

PRILOG OCEANOLOGIJI OTVORENIH VODA CRNOGORSKOG PRIMORJA

Ante ŠKRIVANIĆ¹⁾ i Zoran VUČAK²⁾

I z v o d

Oceanologija otvorenih voda crnogorskog primorja razmatrana je kroz nekoliko sezonskih krstarenja domaćih i stranih ekspedicija: jugoslavenske, sa i/b »Andrija Mohorovičić« (1974-76. i 1980. god.), američke, sa i/b »Atlantis« (1962. god.) te albanskih, sa i/b »Saranda« (1963. god.) i »Patos« (1964. god.).

Utvrđene su dvije različite oceanološke situacije:

— zimska, tokom koje prevladavaju dinamički procesi međubazenske izmjene na relaciji Jadran — Jonsko more,

— ljetna, obilježena slatkovodnim nanosima različitog intenziteta rijeke Bojane i susjednih albanskih rijeka.

Sa gledišta bilo korištenja odnosno zaštite voda istraživanog područja, od naročito je interesa proljetno-ljetna situacija nastala maksimalnim protokom rijeka u tom razdoblju (1963. i 1964. god.). Ona se odražava kroz specifične dinamične odnose područja, strukturu vodenog stupca, vrijednosti oceanoloških parametara uključivo i zagađujuće učinke koji mogu biti popratna pojava ovoj situaciji.

A b s t r a c t

A CONTRIBUTION TO OCEANOLOGY OFFSHORE WATERS OF THE MONTENEGRO COAST

By comparing performed seasonal oceanographic cruises: Yugoslav, with R/V »Andrija Mohorovičić« (1974-76 and 1980), American, with R/V »Atlantis« (1962) and Albanian, with R/V »Saranda« (1963) and »Patos« (1964) a contribution to oceanology of offshore waters of Montenegro coast is given.

Two different seasonal situations are identified:

— the winter one, dominated by processes of interbasin exchange between the Adriatic and the Ionian,

¹⁾ Institut »Ruđer Bošković« — Centar za istraživanje mora, Zagreb.

²⁾ Hidrografska institut JRM, Split.

— the spring-summer one, characterised by fresh water outflow with capacity dependent of hydrological regime maximum of neighbor rivers (Bojana and some albanian).

In exploitatation and protection of investigated area more attention should be paid to the spring-summer situation due to specific dynamic relation in the area reflected on structure of the water collumn and great possibilities of contamination too.

UVOD

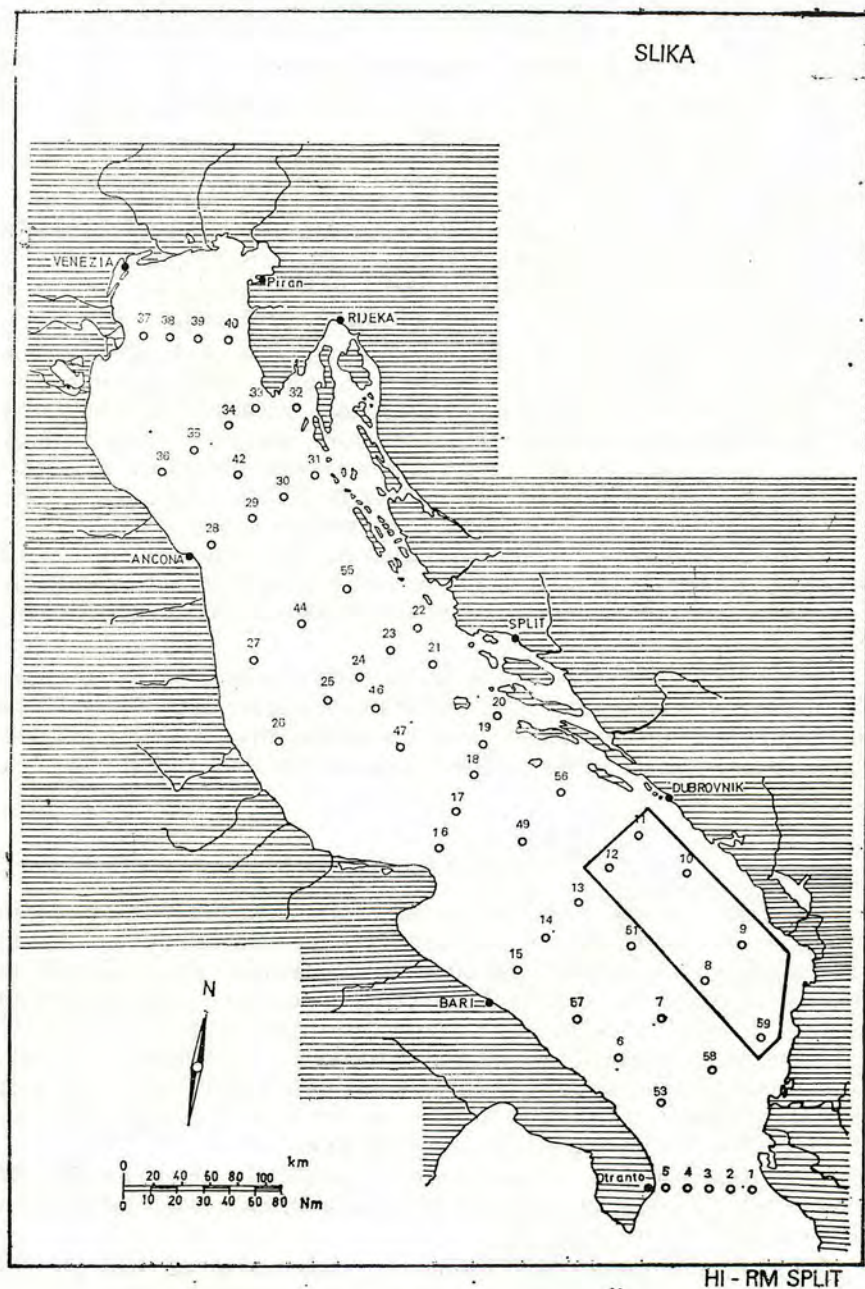
Područje istraživanja ograničavaju sa sjeverne strane pliće vode jadranskog obalnog područja (od Oštrog rta na ulazu u Bokotorski zaliv do ušća Bojane) dok je prema jugu ono omeđeno strmim podmorskim kontinentalnim slazom što se spušta prema abisalu južnojadranske kotline do oko 30 M udaljenosti od obalne zone prema pučini.

Složena geološka građa kontinentalnog zaleđa crnogorskog primorja (zona Velekrša, Cukali zona) izražena serijom izoklinalno poleglih bora s tendencom navlačenja, vrlo vjerojatno utječe na hidrološki režim naših (Bojana) i susjednih albanskih rijeka. Sa primarnim godišnjim vodenim maksimumom u jeseni a sekundarnim u proljeću, rijeke tog područja imaju obilježja kako fluvijalnog tako i nivalnog riječnog režima. Ovo se odražava, kako ćemo iz kasnijih izlaganja razabrati, na proljetno-ljetnu oceanološku situaciju ovog područja.

Za oceanologiju otvorenih voda crnogorskog primorja značajna je spoznaja da se te vode nalaze u zoni aktivne interbazenske izmjene vodenih tijela Jadranskog i Jonskog mora. Za navedenu izmjenu prevladava mišljenje da je potstaknuta jako izraženim dinamičkim učincima u atmosferi iskazanim kroz baričke poremećaje te povremene frontalne ciklonalne prodore.

Kako bi se dobila što vjerodostojnija tumačenja oceanološkim pojavama ovog područja, u radu su korišteni domaći i strani podaci. Od domaćih istakli bi obavljena trasjadranska krstarenja i/b »Andrija Mohorovičić« Hidrografskog instituta JRM u Splitu (1974-76. i 1980. godine) sa 9 postaja smještenih na samom istraživanom području odnosno u njegovoj blizini.

Od stranih podataka naveli bi one sa mediteranskog krstarenja američkog i/b »Atlantis« obavljenog u februaru 1962. godine a na kojem je sudjelovao i prvi koautor ovog rada. Značajan doprinos boljem poznavanju ovog područja pružili su kratki sadržaji radova albanskih ekspediciija i/b »Saranda« (juli-august 1963) te i/b »Patos« (maj-juni 1964) obuhvativši istraživano područje sa više desetaka postaja za vrijeme proljetno-ljetnog sezonskog razdoblja.



Sl. 1. Istraživano područje sa oceanološkim postajama
 Fig. 1. The investigated area with oceanological stations

Istraživani su slijedeći oceanološki parametri:

- hidrometeorološki,
- dinamički (mjerjenje struja)
- fizički i kemijski

tokom nekoliko zimskih i ljetnih sezonskih razdoblja.

Hidrometeorološka opažanja i mjerenja obavljena su na većini gore navedenih krstarenja na svakoj oceanografskoj postaji a također i u sinoptičkim terminima za vrijeme krstarenja po metodama koje je preporučila svjetska meteorološka organizacija.

Praćenje fizikalnih i kemijskih parametara obuhvatilo je termohaline vrijednosti (T, Sal i gustoću morske vode), njenu prozirnost, pH, specifični alkalinitet, prozračnost izraženu postotcima kisika te koncentraciju hranjivih soli fosfora, dušika i silicija. Metodologija mjerenja i obrade hidrometeoroloških, fizičkih i kemijskih podataka namjerno je ispuštena budući je detaljno opisana u radu: Z. Vučak, A. Škrivanić i J. Štirn — »Andrija Mohorovičić«, Izvještaj i rezultati oceanografskih istraživanja. Sva mjerenja i analize obavljala su se na istraživačkom brodu i njegovim laboratorijama za vrijeme krstarenja savremenim analitičkim metodikama i instrumentacijom.

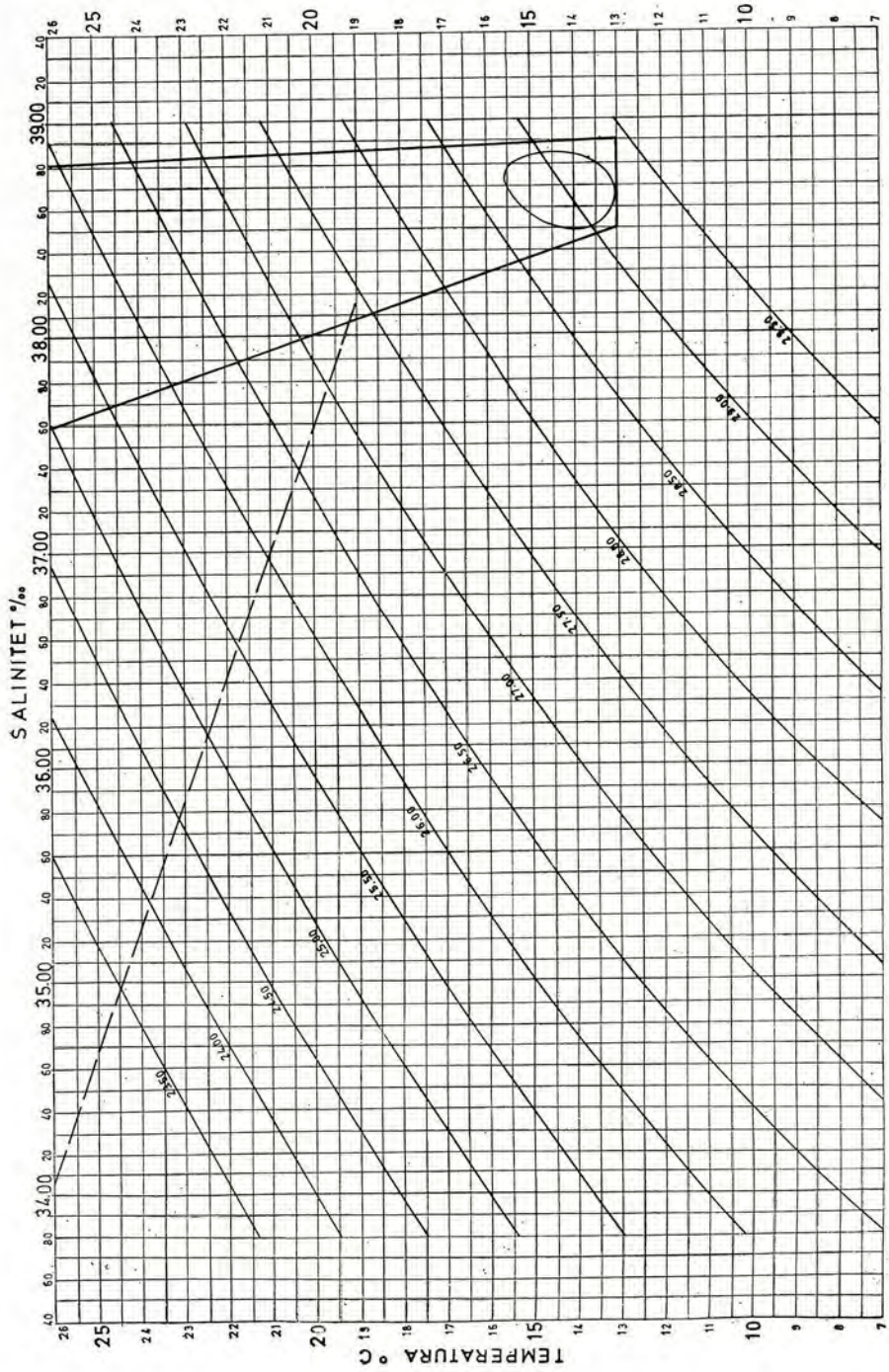
Mjerenje struja obavljeno je pomoću autonomnih strujomjernih stanica mehaničkim registrirajućim strujamjerima BPV-2r model Aleksejeva te fotoelektričnim strujomjerima tipa »Mecabolier« s intervalom registriranja brzine i smjera svakih 5 minuta u trajanju od 24 sata.

REZULTATI I DISKUSIJA

Tokom *zimskog razdoblja* na području otvorenih voda crnogorskog primorja stalno su se ukrštavali izvanmorski lokalni (atmosferski i kopneni) utjecaji sa regionalnim (morskim). Prevladavali su vjetrovi iz NE i SE smjera (bura i jugo) ponekad orkanske jačine što dižu valove do visine od 7 metara (usmeno saopćenje T. Smirčić). Područnu naoblaku omeđuju izonefe sa vrijednostima od oko 5.0-6.0, područnu vlažnost izohigre od 65-75% dok višegodišnje mjesečne vrijednosti za oborine za Herceg-Novi iznašaju 247-311 mm, za Bar 135-218 mm, za Ulcinj 124-188 mm.

Strujna pretežno ulazno-izlazna a ponekad i transverzalna dinamika bila je izražena srednjim brzinama struja raznih smjerova u rasponu od 0.4-1.0 čv.

Upliv zaslanjene vode iz Jonskog mora na istraživano područje bilo je izrazito. Pod njenim utjecajem se formira teška južnojadranska voda obilježena uskim rasponom gradijenata a prikazanim uskim područnim vrijednostima označenim krugom na TS-digramu.



T-S DIJAGRAM

Sl. 2. T-S-dijagram za postaje otvorenih voda crnogorskog primorja
 Fig. 2. T-S-diagram for the offshore stations along the Montenegr coast

Ovakovim odnosima doprinášaju jaka konvektivna zimska mješanja, povećana zimska evaporacija uzrokovana jakim vjetrovima te aktivna termohalina cirkulacija. Struktura vodenog stupca u ovom razdoblju bila je obilježena izotermnim, izohalnim i izopiknim odnosima iako se javljaju i lokalna odstupanja zbog kopnenih utjecaja. Termohaline vrijednosti zimskog razdoblja bile su obilježene slijedećim vrijednostima: $T^{\circ}\text{C} = 13.3-15.5$, $\text{Sal}\% = 38.4-38.8$, $\text{gustoća} = 28.7-29.3$.

Prozirnost i boja tokom raznih godina ove sezone i u raznim dijelovima istraživanog područja pokazivale su različite vrijednosti. U martu 1975. godine istočni dijelovi imali su najveću područnu prozirnost koju je pratio najniži stupanj boje Forelove ljestvice (24 m/III) dok je u 1976. godini slična situacija izražena na zapadnom području (22 m/III-IV). Izoplete visoke podzasićenosti (95-97% O_2) bile su prisutne pretežno u površinskim razinama vodenog stupca ukazujući na dobru prozračnost tih razina kao posljedicu aktivne interakcije mora i atmosfere. Porastom dubine stupanj prozračnosti se smanjuje do vrijednosti osrednje podzasićenosti (oko 90%).

Vrijednosti specifičnog alkaliniteta kretale su se u rasponu od 0.115-0.120 sa laganim porastom vrijednosti prema istočnim područnim dijelovima, najvjerojatnije zbog upliva slatkih voda.

Koncentracije hranjivih soli u raznim godinama ovog sezonskog razdoblja obilježene su niskim vrijednostima: Tako reaktivni fosfor ($\text{PO}_4\text{-P}$) gotovo je redovito zastupan u »tragovima« (oko 0.05 ug-at/l, ukupni fosfor (tot P) u rasponu od 0.2-0.3 ug-at/l, nitratni dušik ($\text{NO}_3\text{-N}$) bio je zastupan koncentracijskim vrijednostima od 0.5-3.0 ug-at/l dok je onaj amonijačni dolazio od 0.2-1.0 ug-at/l. Silikati su bili zastupani vrijednostima od 1.5-4.0 ug-at/l. Obzirom na vrlo jaku sezonsku dinamiku istraživanog područja, teško je interpretirati porijeklo ovih soli u smislu njihove autohtonosti odnosno alohtonosti.

U *ljetnom razdoblju* promjena atmosferskih i dinamičkih prilika odražava se na oceanološku situaciju ovog područja. Sada prevladavaju vjetrovi iz III i IV kvadranta, advektivna gibanja su češća od konvektivnih a pojačana insolacija uzrokuje raslojavanje vodenog stupca. Sezonska naoblaka ograničena je bila izonefama od 1.3-2.5, sezonska vlažnost izohigrama 60-70% a višegodišnje mjesečne vrijednosti za oborine za područje Herceg-Novi iznašaju 38-65 mm, za Bar 34-46 mm te Ulcinj 26-32.

Generalni tok struja bio je pretežno izlazan, ponekad ciklonalno kružan sa raznim brzinama u pojedinim nivoima ali najčešće je prevladavala najveća brzina na površini (oko 0.85 čv).

Na termohalinu situaciju i strukturu vodenog stupca imali su znatnog udjela i lokalni utjecaji iako jasno izražena sezonska termoklina, haloklina i piknoklina daju glavno obilježje ovom razdoblju. One se formiraju u površinskih tridesetak metara dubine sa raspo-

nom termohalinih vrijednosti koji je bitno ovisan o hidrološkom režimu rijeka što gravitiraju istraživanom području: Kada je fluvijalni režim tih rijeka imao svoj protočni maksimum u jeseni, raspon ljetnih salinitetnih vrijednosti bio je znatno manji (oko 37.6-38.8‰) nego što je to bio slučaj pojavom sekundarnog protočnog maksimuma u proljetno-ljetnom razdoblju (oko 34.0-38.8‰). Naravno da su postale istočnog dijela istraživanog područja zbog neposrednijeg utjecaja navedenih učinaka bile izložene i znatnijim promjenama. Naprotiv tome, dublje i pridnene razine svih postaja istraživanog područja zadržavale su uglavnom slična termohalina obilježja navedena u zimskom razdoblju. (Vidi sl. 2. TS diagram, vrijednosti područja ograničenog cijelom linijom obilježavaju primarni jesenski hidrološki režim rijeka dok su sa isprekidanom linijom ograničene područne termohaline vrijednosti sekundarnog proljetno-ljetnog hidrološkog maksimuma).

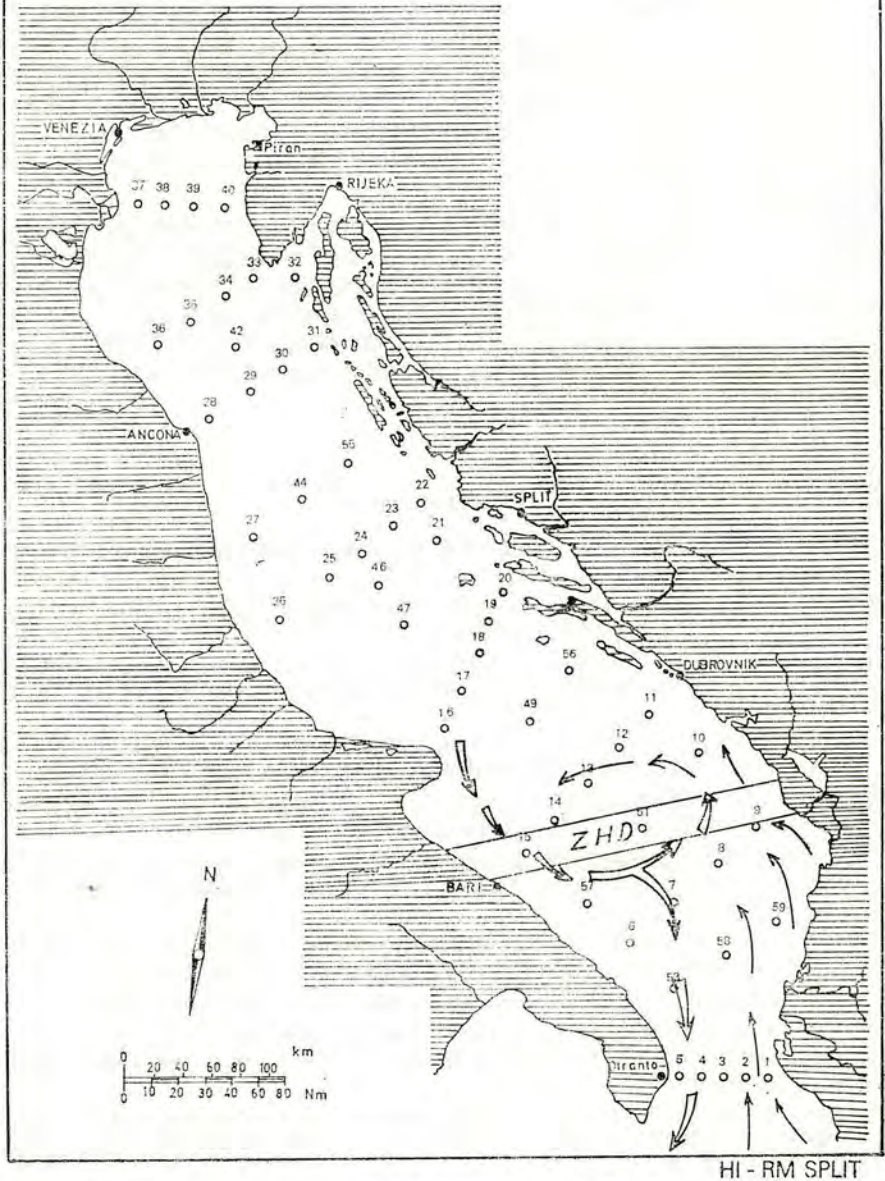
Prema rezultatima istraživanja albanskih ekspedicija u proljetno-ljetnom razdoblju 1963. i 1964. godine koincidirao je hidrološki protočni maksimum rijeka crnogorsko-albanskog primorja sa onim obala Puglie, nasuprotne talijanske obale, premostivši u transverzalnog smjeru slatkovodnim dotocima cijelo područje južnog Jadrana. Transverzalne struje, koje su na ovom području više puta utvrđene, najvjerojatnije su potstakle formiranje »zone hidrološkog diskontinuiteta« (ZHD) na ovom području.

Osim nekoliko prikaza termohaline strukture na tom profilnom području, nažalost nikakvih detaljnijih bilo dinamičkih bilo kemijskih podataka za ovakovu hidrološku situaciju nemamo.

Za vrijeme ljetnog (julskog) krstarenja i/b »Andrija Mohorovičić« utvrđena situacija imala je sva obilježja hidrološkog maksimuma koji će nadoći u jesen. To se je moglo zaključiti na osnovu manjeg raspona termohalinih vrijednosti kao i ne izražajnijih razlika u oceanološkim istraživanim parametrima istočnog i zapadnog područja otvorenih voda. Vrijednosti specifičnog alkaliniteta kretale su se oko 0.122. Značajne su pojave prezasićenja na kisiku (oko 112%) zbog biološke aktivnosti fitoplanktona. Ispod eufotičkog sloja u većim dubinama a naročito onim pridnenim zbog reduciranih konvektivnih gibanja kao i slojne izoliranosti, javljaju se niža podzasićenja (oko 80% zasićenosti na kisiku).

Prozirnost nije pretrpila neke značajnije promjene osim što je jače izražena na zapadnom nego istočnom dijelu područja (26 m i 23 m) te stupanj boje Forelove ljestvice II-III za cijelo područje.

Koncentracije hranjivih soli u ovom razdoblju nisu pokazale značajnija odstupanja i razlike od onih navedenih u zimskom razdoblju što najvjerojatnije nebi bio slučaj za situaciju proljetno-ljetnog hidrološkog maksimuma. Fosfor (reaktivni i ukupni) jače je izražen prema dnu dok je amonijak sada jače izražen na površini ali u manjim koncentracijama (oko 0.5 ug-at/l). Skloni smo uvjerenju da je porijeklo ovih soli pretežno lokalno — autohtono.



Sl. 3. Shematski prikaz »zone hidrološkog diskontinuiteta« (ZHD)
 Fig. 3. Schematic map of »zone of hydrological discontinuity« (ZHD)

Na oceanologiju otvorenih voda crnogorskog primorja bitno utječu hidrometeorološke i dinamičke sezonske prilike šireg područja istraživane oblasti.

Za vrijeme zimskog razdoblja, prevladavajući utjecaj ima jaka interbazenska dinamika na relaciji Jadran — Jonsko more (Mediteran) dok kroz ljetno razdoblje, u ovisnosti od hidrološkog režima susjednih rijeka, taj se utjecaj ograničava na jače odnosno slabije izlive slatkovodnih nanosa te njihovo mješanje sa morskom vodom — uglavnom lokalne prirode.

Oba razdoblja imaju značajnu ulogu u cjelogodišnjem ciklusu oceanoloških promjena istraživanih voda. Za njihovu eksploataciju kao i zaštitu, naročitu pažnju treba obratiti ljetnoj sezonskoj situaciji sa hidrološkim protočnim maksimumom u proljeću — ljetu, jer se njome značajno mijenja kako fizički tako kemijski i biološki kvalitet istraživanih voda obzirom i na mogućnost donosa njima zagađujućih tvari.

BIBLIOGRAFIJA

- Bešić, Z. (1959): Geološki vodič kroz NR Cnu Goru. Geološko društvo NR Crne Gore, Titograd.
- Brozinčević, K. i suradnici (1959): Meteorološki Atlas Jadranskog mora. Hidrografski institut JRM, Split.
- Lacombe, H. et P. Tchernia (1971): Caractères, hydrologiques et circulation de eaux en Méditerranée. In: The Mediterranean Sea 25-36. Ed. B. Stanley.
- Müller, A. R., P. Tchernia et al. (1970): Mediterranean Sea Atlas. The Woods Hole Oceanographic Institution atlas series 3, p. 190.
- Nožina, I. i Z. Vučak (1976): Preliminarna oceanografska studija za Crnogorsko primorje. Fond dokumentacije HIRM, Split.
- Pano, N. (1965): Expéditions scientifiques Albanaises »Saranda« et »Patos« dans les Mers Adriatique et Ionienne — resumée. Etudes Hydrometeorologiques, 4, Tirane.
- Škrivanić, A. and Z. Vučak (1981): Zones of hydrological discontinuity in the Adriatic Sea, perspective and protection. Rovinj (in press).
- Tešić, M. (1968): Vojno-pomorska geografija. Vojna štamparija, Split.
- Vučak, Z. and A. Škrivanić (1979): Interdependence of chemical and dynamical conditions in the area of Otranto Strait. Rapp. Proc. Verb. CIESM 25/26, 9, 105-109.
- Vučak, Z. and A. Škrivanić (1981): Results of the Oceanographical transadriatic January 1980 cruise of the R/V »Andrija Mohorovičić«. Rapp. Comm. int. Médit., 27, 9.
- Vučak, Z., A. Škrivanić i J. Štirn (1982): »Andrija Mohorovičić« 1974-1976, Izvještaj i rezultati istraživanja Jadranskog mora, Osnovni fizički, kemijski i biološki podaci.

A CONTRIBUTION TO OCEANOLOGY OF OFFSHORE WATERS OF THE MONTENEGRO COAST

Ante ŠKRIVANIĆ & Zoran VUČAK

S u m m a r y

Some more recent oceanological researches of the Adriatic and the Ionian Sea as well as the Otranto Strait, performed by american, albanian and yugoslave scientists, have better explained the hydrological relations of offshore waters of the Montenegro coast.

The results of this paper are prevalently based on data of 6 permanent oceanographical stations, located from 15 to 30 Nm offshore of the Montenegro coast and visited during seasonal cruises of R/V »Andrija Mohorovičić« (1974-76 and 1980). They comprise hydrometeorological, dynamical (sea-current measurements), physical and chemical oceanographycal parameters. *All investigations were carried out seasonally, by modern methodology and instrumentation on vessel laboratories, with possibilities to compare the results with any other world ocean region.

Two opposite oceanological aspects of offshore Montenegro waters are shown: The summer and winter one, the mechanisms and exchange dynamics of water bodies, differences between the north and the south part of basins, their thermohalimic characteristics, transparency, oxygenation, specific alkalinity and also concentration of nutrients (phosphorus, nitrogen and silica).

The greatest part of established seasonal changes corresponds to intrabasin dynamics and the volume of intrabasin exchange between the Adriatic and the Ionian basin as well as to the interaction of river and sea waters of Montenegro and Albanian coast with saline water of the South Adriatic basin.

The possibility of exploitation and protection of offshore waters of the Montenegro coast should be formed in the context of supranamed facts.