

## SREDNJE I EKSTREMNE TERMOHALINSKE VRIJEDNOSTI U NEKIM MIKROPODRUČJIMA NA JADRANU

ZLATIMIR BIČANIĆ, ZVONKO HELL I TONKO BAKOVIĆ

### Izvadak:

Radi predstavljanja tijeka kretanja srednjih i ekstremnih termohalinskih vrijednosti u Jadranu obrađeni su podaci za pet mikropodručja. Mjerila u izboru bili su položaji pojedinih akvatorija, te čimbenici koji utječu na kretanje vrijednosti temperature, slanosti i gustoće morske vode. Vodilo se računa o maritimnim, hidrološkim i kontinentaskoklimatskim utjecajima. Svrha rada je prilog tehnološkom pristupu zaštite materijala u pomorstvu.

### Ključne riječi:

termohalinski, procesi, akvatorij, konvekcija, izometrija

### MEAN AND EXTREME THERMOHALINE VALUES AT SOME MICROLOCATIONS IN THE ADRIATIC

### Abstract:

In order to show the course of mean and extreme thermohaline values in the Adriatic, the data from five microlocations were analyzed. The criteria for selection were the positions of particular sea areas, and the factors which influence the variations of sea water temperature, salinity and density. Maritime, hydrologic, and continental climatic influences were taken into consideration. The purpose of this paper is too support tehnological approach to the protection of the material in the sea transport.

### Key words:

thermohaline, processes, sea area, convection, isometry

## UVOD

Vrijednosti termohalinskih jedinica (parametara) temeljni su čimbenici fizičkog stanja morske vode. Osobito stoga jer uvjetuju unutarnju dinamiku, a u sprezi s klimatskim i drugim elementima i površinsku. Morska je voda poznata kao najvrsnije otapalo, a u takovom djelovanju istaknuto mjesto imaju termalne i halinske značajke u pojedinim dijelovima svjetskog mora.

Svrha ovog rada ustanoviti je postojanje sezonskih termohalinskih procesa i načina na koji se odvijaju u Jadranu, a metodološki se pristupilo raščlambama (analizama) u više mikropodručja. Zastupljena su međuutočna, priobalna i jedno područje na otvorenom moru. Glede različitih utjecaja na termohalinske parametre, napravljen je izbor i prema tim mjerilima. Pokazalo se korisnim napraviti raščlambe u ulaznoj sjeverozapadnoj jadranskoj struji na jugu jadranskog bazena (P-1) i njezinom sjevernom dijelu (P-4). Također i u sredini južnojadranske kotline s dubinama većima od 1000m (P-5), bez izravnih hidroloških i borealnih utjecaja. Ovo je područje osobito zanimljivo stoga jer je smješteno između dviju generalnih jadranskih struja, ulazne sjeverozapadne i izlazne jugoistočne.

U raščlambama termohalinskih stanja neizostavan je klimatski element - temperatura zraka. Međutim, svrha ovog rada nije pronalaženje uzroka, razvojnih procesa i posljedica, već predstavljanje krajnjih (ekstremnih) vrijednosti termohalinskih jedinica. Za očekivati je da će ovaj rad biti koristan prilog geografskoklimatskim analizama općih značajki jadranskog bazena.

## MJERENJA, PODACI I METODOLOGIJA U OBRADI

Podatke na temelju kojih napravljeno je tematsko tumačenje (interpretacija) prikupljalo se u duljem vremenskom razdoblju (više od 50 godina), mjerenjima i uzorkovanjima morske vode u cijelom Jadranskom bazenu. Temperatura je mjerena prekretnim termometrima *Richter Wiesse* s točnošću 0,02°C, prijenosnim multisondami ME-44 i 54 (*Meerestechnik elektronik GMBTT*), a u novije vrijeme SBE sondama (*Sea-Bird Electronic*) s točnošću parametara temperature 0,004°C, električne provodljivosti (konduktivnosti) 0,003mS/cm i dubine 0,02%. Za potrebe određivanja slanosti, uzorci morske vode zahvaćani su *Nansenovim* i *Niskinovim* crpcima, a raščlanjivani indukcijskim laboratorijskim salinometrom (*Autolab MK V*, točnost 0,02ppt). Iz podataka o temperaturi i slanosti izračunana je gustoća, korištenjem međunarodnih oceanografskih tablica (*Tables for rapid computation of density and electrical conductivity of sea water*). U raščlambama termohalinskih jedinica koristi se gustoća sigma-t, određena kao veličina oblika:  $\text{SIGMA-t}=(\rho-1)\times 10^3$ . Glede točnosti vrijednosti dvaju ulaznih jedinica, točnost tabličnog izračuna gustoće je 0,02.

U SBE sondama ugrađeni su osjetljivi elementi (senzori) za temperaturu, konduktivnost i tlak. Iz podataka za konduktivnost neposredno se izračunava slanost morske vode, a dubina iz podataka za tlak.

Svi podaci korišteni za izradbu ovog rada obrađivani su računalno.

Tab. 1. Fond podataka, broj mjerenja

Tab. 1. Data bank, number of observations

Područje	Temperatura (°C)	Slanost (ppt)	SIGMA-t
P-1	873	882	855
P-2	606	576	576
P-3	664	664	664
P-4	388	384	384
P-5	1248	1230	1224
<b>Ukupno:</b>	<b>3779</b>	<b>3736</b>	<b>3703</b>

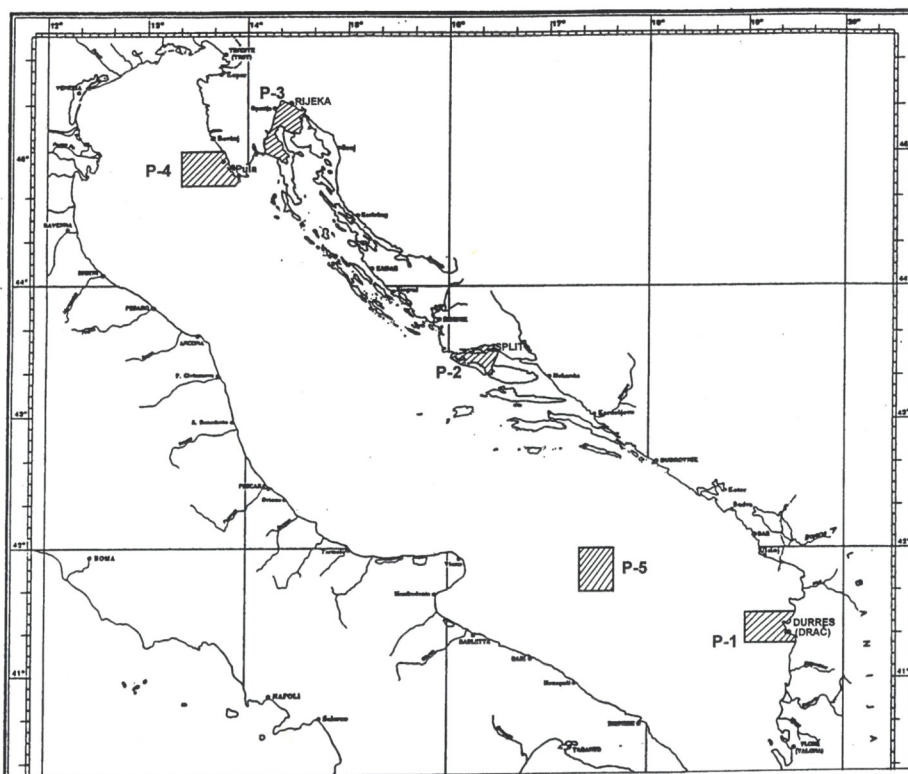
U razvrstavanju podataka, osim međunarodno prihvaćenih načina (metodologija) obuhvaćeni su i elementi, sadržani u oceanološkoj podjeli Jadrana na više od 200 područja (kvadranta, Pomorski zemljovid, 1973.). Napravljena je i podjela temeljem geografskih i geomorfoloških značajki, na način da se više kvadranta svrstavaju u veće skupine. Vrijednosti parametara temperature, slanosti i gustoće morske vode izračunane su iz vrijednosti svih združenih kvadranta (P, sl. 1). Radi jednostavnijeg prikaza podaci su obrađeni sezonski, pa prva tri mjeseca u godini predstavljaju zimsku sezonu, druga tri proljetnu itd. Krajnje vrijednosti (tablično predstavljene) dobivene su iz ukupne mase podataka (Banka podataka, HHI).

Raspolagalo se s ukupno 11218 podataka za sva tri parametra iz višestruko većeg broja mjerenja. Po područjima, najmanje podataka prikupljeno je za P-4 (šire područje luke Pula), ukupno 1156. Za statističku raščlambu to je zadovoljavajuće. U razmatranju vertikalnog rasporeda vrijednosti parametara temperature, slanosti i gustoće morske vode, broj podataka i mjerenja na pojedinim dubinama, različit je, ali  $n > 10$ , dobiven u višegodišnjem razdoblju daje stvarne raspone kretanja vrijednosti

parametara u pojedinim mjesecima i godinama.

Svrha rada odredila je metodološki pristup u izboru pojedinih područja (sl. 1) za koja se napravilo raščlambu termohalinskih vrijednosti. Temeljna mjerila bile su specifičnosti koje su rezultat u prvom redu dinamike vodenih masa, unutarnji (*maritimni*) i vanjski (*borealni*) utjecaji na cijelo područje, te različita obilježja vodenih masa u priobalju, na otvorenom moru i u međutočnom i kanalskom području. Zbog ciklonskog smjera u općem strujanju vodenih masa u Jadrano tijekom većeg dijela u godini, raščlamba se obavljala tim redoslijedom (sl. 1).

Obrada podataka i raščlamba vrijednosti termohalinskih jedinica u svih pet područja napravljena je temeljem kratke raščlambe vertikalnog rasporeda njihovih vrijednosti (MAMAYEV, 1975.). To je dobar način za određivanje (definiranje) vodenih masa i određivanje njihovih veličina, osobito po dubini. Točnost u određivanju horizontalnih dimenzija ovisi o gustoći u rasporedu postaja na kojima se mjerenja obavljaju. Prema redoslijedu u obrađivanju podataka za pet izabranih područja (P-1, P-2 itd., sl. 1) raščlanjena su termohalinska stanja obradom vrijednosti sva tri parametra



Sl. 1. Zemljopisni položaj područja  
 Fig. 1 Geographical position of microlocations

usporedno. Kratice na slikama: Z, P, LJ i J početna su slova godišnjih doba.

## REZULTATI

Područje P-1 (akvatorij zapadno od albanske luke Durrës; u prosjeku oko 20 dugačko i 15 nautičkih milja široko, sl. 1) pod izrazitim je maritimnim utjecajem s otvorenog mora, odnosno iz Sredozemlja. To je priobalno područje (najveće izmjerene dubine su 123 m) i s vrlo jakim borealnim utjecajem, osobito hidrološkog značenja. U oborinskim sezonama i u vrijeme otapanja snijega u more se ulijevaju velike količine

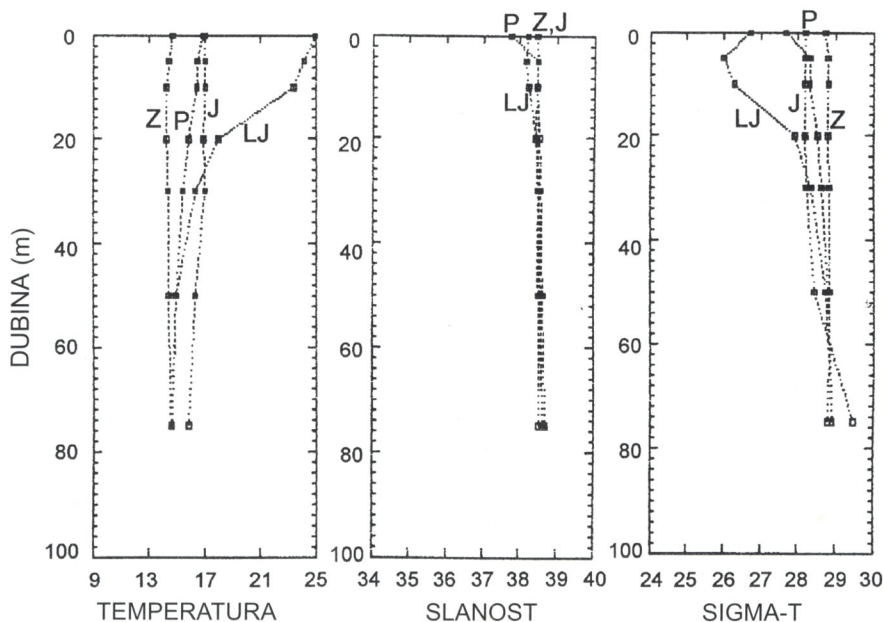
slatke vode koje ulaznom istočnojadranskom morskim strujom bivaju prenošene prema sjeverozapadu. Također se ne smije zanemariti ni klimatski utjecaj u obliku djelovanja hladnih zračnih masa s albanskog kopna, osobito u jesen i zimi.

Vrlo zanimljivo termalno stanje vlada u prve tri godišnje sezone. Zimi vlada izotermija u površinskom sloju debelom 75 m (sl. 2). Neznatni poremećaji izotermalnog stanja bilježe se na samoj površini neznatnim povećanjem temperature glede vrijednosti u većim dubinama. Uzrok je utjecaj toplijih zračnih masa iz južnih kvadranta i/ili dotok toplije površinske vode iz

istočnog Sredozemlja (POLLAK, 1951.). U proljeće se površinskom sloju debelom oko 50 m povećala temperatura za oko 2°C. Iznenađuje da u ovoj sezoni postoji tek nagovještaj stvaranja termokline u vodenom stupcu iako je za očekivati da već nastupa druga faza u njezinu oblikovanju. Ljetna termoklina je u sloju između 10 i 20 m dubine i slabog je intenziteta. Vertikalni termalni gradijent je 0,54°C/m (banka podataka HHI). Već krajem ljeta i početkom jeseni nestaje raslojenost vodenog stupca, pa u jesen vlada visok stupanj izotermije. Jesenske i proljetne površinske temperature su približne, za oko 2°C više od zimskih, a ljetne su vrlo visoke, oko 25°C. Valja naglasiti da se radi o srednjim vrijednostima za srpanj, kolovoz i rujnan.

Halinske vrijednosti od 20 do 75 m dubine su približne. Za očekivati je da je tako do dna. Dakle, sezonske halinske promjene odvijaju se samo u tankom površinskom sloju. Zimske i jesenske vrijednosti su približne, a najniže su proljetne (sl. 2). U mjesecima travanj, svibanj i lipanj najveći je slatkovodni dotok albanskim rijekama (otapanje snijega) i oborina je najobilnija. Stoga u P-1 u proljeće nalazimo površinsku haloklinu s vrlo intenzivnim vertikalnim halinskim gradijentom.

Manje intenzivan ispodpovršinski minimum slanosti u ljeto na 5 m dubine, uz povećanu temperaturu, prouzrokovao je veće smanjenje gustoće morske vode na 5 m dubine. U vodenom je stupcu došlo do poremećaja statičke stabilnosti. Nastupaju



Sl. 2. Vertikalni raspored vrijednosti temperature (°C), slanosti (ppt) i gustoće morske vode u P-1 (banka podataka HHI); Z, P, J, LJ - godišnja doba.

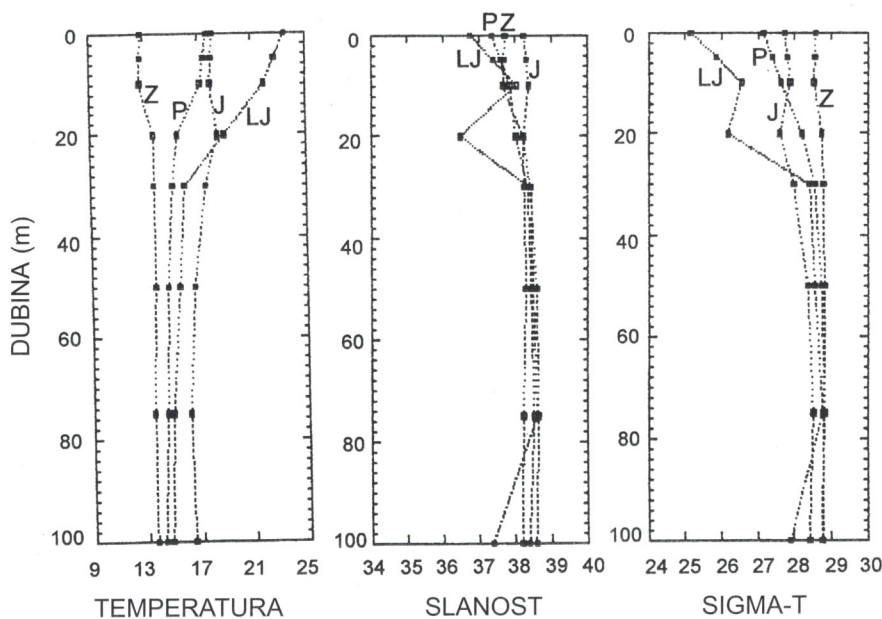
Fig. 2. Vertical profiles of temperature (°C), salinity (ppt) and density of sea water in P-1 microlocation (data bank HHI); Z - Winter, P - Spring, J - Autumn, LJ - Summer

konvektivna strujanja i uravnoteženje. Bilježi se opstanak tri vodena sloja: površinski, oko 20 m debel, intermedijarni do oko 50 m dubine i pridneni do dna. U donjem dijelu površinskog sloja su termoklina i piknoklina. Zbog proljetne površinske halokline u istom razdoblju bilježi se i intenzivna površinska piknoklina.

Unutar spojnice od otočića/svjetionika Murvica u Drveničkom kanalu, vanjskih rubova otoka Drvenik mali, Orud i Šolta, Splitskih vrata, rta Gomilice na sjeverozapadnom dijelu otoka Brača, do ušća rječice Žrnovnice područje je P-2. To je kanalski priobalni akvatorij s dubinama do 90 m. Na ovo područje veći utjecaj imaju terarni (klimatski) čimbenici, a manji maritimni, osim najsjevernijeg dijela. Hidrološki

utjecaj ogleda se u slatkovodnim dotocima iz rječice Žrnovnice, a u Kaštelanskom zaljevu iz rječica Jadro u Solinu i Pantan kraj Trogira. Zbog malih vodnih bilanci ovaj je utjecaj ograničen.

Osobito intenzivne promjene vrijednosti termohalinskih parametara događaju se u površinskom sloju 30 m debelom. Zimi u vodenom stupcu vlada termalna inverzija. U sloju od 10 do 20 m javlja se negativna termoklina, pa je površinski sloj 10 m debel, hladniji od dubljih slojeva. To je netipično stanje, izazvano utjecajem hladnih kontinentskih zračnih masa. Proljetni i ljetni raspored temperature je uobičajen. Proljetna termoklina je između 10 i 20 m dubine, a ljetna između 10 i 30 m, s malim intenzitetom. Budući se govori o sezonskim



Sl. 3. Vertikalni raspored vrijednosti temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), slanosti (ppt) i gustoće morske vode u P-2 (banka podataka HHI)

Fig. 3. Vertical profiles of temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinity (ppt) and density of sea water in P-2 microlocation (data bank HHI); Z - Winter, P - Spring, J - Autumn, LJ - Summer

vrijednostima, to je za očekivati. Sigurno je da je npr. srpanjski/ kolovoški intenzitet znatno viši. Prosjek smanjuje rujanski vertikalni gradijent termalnih vrijednosti u vodenom stupcu. U jesen se u ovom području javlja termalna inverzija između 10 i 30 m dubine (sl. 3). Dakle, vertikalni termalni raspored pokazuje statički nestabilna stanja u sezonama zima i jesen.

Proletna i ljetna oslađenja u površinskom sloju veća su od zimskih i jesenskih, a u ranu jesen u vodenom stupcu nastupa halinska homogenija (sl. 3). Zanimljiv je ljetni halinski poremećaj u pridnom sloju 25 m debelom. Tu se slanost smanjuje s 38,590 (75 m) na čak 37,390 ppt (100 m). Prihvatljivo objašnjenje je u mogućem tonuću slađe, ohlađene, specifično teže vode do dna, bez miješanja s okolnom. Glede male dubine, odnosno male vodene mase, to su rijetki slučajevi, pa ne treba isključiti ni moguće pogreške u mjerenjima/ obradi podataka. U ovoj sezoni bilježi se i jak ispodpovršinski minimum slanosti na 20 m dubine. Na takovo stanje utjecalo je neuobičajeno ohlađenje površinskog sloja koji je potonuo ispod površine. Za očekivati je njegovo daljnje tonjenje do dna ili miješanje s okolnom vodom u procesu tonuća.

Iznenaduje podatak da se ekstremno niska slanost javlja ljeti (kolovoz, 21,170 ppt, tablica 1). To je svakako netipično stanje budući je u toj sezoni, osim oborine, jako smanjen i riječni dotok.

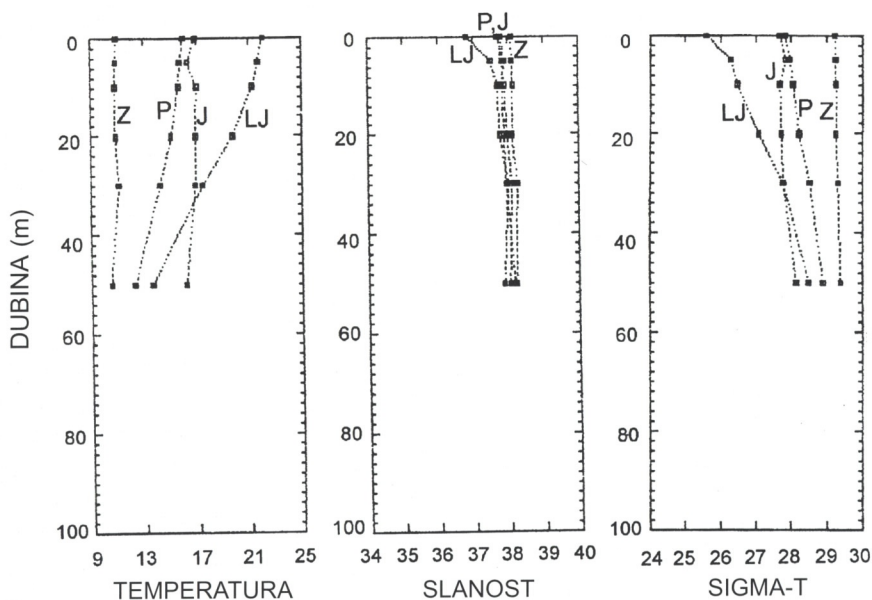
Dijagram Sigma-t vrijednosti, unatoč malim dubinama, pokazuje više slojena u vodenom stupcu ljeti. Vjerojatan uzrok su česti poremećaji izazvani jakim utjecajem dinamičkih čimbenika. Zimi vlada homogenija, a u proljeće i jesen povećane su vrijednosti na oko 5 m dubine. Dakle, redovito

se javljaju poremećaji statičke stabilnost i kao posljedica, konvektivna strujanja.

Međe istraživanog područje u Riječkom zaljevu i dijelu Kvarnera (P-3) teku od rta Oštro (Kraljevica), sjeverozapadnom obalom otoka Krka do rta Pelova, dalje do rta Grota na otoku Cresu, sjevernom obalom otoka do rta Pernat i do uvale Škvaranska na istarskoj obali. Dubine ne prelaze 70 m, a radne su 50 m.

Zimsku izotermiju proces raslojavanja (stratifikacije) u proljeće sporo zamjenjuje. Još je zanimljivije da nema tipične ljetne termokline. Površinska je i obuhvaća debel sloj u vodenom stupcu (sl. 4). Jesenska izotermija rano nastupa (banka podataka HHI). Jesenska termalna inverzija u površinskom sloju oko 10 m debelom nastaje zbog većeg dotoka hladnije slatke vode (obilnija oborina). Specifično je teža i tone u ispodpovršinski sloj, do 5 m dubine. Ljetno površinsko oslađenje događa se vjerojatno zbog zaostalih dotoka slađe vode iz Velebitskog kanala (rijeka Zrmanja). U drugim sezonama vertikalni raspored slanosti pokazuje približne vrijednosti. Male su razlike u proljetnim i jesenskim, a površinska slanost najviša je zimi (oskudna oborina i smanjen riječni dotok). Iznenaduje proljetno stanje. To je oborinsko razdoblje i vrijeme otapanja snijega. Za očekivati je veliki slatkovodni dotok iz Zrmanje, Rječine, planinskih pritoka (Velebit, Učka) i manji iz brojnih vrulja. Vjerojatno se ti učinci prebijaju djelovanjem dinamičkog sustava; dotokom slanije vode s otvorenog mora u zaljev.

Sigma-t vrijednost vjerno prate termalne i halinske, pa u svim godišnjim sezonama u vodenom stupcu vlada približno homogeno stanje. Zimska homogenija žka ima



Sl. 4.: Vertikalni raspored vrijednosti temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), slanosti (ppt) i gustoće morske vode u P-3 (banka podataka HHI)

Fig. 4. Vertical profiles of temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinity (ppt) and density of sea water in P-3 microlocation (data bank HHI); Z - Winter, P - Spring, J - Autumn, LJ - Summer

primjerene vrijednosti. Najveća je gustoća zimi, manja u proljeće i još manja u jesen. Obratno od termalnih vrijednosti (sl. 4). Za zaključiti je da u ovom području prevladavajući utjecaj na vrijednosti gustoće morske vode imaju vrijednosti termalnog, glede halinskog parametra.

Ljetne vrijednosti gustoće pravilno opadaju od površine do dna i uvjetuju visok stupanj statičke stabilnosti u vodenom stupcu. To isključuje konvekcije, a pogoduje advektivnim strujanjima vodenih masa i izmjeni vode s otvorenim morem. Međutim, zbog termalnog utjecaja ne postoji ljetna piknoklina na nekoj dubini, već se zadržava površinska. Intenzivna je zbog izravnog halinskog utjecaja (sl. 4).

Područje P-4 zapadno je od luke Pula. Obuhvaća samu luku i priobalni dio

otvorenog mora, u prosjeku dugačak oko 20, a širok 15 nautičkih milja (sl. 1). Uz male dubine (do 45m), obilježava ga veliki litoralni i klimatski utjecaj. Maritimni utjecaji izazvani dinamikom vodenih masa iz južnijeg dijela jadranskog bazena osobito su uočljivi jer je područja na putu ulaznoj istočnojadranskoj struji (sjeverozapadni smjer). Povremeno je izloženo zaslađenjima iz šireg rajona ušća Poa (VUČAK, 1985.) istočnom površinskom morskom strujom. Dotječe u područje Rovinj gdje se grana na sjeverozapadni i južni ogranak.

U P-4 zimske su temperature vrlo niske (sl. 5), između 9,28 i 9,62 $^{\circ}\text{C}$  (banka podataka HHI). Voda je u stupcu izmiješana i vlada tipično zimsko izotermalno stanje. U proljeće se u debljem površinskom sloju naslućuje razvoj termokline. U ljeto joj se

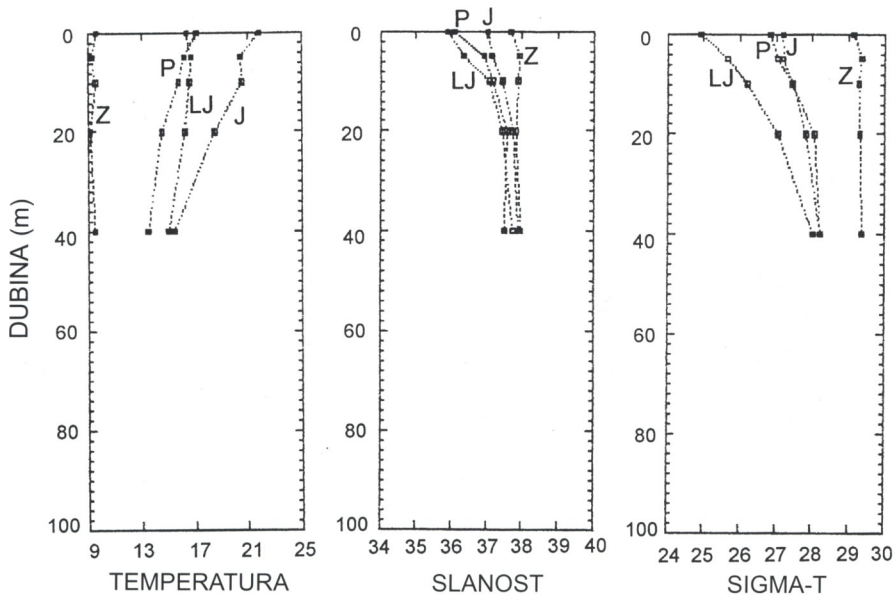


povećava intenzitet, ali ostaje površinske. Zbog male dubine ne spušta se u dublje slojeve. Naime, u raslojenom stupcu postoje tri sloja, površinski termoklini sloj 5 m debel, *intermedijarni* od 5 do 10 m dubine s ujednačenim temperaturama i pridneni s većim smanjenjem termalnih vrijednosti od 10 m dubine do dna. Ovakovo termalno stanje moglo bi se držati dvostrukom termoklinom. To nije rijetkost u plitkim morima.

Zimska površinska slanost viša je glede drugih sezona. U površinskom sloju oko 10 m debelom vladaju znatna sezonska halinska kolebanja (sl. 5), a u pridnanom su sloju vrijednosti približne. Raspored u stupcu je tipičan, osim u zimskom razdoblju, kad se bilježi stanoviti poremećaj na 5 m dubine. Na toj dubini je slanost najviša, pa se to odrađava i na vrijednosti gustoće. Najmanja

površinska slanost je ljeti, a najviša zimi. Vrijednosti temperature i slanosti neposredno uvjetuju sigma-t vrijednosti. Zimi vlada homogenija, osim malog poremećaja na 5 m dubine. Uvjetovan je utjecajem halinskog čimbenika. Izrazita odstupanja zimskih vrijednosti gustoće od drugih sezona uvjetovana su u prvom redu klimatskim čimbenicima u tom području.

Na slici 5 vidljiv je krućni proces u termohalinskom prestruktuiranju vodene mase. Proljetna termalna krivulja pokazuje narušavanje izotermije površinskim zagrijavanjem. Ljetna potpunu raslojenost i površinsku termoklinu. Ispod nje je miješani sloj oko 5 m deo, a temperatura do dna ponovno opada. Prijelaz iz advektivnog u konvektivno strujanje (miješanje) ogleda se u jesenskom vertikalnom rasporedu vrijednost



Sl. 5.: Vertikalni raspored vrijednosti temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), slanosti (ppt) i gustoće morske vode u P-4 (banka podataka HHI)

Fig. 5. Vertical profiles of temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinity (ppt) and density of sea water in P-4 microlocation (data bank HHI); Z - Winter, P - Spring, J - Autumn, LJ - Summer

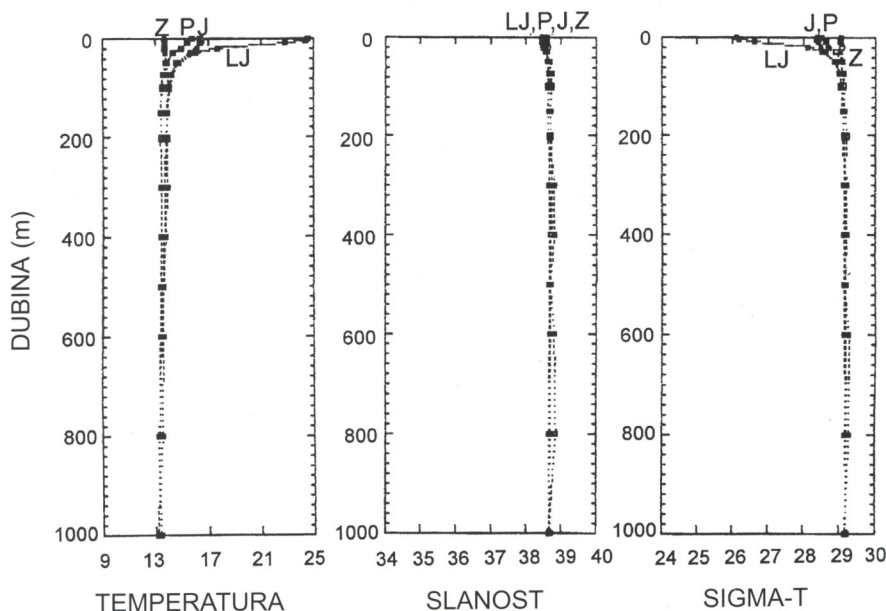
temperature. Razlika između niskih pridne-nih i visokih površinskih vrijednosti jako se smanjuje. Za očekivati da se do polovice jeseni voda u stupcu potpuno izmiješa i nastupi izotermalno stanje. Time je godišnji termalni ciklus zatvoren. Slično je i s halin-skim vrijednostima.

Crtovni (grafički) prikaz na slici 5 reprezentacijskog je značenja. Rasporedi vrijednosti termohalinskih parametara su pravilni, nema dinamičkih poremećaja i svi su uvjeti za opstojanje statičke stabilnosti zadovoljeni.

Područje P-5 je na otvorenom moru u sjevernom dijelu južnojadranske kotline, otprilike na polovici spojnice Dubrovnik - Bari. Dugačko je 20, a široko 15 nautičkih milja. Izmjerene dubine su do 1100 m, a

radna dubina je 1000 m. Akvatorij je smješten između glavnih jadranskih struja (ulazna sjeverozapadna i izlazna jugoistočna morska struja). Izravni utjecaj borealnih čimbenika na vrijednosti termohalinskih jedinica je isključen, pa osim maritimnih razmatramo i klimatske. Takovim smještajem područja određena su termohalinska stanja čije se srednje vrijednosti prikazuju na slici 6.

Značajne promjene vrijednosti parametara odvijaju se u površinskom sloju do 100 m debelom. U svim sezonama od 100 m dubine do dna, termalne vrijednosti mijenjaju se od oko 13,50 do 14,00 °C. Zimi u vodenom stupcu vlada izotermija (banka podataka HHI). Proljetna termoklina je površinska, a ljeti je umjerena površinska



Sl. 6. Vertikalni raspored vrijednosti temperature (°C), slanosti (ppt) i gustoće morske vode u P-5 (banka podataka HHI)

Fig. 6. Vertical profiles of temperature (°C), salinity (ppt) and density of sea water in P-5 microlocation (data bank HHI); Z - Winter, P - Spring, J - Autumn, LJ - Summer

termoklina Gradijent oko  $0,50^{\circ}\text{C}/\text{m}$ . Zahvaća površinski sloj oko 50 m debljine. Znakovito je termalno stanje u jesen. Dok je u priobalnim područjima već gotovo uspostavljena vertikalna izotermija, na otvorenom moru ona nastupa znatno kasnije. Jesenska termalna krivulja pokazuje postojanje slabije površinske termokline. Obuhvaća površinski sloj oko 5 m debel i pozitivna je. Dakle, postoji termalna inverzija. Krivulja za zimsku temperaturu pokazuje znatne razlike u termalnim vrijednostima na površini glede oko 50 m dubine. To se objašnjava dotokom toplije vode iz Sredozemlja i odsustva kopnenog čimbenika (BULJAN, 1957.).

Za cijelo područje znakovita je vrlo visoka slanost. Niti u jednoj sezoni ne spušta se ispod 38,400ppt (banka podataka HHI). Vrijednosti su približne u cijelom vodenom stupcu. Zbog takovog halinskog stanja prevladavajući utjecaj na vrijednosti gustoće morske vode imaju vrijednosti temperature. Stoga one, crtovno prikazane izgledaju gotovo kao zrcalna slika termalnog rasporeda (sl. 6).

Osim konzervativnosti vrijednosti termohalinskih parametara na sporost u odvijanju termohalinskih procesa utječe i velika dubina, odnosno veličina vodenih masa. Promjene u vodenom stupcu u smjeru površina - dno imaju ograničen fizički

Tab. 2. Pregled ekstremnih vrijednosti temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) i slanosti (ppt) i srednjih vrijednosti temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), slanosti (ppt), gustoće morske vode i temperature zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ) u istraživanim područjima (banka podataka HHI)

Tab. 2. Extreme and mean values of temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ), salinity (ppt), density and air temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) in microlocations

Područje	T e m p e r a t u r a			S l a n o s t			Gustoća sred.	Temp. zraka sred.
	min.	max.	sred.	min.	max.	sred.		
P-1	5,02 75m 18.02.71.	25,49 0m 19.07.73.	15,96	30,990 0m 22.05.11.	39,170 0m 23.08.86.	38,520	28,50	17,52
P-2	10,70 0m 20.02.53.	25,34 0m 22.08.56.	15,50	21,170 0m 22.08.62.	38,950 0m 30.06.56.	38,250	28,34	15,44
P-3	8,44 20m 17.03.13.	25,25 0m 09.08.65.	15,08	26,410 0m 08.07.65.	38,780 0m 17.02.14.	37,970	28,21	15,83
P-4	6,40 0m 25.02.65.	25,81 0m 13.08.77.	14,71	32,020 0m 13.08.77.	38,650 0m 27.03.65.	37,510	27,91	14,48
P-5	12,00 5m 02.03.11.	26,15 0m 20.08.86.	13,59	37,640 0m 13.07.89.	39,060 0m 18.10.85.	38,690	29,03	16,82

doseg, a opća izmjena tako velikih vodenih masa zahtjeva vrijeme. Odvija se u okolnostima prostorno puno širim od južnojadranske kotline. Utjecaji se protežu od sjevernog Jadrana i Jabučke kotline (stvaranje duboke jadranske vode) do Sredozemlja i Atlantika (ZORE - ARMANDA, 1961., 1969.).

### EKSTREMNE I SREDNJE VRIJEDNOSTI

Najnižu vrijednost temperature izmjerilo se u području P-1, 18.2.1971. Bila je 5,02 °C na 75 m dubine (tablica 2). Vjerojatno razlog je naglo ohlađenje površinskog sloja (hladne zračne mase s kopna), njegovo zgušnjavanje i tonuće. Slično se dogodilo i u području P-3. Tonuće hladnije površinske vode na P-5 na 5 m dubine ima drugi uzrok. U tom je akvatoriju vjerojatno dušlo do sruza hladnije površinske vode sa sjevera i toplije s juga (ZORE-ARMANDA, 1969.), tako da je tanki površinski sloj (5 m) toplije vode prekrivio hladniju. Sve ovo događa se u zimskim mjesecima. Najblaži termalni minimumi su na otvorenom moru, zatim u zatvorenim područjima (P-2 i P-3), a najniže vrijednosti su u priobalnim (albanska obala i Pula). Najviše ekstremne vrijednosti izmjerene su na otvorenom moru (P-5), nešto niže u P-1 i P-4, a najniže ekstremno visoke opet u zatvorenim područjima P-2 i P-3.

Podaci o srednjim termalnim, halinskim i SIGMA-t vrijednostima malo govore (tablica 2). Ipak, valja naglasiti da predstavljene srednje vrijednosti nisu aritmetičke sredine rečenih veličina, već *tećinski srednjaci*, dobiveni proračunom vrijednosti u vodenom stupcu. U proračun se unosi indeks vertikalnih razlika između susjednih

mjernih dubina. Tako se, idući od juga prema sjeveru, srednja temperatura u vodenom stupcu smanjuje (tablica 2). Očigledan je kontinentasklimatski utjecaj i utjecaj malih dubina u priobalnim područjima. Najviša srednja vrijednost temperature je na otvorenom moru (13,59°C) zbog velike dubine.

Najnižu ekstremnu slanost zabilježilo se u P-2 (21,170 ppt). Uzrok je obilniji slatkovodni dotok glede drugih područja. Na otvorenom moru najniža ekstremna vrijednost je 37,640 ppt. To ne predstavlja osobiti ekstrem. Najviše ekstremne vrijednosti također su na jučnome Jadranu (P-1 i P-5). Vjerojatno su to vremena nastupa *ingresija* (BULJAN i ZORE-ARMANDA, 1976.). Njihov je utjecaj do najsjevernijeg i do zatvorenih područja oslabio (ZORE-ARMANDA, 1961., GRČETIĆ, 1982.).

### ZAGLAVAK

U istraživanim područjima odvijaju se termohalinski procesi karakteristični za otvoreno more, priobalne zone i međutočna područja. Različitost se ogleda u njihovu kružnom godišnjem odvijanju, u ovisnosti o vrstama utjecaja i intenzitetu koji ispoljavaju.

U većini područja zimi u vodenom stupcu izometrijsko je stanje. Djelovanjem konvektivnog strujanja, voda je u stupcu potpuno izmiješana. Ljeti je stupac raslojen u dva ili više slojeva. Prevladava advekcijско strujanje vodenih masa. Statička stabilnost najvišeg je reda. Proljeće i jesen su prijelazna razdoblja iz jednog u drugo, rečeno stanje. U ljeto i zimu u jadranskom bazenu prevladava uzdučno (longitudinalno) površinsko strujanje, a u druge dvije sezone poprečno (transverzalno). Tijekom

cijele godine takova dinamika uvjetuje poremećaje u vertikalnom rasporedu vrijednosti termohalinskih parametara i narušava statičku stabilnost u vodenom stupcu. Čimbenici koji izravno sudjeluju u tim procesima najčešće su, osim dinamičnog, klimatskog

i hidrološkog obilježja. Uvjetuju nastanak netipičnih stanja s kraćim ili duljim zadržavanjem.

Uočava se i jedna od rijetkih jadranskih pojava - ingresije.

### LITERATURA I IZVORI

Buljan, M. (1957.): Fluctuations of temperature in the waters of the open Adriatic, *Acta Adriatica*, 8 (7), Split, 26pp.

Buljan, M. i M. Zore-Armanda (1976.): Oceanographical properties of the Adriatic Sea, *Oceanolog. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 14, 140pp.

Grčetić, Z. (1982.): Prilog poznavanju termohalinih svojstava jučnog Jadrana, Sveučilište u Zagrebu, magistarski rad, Zagreb, 140pp.

Mamayev, O. I. (1975.): Temperature-salinity analysis of world ocean waters, *ESPC*, Amsterdam, 374pp.

Pollak, M. J. (1951.): The sources of the deep water of the eastern Mediterranean Sea, *Jou. Mar. Res.*, 10 (1), 128-152.

Vučak, Z. (1985.): Strujanje u sjevernom Jadranu u vidu uzroka i posljedica, disertacija, Ljubljana, 179-184.

Zore-Armanda, M. (1961.): Tipovi vode u Jadranu, Sveučilište u Zagrebu, disertacija, Zagreb, 77pp.

Zore-Armanda, M. (1969.): Water exchange between the Adriatic Sea and the Eastern Mediterranean, *Deep Sea Res.*, 16, 171-178.

\*\*\* Pomorski zemljovid 100, Podjela Jadrana na kvadrante i područja, mjerilo 1:1000000, Izd. 1973., Hrvatski hidrografski institut, Split.

\*\*\* Banka podataka Hrvatskog hidrografskog instituta, Split.

### Summary

## MEAN AND EXTREME THERMOHALINE VALUES AT SOME MICROLOCATIONS IN THE ADRIATIC

by ZLATIMIR BIČANIĆ, ZVONKO HELL and TONKO BAKOVIĆ

The purpose of this work is the detecting of thermohaline processes and the defining of extremes. The researched area includes characteristic microareas in a geographic-climatic, geomorphological and oceanographic sense. The areas are exposed to different influences, from intensive maritime and boreal (especially hydrologic) ones to the influence of just one of these factors. They are found in the coastal part, or in the open sea, between the islands or in the channels, being more or less exposed to the dynamics of the sea water, covering the shallow shelf or being located in the deep sea.

The data for the analysis have been collected in a longer period of time (more than 50 years) by means of measurements and samplings in the entire Adriatic basin. In the analyses a total of 11218 data, obtained from a much greater number of measurements, were available for three parameters (the sea temperature, salinity and density). Methodological approach in the analysis was based on the characteristics of the sea water dynamics, internal and

external influences, characteristics of the water mass, etc.

Analyses have ascertained a continuous course of thermohaline processes with a greater/smaller intensity, depending on the area and all the influencing factors. Thermohaline motions are shown in graphic representations, in mean seasonal values. Typical or atypical situations have been recorded, especially in the coastal area. Frequent inversions have been noted in vertical distribution of the values of investigated parameters. Therefore, besides advections, in the water column often occur convections. This indicates a very intensive dynamics of the sea water in the whole basin.

In each of the five areas the lowest measured thermal value was 5.02°C, and the highest one was 26.15°C. Minimum salinity was 21.170ppt in P-2, and the highest one was 39.170ppt in P-1 (Fig. 1, Table 1). These data reveal a lot, however, the analysis of their correlations is beyond the context of this work.

**Dr. sc. Zlatimir Bičanić, izv. prof.,** Visoka pomorska škola, Zrinjsko Frankopanska 38, 21000 Split, Hrvatska

**Dr. sc. Zvonko Hell, izv. prof.,** Visoka pomorska škola, Zrinjsko Frankopanska 38, 21000 Split, Hrvatska

**Mr. sc. Tonko Baković,** Visoka pomorska škola, Zrinjsko Frankopanska 38, 21000 Split, Hrvatska