

Zlatimir Bičanić*
 Tonko Baković**
 Josip Kasum***

ISSN 0469-6255
 (151-159)

TERMOHALINSKA SVOJSTVA MORSKE VODE SJEVEROZAPADNOG DIJELA VIŠKOG KANALA

The Thermohaline Characteristics of the Sea Water in North Western Part of The Vis Channel

UDK 556VIS

Izvorni znanstveni članak

Original scientific paper

Sažetak

Raščlambom vrijednosti termohalinskih jedinica temperature, slanosti i gustoće morske vode u sjeverozapadnom dijelu Viškog kanala, došlo se do novih spoznaja o termohalinskim svojstvima morske vode u tom akvatoriju. Ustanovilo se da je srednja godišnja temperatura morske vode viša od temperature zraka, kao i da je srednja mjesečna temperatura vodenog stupca najviša u studenome. Uočilo se i neka netipična stanja, na primjer okomite termalne inverzije, pojavu ispodpovršinskog minimuma slanosti, kao i tipična, na primjeru krajnjih vrijednosti gustoće, koje prate krajnje termalne i halinske, te pokazuju neposrednu ovisnost.

Ključne riječi: termohalinski, temperatura, slanost, gustoća

is higher than the air temperature, as well as the mean monthly temperature of water column, which is the highest one in November. Some unusual conditions have been noted, such as vertical thermal inversions, the occurrence of under-surface minimum of salinity, as well as some usual conditions of extreme values of density which have been shown in relation to extreme thermal and salinity values, that have shown an indirect dependence.

Key words: thermohaline, temperature, salinity, density

Summary

Analysing the values of thermohaline parameters: temperature, salinity and density of sea-water, in north-western part of the Vis Channel new cognitions have been reached at about thermohaline characteristics of sea-water in that area. It has been established that the mean annual temperature of surface layer of sea-water

1. Uvod Introduction

Multidisciplinska istraživanja Jadrana počela su još 1911., a najintenzivnija su prije Prvog i poslije Drugog svjetskog rata. U ovoj se raščlambi pretežito koristi podatke iz šestogodišnjeg statističkog niza, od 1982. do 1987., zbog redovitosti i opsežnosti znanstvenoistraživačkih djelatnosti. Izbor istraživanih područja (sjeverozapadni dio Viškog kanala) napravljen je i zbog potrebe stjecanja spoznaja o termohalinskim odnosima koji vladaju u morskoj vodi u morskom području koje je na samoj međi između otvorenog mora i kanalskog dijela istočnojadranske obale [9]. Dodatnu vrijednost područja određuje činjenica da je djelomice zaklonjeno otokom Visom, te da je sjevernije od mogućeg *upwellinga* uz južnootočnu obalu. U užem području južno od Visa odvaja se i jedan trak površinske

* Dr. sc. Zlatimir Bičanić, izvanredni profesor, Visoka pomorska škola, Split, Zrinsko-frankopanska 38

** Mr. sc. Tonko Baković, Visoka pomorska škola, Split, Zrinsko-frankopanska 38, Tel.: 021 – 380 779

*** Dr. sc. Josip Kasum, dipl.inž., Hrvatski hidrografski institut, Split, Zrinsko-frankopanska 161

sjeverozapadne morske struje, koji skreće prema jugozapadu [7]. Dakle, šire viško otočno područje je za raspored vrijednosti termohalinskih jedinica znanstveno vrlo zanimljivo i predstavlja stanoviti izazov u njihovim raščlambama.

Brojni su autori istraživali pojedine akvatorije, karakteristične prema svojemu zemljopisnom položaju. Iz toga proizlaze i znakovita geomorfološka obilježja, te mogućnost različitih utjecaja na vrijednosti termohalinskih jedinica morske vode. Na primjer, istraživalo se područje otvorenog mora u srednjem Jadranu [4], priobalje pod izravnim morskim utjecajem [5], zaklonjeno priobalje [10], kanalsko područje [7][9], međuotočni akvatoriji [8], termohalinske procese u jezerima [1] itd.

Svrha rada je opisivanje termohalinskih svojstava morske vode u Viškom kanalu. Pogodan način je raščlamba podataka i određivanje termohalinskih odnosa u duljem vremenskom razdoblju. Na taj se način mogu postaviti vrsni temelji za određivanje novih veza i uvjetovanosti s drugim fizikalnokemijskim jedinicama. Budući da je istraživano područje dio otvorenog mora srednjeg Jadrana, vrijedno je postojeća prevladavajuća stanja usporediti s nekim drugima. Odnosi se na potpuno otvorene dijelove u Jadranskom moru, kanalska područja, te međuotočne, poglavito zatvorene akvatorije.

Takvim bi se pristupom došlo do spoznaja o intenzitetima termohalinskih procesa u drugim područjima, glede istraživana, njihovim vremenskim nastupima, vremenskim hodovima, krajnjim vrijednostima i drugom. Rezultati bi predstavili i intenzitete različitih utjecaja na termohalinske vrijednosti (morski, kontinentski, hidrološki, klimatski itd.).

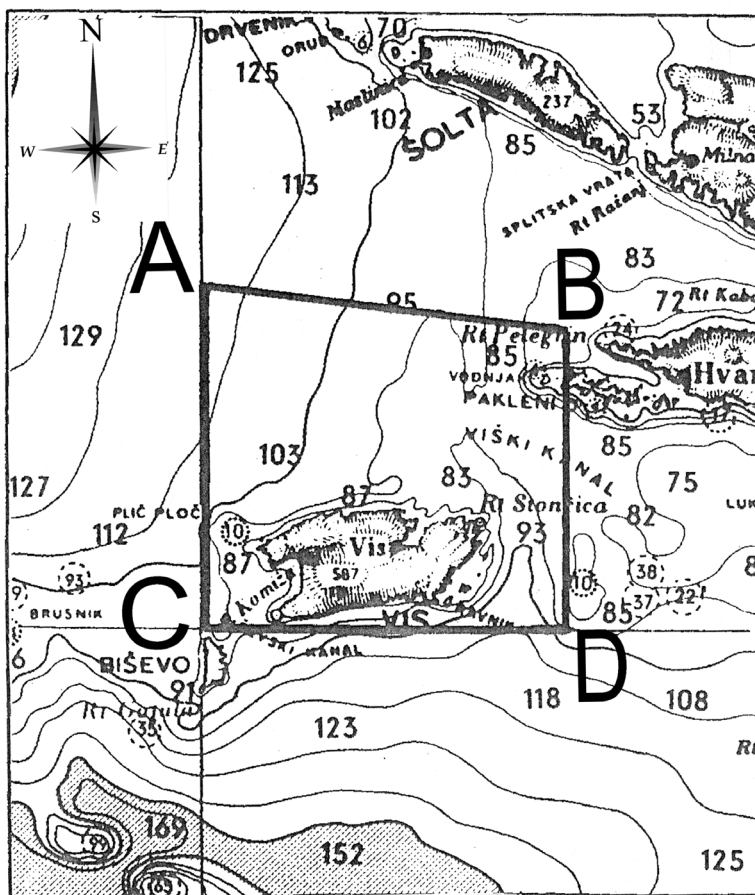
2. Metode i materijali

The methods and materials

2.1. Istraživano područje

The research region

Istraživano područje omeđuju spojnice točaka: Ž A- $\varphi=43^{\circ}15,0'N$ $\lambda=16^{\circ}00,0'E$, B- $\varphi=43^{\circ}12,5'N$ $\lambda=16^{\circ}20,0'E$, C- $\varphi=43^{\circ}00,0'N$ $\lambda=16^{\circ}20,0'E$ i D- $\varphi=43^{\circ}00,0'N$ $\lambda=16^{\circ}00,0'E$. Veći dio presjecaju izobate 90 i 100m. Na izlazu je iz Neretvanskog i Korčulanskog kanala prema otvorenom moru pa je u pojedinim sezonama izrazito naglašen hidrološki utjecaj na površinske vrijednosti termohalinskih jedinica.



Slika 1. Područje [8]
Figure 1. Region [8]

Položaj Viškog kanala je u klimatskom i maritimno dinamičkom pogledu vrlo složen. Pod intenzivnim je utjecajima hladnih vjetrova iz sjevernih, ali i južnih kvadranta. Kroz kanal se odvija intenzivno strujanje vodenih masa, pa brojni poremećaji u rasporedima vrijednosti temperature, slanosti i gustoće morske vode u tom području, ne iznenađuju. Također ni njihov intenzitet i čestina. Složenost položaja ogleda se i u činjenici da se u širem području južno od otoka Visa odvija grananje ulazne sjeverozapadne jadranske morske struje. Jedan se trak ciklonski odvaja i skreće prema zapadnojadranskoj obali.

2.2. Metode istraživanja

The research methods

Temeljem klimatoloških podataka o vrijednostima temperature, slanosti i gustoće morske vode u sjeverozapadnom dijelu Viškog kanala, moguće je odrediti termohalinske odnose koji vladaju u morskoj vodi. Podatke se skupljalo u višegodišnjem nizu, tako da njihove srednje, najniže i najviše vrijednosti, godišnji i višegodišnji hodovi, krajnje vrijednosti, kao i međuodnosi s nekim meteorološkim elementima (na primjer površinska temperatura morske vode i temperatura zraka) vjerno prikazuju termohalinska stanja u istraživanom području.

Zbog osobitih okolnosti u kojima su se obavljala višegodišnja mjerenja i uzorkovanja morske vode, oceanografske postaje predstavljaju samo orijentacijske točke. Naime zbog relativno velikih dubina i nemogućnosti sidrenja, u vrijeme izvođenja oceanografskih mjerenja s broda, trajalo je neprekidno zanošenje (morske struje, valovi, vjetar). Iz istog se razloga još prije 35 godina cijelo jadransko područje podijelilo na 222 temeljna polja [12], takozvane *kvadrante*. Sjeverozapadni dio Viškog kanala je jedno od tih polja i ima oznaku 88. Budući da se u tijeku obavljanja oceanografskih radova ne može popravljati brodska poziciju (instrumenti i oprema u moru), cijeli se kvadrant drži jednom postajom, pa prije početka radova valja odrediti smjer i brzinu zanosa broda i prema tomu izabrati poziciju na kojoj valja početi s radovima. Ako je zanos prevelik, prije *izlaska* broda izvan međa kvadranta, prekidaju se radovi i ispravlja brodska pozicija.

Vremensko trajanje izvođenja oceanografskih mjerenja na otvorenom je moru različito i ovisi o dubinama. Na jednoj postaji traju do šest i više sati, pa se brod bez sidrenja ne može zadržati na jednoj poziciji. Stoga se u ovom radu niti ne spominju stalne oceanografske postaje, niti ih se prikazuje na slici.

Mjerenja i uzorkovanja obavljalo se danju i noću, u različito vrijeme. To svakako ima utjecaja na vrijednosti podataka koje se dobilo, pogotovo površinskih termalnih vrijednosti. Ali, uzmu li se u obzir svi drugi utjecaji (adveksijska strujanja, slatkovodni dotok, naoblaka, godišnje doba, temperatura zraka, vjetar itd.), ne može se podatke, koje se prikupilo u višegodišnjim mjerenjima, svrstati u skupine prema mjerilima koja se unaprijed odredilo. Stoga se u raščlambama, koje se temelje se na

višegodišnjem nizu podataka, zanemaruje vrijeme uzorkovanja i mjerenja, za razliku od jednokratnih istraživanja.

U raščlambama se koristilo više od 4300 podataka za svaku jedinicu, koje se dobilo mjerenjima na dvije oceanografske postaje. Ukupno oko 13000 podataka iz 266 mjerenja [8]. To je količina, temeljem koje se može donositi potpuno prihvatljive zaključke o kratkoročnim termohalinskim stanjima u nekom užem području.

Termalne se vrijednosti do 1978., u djelatnosti Hrvatskog hidrografskog instituta iz Splita, mjerilo isključivo prekretnim termometrima *Richter Wiesse*, a kasnije i *CSTD* sondom (točnost 0,01°C). Obavljalo ih se i batitermografima *Neil Brown* (točnost očitavanja temperature 0,1°C i dubine 0,5m). Površinsku se temperaturu mjerilo *površinskim termometrima*. Do nabave *CSTD* sonde (1978.), slanost morske vode iz uzoraka određivalo se laboratorijskom titracijom. Kasnije temeljem vodljivosti, električnim salinometrom i *CSTD* sondom (točnost 0.02ppt). Uzorkovanje morske vode obavljalo se *Nansenovim* i *Niskinovim* crpicima.

Gustoću morske vode računalo se iz termalnih i halinskih vrijednosti iskustvenom *Knudsen-Ekmanovom* jednadžbom [10]. Dogovornim se rješenjem u oceanologiji predstavlja kao *SIGMA-t* (σ_t) vrijednost:

$$\sigma_t = \rho - 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

3. Rezultati i rasprava

Results and discussion

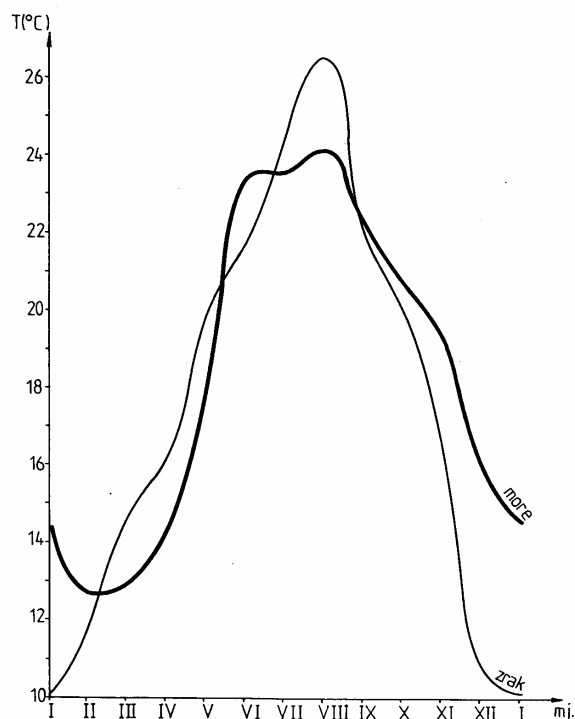
2.1. Temperatura

Temperature

Jadran se svrstava u dijelove svjetskog mora s *anotermnim* tipom vode [2]. Obilježuje ju smjer okomitog termalnog gradijenta, od površine prema dnu. U manjem području, na raspored termalnih vrijednosti u prvom redu utječe dinamika morske vode, zatim slatkovodni dotoci i vjetar, a u manjoj mjeri oborina. Na većim područjima presudni utjecaj imaju vrijednosti klimatskih elemenata.

U proljeće se počinje stvarati termoklina (nagla promjena temperature u vodenom stupcu). Postupno se razvija i povećava joj se intenzitet [2]. Najveći je u ljetnim mjesecima, pretežito u kolovozu. Kasnije tone u veće dubine, intenzitet joj se smanjuje i krajem jeseni nestaje. U vodenom stupcu vlada izometrija temperature, slanosti i gustoće morske vode.

Morska površina izmjenjuje toplinsku energiju s najnižim zračnim slojevima [2], pa u protusmjeru morska površina – atmosfera vlada visok stupanj međuovisnosti i obostrani utjecaj. Utjecaj temperature zraka na morsku vodu ogleda se u dnevnim kolebanjima vrijednosti temperature površinskog sloja.



Slika 2. Godišnji hodovi srednjih mjesečnih vrijednosti temperatura površinskog sloja morske vode i zraka (°C) u sjeverozapadnom dijelu Viškog kanala

Figure 2. The step of year period values of mean sea surface layer and air (°C) temperature in the North Western part of the Vis Channel

Termalni međuutjecaj mora i zraka, te termalni godišnji hod prikazuje se na slici 2. Slika pokazuje srednje mjesečne vrijednosti površinske temperature morske vode i srednje mjesečne vrijednosti temperature zraka u istraživanom području. Srednja vrijednost temperature površinskog sloja morske vode u siječnju viša je za čak 4,44°C od srednje mjesečne vrijednosti temperature zraka (tablica 1). U tom kratkom razdoblju od početka godine, kao i od rujna do siječnja, naglašena je uloga mora, kao termičkog regulatora. U veljači su temperature približne, a u kolovozu u oba *medija* vladaju najviše (*maksimalne*) vrijednosti, ali je temperatura zraka viša za 2,4°C. Krajem mjeseca su izjednačene i do veljače je morska voda toplija od zraka. Dakle, srednja temperatura zraka u istraživanom području je tijekom godine, oko 5,5 mjeseci viša od temperature površinske morske vode. Srednja godišnja temperatura površinske morske vode je 18,55°C, a zraka 17,8°C.

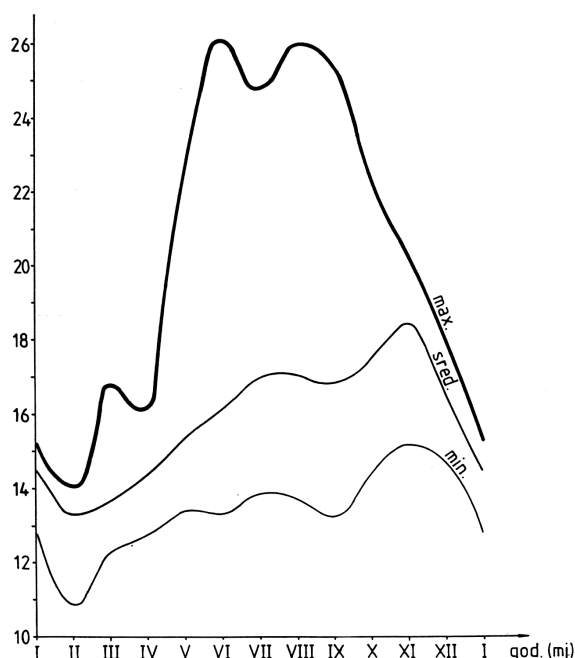
U godišnjem hodu srednjih mjesečnih i krajnjih vrijednosti temperatura morske vode, najviša srednja mjesečna temperatura na standardnim oceanografskim dubinama je 18,43°C u studenome (slika 3). Razlog tomu je klimatski utjecaj, odnosno topli vjetrovi s juga i jugoistoka, te protok toplije sredozemne vode ulaznom jadranskom strujom. Krajnje su vrijednosti vrlo visoke. U lipnju je temperatura 26,15°C, a u kolovozu 26,10°C (tablica 2). Podaci su od 28. lipnja 1950. i 29. kolovoza 1950. Najnižu temperaturu u području izmjerilo se 10. veljače 1953., 10,90°C.

Tablica 1. Srednje mjesečne vrijednosti temperature (°C) površinske morske vode i zraka u sjeverozapadnom dijelu Viškog kanala

Table 1. The mean monthly temperature values (°C) of the sea water in the North Western part of the Vis Channel

Mjesec	More	Zrak
Siječanj	14,54	10,10
Veljača	12,68	11,90
Ožujak	12,99	14,70
Travanj	14,41	16,30
Svibanj	17,98	20,00
Lipanj	23,38	21,80
Srpanj	23,47	24,30
Kolovoz	24,10	26,50
Rujan	22,14	21,80
Listopad	20,66	19,80
Studen	19,22	15,90
Prosinac	16,01	10,70

Izvor: Banka podataka (Hrvatski hidrografski institut)
Source: Data bank (Croatian Hydrographical Institute)



Slika 3. Godišnji hodovi srednjih mjesečnih i krajnjih vrijednosti temperatura morske vode (°C) u vodenom stupcu

Figure 3. The step of year period values of monthly mean and extreme temperature of the sea water (°C) in characteristic depth

Tablica 2. Srednje mjesečne vrijednosti temperatura morske vode (°C)**Table 2. The mean monthly temperature values (°C)**

Mjesec	Srednja	Najniža	Najviša
Siječanj	14,48	12,79	15,24
Veljača	13,25	10,90	14,07
Ožujak	13,67	12,29	16,80
Travanj	14,33	12,77	16,14
Svibanj	15,38	13,40	22,80
Lipanj	16,12	13,32	26,15
Srpanj	16,98	13,90	24,82
Kolovoz	17,10	13,75	26,10
Rujan	16,82	13,24	25,42
Listopad	17,53	14,40	22,44
Studen	18,43	15,20	20,28
Prosinac	16,57	14,70	17,90

Izvor: Banka podataka (Hrvatski hidrografski institut)

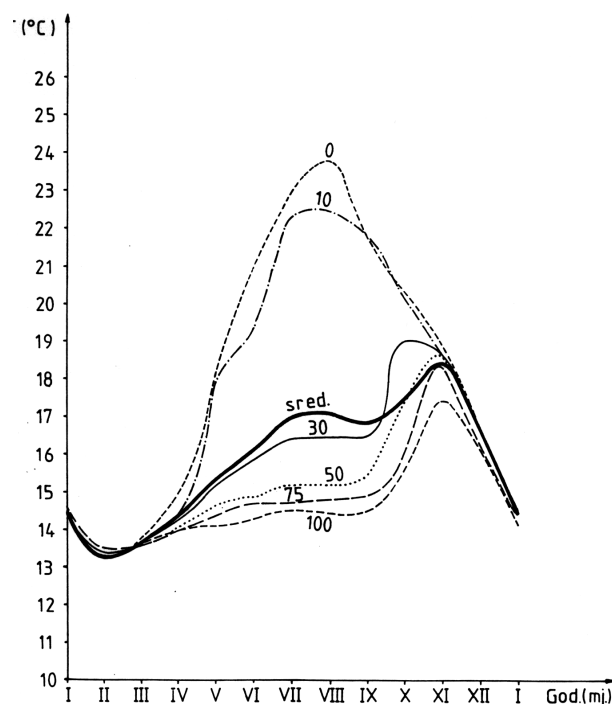
Source: Data bank (Croatian Hydrographical Institute)

Na karakterističnim dubinama (razinama) u vodenom stupcu, temperature su od studenog do travnja približne (slika 4). Dakle, oko pola godine. U preostalom godišnjem razdoblju prevladavaju stabilna ili prijelazna stanja, osim proljetnog poremećaja na 10m dubine. Na toj je dubini voda toplija od površinske. To je netipično stanje i vjerojatno ga je uvjetovalo naglo ohladnjenje površinskog sloja zbog utjecaja hladnog vjetrova. Dospijeće ove vode advekcijским strujanjem iz nekog drugog područja, manje je vjerojatno. Slično je i u jesen, ali je termalna razlika manja [8]. Takovi su poremećaji česti i nastupaju naglim ohladnjenjem površinskog sloja. Ohladnjenje može uvjetovati hladna zračna struja, advekcijски dotok hladnije morske vode, ili pak dotok hladnije, slatke riječne vode. U takovim se slučajima narušava statička stabilnost u vodenom stupcu. Statička se ravnoteža ponovno uspostavlja termohalinskom konvekcijom, osobito u sezonama proljeće i jesen.

Raščlambu vrijednosti i rasporeda termalnih jedinica najdjelotvornije se provodi pregledom okomitih rasporeda vrijednosti (slika 5). Za istraživano područje zanimljivo je razdoblje od listopada do travnja. Termalna su kolebanja manja od 1,00°C, osim između 75 i 80m dubine u siječnju [8], pa u sva tri zimska mjeseca u vodenom stupcu vlada izotermija. Srednja temperatura najniža je u veljači (središnji zimski mjesec), a najviša u siječnju (slika 5a). Najviši stupanj izotermalnog stanja je u ožujku. U travnju je izotermija još visoka, pa je razlika između površinske i temperature na 80m dubine tek 2,07°C (slika 5b). Intenzivni su poremećaji u svibnju, kad se opaža znatnije zagrijavanje ispodpovršinskog sloja 20m debelog. Površinski je sloj ohlađen. Pozitivna površinska

termoklina je 5m debela. Od 5m dubine prema dnu, prostire se vrlo intenzivna negativna termoklina (gradijent 1,85°C/m). Dno joj je na 10m dubine. Nešto je blaža termalna promjena do 20m dubine, a do 25m ponovno velika. U sloju od 25 do 30m dubine zabilježilo se slabu pozitivnu termoklinu.

U lipnju se u vodenom stupcu postupno uspostavlja statička stabilnost. Gradijent površinske termokline je 0,20°C/m. Dno joj je na 25m dubine. Ispod nje su poremećaji s neznatnim intenzitetom.

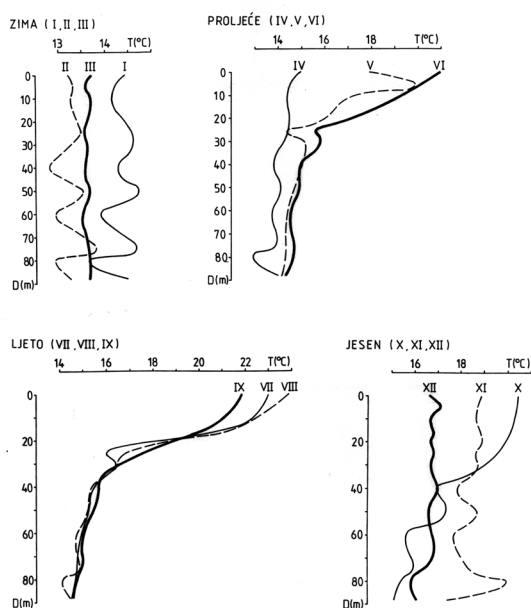


Slika 4. Godišnji hodovi srednjih mjesečnih vrijednosti temperatura morske vode (°C) na karakterističnim dubinama

Figure 4. The step of year period values of monthly mean temperature (°C) of the sea water in characteristic depth

U ljetnim mjesecima termoklina je najintenzivnija i u sva tri mjeseca je na približnim/istim dubinama. U rujnu joj je intenzitet najslabiji (slika 5c). Njezino tonuće i slabljenje intenziteta uočava se na slici 5d (listopad). Potonula je na dubinu između 20 i 40m.

U jesenskom razdoblju, najviša površinska temperatura je u listopadu, a najniža u prosincu. U studenom i prosincu u vodenom stupcu uspostavlja se izotermalno stanje, postupno od površine prema dnu. Odstupanja vrijednosti temperatura od srednjih veća su u studenome, u pridnenom sloju gdje se temperatura snižuje s 19,94 (80m dubine) na 17,41°C (88m; [8]). Okomiti termalni gradijent je 0,30°C/m. To je prijelazno razdoblje i u stupcu vlada visok stupanj termalne nestabilnosti. Takovo se stanje može držati tipičnim.



Slika 5. Okomiti raspored srednjih mjesečnih vrijednosti temperatura (°C) u sjeverozapadnom dijelu Viškog kanala (5a – zima; 5b – proljeće; 5c – ljeto; 5d – jesen)

Figure 5. The vertical distribution values of monthly mean temperature (°C) in the North Western part of the Viški kanal (5a – winter; 5b – spring; 5c – summer; 5d – autumn)

U ljetnim mjesecima termoklina je najintenzivnija i u sva tri mjeseca je na približnim/istim dubinama. U rujnu joj je intenzitet najslabiji (slika 5c). Njezino tonuće i slabljenje intenziteta uočava se na slici 5d (listopad). Potonula je na dubinu između 20 i 40m.

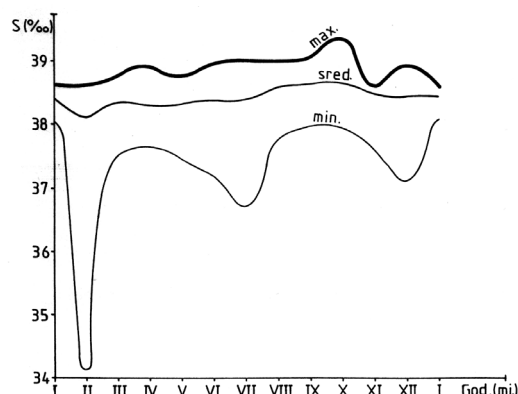
U jesenskom razdoblju, najviša površinska temperatura je u listopadu, a najniža u prosincu. U studenom i prosincu u vodenom stupcu uspostavlja se izotermalno stanje, postupno od površine prema dnu. Odstupanja vrijednosti temperatura od srednjih veća su u studenome, u pridnenom sloju gdje se temperatura snižuje s 19,94 (80m dubine) na 17,41°C (88m; [8]). Okomiti termalni gradijent je 0,30°C/m. To je prijelazno razdoblje i u stupcu vlada visok stupanj termalne nestabilnosti. Takovo se stanje može držati tipičnim.

3.2. Salnost Salinity

Temeljem dugogodišnjih mjerenja ustanovila se srednja halinska vrijednost morske vode u jadranskom bazenu, oko 38,400ppt. Nešto je niža od slanosti istočnosredozemne morske vode, pa ova svojim dotokom djelomice zaslanjuje jadransku. Na slanost neposredno utječe slatkovodni dotok, isparavanje i oborina.

U godišnjem hodu srednjih mjesečnih i najviših vrijednosti slanosti, ne opažaju se znatnija kolebanja, osim vrlo visokih vrijednosti u rujnu i listopadu (39,040 i 39,340ppt; slika 6, tablica 3). Ovako visoko zaslanjenje daje naslutiti nastup ingresije [7]. Znatno više kolebaju

najniže vrijednosti, pa se najnižu izmjerilo u veljači, 34,140ppt. To je gotovo nevjerovatan podatak, jer su tako nisku vrijednost mogli uvjetovati samo krajnji klimatski ili hidrološki utjecaji [4]. Vjerojatno i jedni i drugi istodobno.



Slika 6. Godišnji hodovi srednjih mjesečnih i krajnjih vrijednosti slanosti (ppt) u sjeverozapadnom dijelu viškog kanala

Figure 6. The step of year period values of monthly mean and extreme salinity (ppt) in the North Western part of the Viški kanal

Tablica 3. Srednje mjesečne i krajnje vrijednosti slanosti (ppt) u sjeverozapadnom dijelu Viškog kanala

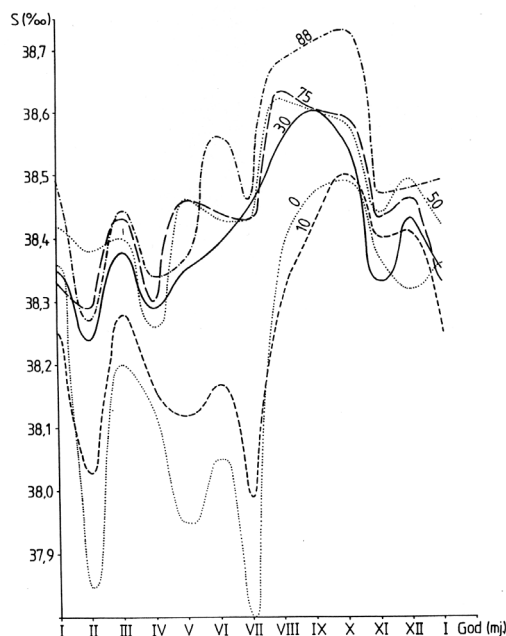
Table 3. The mean monthly and extreme salinity (ppt) values in the North Western part of the Viški kanal

Mjesec	Srednja	Najniža	Najviša
Siječanj	38,421	38,060	38,620
Veljača	38,115	34,140	38,620
Ožujak	38,356	37,540	38,880
Travanj	38,298	37,650	38,920
Svibanj	38,322	34,440	38,770
Lipanj	38,393	37,180	38,950
Srpanj	38,382	36,710	38,990
Kolovoz	38,570	37,750	38,980
Rujan	38,619	37,940	39,040
Listopad	38,634	37,920	39,340
Studen	38,448	37,590	38,840
Prosinac	38,423	37,100	38,889

Izvor: Banka podataka (Hrvatski hidrografski institut)
Source: Data bank (Croatian Hydrographical Institute)

Velike razlike u halinskim vrijednostima uočavaju se na različitim dubinama, osobito u veljači i srpnju (srednji zimski i prvi ljetni mjesec). U siječnju je pridnena slanost najviša, a najniža na 10m dubine. Očigledno, radi se o pojavi ispodpovršinskog minimuma slanosti [1]. Od površinske vrijednosti niža je i na dubinama od 30 i 75m (slika 7). Vrlo je niska površinska slanost u veljači, 37,850ppt. To je za 0,570ppt niže od najviše vrijednosti u

stupcu (50m dubine; [8]). Ta je razlika u ožujku umjerenija, a u srpnju najveća. Najslanija je voda u pridonom sloju, 38,460ppt, a na površini najmanje slana, 37,800ppt. Najviši stupanj halinske izometrije bilježi se u studenome, kad je razlika najviše i najniže vrijednosti tek 0,140ppt.

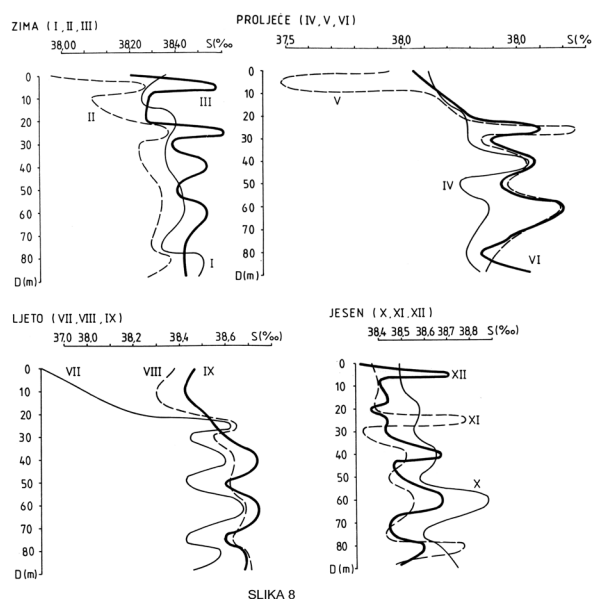


Slika 7. Godišnji hodovi srednjih mjesečnih vrijednosti slanosti (ppt) na karakterističnim dubinama u sjeverozapadnom dijelu Viškog kanala

Figure 7. The step of year period values of monthly mean salinity (ppt) on the characteristic depth in the North Western part of the Vis Channel

Takvo kolebanje halinskih vrijednosti pouzdano prikazuje dinamiku vodenih masa i sezonske promjene u svojstvima strujnog sustava u istraživanom području. Na taj se način pouzdano može odrediti podrijetlo vodenih masa, motreći prostorno šire područje, kao i odrediti stupanj u procesu promjene temeljnih obilježja strujnog sustava, stadij u prelasku konvekcijskog u adveksijsko strujanje i obratno. Također se može odrediti postojanje i intenzitet vrtložnog strujanja.

Srednja zimska halinska vrijednost najviša je u ožujku, a najniža u veljači (slika 8a). Kolebanja pokazuju postojanje intenzivnih konvekcijskih strujanja, kojima se u zimskom razdoblju uspostavlja statička stabilnost u vodenom stupcu. Slanija se površinska voda ohlađuje, zgušnjava se i povećava joj se specifična težina. Tone prema dnu, odnosno do dubine na kojoj je voda istih/približnih vrijednosti specifične težine. Stoga su halinska kolebanja veća u tanjim/debljim površinskim slojevima. Jako povećana kolebanja početkom proljeća, nagovješćuju raslojavanje vodenog stupca (slika 8b). U svibnju se bilježi i vrlo intenzivan ispodpovršinski minimum slanosti. Površinska i vrijednost slanosti na 5m dubine razlikuju se za 0,470ppt [8].



Slika 8. Okomiti raspored srednjih mjesečnih vrijednosti slanosti (ppt) u sjeverozapadnom dijelu Viškog kanala (8a – zima; 8b – proljeće; 8c – ljeto; 8d – jesen)

Figure 8. The vertical distribution values of monthly mean salinity (ppt) in the North Western part of the Viški kanal (8a – winter; 8b – spring; 8c – summer; 8d – autumn)

U ljetnim je mjesecima slanost približna, osim u srpnju, u jako oslađenom površinskom sloju (20m debljine). Ipak, najniže su srpanjske, a najviše rujanske srednje vrijednosti (slika 8c). Međutim, ovakav se kalendarski slijed ne nastavlja i zimi. Srednje halinske vrijednosti u stupcu (osim brojnih poremećaja) najniže su u studenome, a najviše u listopadu (slika 8d). Ovi redoslijedi ne predstavljaju nikakovu zakonitost, budući da ovise o brojnim čimbenicima i utjecajima s otvorenog mora, iz Sredozemlja, pa čak i iz Atlantika. Također su važni klimatski i hidrološki utjecaji, koji se ne mogu predvidjeti, ali rezultiraju izvrsnim podacima za kasnije rasčlambe.

Zimi se konvekcijskim strujanjima uspostavlja statička stabilnost u vodenom stupcu, a u prosincu se bilježi jače oslađenje tankog površinskog sloja (5m; slika 8d). Razlogom mogu biti oborine, ili vjerojatnije, dotok veće količine slatke vode iz šireg područja ušća rijeke Neretve.

3.3. Gustoća Density

U sjeverozapadnom dijelu Viškog kanala, suprotno vrlo ravnomjernom godišnjem hodu srednjih i krajnje visokih SIGMA-t vrijednosti (slika 9), na krivulji koja predstavlja najniže izmjerene vrijednosti opažaju se dva izrazita minimuma, u veljači (25,77; tablica 4) i u srpnju (24,75). Razumljivo, najviše vrijednosti su u siječnju (najniže temperature zraka) i u razdoblju od ožujka do travnja (topljenje snijega i veći slatkovodni dotok hladnije vode). Međutim, usporedi li se krivulja godišnjeg hoda

najnižih izmjerenih vrijednosti s istom na slikama 3 i 6, uočavaju se stanovite podudarnosti. U veljači se izmjerilo/odredilo minimalne vrijednosti svih triju termohalinskih jedinica, a srpanjski halinski minimum utjecao je na veliko razrjeđenje morske vode, pa je u tom mjesecu iznimno niska i vrijednost gustoće.

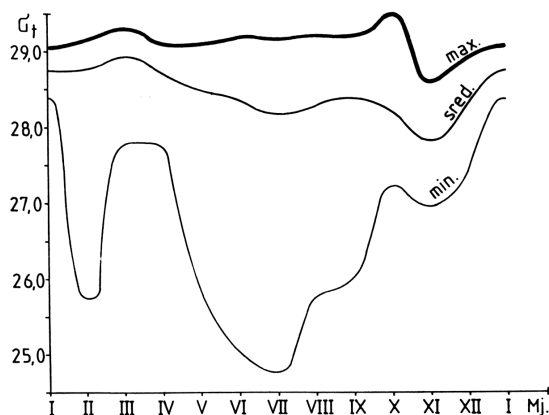
Tablica 4. Srednje mjesečne i krajnje vrijednosti gustoće u sjeverozapadnom dijelu Viškog kanala

Table 4. The mean monthly and extreme density values in the North Western part of the Vis Channel

Mjesec Srednja Najniža Najviša

Siječanj	28,75	28,38	29,05
Veljača	28,77	25,77	29,15
Ožujak	28,87	27,79	29,32
Travanj	28,69	27,77	29,10
Svibanj	28,47	25,82	29,09
Lipanj	28,35	25,01	29,17
Srpanj	28,15	24,75	29,13
Kolovoz	28,25	25,75	29,17
Rujan	28,36	26,01	29,19
Listopad	28,19	26,72	29,47
Studeni	27,82	26,95	28,58
Prosinac	28,27	27,40	28,90

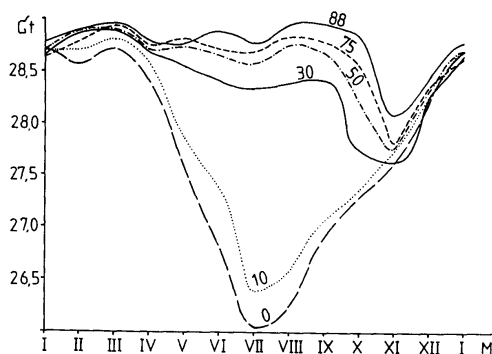
Izvor: Banka podataka (Hrvatski hidrografski institut)
Source: Data bank (Croatian Hydrographical Institute)



Slika 9. Godišnji hodovi srednjih mjesečnih i krajnjih vrijednosti gustoće morske vode u sjeverozapadnom dijelu Viškog kanala

Figure 9. The step of year period values of monthly mean and extreme density of the sea water in the North Western part of the Vis Channel

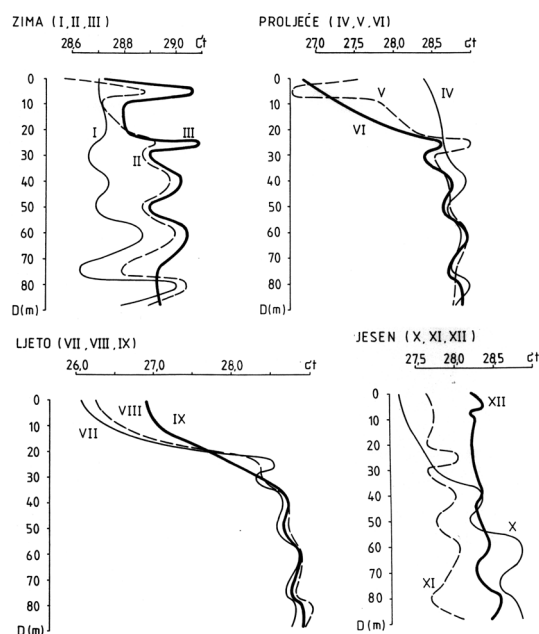
Godišnji hodovi srednjih mjesečnih vrijednosti gustoće morske vode predstavljaju potvrdu iskustvenim spoznajama i rezultatima terenskih istraživanja o prostornoj raspodjeli ove jedinice. Naime, od studenog, kad se u vodenom stupcu počinje uspostavljati izometrijsko stanje (slika 10), koje traje do travnja, razlike u vrijednostima gustoće površinske i pridnene vode nisu velike. Postupno se povećavaju. Najviša je u srpnju, 2,71 [8]. Od svibnja do listopada u vodenom stupcu nema poremećaja, a u drugom su dijelu godine neznatni i kratkotrajni.



Slika 10. Godišnji hodovi srednjih mjesečnih vrijednosti gustoće morske vode na karakterističnim dubinama u sjeverozapadnom dijelu Viškog kanala

Figure 10. The step of year period values of monthly mean density of the sea water on the characteristic depth in the North Western part of the Vis Channel

Zimski okomiti raspored vrijednosti odražava relativno izometrijsko stanje u vodenom stupcu, iako na slici to tako ne izgleda, zbog povećanog mjerila (slika 11). U travnju još vlada približna izometrija. Znatno niže površinske vrijednosti gustoće bilježe se u svibnju, 27,55 i ispodpovršinski minimum, a u lipnju je razlika između površinske i pridnene vrijednosti najveća, 2,06. U sva tri proljetna mjeseca, vrijednosti od 25m dubine do dna su približne. To potvrđuje da raslojavanje u vodenom stupcu tek počinje. Okomiti gradijent ima smjer od dna prema površini.



Slika 11. Okomiti raspored srednjih mjesečnih vrijednosti gustoće morske vode u sjeverozapadnom dijelu Viškog kanala (11a – zima; 11b – proljeće; 11c – ljeto; 11d – jesen)

Figure 11. The vertical distribution values of monthly mean density of the sea water in the North Western part of the Vis Channel (11a – winter; 11b – spring; 11c – summer; 11d – autumn)

Ljetne su piknokline intenzivne, a najmanje intenzivna je u rujnu (slika 11c). Razlike u gustoći od 40m dubine do dna su približne. To je znak za nastupajuću izometriju. Navješćuje ju stanje koje prikazuje krivulja za listopad (slika 11d).

4. Zaključak Conclusion

Tijekom godine srednja temperatura zraka u istraživanom području je oko 5,5 mjeseci viša od temperature površinske morske vode. Srednja godišnja temperatura površinske morske vode je 18,55°C, a zraka 17,8°C. U godišnjem hodu srednjih mjesečnih i krajnjih vrijednosti temperatura morske vode, najviša srednja mjesečna temperatura na standardnim oceanografskim dubinama je u studenome, 18,43°C.

U vodenom se stupcu opažaju povremeni poremećaji u rasporedu termalnih vrijednosti. Na primjer, proljetni poremećaj na 10m dubine, na kojoj je voda toplija od površinske. To je netipično stanje i vjerojatno ga je uvjetovalo naglo ohladnjenje površinskog sloja zbog utjecaja hladnog vjetrova. Dospijeće ove vode advekcijom strujanjem iz nekog drugog područja manje je vjerojatno.

Intenzivni su poremećaji u svibnju, kad se opaža viša temperatura u ispodpovršinskom sloju, jer je površinski sloj ohlađen. Postoji pozitivna površinska termoklina 5m debela. Ispod nje je vrlo intenzivna negativna termoklina do 10m dubine. Blaža je termalna promjena do 20m dubine, a do 25m ponovno velika. U sloju od 25 do 30m dubine zabilježena je slaba pozitivna termoklina.

Odstupanja vrijednosti temperatura od srednjih veća su u studenome u pridnom sloju, gdje se temperatura snižuje s 19,94 (80m dubine) na 17,41°C. Okomiti termalni gradijent je 0,30°C/m. To je prijelazno razdoblje i u stupcu vlada visok stupanj termalne nestabilnosti. Takovo se stanje može držati tipičnim.

U godišnjem hodu srednjih mjesečnih i najviših vrijednosti slanosti, ne opažaju se znatnija kolebanja. Najniža vrijednost izmjerena je u veljači, 34,140ppt. To je krajnji halinski minimum i mogli su ga prouzročiti samo krajnji klimatski ili hidrološki utjecaji. Vjerojatno i jedni i drugi istodobno.

Velike razlike u halinskim vrijednostima uočavaju se na različitim dubinama, osobito u veljači i srpnju. U ovim mjesecima bilježi se pojavu ispodpovršinskog minimuma

slanosti. Također i u svibnju, kada je pojava osobito intenzivna. Površinska i vrijednost slanosti na 5m dubine razlikuju se za čak 0,470ppt.

Utjecaj temperature i slanosti morske vode na SIGMA-t vrijednosti, najbolje se uočava usporedbom podataka u pojedinim mjesecima. Tako se krajnje niske vrijednosti gustoće bilježi u mjesecima kad su termalne i halinske vrijednosti krajnje niske. Slično je i u vrijeme kad prevladavaju krajnje visoke.

Literatura/Bibliography

- [1] Bičanić, Z.: Prilog poznavanju nekih oceanografskih i hidrografskih obilježja Vranskog jezera i jugozapadnog priobalnog područja Cresa (Hidrografski premjer Vranskog jezera), *Acta Geographica Croatica*, Vol. 29., Zagreb, 1994., 57-64.
- [2] Bičanić, Z.: Ispodpovršinski minimum slanosti, *Hrvatski geografski glasnik*, br. 60, Zagreb, 1999., 123-134.
- [3] Buljan, M. i M. Zore-Armanda: Osnovi oceanografije i pomorske meteorologije, *Institut za oceanografiju i ribarstvo*, Split, 1971., 70-74, 142-144, 147-156, 165-174, 189-390.
- [4] Grbec, B. et al.: Interannual salinity fluctuations in the middle Adriatic Sea, *Rapp. Comm. Int. Mer. Medit.*, 35, 148, 149.
- [5] Leder, N. et al.: The role of physical oceanography research in the process of marine environmental Assessment – Example of Cavtat, *Periodicum Biologorum*, 102, Supplement 1, 107-113.
- [6] Muralikrishna, T. V. & R. Devanathan: Circulation and salinity distribution in coastal inlets, *Coastal engineering*, 2 (2), Madras, India, 1978., 119-131.
- [7] Orlić, M. et al.: Physical properties and currents recorded during September and October 1998 in the Velebit Channel (East Adriatic), *Periodicum Biologorum*, 102, Supplement 1, 31-37.
- [8] Požar-Domac, A. et al.: The Silba Marine Park – preliminary research of the main characteristics of the area establishment of specially protected area, and marine park managing organisation, *Periodicum Biologorum*, 100, 7-18.
- [9] Smirčić, A. et al.: Circulation in the channel area along the eastern coast of the Middle Adriatic (Pašmanski kanal and Zadarski kanal), *Workshop on Mediterranean Sea – Circulation, Strait Exchange and Dense Water Formation Processes*, Trieste, 1995.
- [10] Vilibić, I. et al.: Turbulentni procesi i downwelling u obalnom području grada Splita, *Znanstveni skup Andrija Mohorovičić*, Zagreb, 1998.
- [11] Zore-Armanda, M.: On gradient currents in the Adriatic sea, *Acta Adriatica*, 8/5, Split, 1956.
- [12] Banka podataka Hrvatskog hidrografskog instituta (HHI), Split.
- [13] Batimetrijska karta, B100, mjerilo 1:1000000, *Republički hidrografski institut*, Split, 1992.
- [14] Tables for rapid computation of density and electrical conductivity of sea water, *U.S. Navy hydrographic office*, Washington, 1956.

Rukopis primljen: 7.11.2002.