

Geol. vjesnik	30,	685—696	Zagreb, 1978
---------------	-----	---------	--------------

551.46(091)(497.1)

Razvoj marinske geologije u SR Hrvatskoj od 1951—1976. god.

Slobodan ALFIREVIĆ

Institut za oceanografiju i ribarstvo, P. p. 114, YU—58001 Split

PROBLEMATIKA MARINSKO-GEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA U JADRANU

Začetak marinsko-geoloških istraživanja Jadrana datira iz druge polovice XIX stoljeća kada su strani istraživači vršili premjeravanja jadranskih dubina, da bi se na početku XX stoljeća počela poklanjati veća pažnja ispitivanju jadranskih sedimenata u raznim priobalnim područjima Jadrana, dok je upoznavanje geoloških svojstava morskog dna bilo tek djelomično zahvaćeno.

Sistematska marinsko-geološka istraživanja Jadrana započinju istom 1950. godine kada je pri Institutu za oceanografiju i ribarstvo u Splitu formiran Laboratorij za geologiju mora. Time su stvoreni uvjeti, u okviru kompleksnih oceanografskih i ribarstveno-bioloških istraživanja Jadrana, da se pristupi upoznavanju geoloških svojstava Jadranskog mora ispitivanjem reljefa i geološkog sastava morskog dna u odnosu na tipove, teksturu, porijeklo i genezu, te rasprostranjenje jadranskih sedimenata.

U razdoblju od proteklih 25 godina, pored Instituta za oceanografiju i ribarstvo u Splitu, u istraživanju marinsko-geoloških svojstava Jadranskog basena sudjeluju Hidrografski institut Ratne mornarice u Splitu, Institut za geološka istraživanja SR Hrvatske iz Zagreba, Industroprojekt (ranije Institut za naftu) iz Zagreba, INA-Naftaplin iz Zagreba, kao i suradnici iz raznih drugih institucija u zemlji.

Veliki doprinos poznavanju geoloških svojstava morskog dna Jadranskog mora dale su jugoslavenske ekspedicije koje su u proteklom razdoblju krstarile Jadranom. Prvu sliku o geološkim karakteristikama morskog dna otvorenog Jadrana pružila je ribarstveno-biološka ekspedicija »Hvar« Instituta za oceanografiju i ribarstvo u Splitu. U toku rada ove ekspedicije na 167 postaja bilo je spušteno Petersenovo grabilo za uzimanje uzoraka marinskih sedimenata, te je na osnovi izvršenih ispitivanja dat pregled površinskih taloga sjevernog, srednjeg i južnog Jadrana u njegovom otvorenom dijelu do izobate od 400 metara dubine. Druga po redu veoma značajna ekspedicije bila je izvršena u toku 1956—1957. godine, za vrijeme Međunarodne geofizičke godine, brodovima Ratne mornarice »Miner« i »Spasilac«, kojom prilikom su, korištenjem Ekmanove sonde, vršena ispitivanja vertikalne građe marinskih sedimenata u Jabučkoj

kotlini, južnojadranskoj kotlini i Otrantskom pragu. Sedimentološka istraživanja su vršena istraživačkim brodom m/b »Bios« Instituta za oceanografiju i ribarstvo u Splitu na području jadranskog slaza, u batijalnoj regiji Jadrana; 1961. godine, do izobate od 1.200 metara, dok su kasnije, redovitim terminskim krstarenjima vršena geološka istraživanja kanal-skog područja i otvorenog Jadrana brodovima »Predvodnik« i »Bios« Instituta za oceanografiju i ribarstvo u Splitu, »Andrija Mohorovičić« Hidrografskog instituta Ratne mornarice u Splitu, te specijalna marinsko-seizmička istraživanja brodovima »Vez« i »Junak«, kao i eksperimentalna bušenja jadranskog podmorja sa platforme u okviru programa istraživanja poduzeća INA-Naftaplin iz Zagreba.

Zahvaljujući sabranom geološkom materijalu ovih ekspedicija, kao i sabiranju geoloških uzoraka na znanstvenim krstarenjima koje provodi Institut za oceanografiju i ribarstvo u Splitu, omogućeno je istraživanje površinskih i vertikalnih uzoraka jadranskih sedimenata u svim dijelovima jadranskog bazena.

Dosadašnja istraživanja morskog dna provedena su primjenom različitih metoda u terenskim i laboratorijskim istražnim radovima, kao što su: upotreba terestričke, astronomske i u najnovije vrijeme satelitske navigacije, te korištenje radio-lokacijskog sistema Toran za određivanje lokacija pri geološkom kartiranju, primjena elektronskih uređaja za ehografsko snimanje reljefa morskog dna i studij morfologije jadranskog basena — ultrazvučnih detektora, bijelo-crtnih (»white line«) registratora, te uređaja s različitim frekvencijama za simultano snimanje sedimentnih naslaga različite konsistencije, upotreba geoloških alata — grabila i geoloških cijevi — za površinsko i vertikalno uzorkovanje marinskih sedimenata, upotreba opreme za magnetometrijska, gravimetrijska i seizmička istraživanja i profiliranja na jadranskom prostoru u zoni Vanjskih Dinarida, upotreba bušaćih garnitura za duboko istražno bušenje jadranskog podmorja, primjena metoda sedimentacije za utvrđivanje fizikalne klasifikacije sedimenata, separacija lakih i teških minerala upotrebom »teških tekućina«, primjena volumetrijske metode za određivanje karbonatnih taloga, upotreba »mamut-sisaljke« i podvodnog eksploziva za uzorkovanje podvodnih matičnih stijena, primjena metode podvodnog izviđanja pomoću ekipe autonomnih ronilaca, primjena podvodne fotografije, korištenje podvodne televizijske kamere, praćenje cirkulacije podzemnih voda u morskome prostoru pomoću fluoresceina i biljnih spora, kao i ostalih terensko-laboratorijskih metoda uz primjenu kompjuterske tehnike za obradu podataka i postignutih rezultata.

U okviru istraživanja morskog dna u Jadranu, u proteklom razdoblju od 1950. do 1976, obuhvaćen je čitav niz znanstvenih problema iz oblasti marinske geologije fundamentalnog karaktera s morfološkog, sedimentološkog, mineralološkog, geokemijskog, naftno-geološkog, geotektonsko-stratigrafskog, hidrogeološkog, paleogeografskog, mikrofaunističkog i bioekološkog aspekta. Marinsko-geološka istraživanja primijenjenog karaktera imala su direktnu primjenu u elektroprivredi, vodoprivredi, ribarstvenoj privredi, te u prospekiji fosilnih goriva, odnosno utvrđivanju naftoplino-nosnih basena u jadranskom podmorju cirkumjadranske oblasti za potrebe industrije nafte.

Provedena istraživanja odnosila su se na: morfološke karakteristike jadranskog reljefa, geološko kartiranje pojedinih područja morskog dna, geološku obradu sedimenata kanalskog područja i otvorenog dijela Jadrana, ispitivanje mehaničkog i mineralnog sastava sedimenata, njihovog porijekla i rasprostranjenja, geokemijski aspekt sedimentacije, strukturalno-tektonsku rajonizaciju i tektonske odnose u vertikalnoj građi jadranskog podmorja, izučavanje morfogeneze podmorskih vrela i njihovo inventariziranje, studij cirkulacije podzemnih voda u priobalnom području krša, utjecaj raznih faktora na formiranje sedimentnog pokrova u Jadranu, utvrđivanje abrazionih i akumulacionih terasa i proučavanje paleoreljefa jadranskog kopna, ispitivanje biogenih komponenata u hemipelagičkim sedimentima batijalne regije Jadrana, studij alternirajuće pojave mikrofaune u talozima pod utjecajem raznih faktora, izučavanje rasprostranjenosti foraminifera i ostrakoda u sedimentima jadranskog basena, te ispitivanje sedimentoloških osobina podloga raznih biocenoza.

PREGLED REZULTATA MARINSKO-GEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA U JADRANU

1. — Morfološko istraživanje reljefa morskog dna

Geološki razvitak Jadrana i njegovo recentno oblikovanje imalo je svog nužnog odraza i na podmorski reljef jadranskog bazena čije morfološke osobitosti dijele Jadransko more na dva izrazito različita bazena. Sjeverozapadni bazen je plići, dok je jugoistočni znatno dublji. Međusobno ih odvaja podmorska uzvisina, ili tzv. »Palagruški prag«, koji se proteže od Monte Gargana preko Tremita i Palagruža do Lastova, Mljeta i dalmatinskog kopna.

Reljef dna Jadranskog mora bio je do nedavno slabo ispitan, s obzirom da se nije mogla na osnovi oskudnih batimetrijskih podataka dobiti slika o plastici i morfološkim osobitostima jadranskog dna.

Na osnovi postojećih podataka i novijih istraživanja morfologije jadranskog bazena, utvrđeno je da u jadranskom podmorskom reljefu nalazimo samo tri podmorske topografske stepenice: *žal*, *šelf* i *slaz*. Područje dubokog ili abisalnog morskog dna ne nalazimo u konfiguraciji jadranskog bazena, s obzirom da je maksimalna dubina Jadrana 1.223 metra i ulazi u područje kontinentalne padine ili slaza.

Posebno područje u istraživanju reljefa morskog dna u Jadranu predstavlja *konfiguracija jadranskih kanala*. Na osnovi novijih istraživanja konfiguracije jadranskih kanala, koje primjenom ultrazvučne detekcije provodi Institut za oceanografiju i ribarstvo u Splitu, došlo se do vrlo korisnih podataka o morfologiji kanalskog područja na jadranskom šelfu. Tako su istraživanja morfologije jadranskih kanala pokazala da reljef morskog dna kanalskog područja ispoljava dvije ekstremne morfološke osobitosti. Većina kanala odgovara vrlo pravilnim potopljenim koritastim udolinama, dok manji broj kanala pokazuje u svojoj morfološkoj strukturi nepravilnu konfiguraciju s nizom podmorskih klifova i grebena.

Rezultati ispitivanja morfologije jadranskih kanala primjenom ultrazvučne energije potvrdili su morfološku vezu otočnog pojasa na Jadranu s njegovim zaleđem. Jadranski kanali tvore, s obzirom na stratigrafske (kreda i eocen) i paleontološke elemente (diluvijalne koštane breče), u geološkom smislu jednu cjelinu.

Mareografskom metodom, koja pruža veoma pouzdane podatke o pozitivnom pomicanju obalne linije, odnosno srednje razine mora, pomoću instrumenata može se utvrditi brzina spuštanja istočne obale Jadrana. Po nekim autorima ova brzina iznosi 2,5 mm godišnje. Upravo su istraživanja morfološke građe ovih kanala utvrdila da su morfološke nepravilnosti, predstavljene uzvišenjima u ovim područjima fosilnog diluvijalnog reljefa u Jadranu, znak relativno brzog spuštanja kopna, odnosno marine transgresije. Na taj način abrazioni procesi nisu imali učinka na spomenute oblike paleoreljefa u jadranskom bazenu.

Ehografskim snimanjem utvrđeno je i niz brakova u jadranskim kanalima koji ranije nisu bili registrirani na pomorskim kartama, a predstavljaju elemente paleoreljefa Jadrana u njegovoj kontinentalnoj fazi.

2. — Istraživanja sedimentnog pokrova morskog dna u Jadranu

Na osnovi izvršenih istraživanja recentnih marinskih sedimenata pučinskog, otvorenog dijela Jadrana, kao i kanalskog područja sjevernog, srednjeg i južnog Jadrana, koja se provode u Institutu za oceanografiju i ribarstvo u Splitu, utvrđeno je da su u Jadranu, s obzirom na fizičku strukturu, zastupani svi glavni tipovi morskog dna: hridinasto uz pojavu brakova, šljunkovito, ljuštorno, pjeskovito i muljevito dno.

Dno Jadranskog mora prekriveno je recentnim marinskim sedimentima različite teksture i mineraloško-petrografskog sastava. Na sedimentaciju taloga u Jadranu utječu prvenstveno agensi transporta sedimenata, zatim blizina kopna i njegov geološki sastav, dubina i konfiguracija morskog dna, ljušturice i skeletni dijelovi organizama, biljno trunje, te razne alohtone komponente, porijeklom izvan jadranskih voda. Kod prenošenja nanosa s kopna, kao agensi transporta javljaju se vjetar, riječni tokovi i bujice, a u tome učestvuju i podmorska vrela, koja podzemnim komunikacijama iz zaleđa unose razni terigeni materijal u sastav morskih taloga, te osobito morske struje, koje prema svom intenzitetu vrše, pri procesu sedimentacije, granulometrijsku raspodjelu pojedinih čestica na morskome dnu.

Razmatrajući sedimentni pokrov jadranskog bazena u cjelini, uključujući njegov otvoreni dio i kanalsko područje, uočava se bitna razlika u teksturi sedimenata unutar i izvan otočnog pojasa Jadrana. Dok se u unutrašnjem, kanalskom dijelu, nalaze pretežno muljeviti sedimenti, zaštićeni otočnom barijerom, dotle se u vanjskom dijelu nalaze pretežno pješćani facijesi taloga, s prekidima u dubljim dijelovima jadranskog bazena — Jabučkoj kotlini i južnojadranskoj kotlini.

Ako bismo pokušali kauzalno utvrditi faktore koji utječu na formiranje sedimentnog pokrova u Jadranu, onda bi glavnu ulogu u tom formiranju trebalo pripisati jadranskom otočnom pojasu, morfologiji morskog dna, odnosno formama paleoreljefa, te zatim hidrodinamskim procesima, i konačno organizmima.

Prvu orijentacionu sliku o mehaničkom sastavu dna otvorenog Jadrana pružio je geološki materijal sabran za vrijeme ribarstveno-biološke ekspedicije »Hvar«, koju je Institut za oceanografiju i ribarstvo u Splitu organizirao 1948—1949. g. Analize su pokazale da od ukupno 157 analiziranih uzoraka recentnih marinskih sedimentata u otvorenom Jadranu, na pjeskovito dno otpada 65 uzoraka ili 42%, dok na glinasto-ilovasto dno otpada 92 uzorka odnosno 58%. Iz toga proizlazi da sjeverni Jadran predstavlja veliko pješčano područje u kome prevladavaju čestice pijeska, u srednjem Jadranu prevladavaju gline i ilovače, uz najfiniju koloidnu glinu u dnu kotline Jabuke, a južni Jadran ima ilovasto-glineni karakter, uz izuzetak jednog ovećeg pješčanog brežuljka.

Pješčani sedimenti i njihovo taloženje rezultat su djelovanja više dinamičkih faktora, u prvom redu morskih struja i riječnih nanosa u priobalnom području Jadrana i njegovom sjevernom plićem dijelu, gdje je pješčani facijes sedimentata uvjetovan prvenstveno neprekidnim nanosom susjednih rijeka, na osnovi čega se može zaključiti da sjeverni Jadran predstavlja područje gdje se vrši konstantno nasipavanje.

Analizirajući rezultate sedimentoloških ispitivanja u Jadranu, kako pojedinih autora, tako i vlastitih istraživanja, uočeno je da sedimentni pokrov jadranskog bazena ispoljava znatne teksturne razlike u pojedinim područjima.

Dok je otvoreni dio Jadrana zastupan sedimentima pješčanog facijesa s prekidima u Jabučkoj i južnojadranskoj kotlini, dotle je kanalsko područje, međutim, prekriveno glinasto-ilovastim sedimentima. Izuzetak čine pojedini kanali s nepravilnom granulometrijskom selekcijom, koju uvjetuju hidrofizički, geomorfološki i biološki faktori.

Kao osnovni faktor koji vrši direktan utjecaj na teksturne osobine sedimentnog pokrova u Jadranu javlja se jadranski otočni pojas. Ovaj pojas kao barijera omogućuje, unutar kanalskog područja, nesmetano taloženje i ujedno sprečava zatrpavanje, odnosno utjecaj dinamike otvorenih voda, na sedimente u pojedinim kanalima.

Tretirajući sedimentni pokrov kao supstrat, iskustvo ukazuje na potrebu upoznavanja što vjernije teksturne fizionomije sedimentata, pri biološkim istraživanjima, jer upravo kompleksnost faktora i njihov upliv na sedimentni pokrov može uvjetovati teksturne razlike na vrlo neznatnim udaljenostima.

3. — Istraživanja litološkog sastava i tektonike jadranskog podmorja

U vertikalnoj građi jadranskog podmorja sudjeluju paleozojske, mezozojske i kenozojske naslage različitog litološkog sastava, koje su i međusobno povezane različitim strukturno-tektonskim odnosima.

Na temelju generaliziranog krono-litološkog stupa jadranskog podmorja, izrađenog na osnovi regionalnih marinsko-seizmičkih profila na području jadranskog podmorja, proizlazi da su paleozojske naslage debljine otprilike 3 000 metara, trijasko od 500 do 1 400 metara, jurske od 700 do 1 400 metara, kredne od 800 do 1 700 metara, paleocenske od 300 do 1 400 metara, a neogenske od 50 do 3 000 metara. U pogledu litoloških karakte-

ristika, od temeljnog gorja u paleozoiku do recentnog mulja na kraju neogena, prisutni su slijedeći tipovi naslaga: temeljno gorje, paleozojski škriljac, tinjčasti pješčenjak, sol, dijabaz-porfirit, sol-gips-anhidrit, tuf, kristalasti škriljac, vapnenac s rožnjacima, vapnenac s uklopcima vapnenačkih breča, grebeni, dolomit, vapnenac, kreda, glineni lapor, breča, laporovita glina, konglomerat, vapneni brečokonglomerat, lapor, glina, laporoviti vapnenac, pjeskoviti lapor, gips-anhidrit, pijesak, pješčenjak, pjeskovita glina i glinasti pijesak, mulj i recentni mulj.

Naslage jadranskog podmorja su podijeljene u dva osnovna krono-litološka makrokompleksa: *klastični* i *karbonatni*, koji su opet, po grupama tipova sedimentata sa zajedničkim svojstvima, razvrstani u razne mikrokomplekse.

Analizirajući kronostratigrafski raspored naslaga, idući od mlađih prema starijima, susreće se *klastični makrokompleks*, koji obuhvaća naslage od gornjeg oligocena do kvartara, dijeleći se u mikrokompleks naslaga pliocena-kvartara s muljem, glinenim pijeskom, pjeskovitom glinom i mjestimično pijeskom i pješčenjakom, i u mikrokompleks naslaga miocena i gornjeg oligocena s laporom i donekle pijeskom i pješčenjakom, te uz jugoslavenske otoke laporovitim vapnencem, dok se uz italijansku obalu javljaju evaporiti (gips i anhidrit).

Postepeni prijelaz između dva prije spomenuta makrokompleksa predstavljen je kao prijelazni mikrokompleks koji obuhvaća naslage od srednjeg oligocena, preko eocena do paleocena s vapnencima u alternaciji s vapnenačkim brečokonglomeratima, kredom, pješčenjacima i laporima.

Karbonatni makrokompleks obuhvaća naslage kredne i jurske formacije predstavljene vapnencima, dolomitima, grebenima, vapnencima s uklopcima vapnenačkih breča, vapnencima s rožnjacima i naslagama krede.

U trijaskoj formaciji nalazimo dva mikrofacijsa, od kojih prvi predstavljaju dolomiti i vapneni dolomiti, vapnenci s rožnjacima i evaporiti u posve karbonatnom razvoju, dok je drugi mikrofacijs u klastično-karbonatnom razvoju u alternaciji s evaporitima i ulomcima dijabaz-porfirita, često praćenog tufovima. Klastične stijene predstavljene su kristalastim škriljcima, pješčenjacima, tinjčastim pješčenjacima i glinenim laporima, a karbonatne stijene dolomitima, vapnencima i vapnencima s rožnjacima. Evaporiti su predstavljeni anhidritom i gipsom uz nešto soli.

U paleozoiku, u skladu s pojavama naslaga na kopnu, mogu se očekivati kristalasti škriljci, vapnenci, dolomiti i tinjčasti pješčenjaci u naslagama karbona i perma, dok nema pouzdanih podataka za stariji paleozoik, to jest za naslage kambrija, silura i devona.

U geotektonskom pogledu jadransko podmorje tretira se kao intramontana depresija koja se je smjestila između Dinarida i Apenina, te je kao predgorje u regionalnom smislu svojim autohtonim mezozojskim sedimentima razvojilo dva spomenuta planinska sistema orogenetskim pokretima, formirajući u toku paleogena među njima više povezanih terciarnih basena. U vezi s tim se, na osnovi seizmičkih mjerenja, istražnog bušenja i odgovarajuće interpretacije, jadransko podmorje može, na temelju strukturnih odnosa kenozojskih naslaga, podijeliti na nekoliko basena i pragova.

Baseni bliže Dinaridima (Venecijanski, Dugootočki i Jadransko-jonski) formirani su ranije, sa debljim razvojem starotercijarnih naslaga, a baseni bliže Apeninima (basen Po i basen Marche-Abruzzi) formirani su kasnije, sa mladotercijarnim i kvartarnim sedimentima.

4. — Istraživanja mineraloško-petrografskog sastava i mikrozonalne stratifikacije sedimenata

Mineraloško-petrografska ispitivanja sedimenata Jadranskog mora vršena su na materijalu koji je bio sabran na ribarstveno-biološkoj ekspediciji »Hvar«, u svrhu određivanja mineraloško-petrografskih provincija u Jadranu.

Na osnovi izvršenih analiza dobila se slika o rasprostranjenju čitavog niza minerala, te osobito vulkanskih recentnih komponenata (biotita, sanidina, magnetita), koje naročito u području južnojadranske kotline, po svojoj svježini — ne ulazeći u procese metamorfoze — daju naslutiti svoju genetsku vezu s Mediteranom, to više što nad njihovim lokalitetima teče glavni pravac struje u Jadran.

Posebno je registriran *liparit* — vulkanski pijesak, koji je, osim u južnojadranskoj kotlini, evidentiran i u sedimentima Mljetskih jezera. Liparit, kao i uopće vulkanske recentne komponente, vuče svoje porijeklo ili sa vulkanskih otoka Egejskog mora, ili pak iz Tirenskog mora, odakle bi, zahvaljujući i djelovanju podmorskih vulkanizama, spomenuti vulkanski materijal mogao biti transportiran pomoću struje u Jadran. Proslojci liparitnog pijeska javljaju se u pojedinim horizontima mikrozonalno stratificiranih taloga, a sačinjavaju ga kremen oštih kontura, veliki listići biotita i glinenaca. Evidentiran je u svim vertikalnim jezgrama u mljet-skim jezerima, s obzirom da je, trenjem i kršenjem na površini obaju jezera, tonuo i ulazio u sastav sedimenata. Veći komadi potonulog liparita nalaze se u priobalnom području jezera, a na obali Malog jezera nalazi se i liparitna plaža. Prof. dr G e o r g a l a s, član Akademije nauka u Ateni, kojemu su poslani uzorci liparita s otoka Mljeta, usporedio ih je s liparitima otoka Santorina i Yali, pa je imao utisak da su to potpuno identični lipariti, navodeći da je i santorinski liparit evidentiran na Peloponezu, gdje je transportiran morskim strujama. Prema tome, moguće je da je liparit porijeklom s grčkog vulkanskog područja transportiran strujom u Jadran. Naizmjenično pojavljivanje vulkanskog pijeska u Jadranu uvjetovano je ili periodičnim ekshalacijama egejskih vulkana, ili je diktirano dinamikom strujnog sistema, koji je u području Otrantskih vrata nekad otvoren, a nekad zatvoren, pa se ne isključuje mogućnost porijekla vulkanskog materijala i iz Tirenskog mora.

Mikrozonalna stratifikacija sedimenata studirana je u okviru geološke obrade Mljetskih jezera, u kojima je, kao i u Rogozničkom jezeru, ustanovljena prisutnost H_2S , što daje posebno obilježje plinskom režimu koji vlada u pridnenim slojevima vode na ovim područjima. U mikrozonalnoj stratifikaciji dolazi do alternacije sapropela i aragonitnog mulja.

5. — *Istraživanja mikrofaunističkih naselja foraminifera u jadranskim sedimentima*

U sklopu istraživanja kvalitativnog sastava sedimenata Jadranskog mora, s posebnim obzirom na biogene komponente, studirana je recentna mikrofauna foraminifera u odnosu na taksonomsku pripadnost vrsta, njihovu rasprostranjenost i ekološke odnose prema abiotskim faktorima sredine.

Na osnovu izvršene klasifikacije i odgovarajuće revizije taksonomske pripadnosti, prikazan je inventar bentoskih i pelagičkih vrsta. Determinirano je 156 bentoskih i pelagičkih vrsta foraminifera, od čega je 140 bentoskih i 16 pelagičkih.

U okviru istraživanja rasprostranjenosti foraminifera Jadranskog mora, determinirane su i opisane 24 vrste koje su ovim istraživanjima prvi put registrirane za ovo more, a pripadaju bentoskoj mikrofauni.

Pri istraživanju ekoloških odnosa jadranskih foraminifera razmatran je problem određivanja granica dubinske raspodjele pojedinih biofacijesa mikrofaune foraminifera u Jadranu. U vezi s tim ispitan je kvalitativno-kvantitativni odnos unutar pojedinih mikrofaunističkih naselja u području sjevernog, srednjeg i južnog otvorenog Jadrana, pa je izvršena analiza populacija, kao i utvrđivanje njihove relativne frekvencije.

Ispitivanja pojave, rasprostranjenosti i ekologije bentoskih foraminifera na osnovi gore navedenih analiza pokazala su da postoje razlike u frekvenciji populacija foraminifera na različitim područjima Jadrana.

Statističkom metodom graničnog broja za vjerojatnu pogrešku utvrđena je totalna populacija mikrofaune foraminifera, prema kojoj su postavljeni odnosi bentoskih i planktonskih populacija, kao i relativna frekvencija pojedinih nastupajućih vrsta.

Na osnovi provedenih istraživanja utvrđene su četiri zone dubinske raspodjele biofacijesa jadranskih foraminifera.

U okviru mikrofaunističkih istraživanja jadranskih sedimenata posebno je studiran *problem paleoceanografskih svojstava Jadrana*, na temelju alternirajuće pojave mikrofaune foraminifera u vertikalnoj građi sedimenata, s posebnim obzirom na indikator-vrste, vezane za određene promjene temperature u ambijentu mora u geološkoj prošlosti, a u vezi s oscilacijama termičkog faktora u glacijalnim i interglacijalnim fazama u pleistocenu.

6. — *Istraživanja hidrogeoloških karakteristika morskog dna i cirkulacije podzemnih voda u priobalnom području Jadrana*

Jadranski obalni i otočni pojas smješten je u području Dinarskog primorskog krša za koji je karakteristična intenzivna cirkulacija podzemnih voda. Hidrogeološka svojstva mezozojskih vodopropusnih naslaga kao kolektora i paleogenskih vodonepropusnih naslaga kao izolatora, i njihovi tektonski odnosi, uvjetuju da podzemne vode gravitiraju prema moru. Zbog toga se na morskom dnu istočne obale Jadrana javljaju podmorska vrela — vrulje — koje predstavljaju svojevrstan fenomen hidrografije u vodnom režimu Dinarskog primorskog krša, ispoljavajući time hidrogeološki aspekt cirkulacije podzemnih voda. Na lokalitetima izbijanja pod-

zemnih voda u moru vršena su morfološka, sedimentološka, hidrološka i hidrogeološka ispitivanja u zimsko-proljetnom (kišnom) i ljetno-jesen-skom (sušnom) periodu.

Morfologija podmorskih vrela u većini slučajeva odgovara fosilnim popljenim vrtačama s kamenim obodom, na čijem su vanjskom rubu, pri otvoru, nataloženi pješćani sedimenti. Podmorski oblici reljefa jadranskih vrulja nisu, prema tome, nastali u recentnim uvjetima erozijom podzemnih voda, već su to ljevkašta udubljenja, predestinirana na rasjednim linijama, nastala u kontinentalnoj fazi jadranskog pojasa i kasnije transgredirana, poprimivši funkciju podmorskog vrela.

Sedimentna građa vrulja pokazuje da se na njihovom dnu deponira terigeni materijal, transportiran podzemnim vodama, dok se svuda unakolo nalaze sedimenti sasvim drukčijeg granulometrijskog sastava, inače karakteristični za okolni širi areal morskog dna. Na taj način javljaju se pješćane oaze, uslijed koncentracije pješćanog materijala, deponiranog aktivnošću vrulja, po obodima i na dnu ljevkastih udubljenja. Mikroskopskom pretragom čestica sedimenata konstatirano je da su one vrlo zaobljenih bridova, što ukazuje na njihovo modeliranje trenjem prilikom transporta podzemnim komunikacijama, do mjesta odlaganja na morskome dnu.

U pogledu hidrološke strukture podmorskih vrela, značajan je termohalini režim u vezi s međusobnim odnosima vrijednosti temperature i saliniteta na standardnim oceanografskim nivoima, od površine do morskog dna, u različita godišnja doba.

U svakom slučaju, na vruljama postoji, u doba njihove aktivnosti, pojava homotermije, dok je na obližnjim područjima morskog prostora prisutna normalna termička stratifikacija. Na vruljama je također podzemna voda uvijek toplija od okolne morske vode.

Što se tiče saliniteta, u kišnom periodu pridnena je voda nižeg saliniteta od površinske na lokacijama izbijanja podzemnih voda, dok je u sušnom periodu površinska voda nižeg saliniteta od pridnene, što je inače normalna pojava za pravilnu stratifikaciju (teža — slanija voda pri dnu i lakša — manje slana na površini). U iznimnim slučajevima, u zimskom razdoblju, izvor-voda na vruljama uvjetuje pojavu leda na morskoj površini.

Hidrogeološke karakteristike podmorskih vrela zasnivaju se na činjenici da su svi fenomeni hidroloških pojava u kršu, pa tako i cirkulacije podzemnih voda, uvjetovani geološkom osnovom. Stoga je od osobitog značenja litoški sastav stijena, koje, u odnosu na mogućnost propuštanja ili nepropuštanja, uvjetuju, uz tektonske odnose, pojavu izbijanja podzemnih voda na morskome dnu.

Obično se ove naslage nalaze uz rasjedne linije, kroz koje ponire podzemna voda, pa je i formiranje vrtača tektonski predestinirano, sa čijeg dna izbijaju podzemne vode u formi podmorskih vrela. Ovakav odnos geološke građe obalnih naslaga i onih u zaleđu uvjetuje intenzivnu cirkulaciju podzemnih voda na vruljama koje se u sušno doba godine javljaju kao ponori i gutaju morskome vodu, pa predstavljaju poseban tip vrela, poznat u hidrologiji krša kao estavele.

Ostaje i dalje otvoreno pitanje mogućnosti korištenja ovih voda za probleme vodoopskrbe, što iziskuje posebna i detaljnija hidrogeološka i hidrotehnička ispitivanja.

7. — *Praktična primjena marinsko-geoloških istraživanja u Jadranu*

Istraživanja reljefa i geološkog sastava morskog dna u jadranskom basenu, osim fundamentalnih znanstvenih osnova, imaju i znatnu praktičnu primjenu. Primjena rezultata marinsko-geoloških istraživanja osobito se ispoljava u elektroprivredi, vodoprivredi, ribarstvenoj privredi, građevinarstvu, sanitarnoj tehnici u vezi zaštite morske sredine od zagađivanja, te u proizvodnji fosilnih goriva predradnjama za prospekciju naftogenosti pojedinih područja.

Osobito značajno bilo je angažiranje Laboratorija za geologiju mora Instituta za oceanografiju i ribarstvo u Splitu na geološkom istraživanju morskog dna pojedinih kanala u sjevernom, srednjem i južnom Jadranu radi trasiranja podmorskih kabelskih prijelaza za direktno uključivanje jadranskih otoka na saveznu elektroenergetsku mrežu.

Geološka istraživanja morskog dna također su dala svoj doprinos geološkom trasiranju podmorskih vodosprovodnika za transport tekuće pitke vode od kopna na pojedine otoke ili između pojedinih otoka sistemom podmorskih vodovoda. U sklopu vodoistražnih radova i izrade hidrogeološke studije pojedinih područja na obalnom i otočnom pojasu izvršeno je inventariziranje jadranskih vrulja, uz direktno praćenje vodnog režima obalnog područja i hidrološkog zaleđa, egzaktnim metodama bojanja fluoresceinom i ubacivanjem biljnih spora.

Istraživanje morskog dna kao ekološkog faktora koji se direktno javlja kao supstrat na koji naliježu odgovarajuća pridnena riblja naselja, omogućilo je izradu ribarskih karata u vezi s pogodnim terenima za obavljanje pridnenog ribolova. Poznavanje facijesa marinskih sedimenata na taj je način poslužilo kao indikator za nalazišta pridnenih ihtiocenoza i jestivih beskraljeznjaka i omogućilo rajoniziranje područja interesantnih za eksploataciju posebno elitnih proizvoda ribolova, osobito izraženo u sedimentološkim i bioekološkim ispitivanjima naselja norveškog raka-škampa u Jadranu.

Istraživanja reljefa i sedimenata morskog dna na pojedinim su područjima poslužila građevinskoj operativi u inženjerskogeološkom smislu, kao dopuna pri istražnim radovima za projektiranje i postavljanje mostova za jadransku magistralu.

U cilju zaštite morske sredine od zagađivanja, a u vezi deponiranja otpadnih voda i ostalih efluenata iz zaleđa u more kao recipijent, projektirane su trase za podmorske kolektore i cjevovode, putem kojih se, u okviru kanalizacionih mreža, sprovode, na određena područja naipovoljnije izmjene i dinamike morske vode, zagađene materije na morsko dno.

U vezi s prospekcijom fosilnih goriva u jadranskom podmorju izvršena su regionalna marinsko-geološka istraživanja podvodnih struktura na području sjevernog Jadrana, ehografskim snimanjem reljefa i ispitivanjem pojave plina na morskom dnu duž zapadne obale Istre (»bromboli«). Dat

je poseban doprinos morfološkim i sedimentološkim istraživanjima lokacija »off shore« uz primjenu podvodne televizije, na kojima su kasnije sa platforme vršena eksperimentalna bušenja u području srednjeg otvorenog Jadrana.

8. — *Međunarodna znanstvena suradnja*

Mnogostrukom i veoma uspješnom međunarodnom znanstvenom aktivnošću uspostavljen je kontakt i direktna povezanost sa znanstvenim institucijama i međunarodnim forumima u inozemstvu.

Citav niz uglednih marinskih geologa boravio je putem odgovarajućih aranžmana i sporazuma bilateralnog karaktera između naše zemlje i drugih zemalja u Laboratoriju za geologiju mora Instituta za oceanografiju i ribarstvo u Splitu, radeći na određenim znanstvenim problemima za koje je bilo potrebno izvršiti komparaciju i verifikaciju postignutih rezultata upravo na području marinsko-geoloških istraživanja Jadrana.

Tako su uspostavljeni kontakti, direktna suradnja i izmjena iskustava sa geolozima SSSR, Poljske, Češke, Italije, Francuske, Španije i SAD.

Postoji aktivna suradnja u okviru programa istraživanja strukturnih i sedimentoloških karakteristika Jadranskog basena s Institutom za marinsku geologiju Nacionalnog centra za istraživanje u Bologni (Italija) i komparativnih istraživanja mikrofaune foraminifera u sedimentima zapadnog Mediterana i Jadrana s Laboratorijem za geologiju mora i paleontologiju Palma de Mallorca Oceanografskog instituta iz Madrida.

Predstavnik Jugoslavije, autor ovog referata, bio je dugogodišnji potpredsjednik Komiteta za marinsku morfologiju i geologiju Internacionalne komisije za znanstveno istraživanje Mediterana.

Postoji također direktna suradnja i sa A.I.H. (Međunarodna Asocijacija za hidrogeologiju), te je Institut za oceanografiju i ribarstvo u Splitu, u okviru navedene organizacije, bio organizator i domaćin međunarodnog skupa hidrogeologa.

9. — *Izdavačka djelatnost i pedagoški rad*

Iz oblasti znanstvenih istraživanja marinsko-geološke problematike Jadrana objavljeno je oko 40 znanstvenih radova, rasprava, saopćenja i referata, koji su objavljeni u stranim i domaćim znanstvenim publikacijama, kao što su, pored ostalih: Rapport et Procès-Verbaux des Réunions — Paris, Proceedings and Technical Papers FAO — Rim, Vie et milieu — Paris, Acta Adriatica — Split, Krš Jugoslavije, JAZU — Zagreb, Pomorski zbornik — Rijeka, Hidrografski Godišnjak — Split i dr.

Osim toga objavljeno je preko 60 stručnih radova u časopisima: Morsko ribarstvo, Mornarički glasnik, Energija, Elektrotehnika, Pomorstvo, Naše more, Privreda Dalmacije i ostalima.

U izdanju Matice Hrvatske u Splitu objavljena je u Biblioteci za prirodne nauke knjiga »Geologija Jadrana«.

U okviru poslijediplomskog studija za struku »Oceanologija« uveden je i kolegij »Geologija mora« na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu.

U okviru sredstava javnog informiranja, putem dnevne štampe, u znanstveno-popularnim časopisima, te u emisijama obrazovnog i školskog programa Radio-televizije Zagreb, Beograd i Ljubljana, dato je preko 100 prikaza i predavanja iz oblasti geologije Jadranskog mora.

10. — Zaključak

Jadransko more, s čitavim kompleksom znanstvene problematike, nije više zatvorena knjiga. Danas je to prirodni objekt u kojemu su se vršila i danas se vrše znanstvena istraživanja u svim pravcima, pa tako i u oblasti marinske geologije.

Sakupljena je bogata znanstvena građa i dokumentacija, rješavani su važni problemi koji su, uz znanstveni interes, našli primjenu i u našoj pomorskoj privredi.

Međutim, kao što je poznato, ima problema koji se lakše rješavaju, a ima također problema koji su teški i složene prirode.

Tu se upravo nameće problem koordinacije i povezanosti naših geoloških institucija i kadrova koji su u svojoj znanstvenoj djelatnosti orijentirani na marinsko-geološku problematiku, gdje se također, zbog multidisciplinarnosti problematike, osjeća kao »*conditio sine qua non*« međusobno povezivanje, izmjena iskustava i koordinacija.

Svakako treba imati u vidu i povezivanje na međunarodnom planu, u okviru međunarodne znanstvene suradnje, pogotovo na Mediteranu, u okviru borbe za novi ekonomski poredak, gdje se u prvi plan postavlja pitanje znanstvenih istraživanja u cilju valorizacije prirodnih resursa mora, morskog dna i podmorja, kako sa stanovišta prava obalnih država, tako i sa stanovišta korištenja morskog dna kao zajedničke baštine čovječanstva u miroljubive svrhe, u čemu je naša zemlja, kao pomorska, nesvrstana, mediteranska zemlja pozvana da odigra vidnu ulogu.

Nastojanja naše marinsko-geološke znanosti idu upravo prema tom cilju, to jest da se s vremenom dođe do što potpunijeg rješavanja problema koji se pred tu znanstvenu disciplinu postavljaju, i da se s mnogo volje i elana, više nego do sada, pristupi daljnjem marinsko-geološkom istraživanju Jadrana i primjeni tih rezultata u praksi. Time će i naša marinska geologija moći uspješnije odgovoriti ulozi i zadacima koje joj naša društvena stvarnost određuje.