

## VEČLETNI POTEK VREDNOSTI TEMPERATURE, SLANOSTI IN GOSTOTE MORSKE VODE V PIRANSKEM ZALIVU

Zlatimir Bičanić\*

### Izvleček

Analiza termohalinskih lastnosti morske vode v Piranskem zalivu je narejena na temelju analiz večletnega poteka parametrov temperature, slanosti in gostote morske vode. Z raziskovanjem je zajet celoten vodni stolpec, oziroma, smo uporabili vrednosti težinskih povprečij. Podatki so sezonski. Večletni potek zajema 17-letno obdobje, od 1973 do 1989. Piranski akvatorij deluje večino leta kot samostojna termohalinska enota v sklopu Tržaškega zaliva. Taka samostojnost je včasih porušena zaradi vpliva zunanjih in notranjih faktorjev. Na termohalinske lastnosti morske vode v Piranskem zalivu primarno vplivajo kontinentalni in hidrološki dejavniki in sekundarno maritimni.

Gljučne besede: termohalinski, temperatura, slanost, gostota, minimalna in maksimalna vrednost, povprečje, tipična/netipična stanja.

### A MULTIYEAR SURVEY OF TEMPERATURES, SALINITY AND DENSITY OF THE SEA IN THE PIRAN BAY

### Abstract

The analysis of thermohaline properties of the sea water in the Piran Bay is based on 17-year data of the following parameters: temperature, salinity and density of the sea water. Used for the investigation was the complete water column, or, the values of weight averages were used. The data of the 1973–1998 period were studied, by seasons. Most of a year, the Piran aquatory acts as an autonomous thermohaline unit within the frame of the Trieste Bay. This dependence can be blurred occasionally due to the influence of external and internal factors. The thermohaline properties of the sea water in the Piran Bay are primarily influenced by the continental and the hydrological factors, and only secondary by the marine factors.

Key words: Thermohaline, Temperature, Salinity, Density, Minimum and maximum values, Average, Typical/Atypical situations.

\* Dr., sc., izredni profesor na Pomorski fakulteti Split, 21000 Split, Zrinski Frankopanska 38, Hrvatska.

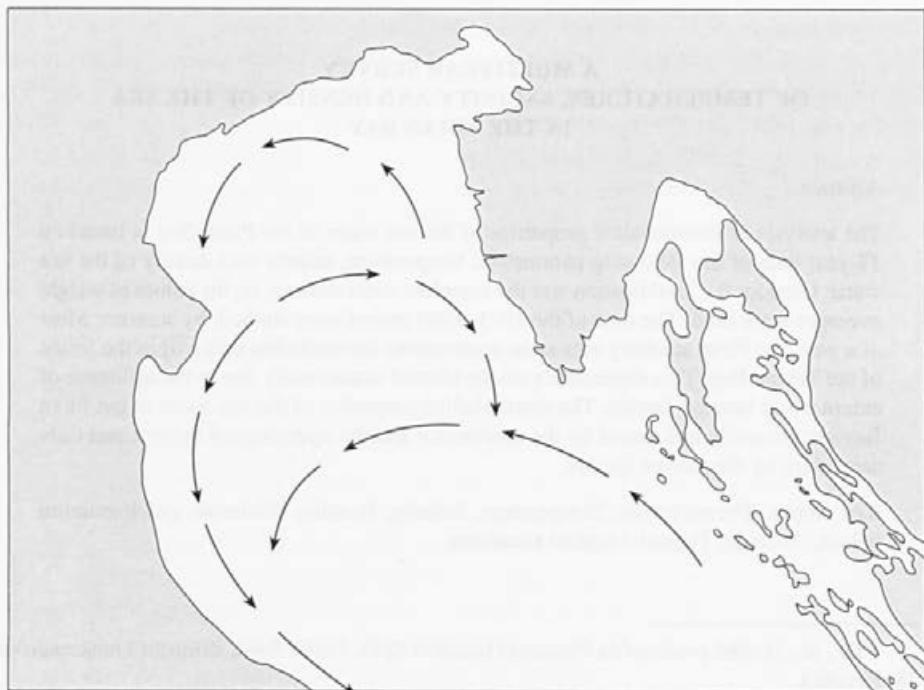
## Uvod

Na termohalinsko stanje v širšem področju Piranskega zaliva imajo velik vpliv dejavniki, ki izhajajo iz specifičnosti zemljepisnega položaja področja. Ker nasplošno prevladuje prepričanje o pomembnih spremembah vrednosti klimatskih elementov in njihovih sezonskih kolebanj, se mora to neposredno odražati tudi v vrednostih temperature, slanosti in gostote morske vode. Na termohalinske odnose v severnem delu Jadranskega morja, torej tudi v Piranskem zalivu, specifičnost zemljepisnega položaja drugače vpliva kot v južnejših delih. Pomembno vlogo imata geomorfološki ter klimatski moment.

Na termohalinske značilnosti v raziskanem področju pomembno vpliva dinamični moment. Na rezidualno gibanje toka v severnem Jadranu ima velik vpliv reka Pad. V področju izliva se pritočna sladka voda meša z morskó in tvori površinske tokove. Del toka se obrne na jug. Drugi del pa teče proti vzhodu (Vučak, 1985). Približno pri Rovinju (slika 1) se vzhodni tok cepi na severni in južni del. To trditev potrjujejo

*Slika 1: Shematski prikaz rezidualnega gibanja morskih tokov v severnem Jadranu v površinski plasti (Vučak, 1985).*

*Fig. 1: Schematic presentation of the residual course of the sea currents in the surface layer of the North Adriatic.*



analize podatkov o morskih tokovih, temperaturi, slanosti in gostoti ter v razporejenosti morskih usedlin.

Na rasporeditev vrednosti parametrov temperature, slanosti in gostote morske vode vplivata temperatura zraka in veter. Na odprtem morju pogojuje veter formiranje inercijskih oscilacij (predvsem v površinski plasti poleti).

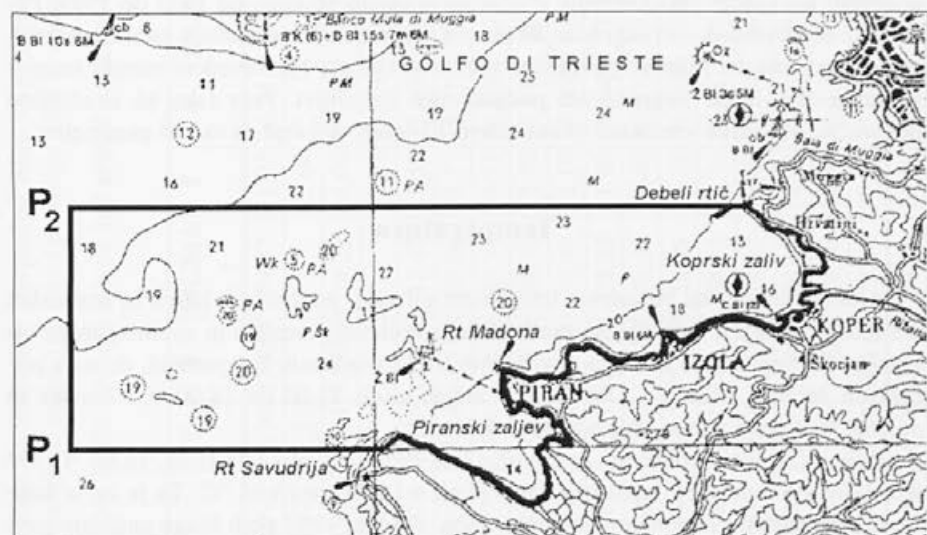
Z raziskavo smo želeli priti do novih spoznaj o termohalinskih lastnostih morske vode v Piranskem zalivu. Čeprav so bile narejene številne meritve in raziskave v tem delu Jadranskega morja, pa v analizah niso dovolj zajete novejšje preučitve, predvsem iz sedemdesetih in osemdesetih let.

## Področje, podatki in metodologija dela

Raziskovali smo priobalno področje, ki zajema južni del Tržaškega zaliva (slika 2). Omejeno je s povezavo točk: rt Savudrija, P1  $\varphi = 45^{\circ} 30,0' N$ ,  $\lambda = 13^{\circ} 20,0' E$ , P2  $\varphi = 45^{\circ} 35,5' N$ ,  $\lambda = 13^{\circ} 20,0' E$  in rt Debeli rtič. Globina ni večja kot 30m. Položaj področja je zanimiv zato, ker je pod neposrednim in delno posrednim vplivom globalnega jadranskega kompleksa tokov. Obenem je del parcijalnega dinamičnega sistema v Tržaškem zalivu. Globine so relativno majhne, kontinentalni klimatski vpliv pa zelo velik. Na sestavo morske vode močno vplivajo sladkovodni dotoki z obale. Kriterij za izbiro in raziskovanje tega področja so tudi geografsko-klimatske specifičnosti. Prav tako tudi število opravljenih meritev ter količina neobdelanih in obdelanih podatkov.

Slika 2: Raziskovano področje (po karti Venezia – Zadar).

Fig. 2: The investigated area (after the Venezia – Zadar chart).



Obstoječi fond podatkov ne daje možnosti za korektno analizo po standardnem znanstveno-metodološkem postopku. Čeprav je fond na videz bogat, saj zajema oceanografske podatke o temperaturi, slanosti, gostoti morske vode na področju severnega Jadrana, je v bistvu siromašen. Ne obstaja dolgoročno kvalitativno sprejemljiva kontinuiteta.

Za izračun povprečnih letnih, sezonskih in povprečnih vrednosti temperature, slanosti in gostote morske vode v stolpcu, povprečnih letnih, sezonskih in povprečnih vrednosti površinske temperature morske vode in zraka, ter ekstremnih vrednosti temperature, slanosti in gostote morske vode smo uporabili več kot 13000 podatkov. Izvor podatkov je datoteka Morske biološke postaje iz Pirana (MBP), banka podatkov Državnega hidrografskega inštituta iz Splita (DHI), Letno poročilo MBP, Piran in meteorološki letni podatki tedanjih republiških in zveznih hidrometeoroloških zavodov. Uporabili smo podatke o temperaturi zraka, izmerjeni na najbližji meteorološki postaji. V primeru, da meritve niso bile redne, smo uporabili podatke iz najbližje sosednje postaje.

Podatke smo razporedili, obdelali in interpretirali po karakterističnih termohalinskih stanjih v daljšem časovnem obdobju. Narejena je večletna sezonska analiza. Za zimske so upoštevani meseci: januar, februar in marec. V nekaterih oceanoloških disciplinah se v to sezono vključuje mesec december, namesto marca. Znano pa je, da so temperature morske vode najnižje februarja. V tem mesecu je najvišja tudi homogenija v vodnem stolpcu. Zato je uporabljena delitev po zimskih mesecih popolnoma sprejemljiva. Srednji spomladanski mesec je maj. V glavnem smo uporabili podatke iz prvih mesečnih dekad. Prav tako tudi v avgustu in novembru.

Tendence gibanj vrednosti klimatskih elementov lahko ugotovimo z analizo njihovih gibanj v daljšem časovnem razdobju (v nizih). Tak način dela smo večinoma uporabili pri našem raziskovanju. Z analizo je zajeto obdobje od 1973 do 1989. Podatki so iz sezonskih merjenj. Manjka skupaj šest sezonskih podatkov za temperaturo, slanost, gostoto ter njihove povprečne vrednosti (tabela 1). Navedeni merski termini so zanemarjeni, ker interpolirani podatki niso zanesljivi. Prav tako so izračunane povprečne sezonske vrednosti za raziskano 17-letno obdobje za vse tri parametre.

## Temperatura

Analiza temelji na večletnem termalnem gibanju, povprečnih letnih in sezonskih vrednosti (slika 3). Krivulje, ki predstavljajo večletno jesensko in spomladansko situacijo, se prepletajo s krivuljo povprečnih letnih vrednosti, kar pomeni, da so, s pridržkom rečeno, približne. Oscilirajo v mejah okoli 13,00 do 18,00 °C. Zimske in poletne vrednosti veliko bolj odstopajo od teh.

Povprečne letne vrednosti so najnižje leta 1980, najvišje leta 1975, 16,66 °C. Od leta 1974 do leta 1975. opazimo nagel skok s 14,34 na 16,66 °C. To je za ta konzervativni parameter pomembna sprememba. Do leta 1980 sledi blago znižanje pov-

Tabela 1: Sezonske, povprečne letne in povprečne vrednosti temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), slanosti (ppt) in gostote morske vode v Piranskem zalivu (po banki podatkov DHI in datoteki MBP).

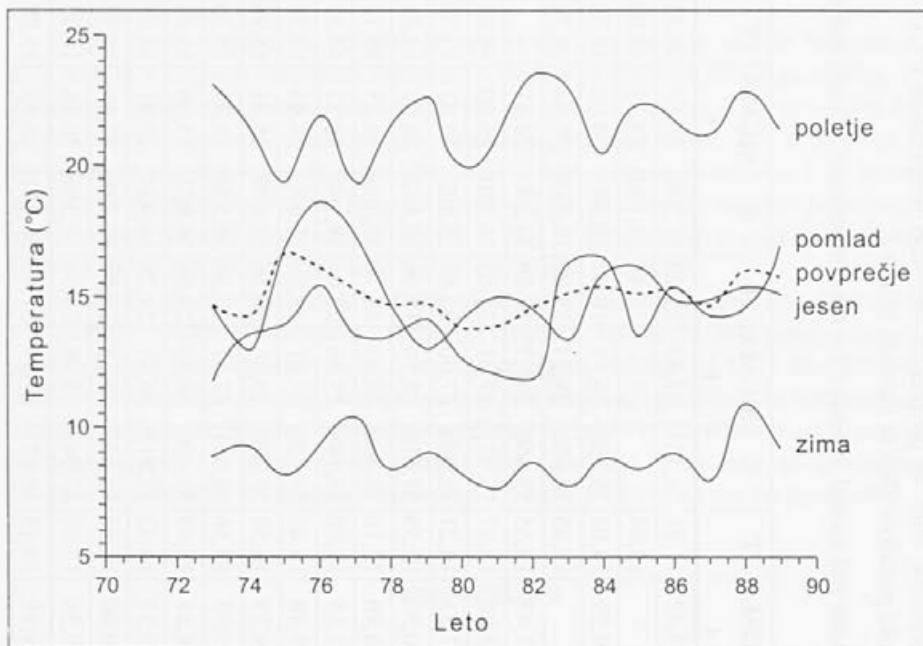
Table 1: The average season and annual values of the sea temperature, salinity and density in the Piran bay.

	T	S	SIGMA $\rho_t$	T	S	SIGMA $\rho_t$	T	S	SIGMA $\rho_t$	T	S	SIGMA $\rho_t$	T	S	SIGMA $\rho_t$
1973	8,90	37,889	29,42	11,91	36,541	27,85	23,20	37,260	25,62	14,73	37,418	27,29	14,66	37,277	27,82
1974	9,25			13,64			21,46	34,140	23,75	13,02	37,664	28,48	14,34		
1975	8,24	37,584	29,29	14,04	35,700	26,74	19,47	36,393	26,00	16,89	37,320	27,35	16,66	36,749	26,92
1976															
1977	10,40	35,730	27,47	13,55	35,460	26,67	19,39	34,290	24,41						
1978	8,84	37,155	28,86	13,57	35,921	27,01	21,63	35,980	25,10	14,66	35,828	27,47	14,68	36,471	27,20
1979	9,06	35,470	27,51	14,21	36,080	27,00	22,68	35,802	24,67	13,10	36,586	27,62	14,76	35,987	26,80
1980	8,21	38,872	30,30	12,59	37,616	28,50	19,96	36,692	26,09	14,21	35,894	26,83	13,77	37,259	28,00
1981	7,70	38,898	30,40	12,10	38,060	28,97	21,10	37,305	26,25	15,12	37,405	27,82	14,00	37,917	28,47
1982	8,71	38,143	29,65	11,90	36,148	27,76	23,64	38,360	26,32	14,51	37,494	28,00	14,72	37,511	28,07
1983	7,75	37,759	29,49	15,40	36,720	27,01	23,08	35,670	24,45	13,38	36,808	27,74	15,15	36,739	27,30
1984	8,87	37,715	29,29	16,58	35,280	25,86	20,56	38,679	25,91	15,96	36,256	28,74	15,49	36,483	27,03
1985	8,51	37,295	29,03	13,56	36,641	27,57	22,50	38,530	24,34	15,29	35,131	25,81	15,22	36,093	26,78
1986	9,13	37,158	28,81	15,49	35,480	26,26	21,94	36,073	25,08	15,01	37,203	27,69	15,39	36,479	27,05
1987	8,00	37,897	29,57	14,42	35,913	26,83	21,29	36,924	25,91	14,05	36,179	27,14	14,67	36,803	27,45
1988	10,99	37,826	29,00	14,56	36,633	27,33	23,02	37,225	25,64	15,51	36,738	27,21	16,05	37,105	27,37
1989	9,34	38,138	29,54	17,09	37,047	27,08	21,54	37,356	26,16	15,15	37,229	27,67	15,78	37,400	27,69
<b>Povp.</b>	8,78	37,569	29,18	14,19	36,475	27,29	21,67	36,441	25,43	15,08	36,870	27,41	15,02	36,888	27,43

prečnih letnih temperatur in do leta 1984 blago povišanje. Kolebanja do konca obdobja se premikajo v obsegu  $1,38\text{ }^{\circ}\text{C}$  (tabela 1). V obdobju med letoma 1974 in 1976 nastopa naglo povečanje jesenske temperature (slika 3). Absolutno najnižja v obdobju je  $13,02\text{ }^{\circ}\text{C}$  (1974) raste do najvišje sezonske vrednosti,  $18,70\text{ }^{\circ}\text{C}$  (1976). Do 1979. sledi upadanje, zatem pa kolebanje z manjšimi amplitudami in rahlo povišanje povprečnih jesenskih vrednosti. Od leta 1973 do 1976 spomladanske temperature opazno rastejo, večja kolebanja pa so registrirana med letoma 1982 in 1983. Sezonska razlika je bila  $4,50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ta krivulja je dosegla maksimalno vrednost leta 1989 —  $17,09\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

*Slika 3: Večletni potek povprečnih sezonskih vrednosti temperatur morske vode ( $^{\circ}\text{C}$ ) v Piranskem zalivu.*

*Fig. 3: Multiyear course of the average season values of the sea temperatures in the Piran bay.*



Zimske termalne vrednosti oscilirajo med najnižjo  $7,70$  in najvišjo  $10,99\text{ }^{\circ}\text{C}$ . S primerjavo podatkov v ostalih sezonah iz leta 1988 lahko zaključimo, da obstaja določena povezava, ker je v tem letu registriran vzpon, do leta 1989 pa upad termalnih vrednosti. Izvzeta je le spomladanska temperatura. V tem letu se je vzpela za  $2,43\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Upad jesenskih vrednosti je minimalen za razliko od poletnih in zimskih.

Spomladanska krivulja se lahko razdeli na dva dela. Na obdobje med letoma 1973 in 1982, ter letoma 1983 in 1989. Opazimo namreč pomembno nižjo povprečno tem-

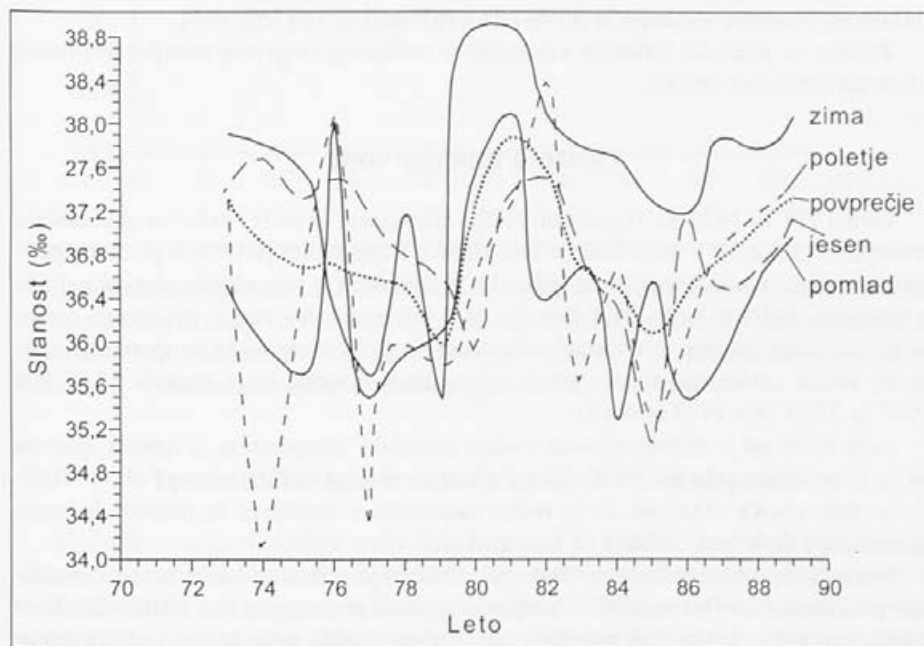
peraturo v prvem delu, glede na drugi del. Najverjetneje je vzrok v dinamičnih spremembah v morski vodi v širšem področju. Povprečne poletne temperature rahlo naraščajo skozi celo obdobje. Amplitude v kolebanju so večje od zimskih, od leta 1984 pa nekaj manjše (slika 3).

## Slanost

Srednje letne halinske vrednosti do leta 1979 enakomerno upadajo, do 35,987 ppt. V sledečih dveh letih so registrirali nagli vzpon. Slanost je bila leta 1980 37,269, leta 1981 pa 37,917 ppt. Za povprečno vrednost je to zelo visok podatek. Do leta 1985 je upad enakomeren. Prav tako tudi vzpon do konca obdobja (slika 4).

*Slika 4: Večletni potek povprečnih letnih in sezonskih vrednosti slanosti (ppt) morske vode v Piranskem zalivu.*

*Fig. 4: Multiyear course of the average season and annual values of the sea salinity in the Piran bay.*



Razlika med najnižjimi in najvišjimi letnimi vrednostmi po sezonah je bila: zima  $-3,428$ , pomlad  $-2,780$ , poletje  $-4,220$  in jesen  $-2,533$  ppt (tabela 1). Zimske in poletne vrednosti kolebajo navzgor. Prvih pet let je zimska slanost upadla s 37,889 na 35,730 ppt. Leta 1978. je registriran vzpon in ponovno upad na najnižjo poletno

vrednost v celotnem obdobju. Leta 1979. je bila 35,470 ppt. V enoletnem obdobju se je slanost naglo povečala, celo na 38,872 ppt. To je čisto blizu absolutno najvišji vrednosti za celotno obdobje, 38,898 ppt leta 1981. Do leta 1986 enakomerno upada, nato se povečuje do leta 1989 — obstajajo torej velike poletne halinske oscilacije. V drugem delu je potek vrednosti tega parametra blažji.

Spomladanska slanost koleba manj kot zimska. Najvišja amplituda v 17-letnem obdobju je 2,780 ppt leta 1977. Spomladanska slanost je bila nizka, 35,460 ppt. Do leta 1981 postopno narašča do najviše vrednosti v področju (38,060 ppt). Do leta 1983 je sledil nagli halinski upad, do 36,720 ppt. Sledeča tri leta se ritmično spreminjajo vzponi in upadi in do konca obdobja nastopa postopni vzpon slanosti za okoli 1,500 ppt (slika 4).

Največje registrirane halinske oscilacije so poletne. Največja amplituda v spremljajočem obdobju je 4,220 ppt. Že prvo leto je slanost naglo padla, sledeči dve leti pa se je naglo povzpela na okoli 38,000 ppt. Sledi ponovni minimum leta 1977 in postopni vzpon do drugega maksimuma leta 1982 (38,360 ppt). Do leta 1985 se osciliranje nadaljuje, potem nastopi nagli vzpon do 37,356 ppt. Jesenska krivulja koleba v najmanjšem obsegu (od 35,131 do 37,664 ppt), torej obstaja določena letna halinska stabilnost. Najnižjo vrednost je imela leta 1985, najvišjo pa leta 1974.

Zimske in jesenske halinske vrednosti se menjavajo s precej manjšo frekvenco glede na ostali dve sezoni.

## Gostota morske vode

Leta 1977 in 1979 so registrirali večja odstopanja gostote, oziroma pomembno zmanjšana (slika 5). V istih letih je bila zimska temperatura povečana glede na povprečno večletno zimsko vrednost (slika 3). V istih letih je bila zimska slanost najnižja v celotnem obdobju (slika 4). Očitno je da v teh terminih v morju pri Piranu nastopajo močne spremembe v termohalinski strukturi. Relativno visoka temperatura in, za zimo, velika zaslanjenost sta vplivali na vrednost gostote, ki je znašala 27,47 leta 1977 in 27,51 leta 1979 (slika 5).

Leta 1979. se je zimska slanost močno povečala, temperatura je upadla, gostota pa se je povečala celo do 30,30. Sledeče leto se je še povečala in to na okoli 30,40. To je zelo visoka vrednost, ki jo redko zasledimo v srednjem in južnem Jadranu. Spremembe do konca obdobja so nato zmerne.

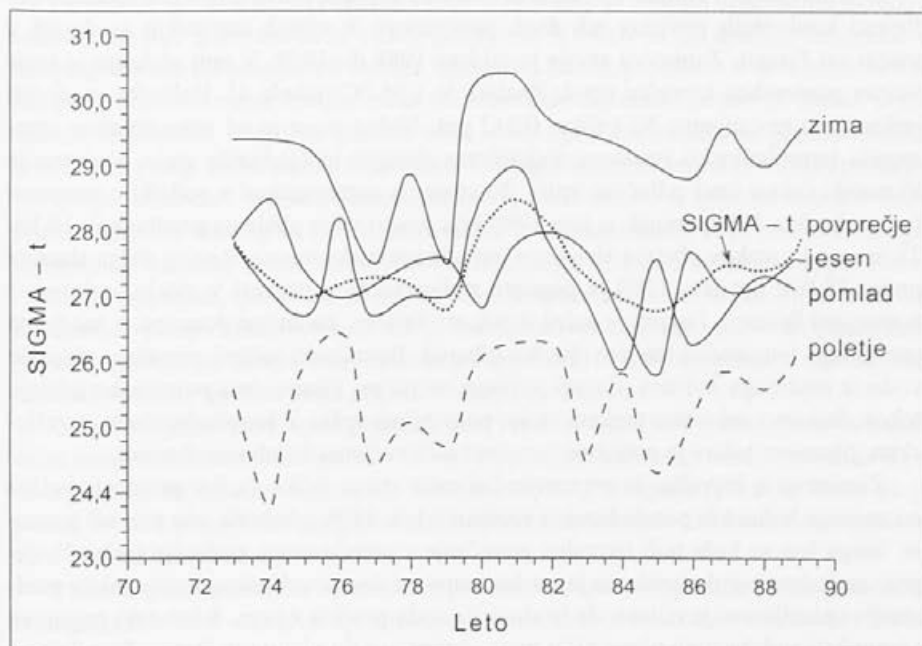
Največja spomladanska amplituda po velikosti je približno enaka zimski, oscilacije pa so nekoliko frekventnejše. Večja rast gostote je nastopila leta 1979, s 27,00 na 28,97, leta 1981. V sledečih treh letih pomembno upada in do konca oscilira, ko se zmanjšujejo amplitude (slika 5).

Velike in pogoste, večletne spremembe gostote se nadaljujejo tudi poleti. Vrednosti so precej nižje od povprečnih, ker je nižja zaslanjenost in ker so predvsem višje temperature. Najnižja sezonska vrednost leta 1974 je bila 23,75, najvišja pa leta 1976, 26,54. V tej sezoni se vrednosti gostote menjavajo v relativno pravilnem ritmu.



Slika 5: Večletni potek srednjih letnih in sezonskih vrednosti gostote morske vode v Piranskem zalivu.

Fig. 5: Multiyear course of the average season and annual values of the sea density in the Piran bay.



Jesenska krivulja kaže umerjena kolebanja gostote z maksimumom leta 1985. Oba ekstrema sta v funkciji termohalinskih odnosov: nizka temperatura, visoke slanosti in obratno. Tako ima leta 1974 gostota najvišjo vrednost v 17-letnem obdobju, 28,48 (tabela 1). V času minimuma je vrednost gostote 25,81 (1985).

### Termohalinska struktura in njen večletni potek

Halinske vrednosti kažejo večja kolebanja od termalnih, kar nekako preseneča. Navidez je zunanji klimatski in kontinentalni vpliv odločilen za karakter termohalinske strukture v plitvem priobalnem južnem delu Tržaškega zaliva. Ampak precizna analiza kaže da to ni tako. Očitno je dinamika vodnih mas v raziskovanem področju impozantnih razmer, čeprav je področje zunaj globalnih vodnih tokov v severnem Jadranu. Na osnovi razpoložljivih podatkov ne moremo argumentirano ugotoviti, kateri faktor (zunanji ali notranji, klimatski in kontinentalni ali dinamični) prevladuje pri formiranju termohalinske strukture, ker je to vse skupaj množica sestavljenih interaktivnih procesov. Evidentno je, da obstajajo občasna sezonska zelo velika zaslanjenja

in zaslanjenost morske vode v preučevanem področju. Pogojujejo jih klimatskohidrološki in maritimnodinamični elementi. Osnovni so: deževna obdobja, večji dotok rečne vode, izhlapevanje, dotok slajše morske vode z vzhodnim tokom iz predela ustja Pada in slanejša z juga.

Z vzporejanjem zimske termalne in halinske krivulje (slika 3 in 4) ne moremo definirati konkretnih povezav teh dveh parametrov in njunih sezonskih vrednosti v morju pri Piranu. Zanimivo stanje je od leta 1988 do 1989. V tem obdobju je registriran pomemben termalni upad. Razlika je  $1,65\text{ }^{\circ}\text{C}$  (tabela 1). Halinske vrednosti prikazujejo zaslanjenje. Ni veliko,  $0,312$  ppt. Vodna masa je od zime do zime spremenila termohalinsko strukturo z dotokom slanejša in hladnejše vode. Verjetno je klimatski faktor imel odločilni vpliv. To se ne da argumentirati s podatki o temperaturi zraka leta 1989, ampak je leta 1988 bila precej višja glede na predhodnih 10 let. To je en od vzrokov obstoja zimskega termalnega maksimuma. Razlog dviga slanosti preko  $38,000$  ppt leta 1989 je pogojen z dinamičnimi procesi v morju, oziroma z notranjimi faktorji. Pozimi je rečni dotok minimalen, padavine skromne, v morju pa prevladuje longitudinalno površinsko gibanje. Površinski tokovi prinašajo slanejšo vodo iz srednjega Jadrana. Zaradi plitvega morja pri Piranu, ima površinsko gibanje tokov, čeprav v relativno tankem sloju, pomemben vpliv. Z longitudinalnim površinskim gibanjem tokov je potrebno povezati tudi večletna kolebanja slanosti.

Zanimiva je krivulja, ki prezentira halinsko stanje (slika 4), ker prikazuje veliko odstopanje halinskih pomladanskih vrednosti leta 1976, glede na leto prej ali pozneje. Istega leta se kaže tudi termalno povečanje v preučevanem področju (slika 3), čeprav za Jadran pomladansko in jesensko transverzalno površinsko gibanje tokov predstavlja specifikum, je očitno, da je slanejša voda prodrla z juga. Klimatski pogoji so omogočali zadrževanje njene višje temperature in celo njeno povišanje. Tega leta so spomladanske temperature zraka bile izjemno visoke, višje kot leta 1975 in leta 1977.

Leta 1981 ima spomladanska slanost višjo vrednost v morju preučevanega področja ( $38,060$  ppt). Tega leta je pomladanska temperatura morske vode zelo nizka,  $12,10\text{ }^{\circ}\text{C}$  (tabela 1). Do takega stanja je prišlo v popolnoma drugačnih okoliščinah kot leta 1976. Spomladi 1981. je bila temperatura zraka nižja. Slanejša voda je v morje pri Piranu prišla z južnih delov Jadrana. Verjetno se je toplejša južna in srednjeadraska voda po poti ohladila zaradi delovanja klimatskih faktorjev (periodične zgodnje spomladanske burje, predvsem v severnem Jadranu, kjer so globine manjše, klimatski vplivi pa so večji na celoten ali večji del vodnega stolpca).

Ugotovljeno je, da se zimske in jesenske halinske vrednosti menjavajo s precej manjšo frekvenco kot v drugih dveh sezonah. Ta ugotovitev ni v skladu s sprejetim pravilom o t. i. *stabilnih* in *manj stabilnih* sezonah. V prvo štejemo poletje in zimo, v drugo pomlad in jesen. Torej je potrebno v analizah stabilnosti termohalinskih parametrov, oziroma gostote morske vode, zelo upoštevati časovni faktor. Očitno je da so halinske vrednosti v večletnem opazovanju v sezonah zima – jesen relativno stabilne. To se nanaša na frekvenco osciliranja in velikost amplitude. V preučevanem področju takšen odnos pri termalnih vrednosti ni opazen.

Na koncu obdobja poletne, jesenske in zimske temperature v zadnjem letu upadajo, pomladanske pa rastejo (slika 3). Slanost morske vode v vseh sezonah kaže (od leta 1985/86 do konca obdobja) večjo rast. Izjemo predstavlja jesenska zasoljenost leta 1986 (slika 4).

Parameter gostote je neposreden vzrok formiranja in obstoja specifičnih sklopov tokov. Pogojuje generiranje in obstoj gradientskih tokov in na splošno dinamiko v morju globalnih ali parcijalnih razmer. Klimatski faktor, predvsem v severnem Jadranu, povzroča ekstremna stanja, redka za južne dele Jadranskega morja. Razen dinamičnih značilnosti imajo na gostoto vode velik vpliv hidrološke in geomorfološke značilnosti (večji dotok sladke rečne vode v manjši volumen morske) in izhlapevanje.

Glede sezonskih vrednosti termohalinskih parametrov, je gostota morske vode pozimi najvišja. Razlog so nizke temperature in visoka slanost ki jo povzročata longitudinalni površinski dotok slanejšje vode z južnega dela Jadranskega morja. Rečni dotok je zmanjšan, padavine so redke. Temperature zraka so nizke in iz severnih kvadrantov pihajo hladni vetrovi. Če primerjamo potek krivulj za vse tri parametre, je očitna podobnost krivulj za slanost in gostoto (sliki 4 in 5). To potrjuje dominanten halinski vpliv na gostoto vode pozimi v morju pri Piranu.

Če primerjamo velik upad pomladi leta 1981 in leta 1984 s termalnim in halinskim stanjem v istem obdobju, se vidi velik upad tudi halinskih vrednosti (slika 4), z neenakomernim upadom leta 1982. Temperatura se je dvignila (slika 3), 1983. pa je padla. V takih pogojih niti en parameter ni prevladujoče vplival na vrednosti gostote, zato je upad enakomeren.

Poletna gostota oscilira relativno v pravilnem ritmu, amplitude pa se ji navidez zmanjšujejo. Temu so vzrok spremembe v termalnih in halinskih vrednostih. Vpliv velikih poletnih oscilacij gostote vode je zmanjšan z blagim in enakomernim termalnim vplivom. Te delujejo stabilizirajoče. Visoke poletne vrednosti gostote so bile v letih 1975, 1976 in od leta 1980 do leta 1982 in koncem obdobja. Nizke vrednosti so registrirane v letih 1974, 1977, 1979, 1983 in 1985. V istih letih kaže najnižje vrednosti tudi halinska krivulja (slika 4). Termalna krivulja tega ritma ne spremlja, zato se slanost ponovno uveljavi kot odločilni faktor v formiranju vrednosti parametra gostote. Z naglim upadom slanosti leta 1982. in manjšim upadom temperature, je nastal značilen odnos, ki pogojuje zmanjšanje gostote z 26,32 na 24,45 (slika 5).

Maksimum jesenske vrednosti gostote je leta 1974. To je najvišja vrednost v celem obdobju, 28,48. Istega leta jeseni je slanost imela svojo najvišjo vrednost v celotnem obdobju (37,664 ppt), temperatura pa najnižjo, 13,02 °C. Očiten je vpliv termalnega in halinskega parametra na gostoto, tako kot v času minimuma, leta 1985. (28,81). Slanost je imela najnižjo vrednost v obdobju 35,131 ppt, temperatura pa najvišjo (razen 1975 in 1976), 16,29 °C (tabela 1).

V skladu s termohalinskimi vrednostmi se menjajo tudi vrednosti gostote na koncu analiziranega časovnega obdobja. Vse termalne vrednosti se — razen spomladanskih — zmanjšujejo, halinske povečujejo, vrednosti gostote — razen spomladanskih — pa prav tako povečujejo. Spomladi ima temperatura dominanten vpliv na

formiranje vrednosti gostote morske vode. Povprečne vrednosti kolebajo v razumnih mejah. Za argumentacijo je potrebno vzeti področni specifikum, odnosno splošne geografske značilnosti preučevanega področja. Bolj izražen maksimum se pojavlja šele leta 1981, 28,47.

## Sklepi

Akvatorij pri Piranu največji del leta funkcionira kot samostojni termohalinski sklop. Sčasoma je moten z notranjimi, oz. maritimnimi vplivi, predvsem v karakterističnih situacijah, npr., v pogojih intenzivnega mešanja vodnih mas, v širšem predelu morja, torej Jadranskem morju ali v njegovih severnejših delih. En pomembnih vzrokov so inercialne oscilacije. Za področje severnega Jadrana jim je perioda 17 ur (Vučak, 1985). Nastajajo poleti v času močne razslojenosti v vodnem stolpcu in zaradi močnega vetra. V sloju nad termoklino morski tok spreminja smer anticiklonsko in približno v 17. urah zapre polni krog. Isto se dogaja tudi v delu stolpca pod termoklino, vendar v primerjavi je skrenitev z zgornjim delom stolpca v faznem pomiku za 180°. Nastopa energično advektivno mešanje, ki zajema velika področja, prav tako pa tudi močne konvekcije. Najintenzivnejša mešanja so v sloju termokline. V takih situacijah ima maritimni vpliv z odprtega dela severnega Jadrana na termohalinske karakteristike v raziskovanem področju pomembno velik vpliv.

V času pihanja močnega južnega vetra se pojavlja gibanje iz severozahodne smeri v debelem sloju ali (zaradi malih globin) v celotnem vodnem stolpcu. Ta tok se zaradi vpliva Coriolisove sile obrača okoli rta Savudrija v Tržaški zaliv. Rezultat je dobro premešana voda z vodo iz odprtega morja.

Relativno samostojnost v funkcioniranju termohalinskega sestava v Piranskem zalivu omogočajo tudi stalno prisotne morske mene in proste oscilacije. Oscilacije se začenjajo, ko prenehajo pihati močni in dolgotrajni vetrovi. Zaradi nagiba morske površine se vzpostavlja intenzivno gibanje in mešanje vode, npr., zaradi daljšega pihanja burje iz Tržaškega zaliva se voda nakopiči severno od ustja Pada. Ko preneha pihati veter, doteka iz predela, severno od ustja Pada, v Piranski zaliv voda, ki ima povsem drugačne termohalinske značilnosti. To je kombinirano gibanje tokov.

Vendar neglede na vse, imajo na termohalinska svojstva v akvatoriju Piran primarni vpliv kontinentalni in hidrološki faktorji. Maritimni vplivajo v manjši meri (včasih povzročajo ekstremna in netipična stanja). Včasih se pojavlja fenomen, da se po večdnevem pihanju poletne burje v vodnem stolpcu formira izotermija. Tudi pri slanosti so pogosti ekstremi. Nastopajo velika zaslajenja in zasoljenja (izparevanje in prenos slaneje vode iz južnijih delov Jadranskega morja). V tem področju so efekti izparevanja izredno veliki zaradi majhnih globin, oziroma majhne vodne mase ter omejene kinematične zveze z odprtim morjem (Bičanić, 1992).

Interpretirali smo termohalinska stanja za obdobje od 1973 do 1989. Najnižja povprečna letna vrednost temperature je bila zimska, 7,70, najvišja poletna, pa

23,64 °C (slika 3). Minimalna povprečna večletna slanost je poletna, 34,140, maksimalna zimska pa 38,890 ppt (slika 4). Skupna povprečna vrednost temperature za celo obdobje v širšem področju Piranskega zaliva je 15,02 °C, slanost 36,888 ppt in gostota morske vode 27,43.

Največja variabilnost parametrov je karakteristična za sezone pomlad in jesen. V vertikalnem razporedu vrednosti parametrov se včasih pojavljajo inverzna stanja. Vzrok halinskim inverzijam je omejeni *upwelling*, termalnim pa močna burja. Prisilne spremembe tipičnih razporeditev vrednosti so kratkotrajne. Po prenehanju delovanja spodbujevalnih sil se kompleksi hitro vračajo v statično stabilna stanja.

Večletni poteki premikanja vrednosti parametrov intenzivnejših kolebanj indiciirajo od začetka obdobja do okoli leta 1980/81 (slike 3, 4 in 5).

## Viri in literatura

- Bičanić, Z., 1992: Nova saznanja o termohalinskim svojstvima sjevernog Jadrana (Novi pristup analizi u funkciji fizičko oceanografskih obilježja), Filozofska fakulteta, Ljubljana, Oddelek za geografijo, doktorska disertacija, Ljubljana, str. 196–199.
- Vučak, Z., 1985: Strujanje u sjevernom Jadranu u vidu uzroka posljedica, Filozofska fakulteta, Ljubljana, Oddelek za geografijo, doktorska disertacija, Ljubljana, str. 175–193, 225–245.
- Letno poročilo, Morska biološka postaja, Piran, obvestilo, Piran, 1973.
- Datoteka, Morska biološka postaja, Piran, obvestilo, Piran, 1990.
- Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, obvestilo, Ljubljana, 1990.
- Hidrometeorološki zavod Republike Hrvaške, obvestilo, Zagreb, 1990.
- Meteorološki godišnjak, ex Zvezni hidrometeorološki zavod, (1949, 1984), Beograd, 1990.
- Banka podataka, Državni hidrografski institut, obvestilo, Split, 1991.
- Navigacijska karta, 300–31, *Venezia – Zadar*, 1 : 300.000, Državni hidrografski institut, Hrvatska, 1996.

## Summary

The existence of a complex thermohaline composition at the border between the Trieste Bay and the North Adriatic is made possible and concurrently also endangered by strong internal (dynamic) and external (climatic and hydrological) influences. The geographical position of the investigated area, as well as the foregoing factors of influence provide the autonomous functioning of thermohaline regime almost throughout a year. An important role is played by the hydrological situation, as well as the structures of tides and free oscillations.

Taken into consideration in the analysis of value oscillation of thermohaline parameters in the multiyear period were the influences occurring primarily as the continental (climatic) and the hydrological influences in the investigated area. Next comes the geographical position (the bay and geomorphology) which influences the dynamics of the sea-water in the broader area or aquatory of the North Adriatic.

The analysed 17-year period is statistically long enough for a general survey, but too short for some more demanding scientific needs. Therefore, it is necessary to carry out a project of permanent, regular, multiyear observations of the values of the investigated parameters in a broader area of the Piran Bay. The changing is most intense in spring and autumn. This is not surprising because such phenomena are typical of the entire Adriatic and beyond. Typical situations are long-lasting, which offers a conclusion that the thermohaline complex is rather stable. After the influence of destabilizing factors, the complex rapidly returns to its former, balanced state.

The conclusion about fast climatic changes which also condition significant changes in the marine eco-complex can not be made that fast because the activity and final influences of the factors have not been confirmed so far in the statistically reliable period.