

# Ispodpovršinski minimum slanosti. Sudjelovanje u procesu stvaranja duboke jadranske vode

Zlatimir Bićanić\*

U radu se raspravlja o pojavi ispodpovršinskog minimuma slanosti u Jadranskom moru na temelju podataka dobivenih tijekom istraživanja provedenih između 1972. i 1985. godine. Utvrđeno je da se proces tonuća manje slane površinske vode odvija u cijelom jadranskom bazenu, da duboka jadranska voda ima autohtono porijeklo te da sezonski redovito sudjeluje u vodoizmjeni sa Sredozemljem.

**Ključne riječi:** ispodpovršinski minimum slanosti, dinamika morske vode, strujni režim, termohalinske vrijednosti

## Undersurface Salinity Minimum Participation in the Process of Making Deep Adriatic Sea-water

This paper deals with the phenomenon of undersurface salinity minimum in the Adriatic Sea on the basis of the data obtained during the explorations in the period between 1972 and 1985. It was found out that the process of sinking of the surface sea-water of less salinity is happening in the whole Adriatic basin, that the deep Adriatic sea-water is of autochthonous origin, and that seasonally it regularly takes part in the water-exchange with the Mediterranean basin.

**Key Words:** undersurface salinity minimum, dynamics of sea-water, stream régime, thermohaline values

### UVOD

Prema nedostatno poznatoj pojavi ispodpovršinskog minimuma slanosti danas se još uvijek ophodi s nedostatno primjerenom pozornošću glede njezinog općeg značenja. Utjecaj ispodpovršinskog minimuma slanosti na stvaranje duboke jadranske vode i vodoizmjenju sa Sredozemljem nalaže temeljit znanstveni pristup objašnjenju ove pojave. Pitanja o vremenskom trajanju tonuća manje slane površinske vode, zakonitostima o sezonskom pojavljivanju i veličini područja koje obuhvaća, temeljna su za potpunije poznavanje dinamike morske vode u neposredno ispodpovršinskom, intermedijarnom i osobito pridnenom sloju.

Proces tonuća manje slane vode u ispodpovršinski sloj otpočinje u situacijama kad je površinska voda znatno ohladena, pa na vrijednosti gustoće (povećane specifične

\* Dr. sc., izv. prof., Pomorski fakultet u Splitu, Zrinsko-Frankopanska 38, 21.000 Split, Hrvatska / Croatia

težine) prevladavajući utjecaj ima temperatura, glede halinskih vrijednosti. Slično je i u situacijama kad se sudaraju dvije površinske vodene mase različitih termohalinskih struktura. U ispodpovršinski sloj potonut će gušća voda zbog veće specifične težine. Ako je to manje slana i hladnija vodena masa, otpočinje proces nastajanja ispodpovršinskog minimuma slanosti. Ako, pak, potone slanija i toplija voda (na vrijednosti gustoće prevladavajući utjecaj ima halinski čimbenik), do rečenog procesa neće doći, već u vodenom stupcu nastaje termalna inverzija. Iza nje nastupa termohalinska konvekcija. Posljedica je termalno uravnoteženje vodenog stupca.

Radi stjecanja potpunijeg uvida u porijeklo vode manje slanosti koja se zadržava ili se kreće ispod površinskog sloja morske vode ili termokline, treba napraviti rasčlambu vrijednosti jedinica (parametara) koji određuju temeljne značajke strujnog polja i raspored termalnih i halinskih vrijednosti na površini i u cijelom vodenom stupcu u tom području. Meteorološko stanje u vrijeme istraživanja (krstarenja, monitoringa) značajan je čimbenik u donošenju zaključaka, također.

## ISTRAŽIVANO PODRUČJE I METODE

U ovom radu obrađuje se materijal koji se prikupljao u više različitih krstarenja i u različitim sezonama. Rasčlanjuju se rezultati iz istraživanja ekspedicije *Atlantis* (1972.), *Moho* (1974 do 1976.) i istraživanja istočnog Sredozemlja i Jadrana u organizaciji Akademije znanosti SSSR, 1976.

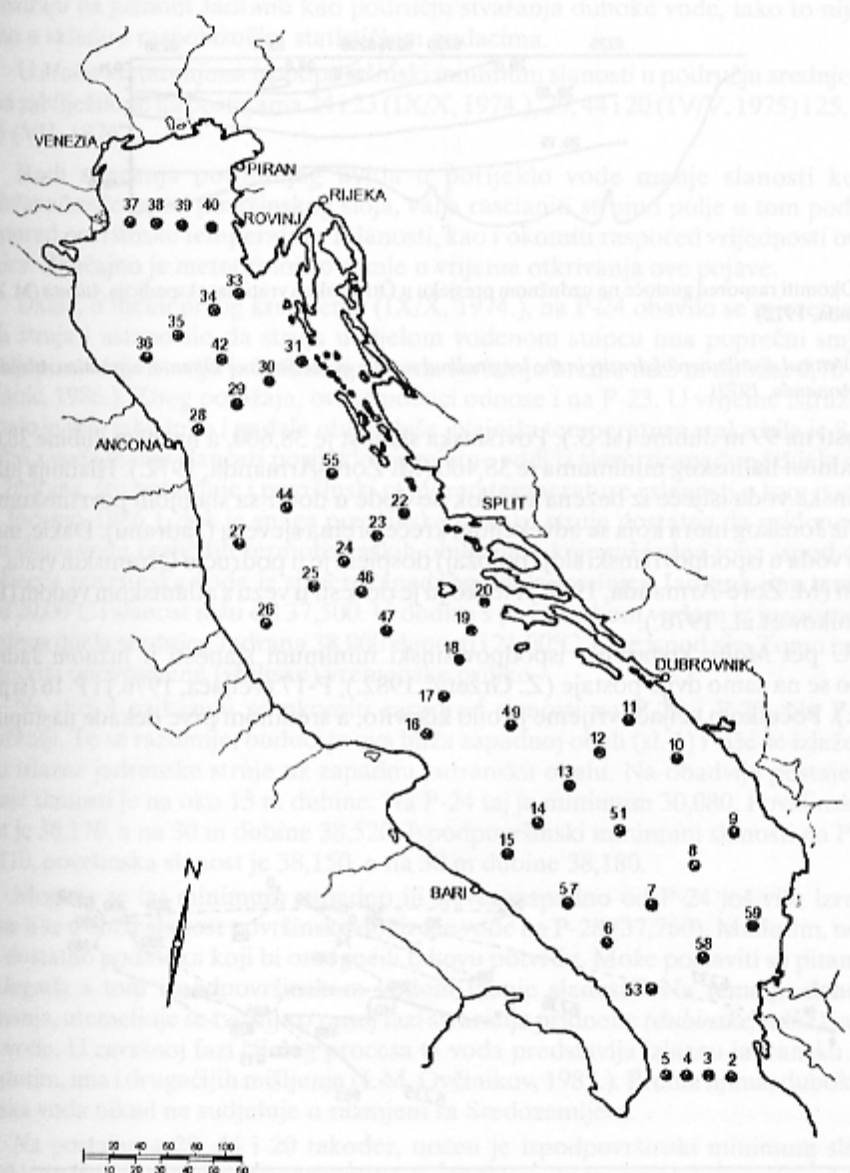
Hidrografskim brodom *Andrija Mohorovičić* obavilo se pet *Moho* krstarenja u razdoblju od 1974 do 1976., rujna/listopada, 1974., u ožujku i travnju/svibnju, 1975., veljači i srpnju, 1976. (Z. Vučak et al., 1982.). Mjerenja i uzorkovanja morske vode obavljala su se na osam poprečnih presjeka (sl. 1), osim na presjecima I, II i III u drugom krstarenju (ožujka, 1975.), kao i na međupostajama. Mjerenja vrijednosti oceanografskih jedinica i uzorkovanje obavljalo se na standardnim oceanografskim dubinama jednokratno na svakoj postaji za svakog krstarenja, a neprekidno se bilježila meteorološka situacija (vrijednosti temeljnih meteoroloških elemenata) u standardnim meteorološkim rokovima.

Podatke se obrađivalo tada dostupnim sredstvima i uobičajenom metodologijom (računalo PDP-11/70), a krajnja obrada izvedena je u računalnom središtu *Korsigt FTN*.

## REZULTATI

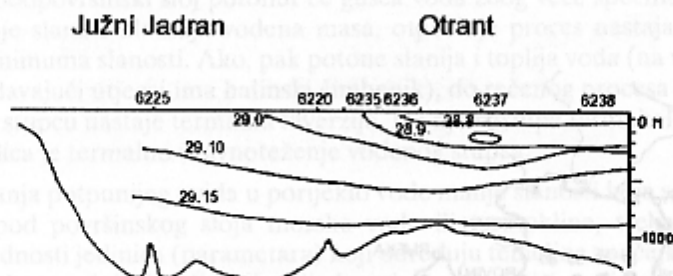
Vjerojatno se prvi puta, na temelju podataka iz ekspedicije *Atlantis* (veljača, 1972.), obratila pozornost pojavi ispodpovršinskog minimuma slanosti. Zabilježila se na uzdužnom presjeku u Otrantskim vratima (M. Zore-Armanda, 1972.) i tada se pretpostavilo da se radi o prvoj fazi stvaranja intermedijarne, a u kasnijima *duboke* jadranske vode (sl. 2).

Istraživala se termohalinska struktura morske vode na presjeku u Otrantskim vratima na četiri postaje (u daljnjem tekstu i P-). Osobito zanimljiv je okomiti raspored vrijednosti slanosti na P- 6236. Na toj postaji zabilježilo se ispodpovršinski minimum



Sl. 1. Poprečni presjeci i postaje u *Moho* programu (Z. Vučak et al., 1982.)

Fig. 1. Transversal sections and stations in *Moho* programme (Z. Vučak et al., 1982)

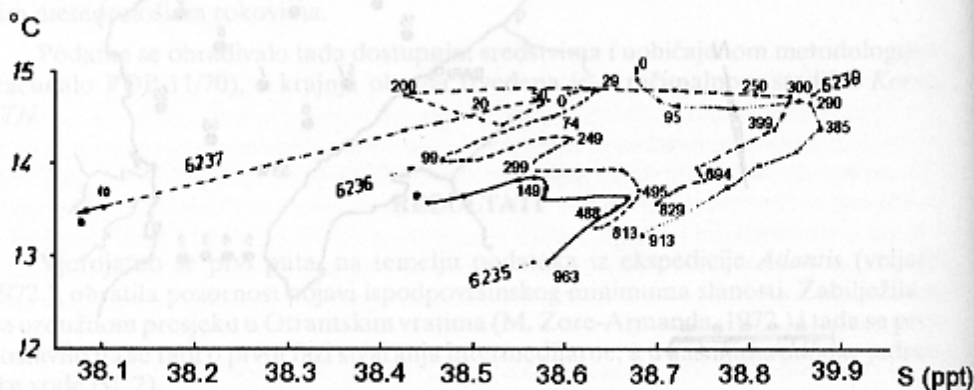


Sl. 2. Okomiti raspored gustoće na uzdužnom presjeku u Otrantskim vratima; ekspedicija *Atlantis* (M. Zore-Armanda, 1972)

Fig. 2 Vertical distribution of density in the longitudinal section in the Strait of Otranto; expedition *Atlantis* (M. Zore-Armanda, 1972)

slanosti na 99 m dubine (sl. 3.). Površinska slanost je 38,600, a na 29 m dubine 38,640. Vrijednost halinskog minimuma je 38,460 (M. Zore-Armanda, 1972.). Hladnija južno-jadranska voda istječe iz bazena sve dok ne dođe u dodir sa slanijom površinskom vodom iz Jonskog mora koja se advekcijom kreće prema sjeveru (Jadranu). Dakle, manje slana voda u ispodpovršinski sloj (položaj) dospjela je u području Otrantskih vrata, ili u blizini (M. Zore-Armanda, 1972.) i teško ju je dovesti u vezu s atlantskom vodom (I. M. Ovčiničević et al., 1976.).

U pet *Moho* krstarenja ispodpovršinski minimum slanosti u južnom Jadranu uočilo se na samo dvije postaje (Z. Gržetić, 1982.), P-17 (veljača, 1976.) i P-16 (srpanj, 1976.). Početkom veljače vrijeme je bilo kišovito, a sredinom prve dekade nastupilo je



Sl. 3. T-S dijagram za *Atlantis* postaje u Otrantskim vratima (M. Zore-Armanda, 1972.)

Fig. 3 T-S diagram for *Atlantis* stations in the Strait of Otranto

jače zahlađenje s burom, pa je uvjetovalo zgušnjavanje i tonuće manje slane površinske vode. U drugom dijelu srpnja nastupili su intenzivni vremenski poremećaji. Sa sjevernog Jadrana neprekidno prodire hladan zrak, pa se u tom području zabilježilo pad temperature zraka na 10,00°C. Iznenađuje da neki autori (I. M. Ovčinić, 1985.) inzistiraju na južnom Jadranu kao području stvaranja duboke vode, iako to nije potpuno u skladu s raspoloživim statističkim podacima.

U *Moho* krstarenjima ispodpovršinski minimum slanosti u području srednjeg Jadrana zabilježilo se na postajama 24 i 23 (IX/X, 1974.), 29, 44 i 20 (IV/V, 1975.) i 25, 24, 47 i 16 (VII, 1976.).

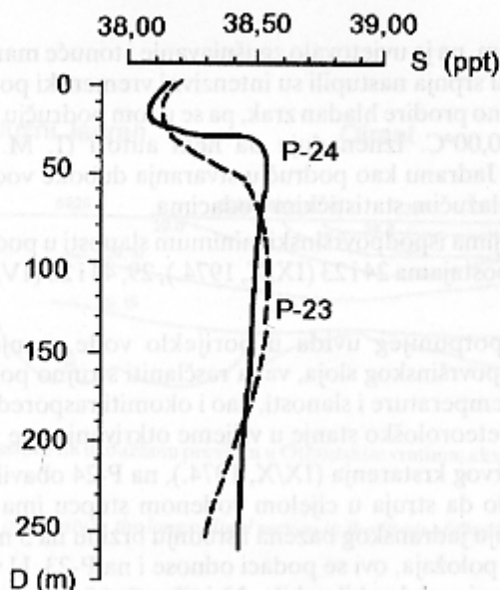
Radi stjecanja potpunijeg uvida u porijeklo vode manje slanosti koja se zadržava/kreće ispod površinskog sloja, valja rasčlaniti strujno polje u tom području, raspored površinske temperature i slanosti, kao i okomiti raspored vrijednosti ovih jedinica. Značajno je meteorološko stanje u vrijeme otkrivanja ove pojave.

Dakle, u tijeku prvog krstarenja (IX/X, 1974.), na P-24 obavilo se mjerenje morskih struja i ustanovilo da struja u cijelom vodenom stupcu ima poprečni smjer na zemljopisnu orijentaciju jadranskog bazena i srednju brzinu na 3 m dubine 0,76 čv (Z. Bičanić, 1986.). Zbog položaja, ovi se podaci odnose i na P-23. U vrijeme istraživanja puhalo je vrlo jako jugo i padala obilna kiša. Najniža temperatura zraka bila je 8,00°C. Morska voda manje slanosti porijeklo vjerojatno vodi iz sjeverozapadnog dijela srednjeg Jadrana, što potvrđuje i površinski raspored temperature i slanosti u tom području (Z. Bičanić, 1986.), dok je snaga površinske morske struje dostatna da pridonese dotiru dvaju voda različitih termohalinskih obilježja u kojemu jedna tone ispod druge. Dolazeća površinska voda iz sjeverozapadnog dijela srednjeg Jadrana ima temperaturu 20,00°C i slanost nižu od 37,500. U dotiru s površinskom vodom iz jugoistočnog i istočnog dijela srednjeg Jadrana 38,000 slanosti i 21,00°C, tone ispod nje. Tomu izrazito pogoduju onovremene (zbijske) vremenske prilike.

Na slici 4 prikazuje se okomiti raspored slanosti na P-24 i P-23. Na P-24 je izraženiji. To se razumije, budući je ova bliža zapadnoj obali (sl. 1) i više se izlaže utjecaju izlazne jadranske struje uz zapadnu jadransku obalu. Na obadvije postaje voda manje slanosti je na oko 15 m dubine. Na P-24 taj je minimum 30,080. Površinska slanost je 38,170, a na 30 m dubine 38,520. Ispodpovršinski minimum slanosti na P-23 je 38,110, površinska slanost je 38,150, a na 30 m dubine 38,180.

Moguće se taj minimum zapadno ili sjeverozapadno od P-24 još više izražava, uzme li se u obzir slanost površinske dolazeće vode na P-28 (37,760). Međutim, ne postoji dostatno podataka koji bi omogućili takovu potvrdu. Može postaviti se pitanje što se događa s tom ispodpovršinskom vodom manje slanosti? Na temelju današnjih saznanja, utemeljuje se tvrdnja o ranoj fazi stvaranja pridonene (*dubinske, teške*) jadranske vode. U završnoj fazi cijelog procesa ta voda predstavlja izlaznu jadransku vodu. Međutim, ima i drugačijih mišljenja (I. M. Ovčinić, 1985.). Prema njima, duboka jadranska voda nikad ne sudjeluje u razmjeni sa Sredozemljem.

Na postajama 29, 44 i 20 također, uočen je ispodpovršinski minimum slanosti (IV/V, 1975.). Značajke strujnog polja u srednjem Jadranu obvezuju na odvojenu rasčlambu halinskog stanja na ovim trima postajama. U vrijeme istraživanja vladalo je intenzivno ulazno (sjeverozapadno) i izlazno (jugoistočno) strujanje u cijelom vodenom stupcu. Najniže temperature zraka bile su između 8,00 i 12,00°C. S Alpa se spustila hladna zračna fronta i polako prešla preko srednjeg Jadrana. Nakon njezinog prolaska,



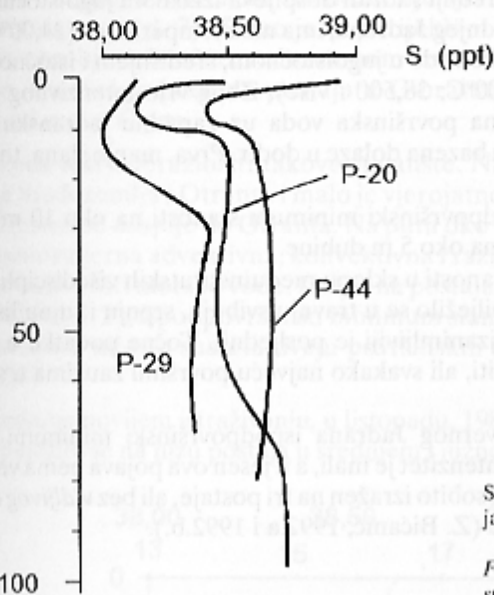
Sl. 4. Okomiti raspored slanosti na postajama 24 i 23

Fig. 4 Vertical distribution of salinity at the stations 24 and 23

zapuhala je bura. Površinska voda u sjeverozapadnom dijelu srednjeg Jadrana imala je temperaturu  $14,00^{\circ}\text{C}$  i slanost 38,000. Kretala se u jugoistočnom smjeru i u području postaja 29 i 24 naišla na topliju i slaniju vodu, 38,200 i 38,500. Budući je znatno hladnija i gušća, tone i zauzima položaj ispod površine. Ispodpovršinski minimum slanosti na P-29 je na oko 10 m dubine, a na P-44 na oko 5 m. Razlog da je minimum slanosti na P-44 na manjoj dubini vjerojatno treba tražiti u temperaturi površinske vode,  $14,00^{\circ}\text{C}$  i više. Dakle, na svojem putu od sjeverozapada prema jugoistoku, površinska voda je u dodiru s toplijom i slanijom vodom potonula ispod nje na 10 m dubine, da bi se u području P-44 ponovno počela dizati prema površini jer je naišla na područje u kojemu je površinska temperatura približna njezinoj. U ovom slučaju prekinulo se daljnje tonuće i ta su se dva tanka površinska sloja izmiješala.

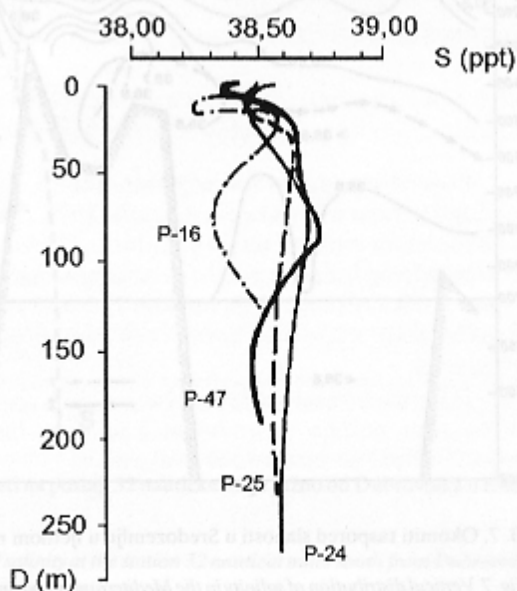
Na P-29 površinska slanost je 38,130, a na 20 m dubine 38,180. Površinska slanost na P-44 je 38,930, ispodpovršinski minimum slanosti je na 5 m dubine, 38,390, a slanost na 10 m dubine 38,540 (sl. 5).

Postaja 20 je na putu ulaznoj sjeverozapadnoj jadranskoj struji, a postojanje ispodpovršinskog minimuma slanosti nije potpuno jasno budući je površinska temperatura uz istočnu obalu južnog Jadrana viša od  $16,00^{\circ}\text{C}$ , a do P-20 se smanjuje na  $16,00^{\circ}\text{C}$  i  $15,00^{\circ}\text{C}$  (Z. Vučak et al., 1982.). Nastanak ovog halinskog minimuma uvjetno se može objasniti značajkama strujnog polja, a u prilog objašnjenju idu i termohalinski podaci za područje P-20. Ako u tom području ulazna sjeverozapadna struja teče u vrlo uskom pojasu uz istočnojadransku obalu, a izlazna, jugoistočna struja, površinski prekriva veći dio srednjeg Jadrana (to se daje naslutiti i iz mjerenja struja na P-18) moguće je formiranje manje slanog ispodpovršinskog sloja morske vode. Vrijednost ispodpovršinskog minimuma slanosti na P-20 je 38,140, površinska je 38,490, a slanost na 10 m dubine 38,460 (sl. 5).



Sl. 5. Okomiti raspored slanosti na postajama 29, 44 i 20

Fig. 5 Vertical distribution of salinity at the stations, 29, 44 and 20



Sl. 6. Okomiti raspored slanosti na postajama 25, 24, 47 i 16.

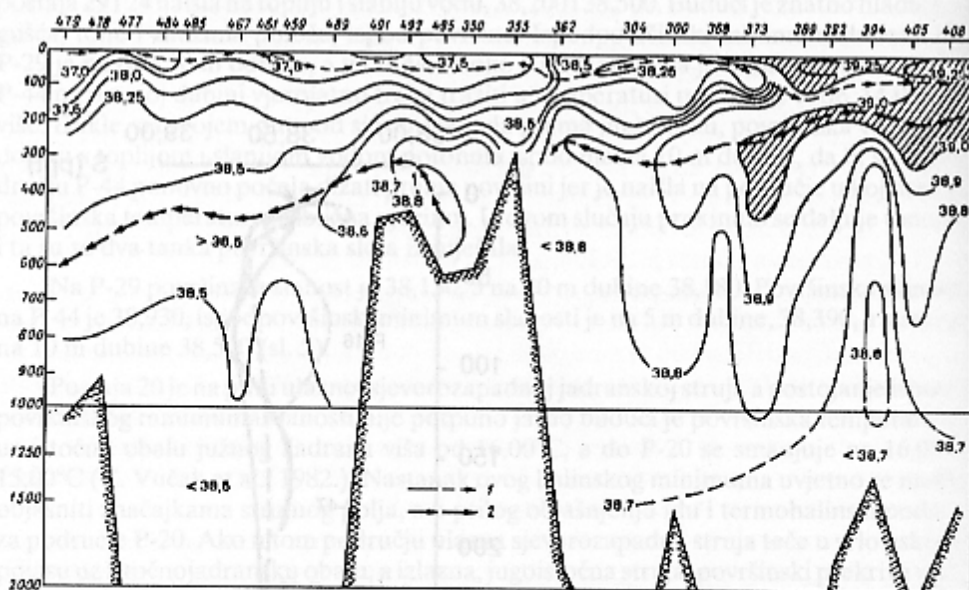
Fig. 6 Vertical distribution of salinity at the stations 25, 24, 47 i 16

Tonuće manje slanog sloja na položaj ispod površine, koji se zabilježio u srpnju, 1976. na P-25, 24, 47 i 16 može objasniti se kao u slučaju prve dvije postaje (sl. 4). Površinska morska voda koja u srednji Jadran dospijeva izlaznom jugoistočnom strujom iz sjeverozapadnog dijela srednjeg Jadrana, ima nižu temperaturu (24,00°C) i nižu slanost (ispod 38,00) od površinske vode u jugoistočnom, središnjem i istočnom dijelu srednjeg Jadrana (25,00°C i 26,00°C; 38,500 i više). Zbog vrlo intenzivnog strujnog tijeka (Z. Bičanić, 1986.), izlazna površinska voda uz zapadnu jadransku obalu i površinska voda iz istočnog dijela bazena dolaze u dodir. Prva, manje slana, tone u sloj ispod površine.

Na slici 6 vidi se da je ispodpovršinski minimum slanosti na oko 10 m dubine. Iznimno stanje je na P-47. Tu je na oko 5 m dubine.

Ispodpovršinski minimum slanosti u sklopu međuinstitutskih višedisciplinskih istraživanja (MOHO program) zabilježilo se u travnju/svibnju, srpnju i rujnu/listopadu. Glede znakovite izražajnosti, najzanimljiviji je posljednji. Točne podatke o površini koju zauzima ne može se predočiti, ali svakako najveću površinu zauzima u srpnju, a najmanju u listopadu.

U Moho istraživanjima sjevernog Jadrana ispodpovršinski minimum slanosti zabilježilo se u tri sezone. Ljetni intenzitet je mali, a u jesen ova pojava nema veće prostorno značenje. U proljeće bio je osobito izražen na tri postaje, ali bez vidljivog dodira u prvoj fazi tonuća površinske vode (Z. Bičanić, 1992.a i 1992.b.).



Sl. 7. Okomiti raspored slanosti u Sredozemlju u ljetnom razdoblju (I. M. Ovčiničkov et al., 1976.)

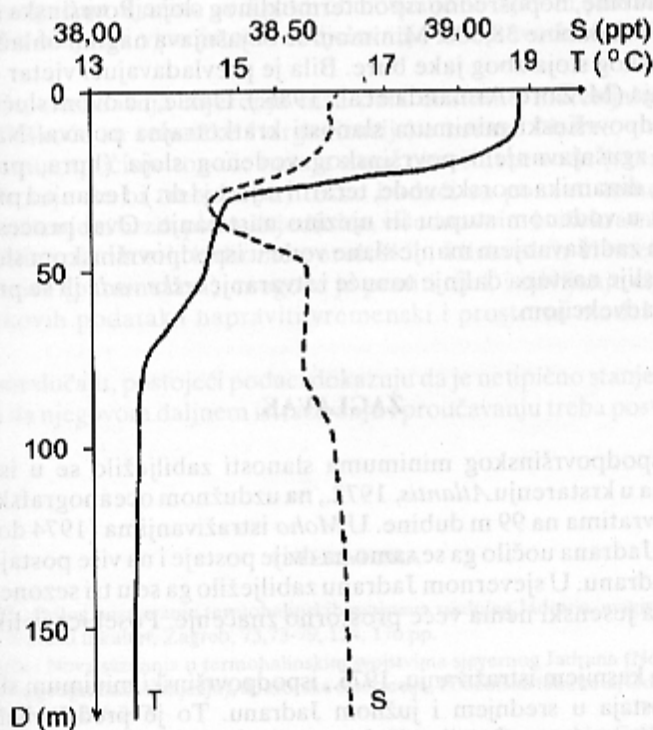
Fig. 7 Vertical distribution of salinity in the Mediterranean basin in the summer period (I. M. Ovčiničkov et al., 1976)



Međutim, I. M. Ovčnikov et al., 1976. i I. M. Ovčnikov, 1985. drže da morska voda niže slanosti u Jadranu u ispodpovršinskom sloju dotječe iz istočnog Sredozemlja. Naime, u istočnom Sredozemlju ljeti trajno postoji ispodpovršinski minimum slanosti (sl. 7). Tamo je to porijeklom atlantska voda koja u dodiru sa slanijom i toplijom istočnosredozemnom vodom tone do dubine na kojoj je termoklina. Na slici je početna postaja u Gibraltarskom tjesnacu, a krajnja jugoistočno od otoka Cipra.

Izgleda teško obrazložiti takovo stajalište. Naime, predugačak je put između istočnog Sredozemlja i Otranta i malo je vjerojatno da vodeni sloj debeo tek oko 15 m ispod površine dospije do Otranta. Na putu oko 800 milja dugačkom *napadaju* ga druga raznosmjerna advektivna, konvektivna i različita složena strujanja i druge dinamične aktivnosti morske vode. Dalje, na postajama 6237 i 6238 koje su južnije od postaje 6236 (sl. 2), ispodpovršinski minimum slanosti nije se uočilo. To ukazuje na jedino moguće mjesto susreta dvaju površinskih voda u Otrantu, između postaja 6236 i 6237.

U jednom novijem istraživanju, u listopadu, 1985., ispodpovršinski minimum slanosti zabilježilo se na nizu postaja u srednjem i južnom Jadranu. Ustanovilo se da se u



Sl. 8. Okomiti raspored temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) i slanosti na postaji 32 nautičke milje južno od Dubrovnika u listopadu, 1985. (M. Zore-Armanda et al., 1986.)

Fig. 8 Vertical distribution of temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) and salinity at the station 32 nautical miles south from Dubrovnik in October 1985 (M. Zore-Armanda et al., 1986)

središnjem području jadranskog bazena ohladnjela, manje slana voda spušta u ispodpovršinski sloj, što predstavlja prvu fazu u stvaranju *duboke jadranske vode*. Ovaj proces odvija se u hladnim godišnjim razdobljima. Najpovoljniji uvjeti su u vrijeme prodora hladnih zračnih masa (M. Zore-Armanda et al., 1986.). Na Jadranu je to puhanje bure, iznimno sjeverozapadnih vjetrova, ili prodora hladnih polarnih zračnih masa. U području sjevernog Jadrana postoje najpovoljniji uvjeti za stvaranje vrlo guste (specifično teže) vode koja advekcijom otječe prema južnom dijelu bazena. Popunjava Jabučku kotlinu, a *višak* se prelijeva preko Palagruškog praga u Južnojadransku kotlinu. U području srednjeg i južnog Jadrana proces tonuća manje slane površinske vode odvija se također i vjerojatno u manjoj mjeri. *Višak* teške dubokojadranske vode preko Otrantskog praga prelijeva se u Sredozemlje.

U prvoj fazi formiranja gusta morska voda zauzima sloj ispod termokline (raslojenost još postoji). Sezonsko hlađenje morske vode prvo počinje u priobalju i u Sjevernom Jadranu (male dubine i manja slanost), a prisutnost te vode može ustanoviti se iz vrijednosti ispodpovršinskog minimuma slanosti (sl. 8). Taj minimum bilježi se tijekom rasčlamba podataka za postaje uz južnojadransku istočnu obalu, koje se prikupilo u listopadu, 1985.

Sloj morske vode manje slanosti (38,300) bio je oko 10 m debeo i zadržavao se na oko 25 m dubine, neposredno ispod termoklinog sloja. Površinska slanost bila je 38,660, a na 50 m dubine 38,600. Minimum se objašnjava naglim ohlađenjem manje slanog površinskog sloja zbog jake bure. Bila je prevladavajući vjetar desetak dana prije krstarenja (M. Zore-Armanda et al., 1986.). Dakle, i u ovom slučaju potvrđuje se da je ispodpovršinski minimum slanosti kratkotrajna pojava. Nastaje naglim ohlađenjem, zgušnjavanjem površinskog vodenog sloja (bura, prodor hladne zračne fronte, dinamika morske vode, terarni utjecaj i dr.). Jedan od pratećih uvjeta je raslojenost u vodenom stupcu ili njezino nastajanje. Ovaj proces nastavlja se kraćim/duljim zadržavanjem manje slane vode u ispodpovršinskom sloju/ispod termokline, a poslije nastupa daljnje tonuće i stvaranje *teške vode* ili se proces prekida konvekcijom/advekcijom.

## ZAGLAVAK

Pojavu ispodpovršinskog minimuma slanosti zabilježilo se u istraživanjima južnog Jadrana u krstarenju *Atlantis*, 1972., na uzdužnom oceanografskom presjeku u Otrantskim vratima na 99 m dubine. U *Moho* istraživanjima (1974 do 1976.) u području južnog Jadrana uočilo ga se samo na dvije postaje i na više postaja u srednjem i sjevernom Jadranu. U sjevernom Jadranu zabilježilo ga se u tri sezone. Ljetni je intenzitet mali, a jesenski nema veće prostorno značenje. Posebice velik proljetni je intenzitet.

U jednom kasnijem istraživanju, 1975., ispodpovršinski minimum slanosti uočilo se na nizu postaja u srednjem i južnom Jadranu. To je predstavljalo poticaj za posvećivanje više pozornosti ovoj pojavi.

Naime, istraživanja su trebala dati odgovore na način djelovanja mehanizma stvaranja duboke jadranske vode. Unatoč malom broju podataka, može zaključiti se da duboka jadranska voda ima autohtono porijeklo i da se stvara u području cijelog bazena, pače, u sjevernim dijelovima u većim količinama zbog osobitih klimatskok-

ontinentskih, hidrometeoroloških i geomorfoloških značajki područja. Cijeli proces označuje činjenica da manje slana površinska voda koja se naglo ohladila i zgusnula (povećana specifična težina) tone u ispodpovršinski sloj (ispod termokline). U njemu se zadržava kraće/dulje vrijeme, nastavlja tonuće do intermedijarnog sloja i dublje uz istovremeno kretanje prema jugoistoku odnosno, prema južnojadranskoj kotlini. Tešku južnojadransku vodu iz kotline preko Otrantskog praga potiskuje u Sredozemlje. Dakle, na taj način duboka južnojadranska voda izravno sudjeluje u razmjeni sa Sredozemljem (M. Zore-Armanda et al., 1986.). Ne može se tvrditi da ova voda nikad ne sudjeluje u vodorazmjeni sa Sredozemljem (I. M. Ovčinkov, 1985.). Također ni tvrditi da ova manje slana voda u ispodpovršinskom sloju u Jadran dospjeva iz Levanta, odnosno da je to atlantska voda.

Dosadašnja saznanja pokazala su da je ispodpovršinski minimum slanosti kratkotrajna pojava i da se lako može prekinuti advektivnim/konvektivnim strujanjima. Stoga se ne može prihvatiti tvrdnja da levantinska voda uredno dotječe do južnog Jadrana u ispodpovršinskom sloju gdje sudjeluje u tvorbi najvećeg dijela duboke jadranske vode (I. M. Ovčinkov et al., 1976. i I. M. Ovčinkov, 1985.).

Opći režim strujanja morske vode u Jadranu, a posebice u sjevernim dijelovima (uz povoljne uvjete koje se prije nabrojalo), omogućuje tvorbu dostatnih količina *teške* vode koje omogućuju njezino redovito obnavljanje u cijelom jadranskom bazenu. Stoga ne treba isključiti vjerojatnost sudjelovanja ove u tvorbi duboke sredozemne vode.

Na žalost, dosadašnja mjerenja nisu dala dostatno materijala za temeljitije rasčlambe. Teškoće su tehničke i organizacijske naravi. Naime, otkrivanjem područja u kojemu otpočinje tonuće manje slane površinske vode (vremensko i prostorno određivanje ne bi trebalo biti teško budući su poznati temeljni pokretači procesa), korištenjem brzih plovniha jedinica, višednevnim i višekratnim mjerenjima termohalinskih vrijednosti, hidrometeoroloških, klimatskih elemenata i oceanografskih jedinica (parametara), moguće je pratiti tijek i odvijanje cijelog procesa i temeljem takovih podataka napraviti vremenski i prostorni model svih razvojnih faza.

U svakom slučaju, postojeći podaci dokazuju da je netipično stanje koje se otkrilo, ipak *tipično* i da njegovom daljnjem istraživanju i proučavanju treba posvetiti dužnu pozornost.

#### LITERATURA

- Bičanić, Z., 1986.: Prilog poznavanju termohalinskih svojstava srednjeg Jadrana, magistarski rad, Prirodoslovno matematički fakultet, Zagreb, 73,73-79, 124, 176 pp.
- Bičanić, Z., 1992a.: Nova saznanja o termohalinskim svojstvima sjevernog Jadrana (Novi pristup analizi u funkciji fizičko geografskih obilježja), doktorska disertacija, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografiju, Ljubljana, 143-149, 246-247.
- Bičanić, Z., 1992b.: Termohalinski odnosi u sjevernom Jadranu. Acta Geographica Croatica, Prirodoslovno matematički fakultet, Geografski odjel, Zagreb, 77-94.
- Gržetić, Z., 1982.: Prilog poznavanju termohalinskih svojstava južnog Jadrana, magistarski rad, Prirodoslovno matematički fakultet, Zagreb, 55, 59, 100, 111, 114 pp.
- Ovčinkov, M., Plahin, E. A., Moskalenko, L. V., Negljad, K. B., Osadčii, A. S., Sedoseev, A. S., Krivošeja, V. G. i K. B. Voitova, 1976.: Hidrologija Sredizemnog morja, Gidrometeoizdat, Leningrad, 163-166.

- Ovčinkov, I. M., 1985.: Formirovanie globinnih vostočnosredizemno morskih vod v Adriatičeskom more, Okeanologija, Akademija nauk SSSR, tom XXV, 6., Moskva, 911-918.
- Vučak, Z., Škrivanić, A. i J. Štirn, 1982.: "A. Mohorovičić" 1974-1976., Izvještaj i rezultati oceanografskih istraživanja Jadranskog mora, Hidrografski institut, Split.
- Zore-Armanda, M., 1972.: Processus de formation des eaux oceaniques en particulier en Meditereeane occidentale, Paris, 127-130.
- Zore-Armanda, M., Gačić, M. Smirčić, A. i Z. Vučak, 1986.: Some features of the early and late phase of the deep water formation in the Adriatic Sea, Rapp. Com. int. Medit., 30, 2 pp.

SUMMARY

Undersurface Salinity Minimum  
Participation in the Process of Making Deep Adriatic Sea-water

by

Zlatimir Bičanić

The phenomenon of undersurface salinity minimum in the Adriatic Sea is neither rare nor exceptional. It is a regular seasonal process of making heavy bottom sea-water.

On the basis of the data obtained during the explorations in the period 1972 - 1985, it was found out that sinking of the less salt surface sea-water, which had rapidly cooled down and condensed, was happening in the whole Adriatic basin. This sea-water sinks till the intermediate layer and deeper, simultaneously moving towards the south-east, respectively towards the south Adriatic depression. At the same time it pushes the heavy south Adriatic sea-water from the depressions over the Strait of Otranto to the Mediterranean basin. Consequently, we cannot affirm, as some people do, that this sea-water never takes part in the water-exchange with the Mediterranean basin. Neither we can say that this water comes from Levant, respectively that it is the Atlantic sea-water. The deep sea-water is of autochthonous origin.

Although there was shortage of the data necessary for a more complete statistical analysis, it was possible to point to the processes which led to making of the deep Adriatic sea-water, then to the water-exchange between the Adriatic and Mediterranean sea-water, and to the factors by which those processes were conditioned.

Further explorations of these problems by means of more appropriate technical instruments and corresponding methodology, will better answer the questions connected with the deep Adriatic sea-water. In that respect this paper must be a stimulus to a future interdisciplinary research project.

Primljeno (Received): 18-10-1996

Prihvaćeno (Accepted): 22-2-1999