

## PROMJENA RAZINE JADRANSKOG MORA PREMA PODACIMA MAREOGRAFA U BAKRU I SPLITU

T. ŠEGOTA

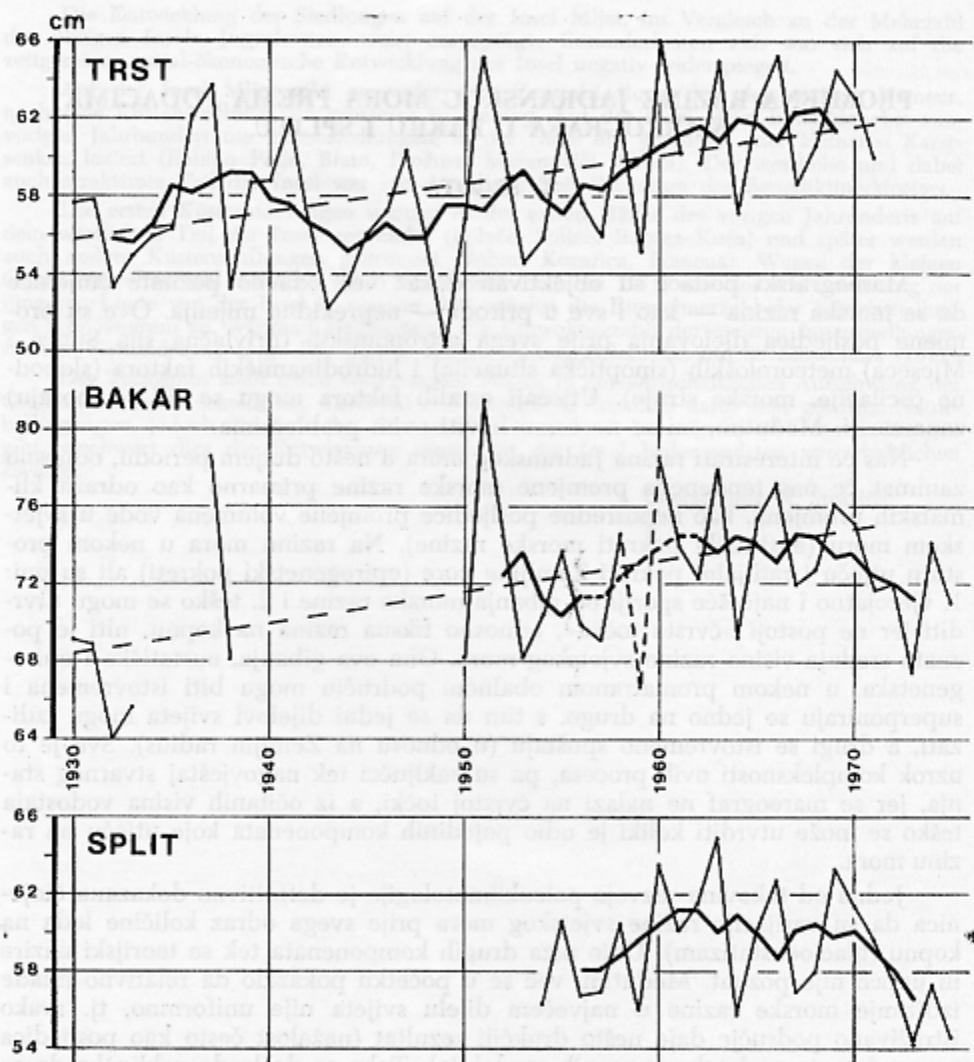
Mareografski podaci su objektivan dokaz već odavno poznate činjenice da se morska razina — kao i sve u prirodi — neprekidno mijenja. Ove su promjene posljedica djelovanja prije svega astronomskih (privlačna sila Sunca i Mjeseca) meteoroloških (sinoptička situacija) i hidrodinamičkih faktora (slobodne oscilacije, morske struje). Utjecaji ostalih faktora mogu se (ili se moraju) zanemariti. Međutim, mi se ne ćemo baviti ovim problemima.

Nas će interesirati razina Jadranskog mora u nešto duljem periodu, odnosno zanimat će nas tendencija promjene morske razine primarno kao odraza klimatskih promjena, kao neposredne posljedice promjene volumena vode u svjetskom moru (eustatički pokreti morske razine). Na razinu mora u nekom prostoru utječu i radijalni pokreti Zemljine kore (epirogenetski pokreti) ali su oni: 1. vjerojatno i najčešće sporiji od gibanja morske razine i 2. teško se mogu utvrditi jer ne postoji »čvrsta točka«, odnosno fiksna razina na kopnu, niti je poznata srednja visina razine svjetskog mora. Oba ova gibanja, eustatička i epirogenetska, u nekom promatranom obalnom području mogu biti istovremena i superponiraju se jedno na drugo, s tim da se jedni dijelovi svijeta mogu izdizati, a drugi se istovremeno spuštaju (u odnosu na Zemljin radius). Sve je to uzrok kompleksnosti ovih procesa, pa su zaključci tek nagovještaj stvarnog stanja, jer se mareograf ne nalazi na čvrstoj točki, a iz očitanih visina vodostaja teško se može utvrditi koliki je udio pojedinih komponenata koje utječu na razinu mora.

Jedna od tekovina razvoja paleoklimatologije je definitivno dokazana činjenica da su varijacije razine svjetskog mora prije svega odraz količine leda na kopnu (glacioeustaticizam). Udio niza drugih komponenata tek se teorijski nazire ili uopće nije poznat. Međutim, već se u početku pokazalo da relativno mlađe izdizanje morske razine u najvećem dijelu svijeta nije uniformno, tj. svako istraživano područje daje nešto drukčiji rezultat (nažalost često kao posljedica uspoređivanja podataka iz raznih razdoblja). Tako se došlo do zaključka da se na promjene visine razine mora u vezi s dugotrajnim epirogenetskim pokretima (dugotrajnim radijalnim pokretima Zemljine kore) superponira opće izdizanje morske razine u holocenu i prije njega (glacioeustatičko gibanje morske razine). U nekim dijelovima svijeta, ili u nekim lukama, bit će važno spuštanje kopna u vezi s prirodom podloge (delte, građevine na rastresitoj podlozi ili na glini,

laporu i sl., spuštanje zbog pada razine vode temeljnice, eksploatacije prirodnog plina itd.).

Najstariji mareograf s najhomogenijim podacima na Jadranskom moru nalazi se u tršćanskoj luci; on radi od 1859, ali se obično koriste kasniji podaci. Mareograf u Bakru (M. Kasumović 1950) postavljen je u decembru 1929. u zgradi Lučke ispostave. S tri kraća prekida radio je do kraja 1939. kad opet nastaje



Sl. 1. Srednji godišnji vodostaji Jadranskog mora u Trstu, Bakru i Splitu s 5-godišnjim pokretnim srednjacima. Isprekidanim crtama je prikazan linearni trend vodostaja u Trstu i Bakru

Fig. 1. Mean annual sea levels of the Adriatic Sea in Trieste, Bakar and Split with 5-year running means. The broken lines indicate linear trends

prekid sve do 1949. kad počinju sistematska mjerenja koja su, zbog popravka, kratkovremeno prekinuta samo 1959. Koristio sam samo podatke koji su službeno objavljeni u dalje citiranim »Izveštajima . . .«.

Mareograf Hidrografskog instituta JRM Split-luka nalazi se na »Gatu 26. listopada« ispred Lučke kapetanije (M. Tešić 1955; A. Zupan 1958). Podaci o vodostaju na oba mareografa sistematski se objavljuju u »Izveštajima o mareografskim osmatranjima na jugoslavenskoj obali Jadrana« koji izlaze od 1954. godine. Iz predgovora prvom Izveštaju . . . iz 1954. dolazi se do zaključka da je analizu vodostaja mora u Splitu najbolje početi od 1954.

Pažljivim motrenjem sl. 1, odnosno praćenjem srednjih godišnjih vodostaja u Trstu, Bakru i Splitu lako se dolazi do zaključka da se podaci sva tri mareografa izvanredno dobro podudaraju. Osim u 6 slučajeva (kad su apsolutne razlike vodostaja bile malene) u daleko najvećem broju godina postoji izrazito podudaranje vodostaja; razlike su samo u apsolutnim iznosima. Jednostavnije rečeno, ako u Trstu poraste srednji godišnji vodostaj prema prethodnoj godini, onda je vrlo vjerojatno da će vodostaj porasti i u Bakru i Splitu. Vrijedi i obratno. To ne iznenađuje jer spomenuti mareografi nisu jako udaljeni, pa su vodostaji posljedica djelovanja istih faktora. Podudaranje je tako izrazito da sam podatke tršćanskog mareografa koristio za izvođenje nekih općih zaključaka i za interpolaciju vodostaja jedne godine u Bakru.

Naime, u Bakru nedostaje podatak o vodostaju 1959. godine, pa to čini nezgodan prekid u čitavoj seriji, napose za ucrtavanje izglađene krivulje vodostaja. F. Mosetti (1969) je za svoju studiju interpolirao čitav niz srednjih godišnjih vodostaja, pa tako za Bakar 1959. daje vodostaj 74,3 cm. Iz njegova se teksta ne može zaključiti kako je došao do te interpolirane vrijednosti. Kompariranjem grafova vodostaja u Trstu (S. Polli 1970) i Bakru na sl. 1 zaključio sam da se njegova interpolirana vrijednost ne može prihvatiti jer je vodostaj u Trstu 1959 (55,2 cm) bio znatno niži nego 1958 (61,9 cm). (Jako sniženje vodostaja 1959. u usporedbi s 1958. vidi se i u Splitu.) Iz toga sam zaključio da je i vodostaj u Bakru 1959. morao biti znatno niži nego 1958. Budući da se vodostaj u Bakru i Trstu (i Splitu) ne mjeri od jedne zajedničke nulte razine, nije moguća jednostavna interpolacija u Bakru prema postojećem podatku za vodostaj u Trstu. Da bi interpolirani podatak bio što bliži stvarnoj vrijednosti koristio sam se svim srednjim godišnjim vodostajima u Trstu i Bakru, tj. u onim godinama kad postoje vodostaji za oba mareografa. Najprije sam izračunao kolika je apsolutna razlika između vodostaja u sukcesivnim godinama u Trstu i Bakru (cm). Zatim sam te vrijednosti izrazio postocima pri čemu je baza bila prethodna godina. Tako sam utvrdio da je u Bakru i Trstu relativni pad ili porast razine prema prethodnoj godini uvijek bio istog reda veličine. Konkretno, 1959. srednja razina u Trstu (55,2 cm) bila je za 6,7 cm niža nego 1958. godine (kad je iznosila 61,9 cm); to znači da je 1959. razina bila 10,8% niža nego 1958. Prema tome, uzeo sam da je i u Bakru 1959. razina bila 10,8% niža nego 1958. Tako sam izračunao da je u Bakru 1959. srednji vodostaj iznosio 66,7 cm. (Da li je postupak u principu ispravan provjerit ćemo s podacima o vodostaju u Splitu. God. 1959. vodostaj je bio za 7% niži nego prethodne, 1958. godine; 10,8% i 7% su veličine istog reda tim više što se iz grafova vidi je je međugodišnja varijacija vodostaja sistematski manja u Splitu nego u Trstu. Budući da se radi o interpolaciji, taj dio grafa, i na toj osnovi izračunata krivulja pokretnih srednjaka prikazan je isprekidanim linijama). Ovakvom interpolacijom

dobivena je vrijednost koja posve zadovoljava, tj. ovaj dio vodostaja u Bakru odlično se podudara s grafovima vodostaja u Trstu i Splitu.

Budući da nisam mogao doći do podataka o vodostaju u Trstu u posljednjim godinama, a upravo je ovo razdoblje posebno interesantno, morao sam preračunati podatke o vodostaju 1970. i 1971. koje je objavio S. Ferraro (1972), a koji se sistematski razlikuju od vodostaja koje je objavio S. Polli (1970), koje sam koristio u ovom radu. S. Polli (1970, str. 5) navodi da »... livelli medi... annui... si riferiscono ad un piano situato 50 cm sotto il livello medio marino del 1911.« S. Ferraro (1972) daje sistematski drukčije numeričke vrijednosti jer »... si è deciso di riportare tutti i dati del mareografo in oggetto al zero della linea di traguardo della piastrina mareografica per cui il livello medio mare di Hopfner (1911) riferito a tale zero risulta metri 2,49289 al di sotto di esso«. Jednostavnom računskom operacijom došao sam do slijedećeg vodostaja u Trstu: 1970. god. 63,1 cm, 1971. god. 60,1 cm i tako sam kompletirao Pollijeve podatke za još dvije važne godine.

Analizom podataka svakog mareografa (sl. 1) lako se uočava da postoje velike međugodišnje varijacije srednjih godišnjih vodostaja. Da bi se lakše došlo do zaključka o promjenama razine mora u relativno duljem razdoblju, tj. da se otkrije trend razvoja, potrebno je eliminirati velike varijacije iz godine u godinu; krivulju vodostaja potrebno je »izgladiti«. To se postiže izračunavanjem pokretnih srednjaka. 5-godišnje pokretne srednjake izračunava se slijedećim postupkom:

$$v'_3 = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 v_i; \quad v'_4 = \frac{1}{5} \sum_{i=2}^6 v_i; \quad \dots; \quad v'_{k-2} = \frac{1}{5} \sum_{i=k-4}^k v_i$$

$v_1, v_2, \dots, v_{k-1}, v_k$  = vodostaji u pojedinim godinama.

Na kraćim nizovima mareografskih podataka može se odraziti utjecaj 18,6-godišnje varijacije vodostaja. Zato sam za Trst izračunao 19-godišnje pokretne srednjake da se eliminira i ta varijacija, a da se ukaže na opći trend; to je u skladu s preporukom Međunarodne geodetske i geofizičke unije (J. Egedal 1954). Nizovi mareografskih podataka u Bakru i Splitu su prekratki da bi se to isto učinilo i s njima. Postupak je isti kao i za izračunavanje 5-godišnjih pokretnih srednjaka samo se uzima po 19 članova:

$$v'_{10} = \frac{1}{19} \sum_{i=1}^{19} v_i; \quad v'_{11} = \frac{1}{19} \sum_{i=2}^{20} v_i; \quad \dots; \quad v'_{k-9} = \frac{1}{19} \sum_{i=k-18}^k v_i$$

$v_1, v_2, \dots, v_{k-1}, v_k$  = vodostaji u pojedinim godinama.

Sve varijacije čiji je period kraći od promatranog perioda, i sve godišnje vrijednosti veće ili manje od vrijednosti koje prikazuje linija trenda, uklanjaju se linearnim aproksimiranjem, s pretpostavkom da su podaci iz instrumentalnog perioda dio jednog razvoja za koji se pretpostavi da je linearan (iako je on zapravo kvazilinearan). To je učinjeno zato da se omogući kompariranje trendova i da se na osnovi ekstrapolacije izvedu neki zaključci. Parametri  $a$  i  $b$  u jednadžbi pravca izračunati su pomoću izraza:

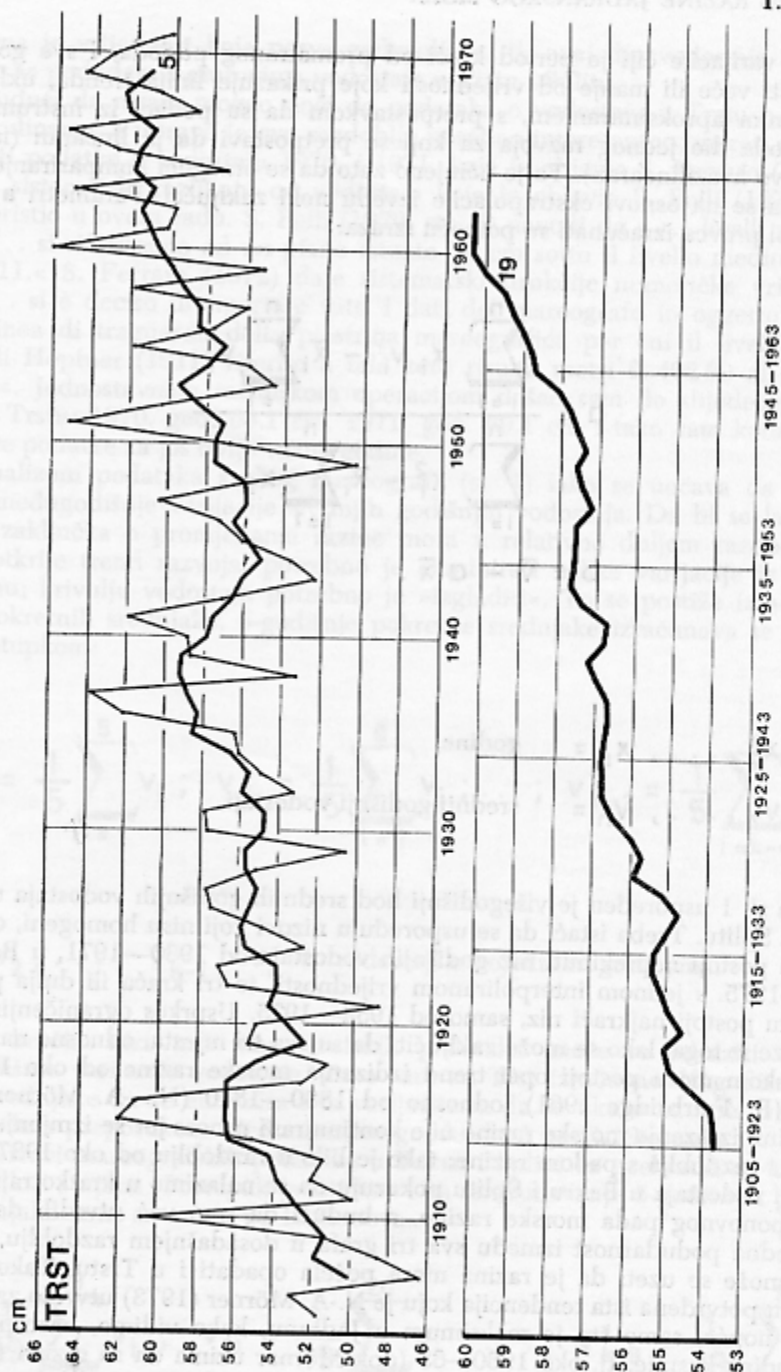
$$a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i v_i - \bar{x}_i \sum_{i=1}^n v_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}_i \sum_{i=1}^n x_i}$$

$$b = \bar{v} - a \bar{x}.$$

$x_1, x_2, \dots, x_n =$  godine,

$v_1, v_2, \dots, v_n =$  srednji godišnji vodostaji.

Na sl. 1 uspoređen je višegodišnji hod srednjih godišnjih vodostaja u Trstu, Bakru i Splitu. Treba istaći da se uspoređuju nizovi koji nisu homogeni, odnosno u Trstu postoji neprekinuti niz godišnjih vodostaja od 1930—1971, u Bakru od 1930—1975. s jednom interpoliranom vrijednosti, te tri kraća ili dulja prekida. U Splitu postoji najkraći niz, samo od 1954—1975. Usprkos ograničenjima koja proizlaze iz toga, lako se može zaključiti da su sva tri mjesta, odnosno na cijelom Jadranskom moru postoji opći trend izdizanja morske razine od oko 1820. do danas (R. Fairbridge 1961), odnosno od 1830—1840 (N.-A. Mörner 1973). Međutim, izdizanje morske razine nije kontinuirani proces jer se izmjenjuju kratkotrajna razdoblja s padom razine; tako je bilo u razdoblju od oko 1937—1944. Grafovi vodostaja u Bakru i Splitu pokazuju da se nalazimo u kratkotrajnom periodu ponovnog pada morske razine, a budući da smo već utvrdili da postoji izvanredna podudarnost između sva tri grafa u dosadašnjem razdoblju, bez rezerve može se uzeti da je razina mora počela opadati i u Trstu. Tako je i na Jadranu potvrđena ista tendencija koju je N.-A. Mörner (1973) utvrdio za morsku razinu uopće, samo što je maksimum u Jadranu, kako vidimo, nastupio nekoliko godina kasnije, tj. oko 1960—65 (dok Mörner uzima da se razina svjetskog mora stabilizirala ili je počela opadati oko 1950). Vrlo vjerojatno će u slijedećim godinama opet doći do postupnog izdizanja morske razine, da se nastavi porast koj je postojao od oko 1943 (odnosno već od četvrtog desetljeća prošlog stoljeća).



Sl. 2. Srednji godišnji vodostaji Jadranskog mora u Trstu, te 5-godišnji i 19-godišnji pokretni srednjaci

Fig. 2. Mean annual sea levels of the Adriatic Sea in Trieste with 5-year and 19-year running means

Na sl. 2 prikazan je vodostaj u Trstu 1905—1971, te 5-godišnji pokretni srednjaci vodostaja. Kad se usporedi s grafom vodostaja u Trstu na sl. 1 vidi se da je u razdoblju od 1910—20. postojala još jedna oscilacija koja bi navodila na zaključak o postojanju oscilacije reda veličine 20-ak godina ( $2 \times 11$  godina, koliko iznosi ciklus Sunčevih pjega). Da bi se eliminirala ta oscilacija, na sl. 2, ucrtana je krivulja 19-godišnjih pokretnih srednjaka vodostaja. Mnogo jasnije nego do sada vidimo da postoji opća tendencija porasta morske razine u Trstu iako se opet mora ponoviti da se izmjenjuju kraći periodi izdizanja ili stagnacije s kraćim periodima spuštanja ili stagnacije morske razine.

Iako su podaci s kojima se raspolaze kratkotrajni i fragmentarni, slično kao i neki drugi autori pokušat ćemo izvesti neke hipotetičke zaključke. Na sl. 1 prikazan je linearni trend izdizanja morske razine u Trstu i Bakru 1930—1971, tj. u razdoblju od 42 godine. Jednadžba pravca koji prikazuje linearni trend izdizanja morske razine u Trstu glasi

$$Y_T = 0,144\ 194 X + 55,771,$$

a u Bakru

$$Y_B = 0,159\ 893 X + 68,384.$$

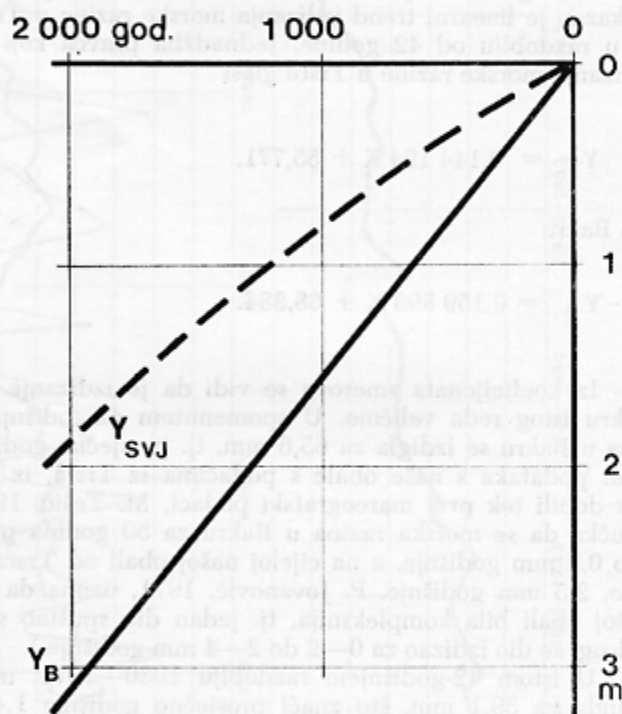
Iz koeficijenata smerova se vidi da je izdizanje morske razine u Trstu i Bakru istog reda veličine. U spomenutom 42-godišnjem razdoblju morska razina u Bakru se izdigla za 65,6 mm, tj. prosječno godišnje 1,56 mm. (Usporedbom podataka s naše obale s podacima iz Trsta, iz razdoblja kad su se kod nas dobili tek prvi mareografski podaci, M. Tešić, 1956—57, je došao do zaključka da se morska razina u Bakru za 50 godina prije 1956 izdizala prosječno 0,2 mm godišnje, a na cijeloj našoj obali od Trsta do HercegNovog znatno više, 2,5 mm godišnje. P. Jovanović, 1971, uzima da su vertikalna gibanja na našoj obali bila kompleksnija, tj. jedan dio spuštao se za 0—2 mm godišnje, a drugi se dio izdizao za 0—2 do 2—4 mm godišnje.)

U istom 42-godišnjem razdoblju 1930—1971. morska razina u Trstu se izdigla za 59,1 mm, što znači prosječno godišnje 1,41 mm. (Ova se veličina dobro slaže s veličinom izdizanja 1,5 mm/god. u razdoblju 1905—1969. do koje je došao S. Polli 1970, odnosno točno je ista, 1,41 mm/god. u 55-godišnjem razdoblju 1906—1961. prema F. Mosettiju 1969, ali je on ovu veličinu korigirao na 1,27 mm/god. Historijski je interesantno da su davno prije mareografskih mjerenja, još u 18. st. Manfredi i Zendrini, te kasnije Bizzarro, (cit. N. Andrijašević 1909), analizom brojnih starih građevina na sjevernom Jadranu procijenili da se razina Jadranskog mora do njihova vremena izdizala 1—1,2 mm godišnje. Možemo još spomenuti da R. Fairbridge 1961. uzima da se razina svjetskog mora u posljednjih 100 godina izdizala prosječno godišnje 1,2 mm.)

Ako pretpostavimo da je izdizanje morske razine u posljednjem razdoblju holocena bio linearan proces (on je zapravo kvazilinearan, odnosno paraboličan) onda se linearnom ekstrapolacijom lako može izračunati da je morska razina — samo na osnovu ovih mareografskih podataka — prije 1 000 godina

u Bakru bila 1,56 m niža nego danas (u Trstu 1,41 m). Pomnožimo li ovu veličinu sa 2 onda dolazimo do zaključka da je prije 2 000 godina morska razina u Bakru bila 3,1 m niža nego danas (u Trstu 2,8 m niža nego danas). Na temelju dosadašnjeg izlaganja može se pretpostaviti da je do slične promjene razine došlo i u Splitu.

Budući da se sada radi o relativno duljim vremenskim razdobljima postoji mogućnost da se može očitovati ne samo utjecaj glacioeustatičke komponente nego i istovremeni utjecaj epirogenetskog faktora, tj. radijalnih gibanja Zemljine kore. Da bi se došlo do ove komponente bit će potrebno uzeti u obzir



Sl. 3.  $Y_{svj}$  razina svjetskog mora i  $Y_B$  razina Jadranskog mora u Bakru dobivena ekstrapolacijom mareografskih podataka za posljednjih 2.000 godina

Fig. 3.  $Y_{svj}$  mean level of the world sea level and  $Y_B$  sea level in Bakar derived by the extrapolation of mareograph data in last 2,000 years

visinu razine svjetskog mora uopće, odnosno njene promjene u opisanom razdoblju (sl. 3). Ako se uzme (T. Šegota 1968 i 1973) da je razina svjetskog mora prije 2 000 godina bila za 1,91 m niža nego danas i ako se usporedi sa spomenutom veličinom do koje sam došao ekstrapolacijom mareografskih podataka u Bakru ( $3,123 - 1,91 = 1,213$  m) onda se dolazi do razlike 1,2 m za posljednjih 2 000 godina (odnosno 0,6 m za 1 000 godina ili 0,6 mm za 1 godinu). Ta razlika može biti — spuštanje kopna u odnosu na Zemljin radius. To znači da se istovremeno s općim izdizanjem razine svjetskog mora (u odnosu na Zemljin radius) bakarska, a možda i uopće istočna obala Jadrana, spustila u odnosu na Zemljin radius, i to za 1,2 m u posljednjih 2 000 godina (odnosno 0,6 m u posljednjih 1 000 godina).



Budući da postoje ove veličine, razina Jadranskog mora prema mareografskim podacima u Bakru može se egzaktno definirati jer postoje točne koordinate dviju točaka. Budući da je pravac definiran dvjema točkama (današnja razina  $x_1$  i  $y_1$  razina prije 2 000 godina  $x_2$  i  $y_2$  prema izrazu

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1)$$

dolazi se do jednadžbe

$$Y_B = 0,001\ 561\ X,$$

koja prema mareografskim podacima prikazuje položaj razine Jadranskog mora u Bakru (u posljednjih 2 000 godina na sl. 3). Ukratko, da bi se došlo do stvarnog položaja morske razine u Bakru, mora se uzeti u obzir opće glacioeustatičko izdizanje razine svjetskog mora ( $Y_{svj}$  na sl. 3) i istovremeno spuštanje kopna, tj. ova druga komponenta ubrzala je izdizanje morske razine u Bakru.

Iznenaduje činjenica da se radi o veličini koja je sasvim prihvatljiva i koja možda može pomoći pri rješenju nekih problema. Postoje međutim regionalne razlike, koje kao i kod glacioeustatičkih pokreta morske razine do kojih je došlo u svim dijelovima svijeta — najčešće moraju biti istog reda veličine. Na primjer, raspravljalo se o »abnormalnom« položaju Dioklecijanove palače u Splitu čiji se temelji nalaze ispod današnje razine mora. (To samo po sebi nebi trebao biti nikakav problem jer su se zgrade, ili njihovi donji dijelovi, temelji i podrumi, nekada, kao i danas, mogli graditi i ispod razine mora, ako je to nepropusna podloga omogućavala.) Ako su gornje pretpostavke točne onda se može uzeti da je u vrijeme dovršenja Dioklecijanove palače (kraj trećeg stoljeća naše ere) razina Jadranskog mora bila oko 3 m niža od današnje razine. (J. Roglić, 1957, procjenjuje da je pozitivno gibanje morske razine, zajedno s lokalnim usijedanjem na nekim dijelovima naše obale, u posljednjih 1 650 godina iznosilo 2,5 m).

Čini se da bi se to slagalo s onim što je poznato o tom najvećem spomeniku antičke kulture na našoj obali. D. Kečkemet (1962) navodi da . . . »Nije vjerojatno niti da je postojala obala pred samim južnim zidom palače, kao kasnije . . . Stoga preostaje jedina mogućnost da je luka palače bila uz njenu jugoistočnu ugaonu kulu, na mjestu kasnijih lazareta. Kako su, dakle, temeljni zidovi palače bili stalno na udaru valova južnjaka, bilo je vrlo važno da te valove odbije ili bar ublaži prirodni i vjerojatno djelomično pojačani lukobran, da ne bi more podlokalo same temelje«. Međutim, razina mora se postupno izdizala, pa je to zaprijetilo samoj palači. »To dokazuje i tradicija koju je Farlati zabilježio, da je jugozapadna kula Dioklecijanove palače porušena sredinom XVI st., jer su joj temelji bili od valova podgrizeni, a ova je baš bila najmanje zaštićena lukobranom«. U doba komune (13—14. st) » . . . luka je trebala imati . . . prostor na obali, koji pred Dioklecijanovom palačom nije postojao . . . » More nije više oplakivalo južne zidove Dioklecijanove palače kao nekada. Taj prostor bio je nasut i tu izgrađena obala uz koju su pristajale lađe«. Očito je da izgradnja luke i obale ispred Dioklecijanove palače može biti objašnjeno utjecajem sve više razine Jadranskog mora.

Slično tome sve ostale procjene o položaju razine mora na našoj obali time bi trebalo revidirati, odnosno korigirati za veličinu spuštanja našeg kopna (u odnosu na Zemljin radius). Tako je poznato da je F. Bulić (1899) zaključio na temelju položaja potopljenih rimskih sarkofaga iz Vranjica da su od vremena kad su postavljeni potonuli za više od 1,75 m. Prema mojem računu, razina svjetskog mora prije 1600 godina (jer sarkofazi potječu iz 5—6. stoljeća) bila je 1,43 m niža nego danas. Tome treba dodati 0,96 m ( $1\ 600 \times 0,609 = 0,96$  m) koliko je iznosilo spuštanje kopna; tako se dolazi do okruglo 2,4 m niže razine nego danas ( $1,43 + 0,96 = 2,39$  m). Ako je točno da se naše kopno na primorju radikalno spušta, onda su sarkofazi bili postavljeni još više iznad ondašnje razine mora nego što je mislio Bulić i s takvom interpretacijom problem bi možda mogao biti riješen.

Spomenimo još da je već 1908. A. Gniers utvrdio da je prije 2 000 godina na obali Istre morska razina bila 2 m niža nego danas. Slično tome, C. d'Ambrosi (1959), ekstrapolacijom mareografskih podataka smatra da se u posljednjih 2 tisuće godina razina mora u Trstu izdigla za 2,2 m, a istovremeno se kopno spustilo za dodatnih 1,8 m; to ukupno iznosi 4 m niža morska razina nego danas. Da se na našoj obali radi o dodatnom spuštanju kopna potvrđuju i nalazi D. Hafemanna (1960; 1961) da se u Sredozemlju od propasti Rimskog carstva morska razina izdigla za 1,7—2,2 m, tj. manje nego što se dolazi ekstrapolacijom mareografskih podataka u Bakru (i Trstu).

Možemo završiti s jednim detaljem. Prije je rečeno da je N.-A. Mörner (1973) utvrdio da se svjetska morska razina stabilizirala, ili je počela opadati, oko 1950-te godine. Analizom sl. 1 jasno se vidi da je na Jadranu, tj. u Trstu, Bakru i Splitu, srednja morska razina i dalje rasla još oko 10—15 godina, a tek se onda stabilizirala i počela opadati. Sada možemo riješiti taj problem vremenskog neslaganja. Naime, razina svjetskog mora, koja je odraz bilance vode u svjetskom moru, odnosno leda na kopnu, počela je opadati oko 1950. jer se smanjilo pritjecanje vode koja nastaje kopnjenjem leda na kopnu. Ako razina svjetskog mora stagnira ili lagano opada onda daljnji porast razine mora u Bakru, Splitu i Trstu može biti posljedica samo dodatnog epirogenetskog spuštanja kopna, a razina mora u Bakru (Splitu i Trstu) počela je padati 10—15 godina kasnije kad je glacioeustatički pad razine svjetskog mora nadvladao (postao veći) od epirogenetskog spuštanja kopna. Tako bi i ovaj sitni detalj mogao biti dokaz o postojanju epirogenetskog spuštanja naše obale.

U zaključku možemo ukratko reći da se morska razina u našem primorju (u Bakru svakako, a za ostale dijelove naše obale to možemo pretpostaviti jer u Bakru, Splitu i Trstu postoji izvanredno dobro podudaranje vodostaja) izdiže znatno više od svjetskog prosjeka zato jer se kopno u našem primorju (ili barem u njegovu sjevernom i srednjem dijelu) spušta u odnosu na Zemljin radius, pa to ubrzava transgresiju do koje dolazi glacioeustatičkim izdizanjem razine svjetskog mora.

## LITERATURA

Ambrosi C. d': Recenti misure mareografiche confermerebbero il persistere di tendenze epirogeniche in Istria. Bolletino della Società Adriatica di Scienze Naturali in Trieste 50, 9—25, 1959.

Andriješević N.: O vertikalnom pomicanju obalne crte u historičko doba na sjeveroistoku jadranskoga mora. Zagreb 1909.

Bulić F.: Tre sarcofaghi romani nel villaggio di Vranjic (Urania?) sotto il livello del mare. Bolletino di archeologia e storia dalmata 22, 107—111, 1899.

Egedal J. I.: Report on the investigation of the secular variation of the sea level on the coasts of Europe (except the British Isles) and of North Africa. Association d'Océanographie Physique, Union Géodésique et Géophysique Internationale. Publication scientifique 13, 4—10. Secular variation of sea-level, 1954.

Fairbridge R. W.: Radiation solaire et variations cycliques du niveau marin. Révue de Géographie physique et de Géologie dynamique 4, 2—14, 1961.

Ferraro S.: Dati del mareografo di Trieste. Istituto Sperimentale Talassografico »F. Vercelli«, Publ. No. 477, 1972.

Gniers A.: Beobachtungen über den Fortschritt einer säkularen Niveauschwankung des Meeres während der letzten zwei Jahrtausende. Mitteilungen der k. u. k. geographische Gesellschaft in Wien 51, 1—56, 1908.

Hafemann D.: Die Frage des eustatischen Meeresspiegelanstieg in historischer Zeit. Deutscher Geographentag, Berlin 1959, 218—231, 1960.

Hafemann D.: Art und Ausmass der Meeresspiegelanstieg in den letzten zweieinhalb Jahrtausenden. Berichte zur Deutschen Landeskunde 27, 229, 1961.

Jovanović P.: Karta apsolutnih brzina pomeranja Zemljine kore u Jugoslaviji. Beograd 1971.

Kasumović M.: Srednja razina Jadranskog mora i geodetska normalna nula Trst. Rad Geofizičkog zavoda u Zagrebu, II serija, br. 3, 3—22, 1950.

Kečkemet D.: Urbanistički razvoj splitske luke. Pomorski zbornik II, 1939—1438, 1962.

Mörner N.-A.: Eustatic changes during the last 300 years. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 13, 1—14, 1973.

Mosetti F.: Le variazioni relative del livello marino nell'Adriatico dal 1896 al 1967. e il problema dello sprofondamento di Venezia. Bolletino di Geofisica Teorica et Applicata 11, 243—254, 1969.

Polli S.: Livelli medi del mare di Trieste. Istituto Sperimentale Talassografico »F. Vercelli«, Publ. No. 459, 1970.

Roglić J.: Reljef naše obale. Pomorski zbornik I, 3—18, 1957.

Segota T.: Morska razina u holocenu i mlađem würmu. Geografski glasnik 30, 15—39, 1968.

Segota T.: Radiocarbon Measurements and the Holocene and Late Würm Sealevel Rise. Eiszeitalter und Gegenwart 23/24, 107—115, 1973.

Tešić M.: Mareografija i njena primena na Jadranu. Hidrografski godišnjak 1954, 181—206, 1955.

Tešić M.: O postdiluvijalnom pozitivnom pomeranju obalske linije na istočnoj obali Jadranskog mora. Hidrografski godišnjak 1956—1957, 153—162, 1958.

Zupan A.: Srednja razina mora u Splitu u razdoblju od 1947. do 1957. godine. Hidrografski godišnjak 1956—1957, 123—151, 1958.

### Summary

## SEA LEVEL CHANGE OF THE ADRIATIC SEA ACCORDING TO MAREOGRAPH DATA FROM BAKAR AND SPLIT (YUGOSLAVIA)

by

T. Segota

In spite of the incompleteness of data, this is the attempt to analyse sea level variations of the Adriatic Sea in two Yugoslav tide-gage stations, Bakar (near Rijeka) and Split.

The results can be summarized as follows:

1. The graphs on the Fig. 1 are the proof that the sea level in the eastern Adriatic is generally rising.
2. The graphs of the sea level in Bakar and Split (and very probably in Trieste) clearly indicate that after 1960—65 the sea level is slowly sinking; this is a proof of the latest fluctuation of the world sea level. (Similar change one can see in Trieste about (1937—1944.). Very probably in the near future the sea level will continue to rise.
3. Analysing the linear trend of the sea level (Fig. 1) one can conclude that in the last 42 years (1930—1971) sea level rose in Bakar 65.6 mm (1.56 mm per year) and in Trieste 59.1 mm (1.41 mm per year).
4. Extrapolating the mareograph data into the historical past one can conclude that the sea level in Bakar (and in general on the eastern coast of the Adriatic) should rise in last 2,000 years by 3.1 m.
5. Comparing extrapolated mareograph data with the data about the general sea level rise (1.9 m in last 2,000 years) we see that the rise of sea level by 3.1 m consists of two components: 1.91 m belongs to general glacioeustatic rise of the world sea level, and 1.2 m belongs to epeirogenic sinking (0.6 mm per year) of the Adriatic coast. Because all Roman buildings on the eastern shore of the Adriatic Sea are somewhat younger than 2,000 years, this means that about 1,600 years ago the Adriatic sea level stood 2.4 m below the present sea level.