OC-4. U siječnju su u površinskom sloju jake pozitivne termokline. Približnog su intenziteta, ali je termoklina na postaji OC-1 na nešto većoj dubini (1 do 2 m). Na OC-4 je na 0.5 do 1 m. U svibnju i rujnu na obadje postaje uočeni su dinamični poremećaji pa su na dubinama između 1 i 3 m najviše temperature u stupcu. Na OC-1 u svibnju je izmjereno 18.95, a u rujnu 23.0°C. Na postaji OC-4 u svibnju je izmjereno 20.21°C, a u rujnu manje odstupa. Ovi potpovršinski termalni maksimumi nastali su naglim ohlađenjem površinskog sloja. Proces je vjerojatno kratkotrajan, do nastupa konvekcije i ponovnog uspostavljanja statičke stabilnosti u stupcu (SVERDRUP 1943.).



Slika 2 – Vertikalni raspored temperature u širem području luke Ploče
 Fig. 2 – Vertical distribution of temperature in the wider area of the Ploče port



Slika 3 - Vertikalni raspored slanosti u širem području luke Ploče
 Fig. 3 - Vertical distribution of salinity in the wider area of the Ploče port

Hladnija, gušća i teža površinska voda zamenit će položaj s toplijom i specifično lakšom vodenom masom u potpovršinskom sloju. U ožujku je stanje izotermalno, osim tankog površinskog sloja. Na OC-4 krivulja pokazuje gotovo pravilnu izotermiju (sl. 2).

Na postaji N-1 (sl. 2) u svibnju nisu obavljena mjerenja. U ostala tri sezonska mjerenja u vodenom stupcu bila je pozitivna termoklina. Najveći intenzitet imala je u siječnju (u sloju od 3 do 7 m, $> 2.4^{\circ}\text{C/m}$). U rujnu joj je dubina manja, od 1 do 3 m. Ima veliki inentenzitet, 1.7°C/m . Najslabija je u ožujku. Takvo stanje je uobičajeno glede klimatskohidroloških obilježja pojedinih sezona.

Na postaji ASS-2 intenzivne su halokline u svim mjesecima, osim u rujnu (sl. 3). Siječanjaska i ožujaska su na dubini između 1 i 2 m. Prouzrokovane su većim dotokom slatke vode (obilnija oborina). Svibanjska haloklina je površinska i dopire do 1 m dubine. Također ima visok intenzitet. U rujnu se slanost prilično ravnomjerno, ali neznatno povećava od površine do dna.

Na postajama OC-1 i OC-4 u tijeku cijele godine vlada približno stanje slanosti. Izuzetak je u svibnju na OC-1. U cijelom razdoblju izražene su vrlo inentenzivne halokline na dubinama od površine do 2 m. U svibnju na OC-1 također postoji haloklina. Dvostruka je, a od 2 m dubine do dna slanost se čak smanjuje. Dinamičnim utjecajem manje slana voda dospjela je u pridneni sloj (Bičanić, 1986.). Takav halinski raspored utjecao je na gustoću i uvjetovao statičku nestabilnost u vodenom stupcu. Nije naglašena, pa je za očekivati nastup konvekcije, ali ne u skorom vremenu od mjerenja. Razlog je nevelika pridnena razlika slanosti i onoj na 2 m dubine, također i termalna stabilnost u stupcu (sl. 2), isključujući potpovršinski maksimum temperature na 2 m dubine.

Na postaji OC-1 od 2 m dubine do dna slanost je znatno niža u svibnju u odnosu na druge sezone. Srednja vrijednost

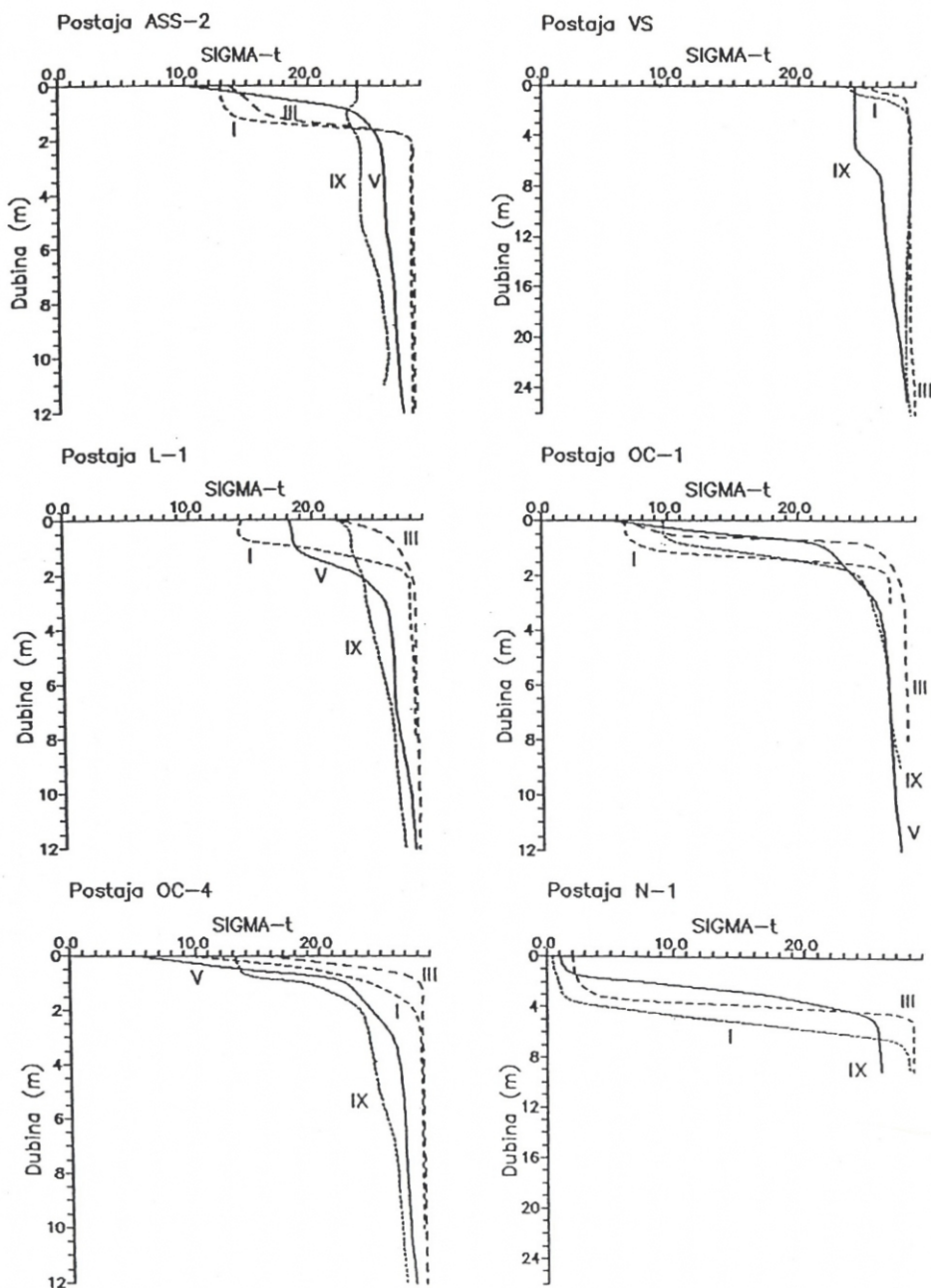
je visoka, oko 37.0 ppt, a u svibnju oko 17.0 ppt.

Znakovito je za ovo područje da su na postaji OC-4 sve halokline, osim rujanske, površinske. Na OC-1 površinska je samo u ožujku. To na posredan način govori o smanjenom kasnozimskom dotoku slatke vode. U mjesecima kad je haloklina ispod površine, slatkovodni dotok bio je obilniji.

Stanje slanosti na postaji N-1 u sva tri mjeseca pokazuje niske površinske i visoke pridnene vrijednosti. U siječnju je površinska slanost najniža, 0.686 ppt. U III i IX mjesecu vrijednosti su približne, 3.246 i 3.453 ppt (tablice 2, 3 i 4). Približne su i pridnene vrijednosti u sva tri mjeseca, oko 37.5 ppt. Gradijenti su vrlo veliki. U rujnu je piknoklina najbliža površini, od 1 do 5 m (najmanji slatkovodni dotok). Najdublja je u siječnju, između 4 i 7 m.

Vrijednosti gustoće vode ovise o vrijednostima temperature i slanosti (RAVELLE et al., 1965.). Specifičnost maritimnih, hidroloških i klimatskih elemenata određuje prevladavajući utjecaj jednog ili drugog parametra na gustoću. Uočljiva je razlika u okomitom rasporedu gustoće na postajama s većim maritimnim utjecajem, ASS-2 i VS. Na prvoj, u svim mjesecima, osim u rujnu, razlike najnižih i najviših vrijednosti znatno su veće glede postaje VS. Ta postaja smještena je bliže obali i očigledan je veći utjecaj slatkovodnog dotoka. U svibnju je piknoklina površinska, a najizraženija je u siječnju (sl. 4). Intenzitet joj je $5.1/\text{m}$. U rujnu, osim blagih poremećaja, u vodenom stupcu vlada homogeno stanje. To je rezultat ukupnog termohalinskog stanja. Sličan je okomiti raspored temperature i slanosti (sl. 2 i 3). Na VS piknoklina je u sloju od 5 do 7 m. U siječnju i ožujku je površinska. U sloju od 1 m do dna je homogeno stanje.

Kao na ASS-2 na L-1 u siječnju gradijent SIGMA-t vrlo je velik. Piknoklina je u sloju od 0.5 do 2 m dubine. U ožujku je površinska. Od 2 m dubine do dna vlada homogeno stanje i vrijednosti su približne kao



Slika 4 - Vertikalni raspored gustoće u širem području luke Ploče
 Fig. 4 - Vertical distribution of density in the wider area of the Ploče port

Tab. 2. – Vrijednosti temperature, slanosti i gustoće u širem području luke Ploče u rujnu, 1990.
Tab. 2 - Temperature, salinity and density values in the wider area of the Ploče port, September 1990

Postaja	Dubina (m)	Temperatura (°C)	Slanost (ppt)	SIGMA - t	
ASS - 1	0	22.50	32.741	22.39	
	0.5	22.51	32.814	22.44	
	1	22.63	33.210	22.71	
	2	22.72	34.822	23.90	
	3	22.83	35.316	24.24	
	5	22.79	35.405	24.32	
	7	22.73	36.569	25.22	
	10	22.40	37.632	26.12	
	11	22.33	37.686	26.19	
	ASS - 2	0	22.75	34.825	23.89
		0.5	22.71	34.888	23.96
1		22.66	33.786	23.13	
2		22.75	35.051	24.06	
3		22.83	35.257	24.20	
5		22.90	35.339	24.24	
7		22.64	36.984	25.56	
10		22.22	37.893	26.37	
11		22.13	37.356	25.99	
ASS - 3		0	21.69	25.938	17.47
		0.5	21.83	26.240	17.66
	1	22.15	29.740	20.22	
	2	22.65	34.422	23.62	
	3	22.82	35.075	24.06	
	5	22.93	35.900	24.66	
	7	22.81	36.692	25.29	
	10	22.19	37.901	26.39	
	15	21.54	38.015	26.66	
	16	21.14	38.256	26.95	
	VS	0	22.78	35.317	24.26
0.5		22.78	35.329	24.28	
1		22.79	35.335	24.28	
2		22.79	35.335	24.28	
3		22.78	35.339	24.27	
5		22.84	35.527	24.40	
7		22.83	37.804	26.13	
10		22.55	38.130	26.46	
15		21.08	38.281	26.99	
20		18.40	38.261	27.69	
25		16.46	38.368	28.25	
L - 2	0	22.24	13.557	8.01	
	0.5	22.33	32.840	22.51	
	1	22.35	32.380	22.16	
	2	22.61	33.400	22.86	
	3	22.84	33.820	23.11	
	5	22.51	36.572	25.29	
	7	21.89	37.285	26.00	
	10	20.29	37.790	26.83	
	15	17.62	38.272	27.89	
	L - 1	0	22.32	32.160	22.00
		0.5	22.50	33.725	23.14
1		22.52	33.808	23.19	
2		22.63	34.991	24.05	
3		22.69	35.470	24.40	
5		22.40	36.574	25.32	
7		21.37	37.488	26.30	
10		20.60	37.930	26.85	
12		19.06	38.070	27.37	
OC - 1		0	21.51	15.561	9.70
		0.5	21.51	15.561	9.70
	1	22.10	20.576	13.33	
	2	23.00	35.800	24.56	
	3	22.35	36.878	25.56	
	5	20.49	37.605	26.63	
	7	19.51	37.616	26.90	
	9	16.64	37.626	27.63	
	OC - 2	0	21.39	14.979	9.29
		0.5	21.64	16.808	10.60
		1	21.88	18.531	11.84
2		23.00	32.060	21.73	
3		22.62	36.049	24.86	
5		22.01	37.031	25.78	
7		21.86	37.250	25.99	
9		20.06	37.926	27.00	
OC - 3		0	22.18	25.165	16.76
		0.5	21.92	25.408	17.02
		1	22.69	33.331	22.78
	2	22.66	34.227	23.47	
	3	22.78	34.600	23.71	
	5	22.63	35.422	24.38	
	7	21.78	37.269	26.02	
	10	21.50	37.660	26.40	
	12	20.78	38.145	26.97	

Postaja	Dubina (m)	Temperatura (°C)	Slanost (ppt)	SIGMA - t	
OC - 4	0	21.70	20.283	13.21	
	0.5	21.69	20.708	13.53	
	1	22.28	28.305	19.10	
	2	22.62	33.991	23.30	
	3	22.64	34.883	23.97	
	5	22.62	35.912	24.75	
	7	22.10	37.351	25.99	
	10	21.78	37.813	26.51	
	12	21.15	38.114	26.84	
	N - 1	0	19.26	3.453	1.05
		0.5	19.19	3.633	1.20
1		19.19	4.051	1.52	
2		19.90	12.500	7.77	
3		22.57	26.000	17.28	
5		22.50	36.572	25.29	
7		22.41	37.072	25.69	
9		22.41	37.169	25.77	
N - 2		0	19.58	5.142	2.27
		0.5	19.20	5.191	2.86
		1	19.34	6.475	3.33
	2	22.75	36.007	24.79	
	3	22.66	36.889	25.48	
	5	22.59	37.183	25.73	

u siječnju (sl. 3). U V. mjesecu gradijent gustoće gotovo je dvostruko manji od gradijenta u siječnju, a u rujnu se vrijednosti od površine do dna postupno povećavaju, od 22.00 do 27.37 (tablica 2).

U svibnju na OC-1 i OC-4 gustoća ima približne vrijednosti. Piknoklina je površinska, a negativni gradijent (ascendent) vrlo je velik. Na obje postaje piknoklina se u rujnu spušta, ali je gradijent gustoće na OC-1 znatno veći. Niža je površinska vrijednost od OC-4, a gustoća u stupcu od 2 m do dna viša (sl. 4, tablica 1). U siječnju su vrijednosti na obje postaje niže od onih u ožujku. Na OC-1 u siječnju je piknoklina ispod površine, a zapaža se spuštanje i ožujске. Na OC-4 u oba su mjeseca površinske. Na ovoj postaji od 3 m do dna u I. i III. mjesecu vrijednosti su približne, oko 28.0. Izrazito veliki gradijenti gustoće su na postaji N-1. Najveći je u odnosu na ostalih pet postaja. U tri mjeseca u kojima su obavljena mjerenja, površinske su vrijednosti u granicama od 0.43 do 2.04, a pridnene od 25.77 do 28.28 (sl. 4, tablice 2, 3 i 4). Očigledan je vrlo veliki slatkovodni utjecaj na vertikalni raspored gustoće.

Na svim postajama u siječnju je izmjerena pozitivna termoklina. Na VS, L-1 i OC-4

Tab. 3. - Vrijednosti temperature, slanosti i gustoće u širem području luke Ploče u siječnju, 1991. Tab. 3 - Temperature, salinity and density values in the wider area of the Ploče port, January 1991

Postaja	Dubina (m)	Temperatura (°C)	Slanost (ppt)	SIGMA - t
ASS - 1	0	9.40	32.100	24.81
	0.5	12.90	32.600	24.58
	1	13.50	34.100	25.63
	2	14.80	37.200	27.73
	3	15.00	37.700	28.07
	5	14.90	37.900	28.25
	7	15.00	37.900	28.22
10	14.90	37.900	28.25	
ASS - 2	0	11.20	17.162	12.96
	0.5	11.72	17.364	13.03
	1	11.09	17.998	13.62
	2	14.85	37.757	28.15
	3	14.74	37.800	28.21
	5	14.75	37.846	28.24
	7	14.83	37.880	28.25
10	14.81	37.900	28.27	
12	14.81	37.898	28.27	
VS	0	13.43	31.520	23.64
	0.5	14.35	32.623	24.31
	1	15.00	35.711	26.54
	2	15.33	38.007	28.23
	3	-	-	-
	5	-	-	-
	10	-	-	-
L - 1	0	10.80	18.700	14.20
	0.5	11.50	18.600	14.03
	1	12.60	25.700	19.31
	2	15.20	37.200	27.64
	3	15.20	37.500	27.87
	5	15.50	37.900	28.11
	7	15.20	37.900	28.18
8	15.10	37.900	28.20	
OC - 1	0	9.72	8.714	6.59
	0.5	9.77	8.982	6.71
	1	9.96	11.112	8.43
	2	13.99	35.720	26.76
3	14.72	36.180	26.96	
OC - 2	0	9.60	7.800	5.89
	0.5	9.60	7.500	6.13
	1	9.90	10.700	8.12
	2	14.30	36.600	27.38
	3	14.70	37.500	27.98
	5	14.80	37.700	28.12
	7	14.80	37.800	28.19
8	14.80	37.800	28.19	
OC - 3	0	9.56	8.250	6.25
	0.5	9.71	12.270	9.35
	1	10.01	13.406	10.21
	2	14.64	36.974	27.59
	3	14.77	37.624	28.06
	5	14.79	37.724	28.14
	7	14.82	37.841	28.22
OC - 4	0	9.90	11.600	8.82
	0.5	10.70	25.800	19.71
	1	13.20	32.100	24.13
	2	14.60	37.100	27.70
	3	14.80	37.800	28.19
	5	14.80	37.900	28.27
	7	14.80	37.900	28.27
10	14.80	37.900	28.27	
N - 1	0	8.34	0.686	0.43
	0.5	8.35	0.709	0.46
	1	8.38	0.887	0.59
	2	8.46	1.370	0.96
	3	8.55	1.796	1.29
	5	11.11	17.741	13.42
	7	15.90	37.254	27.52
9	15.11	37.664	28.02	
N - 2	0	6.56	0.012	0.00
	0.5	8.56	1.776	1.15
	1	8.80	3.216	2.39
	2	9.04	4.534	3.40
	3	11.80	22.190	16.74
	5	15.09	37.910	28.21
6	15.09	37.941	28.24	

Tab. 4. - Vrijednosti temperature, slanosti i gustoće u širem području luke Ploče u ožujku, 1991. Tab. 4 - Temperature, salinity and density values in the wider area of the Ploče port, March 1991

Postaja	Dubina (m)	Temperatura (°C)	Slanost (ppt)	SIGMA - t	
ASS - 1	0	14.74	31.028	22.99	
	0.5	14.61	34.622	25.79	
	1	13.74	36.880	27.71	
	2	13.68	37.738	28.39	
	3	13.61	37.731	28.40	
	5	13.58	37.722	28.40	
	7	13.60	37.735	28.40	
	10	13.59	37.743	28.41	
	11	13.61	37.749	28.41	
	ASS - 2	0	13.79	19.587	14.41
		0.5	13.76	20.421	15.05
1		13.73	22.079	16.33	
2		13.75	37.517	28.20	
3		13.63	37.686	28.36	
5		13.56	37.702	28.39	
7		13.47	37.732	28.43	
10		13.41	37.777	28.48	
11		13.42	37.769	28.47	
ASS - 3		0	13.31	17.426	12.83
		0.5	13.45	36.477	27.48
	1	13.46	37.378	28.16	
	2	13.37	37.715	28.44	
	3	13.34	37.750	28.47	
	5	13.33	37.763	28.48	
	7	13.33	37.765	28.48	
	10	13.33	37.766	28.48	
	13	13.35	37.783	28.49	
	0	13.98	33.141	24.78	
	0.5	13.99	35.520	26.62	
	1	13.91	37.503	28.16	
	2	13.72	37.655	28.33	
3	13.46	37.735	28.43		
5	13.36	37.810	28.51		
7	13.33	37.827	28.53		
10	13.33	37.833	28.54		
15	13.37	37.854	28.54		
20	13.33	37.895	28.58		
25	12.21	37.979	28.88		
26	12.21	37.970	28.88		
L - 2	0	16.34	12.480	8.50	
	0.5	16.20	12.480	8.52	
	1	15.00	33.436	24.79	
	2	14.11	37.282	27.94	
	3	13.77	37.498	28.18	
	5	13.61	37.606	28.30	
	7	13.56	37.720	28.40	
	10	13.41	37.756	28.46	
	15	12.85	37.831	28.63	
	0	15.85	29.169	21.33	
	0.5	14.91	34.570	25.69	
	1	14.66	36.093	26.91	
	2	13.91	37.333	28.03	
	3	13.67	37.647	28.32	
	5	13.63	37.664	28.34	
7	13.57	37.705	28.39		
10	13.47	37.798	28.48		
12	13.42	37.769	28.47		
OC - 1	0	14.96	9.320	6.33	
	0.5	14.30	14.113	10.11	
	1	14.03	34.570	25.87	
	2	14.08	36.783	27.57	
	3	13.74	37.297	28.03	
	5	13.61	37.322	28.08	
	7	13.25	37.386	28.21	
	8	13.32	37.386	28.19	
OC - 2	0	14.72	10.311	7.14	
	0.5	14.19	21.480	15.79	
	1	14.03	35.515	26.60	
	2	13.72	37.495	28.19	
	3	13.70	37.559	28.25	
	5	13.66	37.601	28.29	
	7	13.64	37.654	28.33	
	9	13.63	37.687	28.36	
	0	15.14	11.224	7.76	
0.5	14.48	23.300	17.13		
1	13.82	37.524	28.19		
2	13.78	37.633	28.29		
3	13.62	37.708	28.38		
5	13.57	37.712	28.39		
7	13.51	37.736	28.42		
10	13.45	37.772	28.46		
11	13.45	37.767	28.46		

Postaja	Dubina (m)	Temperatura (°C)	Slanost (ppt)	SIGMA - t
OC - 4	0	16.68	20.260	14.36
	0.5	14.17	33.329	24.89
	1	13.93	37.519	28.17
	2	13.78	37.705	28.34
	3	13.74	37.721	28.36
	5	13.61	37.723	28.39
	7	13.50	37.735	28.42
	12	13.48	37.742	28.43
N - 1	0	12.36	3.246	2.04
	0.5	12.33	3.270	2.10
	1	12.38	3.430	2.18
	2	12.23	3.891	2.56
	3	12.32	5.579	3.85
	5	13.48	37.400	28.17
	7	13.48	37.525	28.27
	9	13.48	37.544	28.28
N - 2	0	12.56	3.908	2.53
	0.5	12.42	4.480	2.96
	1	12.41	5.201	3.55
	2	12.48	6.108	4.24
	3	13.30	30.186	22.64
	5	13.51	37.562	28.29
6	13.52	37.618	28.33	

površinske, a na ostalima na dubinama od 1 do 2 m. Najdublja je na N-1, u sloju od 3 do 7 m (sl. 2). Nastaju ohlađenjem površinskog sloja dotokom hladnije slatke vode i utjecajem hladnog zimskog zraka. Nastaje okomita inverzija temperature (površinska voda je hladnija od vode u većim dubinama). U ožujku u većem dijelu vodenog stupca vlada izotermija, kao i u siječnju. U svibnju, osim prolaznih dinamičnih poremećaja, od površine do dna temperatura se smanjuje. Pozitivna termoklina u rujnu izmjerena je samo na postaji N-1. I u ovom mjesecu temperatura se smanjuje od površine do dna, a na ASS-2 i OC-4 čak je izotermalno stanje.

Najmanji gradijent slanosti najviši je u siječnju na svim postajama. Razlog je obilniji slatkovodni dotok i oborina. U rujnu je najmanji zbog sušnog razdoblja koje prethodi. Samo je u svibnju na postaji OC-1 negativni gradijent niži od rujanskog. Razlog su dinamični poremećaji u površinskom sloju, pa je uočena i dvostruka haloklina. Površinska je, u sloju 1 do 2 m dubine (sl. 3).

Najmanje promjene gustoće od površine do dna su u rujnu na svim postajama. U siječnju su najveće. U siječnju je na formiranje gustoće prevladavajući utjecaj imala temperatura. Posebice zbog postojanja površinskih i potpovršinskih termoklina.

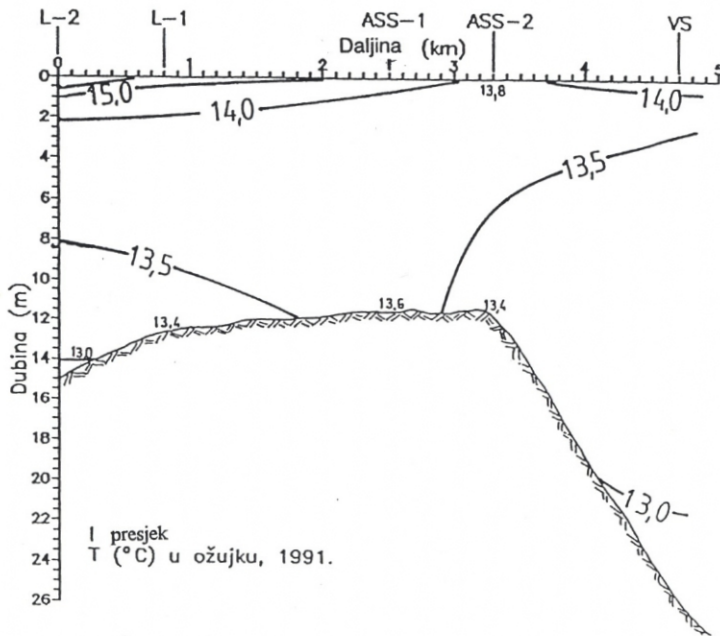
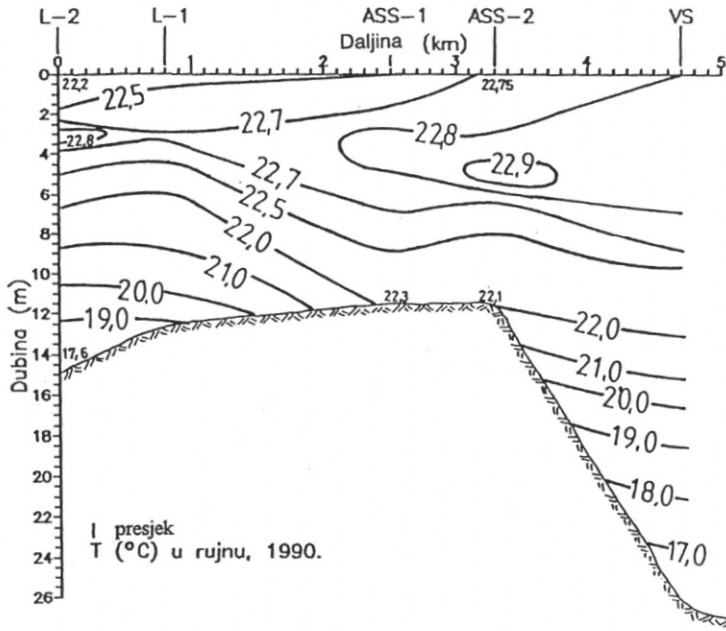
2. Rapored na vertikalnim presjecima

U raščlambi vertikalnog rasporeda temperature, slanosti i gustoće na reprezentativnim postajama određena je termohalinska struktura u vodenim stupcima. Dopunu takvom metodološkom prilazu predstavlja i raščlamba rasporeda istraživanih parametara na reprezentativnim vertikalnim presjecima. Izabrana su dva. Prvi povezuje postaje L-2, L-1, ASS-1, ASS-2 i VS (sl. 5, 6, 9 i 10). Dugačak je 4.7 km. Drugi je dugačak 6.5 km i spaja postaje OC-1, OC-2, OC-3, OC-4, ASS-3 i VS (sl. 7, 8, 11 i 12). U prikazu termohalinskog stanja na vertikalnim presjecima reprezentativni mjeseci su rujna, 1990. i ožujak, 1991. Raščlanjeni su rasporedi vrijednosti parametara temperature i slanosti.

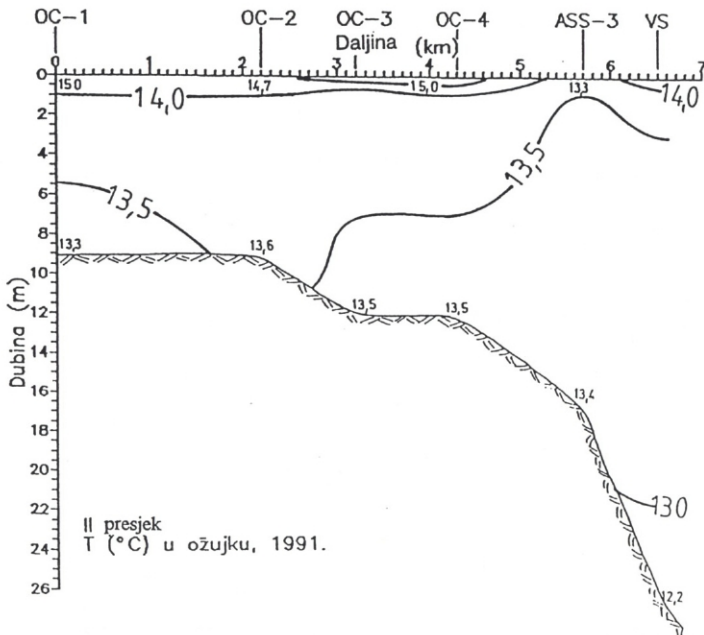
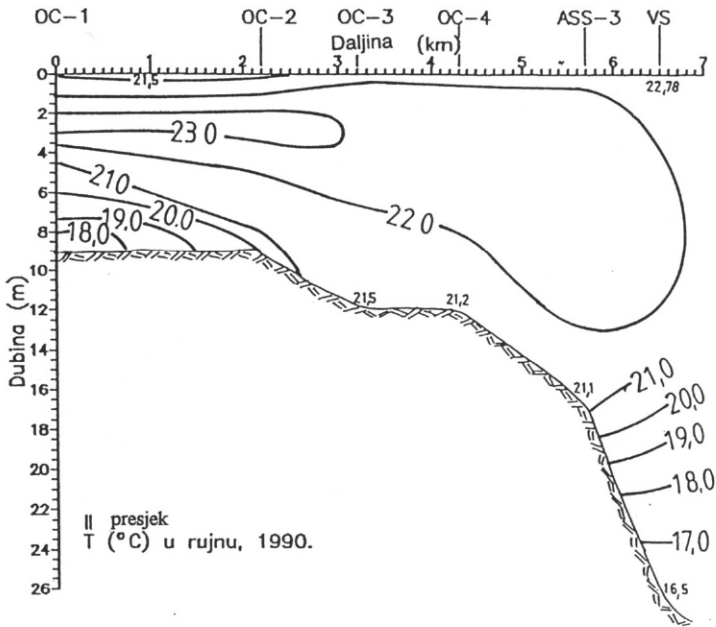
U rujnu su na prvom presjeku izoterme od 22.5 i 22.7°C u površinskom sloju. Prva na površinu dolazi u području postaje ASS-1, a druga neposredno ispred ASS-2 (sl. 5). U području postaje ASS-2 na 5 m dubine uočena je enklava najviše temperature na presjeku, 22.9°C. Od početka do kraja presjeka termalne vrijednosti od površine do dna opadaju. Na polaznom dijelu (L-2) pridnena temperatura je 17.62°C (15 m). Na VS je 6.46°C (25 m, tablica 2).

U ožujku u prvom dijelu presjeka površinska temperatura iznosi 16.0, 15.0 i 14.0°C. Na ASS-2 je najniža, a na VS opet viša, 14.0°C. Izotermu 13.5°C u pridnenom sloju na ASS-1 prekida nesto viša vrijednost, 13.6°C (sl. 6). Izoterma 13.0°C bila je u pridnenom sloju na početku i na kraju presjeka.

Na drugom presjeku u rujnu veliku vodenu masu obuhvaća izoterma 22.0°C (sl. 7). Unutar nje toplija je voda. Površinska voda je na postajama OC-1 i OC-2 hladnija, 21.5°C. Očigledan je termalni utjecaj hladnije slatke vode. Prema dnu se temperatura smanjuje. Na VS do 16.46°C. Na središnjem dijelu presjeka znatno je viša. Na OC-3 21.5, a na OC-4 21.2°C.



Slike 5 i 6 - Raspored temperature na vertikalnim presjecima
Figs. 5, 6 - Distribution of temperature on the vertical sections



Slike 7 i 8 - Raspored temperature na vertikalnim presjecima
 Figs. 7, 8 - Distribution of temperature on the vertical sections

U ožujku na drugom presjeku (sl. 8) u neposredno potpovršinskom sloju proteže se izoterma 14.0°C. Na OC-3 površinska temperatura je 15.14, a na OC-4 16.68°C (tablica 4). Izoterma 13.5°C prekinuta je na OC-2 nešto toplijom vodom (13.6°C) u pridnenom sloju. Pridnene vrijednosti na cijelom presjeku kreću se između 13.3 i 13.6, a na VS 12.2°C.

Na prvom presjeku u rujnu, površinske vrijednosti slanosti vrlo su niske. Horizontalno se povećavaju prema kraju presjeka, od 13.6 do 35.3 ppt. (sl. 9, tablica 2). Pravilno se povećavaju prema dnu do 37.5 ppt. U prvom dijelu presjeka pridnene vrijednosti su 38.3, u središnjem 37.7, a na VS 38.4 ppt. Tolika slanost svojstvo je vode u priobalnom području. U ožujku od površine do dna vrijednosti su od 37.0 do 38.0 ppt. Na L-2 pridnena je nešto niža, a na L-1 i ASS-1 37.7 ppt (sl. 10, tablica 4).

Na drugom presjeku površinska slanost u rujnu također se povećava od OC-1 do VS, od 15.6 do 35.3 ppt. Od površine prema dnu povećava se do 37.5 ppt. U prvom dijelu presjeka taj je porast brzi. Na OC-1 ta vrijednost je na 4.8 m, a na ASS-3 na oko 9 m dubine. Do VS se ponovno smanjuje dubina na kojoj je ta izohalina, oko 6.5 m (sl. 11). Izohalina 38.0 ppt u pridnenom je sloju na OC-3 i do ASS-3 prati dno. Na VS se podiže na dubinu oko 9 m. Pridnena slanost na VS je 38.4 ppt (tablica 2).

U ožujku u cijelom vodenom stupcu slanost raste od početka presjeka prema kraju, od 10.0 do 37.9 ppt. Pridnena vrijednost na VS je 38.0 ppt (sl. 12, tablica 4). Ovaj dijagram pokazuje izravni sezonski maritimni utjecaj na cijelo područje. Odvija se u sloju 1 do 2 m dubine do dna. Površinske vrijednosti su niske i posljedica su dotoka slatke vode.

Maritimni utjecaj na termohalinsku strukturu vode u istraživanom području posebno je naglašen u ožujku na obadva presjeka. Slanija voda na prvom presjeku s otvorenog mora dopire dalje već na drugom (sl. 10

i 12). Na pr., izohalina 37.7 ppt na drugom presjeku spušta se do dna u području postaje OC-2, a na prvom presjeku je na dubini oko 7 m. Ljeti je obratno. Maritimni halinski utjecaj s otvorenog mora (38.0 ppt) na drugom presjeku dopire dalje od prvog. Na drugom čak do postaje OC-3 u pridnenom sloju (sl. 9 i 11). U vertikalnom rasporedu vlada visok stupanj statičke stabilnosti i prema halinskom mjerilu, nisu uočeni znatniji poremećaji.

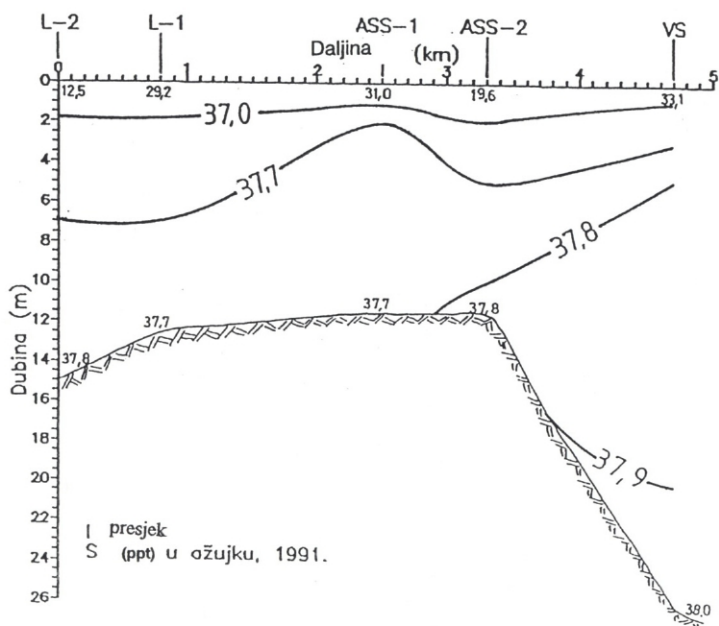
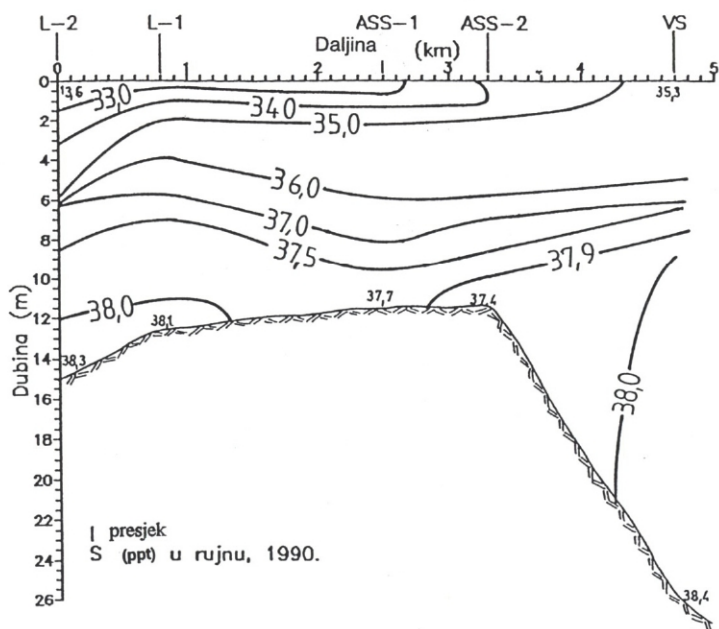
U istraživanom području najniža zabilježena temperatura je 6.56°C, u siječnju, 1991. na površini na postaji N-2 (tablica 3). Najviša zabilježena temperatura iznosi 22.93°C, a zabilježena je u rujnu 1990. na 5 m dubine na ASS-3. Najniža slanost bila je 0.68 ppt na površini u siječnju, 1991. na N-1. Najviša 38.368 ppt na VS pri dnu u rujnu, 1990. najniža gustoća bila je na postaji N-1 na površini u siječnju, 1991., 0.43. Najviša 28.88 u pridnenom sloju na VS u ožujku, 1991.

Zaključak

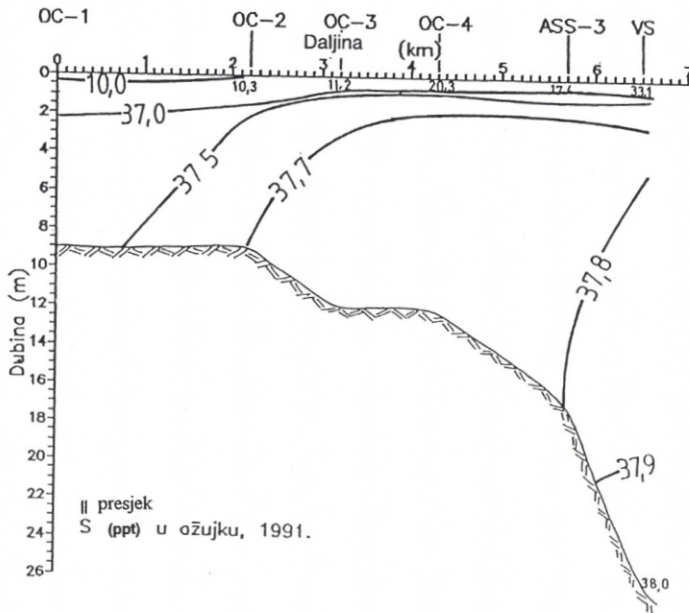
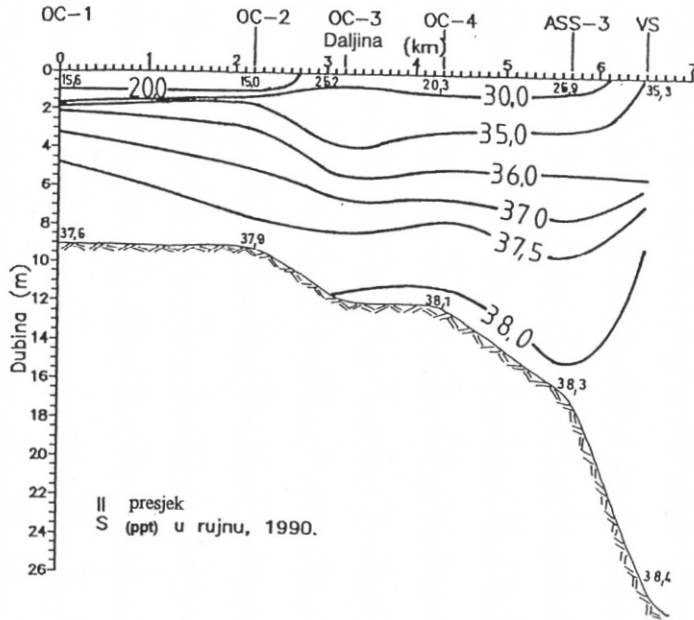
U radu su korišteni sinoptički podaci iz četiri jednokratna mjerenja, ali se fond drži zadovoljavajućim za statističku raščlambu. Daje prilično realne raspone kretanja temperature, slanosti i gustoće u pojedinim mjesecima. Budući se radi o priobalnom, zaljevskom, kanalskom i riječnom području eventualni diskontinuiteti nastali drugim razlozima osim ljetnog zagrijavanja i zimskog ohlađenja površinskog sloja i hidrološkim utjecajem, prema postojećem fondu podataka, zanemarivi su.

Na temelju obavljenih mjerenja, obrade-nih podataka i njihove raščlambe, može se zaključiti da istraživano šire područje luke Ploče glede svojeg zemljopisnog položaja, orografskih i topografskih značajki, a uključujući učinak dotoka slatke vode s kopna, predstavlja (s gledišta oceanoloških istraživanja) zanimljiv i složen akvatorij.

Termohalinska svojstva šireg područja luke Ploče pod izravnim su utjecajem sezonskih



Slike 9 i 10 - Raspored slanosti na vertikalnim presjecima
Figs. 9, 10 - Distribution of salinity on the vertical sections



Slike 11 i 12 – Raspored slanosti na vertikalnim presjecima
Figs. 11, 12 – Distribution of salinity on the vertical sections

razdoblja zagrijavanja i hlađenja vodene mase i intenzivnog dotoka vode s kopna. Utjecaj fenomena zagrijavanja i hlađenja očigledan je u svim sezonama. Termobatička krivulja u svim sezonama pokazuje normalan slijed zagrijavanja i hlađenja vodenog stupca na svim postajama. Zimsku sezonu obilježava tipična pojava izotermije. Neznatno je narušena u tankom površinskom sloju, a tomu je uzrok dotok hladne kopnene vode. Proletno razdoblje pokazuje značajku zagrijavanja cijelog vodenog stupca i oblikovanje termokline u sloju između 2 i 10 m dubine. U ljetnom razdoblju značajna je zagrijanost vodenog stupca s nešto manjim vrijednostima temperature od uobičajenih za priobalna područja. Razlog je intenzivno miješanje slane i slatke vode u relativno plitkom području. Jesenska sezona pokazuje značajku hlađenja vodenog stupca i postupnu pojavu izotermije,

ali s većim temperaturama glede zimskih.

Prostorna raspodjela temperature prvenstveno ovisi o položaju postaja na kojima su obavljena mjerenja. Udaljenije postaje od obale pokazuju više maritimna obilježja za razliku od onih bližih kopnu koje su pod jakim utjecajem dotoka slatke vode. Tu je u površinskom sloju zamijećena pojava pozitivne termokline, kao izravna posljedica utjecaja hladne kopnene vode. To je vrlo značajno saznanje, posebice zato jer se pozitivna (inverzna) termoklina često javlja u širem maritimnom području (Neretvanski i Korčulanski kanal) luke Ploče.

Prostorna raspodjela slanosti pokazuje tipične značajke područja intenzivnog miješanja morske i kopnene vode, gdje u površinskom sloju u svim sezonama i gotovo na svim postajama opstoji pojava naglašene halokline. Inetnzitet joj ovisi o položaju postaje.

LITERATURA

Bičanić, Z. (1986.): Prilog poznavanju termohalinskih svojstava srednjeg Jadrana. magistarski rad, PMF, Zagreb, 205 pp.

Forch, C. et al., (1953): Hydrographical Tables. Edit Martin Knudsen, Copenhagen.

Ravelle, R. et al. (1965.): Ocean Sciences. US Naval Institute, Maryland, Annapolis, 28, 38, 48 pp.

Smirčić, A. et al. (1991.): Dinamička i termohalinska svojstva šireg akvatorija luke Ploče. studija, Državni hidrografski institut, Split, 3-26.

Sverdrup, H.U. (1943.): Oceanography for Meteorologists. Prentice-Hall, Inc., New York, 11-14, 74, 78-80, 83, 89, 153 pp.

*** Banka podataka, Državni hidrografski institut, Split.

Summary

TERMOHALINE PROPERTIES IN THE WIDER AREA OF THE PLOČE PORT

by
ZLATIMIR BIČANIĆ and MIRO LAKOŠ

The synoptic data used in this paper were obtained from four single measurements, nevertheless such database is considered sufficient for statistical analysis. It provides rather real ranges of temperature, salinity and density in particular months. As the measurements were carried out in the coastal, bay, channel and river area, possible discontinuities provoked by certain reasons other than warming up of the surface layer in summer and its cooling in winter, as well as hydrological influence, are negligible.

On the basis of the above measurements and the analysis of the obtained data, it can be concluded that the researched wider area of the Ploče port is an interesting and complex sea area, regarding its geographic position and its orographic and topographic characteristics, including the effect of the fresh water inflow from the continent.

Termohaline properties are under a direct influence of seasonal intervals of warming up and cooling of the water masses and an intensive inflow of the water from the continent. The influence of the warming up and cooling phenomena is evident in all seasons. Vertical profiles of temperature in all seasons show a normal course of warming up and cooling of the water column at all the stations. Winter season is characterized by a typical occurrence of isotherm. It is slightly disrupted in the thin surface layer, due to the cold water inflow from the continent. Spring period is

characterized by warming up of the whole water column and formation of thermocline in a depth between 2 and 10 m. Characteristic of the summer period is warming up of the water column with slightly lower temperatures than the ones that are common in littoral areas. This is due to an intensive mixing of the salt water with fresh water in a comparatively shallow area. Autumn season is characterized by cooling of the water column and gradual occurrence of isotherm, but with higher temperatures than in winter.

Spatial distribution of temperature depends primarily on positions of the stations at which measurements were carried out. The stations which are more distant from the coast show more maritime characteristics, as distinguished from those nearer the coast which are under a strong influence of the fresh water inflow. This is where the occurrence of positive thermocline was observed in the surface layer, as a direct result of the influence of the cold water from the continent. This fact is very significant, particularly because the positive (inverse) thermocline frequently occurs in the wider maritime area of the Ploče port (Neretva channel and Korčula channel).

Spatial distribution of salinity shows typical characteristics of an area where intensive mixing of the sea water with land water takes place. In its surface layer there is occurrence of a strongly manifested halocline, intensity of which depends on the position of a station.

Dr. sci. Zlatimir Bičanić, izv. prof., Pomorski fakultet Sveučilišta u Splitu, Zrinsko-Frankopanska 38, Split

Miro Lakoš, inž. pomorskog prometa, Državni hidrografski institut, Zrinsko-Frankopanska 161, Split