

dipl. pravnik PAVAO GABRE
Zagreb

Zvukovi i radiovalovi u podvodnom svijetu - podvodno komuniciranje

1. Znanstveno eksperimentiranje. — Znanstveno proučavanje podvodnog svijeta jedna je od novijih etapa u čovjekovu osvajanju prirode. Otkrivanje tajni prirode u tom beskrajnom carstvu tmine i »tišine« omogućeeno je tek razvitkom suvremenih tehničkih sredstava pomoću kojih čovjek danas prodire u najveće dubine oceana i otkriva i proučava dosad nepoznati svijet.

Izgleda čudno da je upravo Švicarska, ta mala, od mora odrezana zemlja u srcu Evrope, dala toliko učenjaka kalibra Agessisa, Forda i Piccarda, koji su obogatili oceanologiju izvanrednim doprinosima. Prvim proučavanjem širenja zvukova kroz vodu bavio se također jedan Švicarac, profesor Jean-Daniel Colladon (1802—1893). On je svoje pokuse i mjerenja izvršio na Ženevskom jezeru uz pomoć dvaju čamaca od kojih je jedan bio opremljen podvodnim zvukom a drugi slušnim aparatom nalik na trubu. Kako su ta dva čamca bila na izmjerenoj udaljenosti jedan od drugoga, bilo je moguće tačno izračunati brzinu i opseg širenja zvuka pod vodom. Ovi su pokusi bili izvršeni početkom 19. stoljeća.

Tek stotinjak godina kasnije, zahvaljujući pojavi prve podmornice, uočena je potreba da se podvodnim komunikacijama konačno posveti pažnja koju one zaslužuju. Kao posljedica toga uskoro se javljaju podvodni slušni aparati hidrofoni, asdic i sonar (SO und Navigation Ranging) koji služi za otkrivanje objekata pod vodom, a radi na principu odašiljanja zvučnih valova s broda na površini ili s plutače i primanja jeke koja se vraća od predmeta ispod vode kao i mjerenja vremena koje proteče dok valovi dospiju do objekta i vrate se natrag. Godine 1919. nepouzdanom mjerenju dubine pomoću olovnog viska zamijenjeno je akustičkim instrumentom poznatim pod imenom ehosonder koji danas predstavlja standardnu opremu za

hidrografska mjerenja. Međutim, valja reći da su i rezultati koji se dobivaju ehosonderom često pogrešni ukoliko se ne izvrše određene korekcije u pogledu brzina širenja zvuka pod vodom. Ove korekcije, koje se zasnivaju na prosječnoj temperaturi i slanosti vodenih slojeva kroz koje prolaze valovi zvuka, mogu se naći u priručnim tablicama što ih izdaje većina pomorskih zemalja. Ehosonderi se mogu također upotrebljavati za otkrivanje ribljih jata.

S obzirom na to da konvencionalna podmornica nije građena za velike dubine, podvodnim komunikacijama na velikim dubinama često se bavio Švicarski učenjak profesor Auguste Piccard, koji je konstruirao batiskaf. Njegov sin, dr Jacques Piccard, opisuje u svojoj knjizi »Na dubini od 11.000 metara« kako mu je pošlo za rukom da »prisluškuje« pomoću »VQC« telefona poruke koje su kolale pod vodom između dvaju brodova na površini dok je bio na dnu velikog Challenger Deepa (11000 m) prilikom svog rekordnog spuštanja u morske dubine batiskafom »Trst« u siječnju 1960. godine.

Otac i sin Piccard ubrajaju se među prve učenjake što su proučavali dubine koji su poznati po svojoj izvanrednoj sposobnosti da rone vrlo duboko i da se zatim naglo dižu na površinu, a da pri tome ne trpe ni od kakvih štetnih posljedica dekompresije kojima je izložen čovjek.

2. Međusobno komuniciranje podvodnog svijeta. — Oceanolozi koji se bave ovim proučavanjima bilježe zvukove što ih ove životinje ispuštaju pod vodom i isto tako detaljno proučavaju njihov slušni mehanizam. U toku ronjenja batiskafom dr Piccard je zabilježio na magnetofonskoj vrpici mnoge zvukove koje proizvode stanovnici mora, kao na primjer glasanje dúpina nalik na zvižduk i pucketave zvukove rakova. Zbog toga je potrebno da

konstruktori podvodnih akustičnih instrumenata vode računa o izoliranju zvukova što ih proizvode životinje, a koji se često nazivaju »parazitskom bukom« kako bi se omogućilo bolje emitiranje i primanje signala, neophodnim za djelotvornost službe podvodnih komunikacija.

Suvremena je anatomija utvrdila da kitovi imaju izvršne slušne organe i da su oni osjetljivi na širok raspon frekvencija zvučnih valova. Štoviše, pokusi s dupinima, kojima su prethodno zastrte oči, pokazali su da oni mogu plivati među najrazličitijim podvodnim preprekama, po svemu sudeći uz pomoć nekog mehanizma za otkrivanje predmeta putem zvuka kojim se, kao, što je poznato, na sličan način služe i šišmiši. Prema tome, dupini mora da neprestano odašilju ultrazvučne valove koji im se zatim natrag odbijaju od predmeta u njihovoj neposrednoj blizini.

Na taj način dolazimo do zaključka da je vid manje važan osjet pod vodom nego na kopnu ili u zraku osim u slučaju kad služi za otkrivanje predmeta na maloj udaljenosti ukoliko okolni uvjeti dopuštaju da dovoljno svjetlosti prođe u vodu. Na osnovu ovog zaključka možemo pretpostaviti da u životu životinja pod vodom (uz izuzetak nekih vrsta) vid zauzima drugo mjesto, iza sluha. Iako sve što se giba pod vodom mora proizvoditi neki šum — većinom infrazvučni — Te zvukove ne može zamijeniti ljudsko uho. Zvukovi ili titraji s frekvencijom ispod zvučne granice za čovjeka služe kao sredstvo za otkrivanje predmeta ili određivanje smjera kojim se koriste ribe kako bi mogle »čuti« kretanje nekog crva ili puža na morskome dnu ili neprijatelja koji klizi prema njima prije nego što napadač bude opažen. Emisije na vrlo visokim frekvencijama (do 200 kHz) upotrebljavaju kitovi, pliskavice i dupini za otkrivanje plijena. Na sličan način, među raznim sredstvima za otkrivanje i lociranje objekata pod vodom širenje zvuka je daleko najdjelotvornije, najviše zbog toga što se zvučna energija može širiti pod vodom na velike udaljenosti, dok elektromagnetska energija biva vrlo brzo apsorbirana.

3. Faktori koji utječu na mogućnost komuniciranja pod vodom. — Kao što se aerodinamika može usporediti s hidrodinamikom — glavna je razlika u gustoći fluida, zraka i vode — tako je i na području komunikacija gdje nalazimo izvjesne sličnosti u širenju zvuka u atmosferi i hidrosferi. Tako se troposfera i stratosfera, na koje smo podijelili nižu atmosferu (ova dva sloja odijeljena su tropopauzom), održavaju u hidrosferi (koja je podijeljena na morskou troposferu i morskou stratosferu) gdje su ova dva sloja odijeljena termoklinalom. Kad znamo veliku važnost tropopauze u radio-komunikacijama, kao na primjer u pojavi poznatoj pod imenom »troposferičko raspršivanje«, možemo očekivati da će i termoklinala biti jednako značajna u pogledu podvodnih komunikacija. Ova je pretpostavka zaista sasvim na mjestu, jer nagla promjena u temperaturi vode na termoklinali može dovesti do toga da slojevi ispod nje postanu »neprobodni« za zvučne valove koji dolaze od površinskih slojeva vode.

Važnost razlike u gustoći zraka i vode može se jednostavnije izraziti u smislu otpora. Karakterističan otpor vode prema zvuku 3600 puta je veći nego otpor zraka. Na taj način dolazi do malog pomicanja i visokog pritiska prilikom širenja zvučnih valova kroz vodu, dok kod širenja zrakom nastaje veće pomicanje i manji pritisak. Dokazano je da brzina širenja zvuka kroz zrak iznosi 332 metra u sekundi, kroz slatku vodu 1433 metara u sekundi, a kroz morskou vodu 1512 metara u sekundi.

Brzina zvuka u vodi raste s povećanjem temperature, pritiska ili slanosti, pri čemu je povećanjem najznačajnija. Pritisak povećava brzinu zvuka za 0,55 m u sekundi na svakih 30 m dubine, dok je slanost povećava za oko 1,3 m u sekundi za svaki promil sadržaja soli. Prosječna slanost je 35 promila.

Glavni slojevi, troposfere i stratosfere, i u zraku i u vodi često se dalje raslojavaju uslijed razlika u temperaturi i gustoći (kao i slanosti kad je riječ o moru), što dovodi do stvaranja odjelitih slojeva koji, kao što je poznato, djeluju na domaćaj komunikacija. Na primjer, inverzije temperature zraka, kakve normalno nalazimo u toplom

sektoru depresije, imaju poznato djelovanje na radio-komunikacije. Pomoću tacne prognoze vremena moguće je predviđati pojavu ovih efekata. Širenje zvučnih valova na venke udaljenosti olaksavaju u moru tzv. »zvučni kanali«. Zbog toga je više nego vjerojatno da se kitovi i njima srodni sisavci, ako ne i mnogi drugi pripadnici morske faune koriste ovim istim kanalima za međusobno komuniciranje. Na temelju podataka o moru kojima se raspolaze može se predviđati formiranje zvučnih kanala.

Venku teskoću u pogledu efikasnosti sonara predstavlja buka okoline, kako prirodna tako i ona koja potječe od čovjeka. Takova buka siri se često na istim snopovima frekvencije koje upotrebljavaju i akustički aparati, a mogu je izazvati prirodni fenomeni kao što su vjetar, jaka kiša, stanovnici mora i vulkanske erupcije. Osim toga, u plitkoj vodi struje mogu dovesti do sudaranja stijena što stvaraju sumove, koji mogu doprijeti veoma daleko. Zanimljiv je primjer dosega širenja zvuka kroz vodu što ga stvara prasak eksplozije izvršen u jednom zvučnim kanalima pred obalom Australije. Taj prasak eksplozije zabilježen je 3 sata i 45 minuta kasnije na udaljenosti od 20.000 km u blizini Bermuda.

Upotreba sonara kao automatskog uređaja za navigaciju veoma je značajna. On se na primjer upotrebljava kao podvodni zvučni putokaz, a energetski mu je izvor stroncij 90. Nadalje služi za označavanje brodskih staza ili za određivanje položaja broda, pri čemu brod pomoću kodiranog signala na određenoj frekvenciji jednostavno traži podatke od sonarnog aparata koji je postavljen na morskome dnu.

Važan aspekt podvodnih komunikacija predstavlja potreba komuniciranja između stanica na kopnu i podmornica. Budući da normalni valovi ne prodiru u vodu, najbolji način komuniciranja kopna s podmornicom je putem vrlo niskih frekvencija. Frekvencije ovog tipa prodiru u vodu, ali su za to potrebni odašiljači velike jačine, a radi dužine valova stanice na kopnu moraju biti opremljene izuzetno dugim antenama. Ovakve su stanice podignute u Engleskoj (u Rugbyju), u Norveškoj, a nedavno je ugrađena izvanredno velika stanica u North West Capeu u zapadnoj Australiji. Stup antene ove australske stanice smatra se najvišom građevinom koju je čovjek podigao na južnoj hemisferi.

Međutim, postoji jedan problem koji neizbježno zadire u domenu oceanologije, a to je dubinski sloj raspršivanja. Ovaj sloj, koji je dobro poznat učenjacima i pomorcima koji se služe ehosonderima, otkriven je na dubini od 300 do 800 m. Taj sloj odbija valove što ih odašilju ehosonderi i na taj način može izazvati »lažnu« jeku koja može opet dovesti do ozbiljnih pogrešaka u mjerenju dubina. Smatra se da se spomenuti dubinski sloj raspršivanja sastoji od bezbroj morskih organizama koji formiraju koncentrirani sloj ili katkada tri odvojena sloja koji se noću dižu bliže površini a danju poniru duboko, do najniže svoje granice. Opažanja učenjaka koji su se batiskafom spuštali u dubine potvrđuju da su organizmi koji tvore taj sloj sitne dubinske svjetleće ribe i neke vrste račića i životinjskog planktona. Priroda ovog sloja sada se pažljivo proučava, a tom će proučavanju znatno pridonijeti dr Piccard istraživanjem Goflske struje pomoću svog novog mezoskafa »Benjamin Franklin« kojim će zaroniti u struju na određenoj dubini. U toku ovog pothvata detaljno će se ispitati izravnim promatranjem priroda i periodično mijenjanje dubinskog sloja raspršivanja. Rezultati ovog dubinskog proučavanja mora zacijelo će u budućnosti utjecati na konstruiranje ehosondera.

4. Praktična primjena podvodnih komunikacija i pravni aspekti. — Nekada su podmornice služile isključivo u vojne svrhe, međutim, one danas služe osim vojničkim i ratnim ciljevima još i naučno-istraživačkim, sportskim, pa čak i trgovačkim. Podmornice su opremljene kompletnim radio-uređajima, telekomunikacijama pomoću kojih se mogu promatrati podvodni svijet i održavati veza sa vanjskim svijetom. Tako na primjer britanska kompanija Intott (Intot) u Orshamu (Oršem) gradi minijaturne podmornice za istraživanje prirodnog plina na dnu mora. Ovakve male podmornice opremljene su pored radio-uređaja još i televizijskim kamerama, svjetlosnim uređajima i

Iako pokretljivim sondama za uzimanje uzoraka morskog dna.

Veliku ulogu također igraju radio-televizijski uređaji u podmorskoj plovidbi. U slučaju nesreće koja bi mogla zadesiti podmornicu kada plovi pod morem mogli bi ostati živi ljudi u havariranoj i potonuloj podmornici. U njima posada ponekad može ostati u neostećenom prostoru sve dok ne potroši zalihe zraka za disanje. U takvim slučajevima ostaje još jedina radio-veza za emitiranje signala za pomoć, ukoliko radio-uređaji nisu oštećeni. Tako podmornica koja je lakše havarirana može putem radija javiti svoj položaj da bi spasilачki brodovi sa specijalnim spravama za spasavanje mogli doći.

U oktobru 1965. godine pod vodstvom glasovitog francuskog istraživača morskih dubina Cousteaua postavljena je na morsko dno, u dubini od stotinu metara na Mediteranu, jedna podmorska kuća u svrhu naučnog ispitivanja podmorskog života i traženja naftovodnih izvora. Isto tako postavljena je druga podmorska kuća na Pacifiku u dubini od 63 metra. Ova kuća ili kapsula nazvana je »Sealab II«. U njoj je boravio 30 dana poznati američki astronaut Scott Carpenter.

Između akvanauta na Mediteranu i onih na Pacifiku uspostavljena je radio-telefonska veza. Ove dvije ekipe, udaljene jedna od druge preko 10.000 kilometara, izmjenile su dojmove o životu na morskoj dubini. Bilo je predviđeno da se ova radio-telefonska veza uspostavi posredstvom telekomunikacionog satelita »Early Birda«, ali se ovaj puta to nije moglo ostvariti.

Baš se tada nalazilo u orbiti kozmički brod »Gemini 5« sa kozmonautom Gordon Cooper-om, koji je pomoću kontrolnog centra u Houstonu uspostavio radio-vezu sa akvanautom Scott Carpenterom. Ovo je prvi put u povijesti čovječanstva da je uspostavljena radio-veza između oceanskih dubina i kozmosa.

Propast američke podmornice »Thresher« (Trešer) 1963. godine izazvala je zabranutost ne samo u pomorskim krugovima već i u svjetskoj javnosti. Zabranutost je tim veća što se zna da je imala brojnu posadu od 129 ljudi sa kojima se spustila na Atlantiku u dubinu od 2560 metra odakle se nije nikada više javila. Ovo se dogodilo iako se danas više nego ikada pridaje važnost sredstvima za spasavanje i sigurnosnim uređajima u podmornici. Mi se ovdje nećemo upuštati u raspravljanje o pojedinim tehničkim sredstvima koja dolaze u obzir za spasavanje već o telekomunikacionim uređajima putem kojih bi se moglo dati znak opasnosti i održavati veza nakon havarije. Međutim podmornica »Thresher« to nije mogla učiniti.

Međutim, mladi zapovjednik podmornice »Thresher« trideset petogodišnji kapetan fregate Harvi imao je na raspolaganju ultramoderna telekomunikaciona sredstva koja omogućuju stalnu vezu sa specijalnim brodom »Skajlar-kom« koji je pratio podmornicu u svrhu pružanja eventualne potrebne pomoći. On je tu vezu radio-telefonom održavao kratko vrijeme iz koje su se mogle razabrati postojeće manje poteškoće. Međutim, veza je bila prekinuta, nastala je šutnja, šutnja zauvijek, manje poteškoće pretvorile su se u katastrofu, podmornica nikada više nije izronila iz nepoznatih razloga. Ovo je jedna od najvećih podmorničkih katastrofa u historiji podmorničkog saobraćaja s obzirom na broj ljudskih žrtava.

Izgleda da je radio-komunikacija iz većih dubina veoma komplicirana, jer se u moru ne čuju emisije na kratkim i srednjim radio-valovima. Iako je podmornica »Thresher« bila opremljena stanicom koja je radila na veoma dugim valovima od 20.000 metara, ona nije mogla uspješno radio-komunicirati iz dubine na kojoj se nalazila iz čega se može zaključiti da ni pomoću tako dugih valova nije moguće uspješno emitirati radio-valove iz tako velikih dubina, iako je voda odnosno more dobar provodnik elektriciteta.

Svi aspekti podvodnih komunikacija o kojima je ovdje bilo govora očito imaju velikog utjecaja na operativnost podmornica i dubinskih ronilaca. Plovidba će se ubuduće sve više odvijati pod vodom, a stručnjaci za prijevoz morskim putem predviđaju da će prednost biti na strani podmornica čak u pogledu transporta putnika i robe. Ovo se mišljenje temelji na jedinstvenoj sposobnosti podmor-

nice da plovi duboko ispod površinskih slojeva mora gdje može djelovati pod nesmetanim uvjetima koji vladaju već na nekoliko metara dubine i gdje nikada nije izložena hirovima vjetrova i valova niti suočena s opasnošću od ledenih sante. Značajni pothvat transarktičke plovidbe ispod polarnog leda, koji su prije desetak godina izvele podmornice SAD »Nautilus« i »Skote« nedvosmisleno je dokaz o prednostima podmorske plovidbe.

Ušteda na vremenu i gorivu jedne takove plovidbe, recimo od New Yorka do Tokija, preko Sjevernog pola i ispod ledenog pokrivača očigledno je vrlo velika. Od svih mogućih morskih putova između ova dva grada jedino polarni put ide najkraćom putanjom. Drugi najkraći put bio bi zaobilazan i mnogo duži, a vodio bi preko Panamskog kanala.

Ako se zaista u budućnosti prihvati podmornica kao najekonomičnije i najefikasnije sredstvo za pomorski transport putnika i robe na velike udaljenosti, značit će to nesumnjiv poticaj za razvoj podvodnih komunikacija. Konačno, ne treba zaboraviti da je više od dvije trećine površine Zemlje pokriveno vodom.

Činjenica je da brod na moru, a također i podmornica dok je pod morem zavise od radio-veze. Upotreba tehničke telekomunikacije u pomorskim radio-službama ne predviđa izričito ni u jednom opsegu frekvencije koje su dodjeljene podmorskim telekomunikacijama.

Kao što smo naprijed naveli, posada »Sealaba II« u dubini od 63 m uspostavila je radio-telefonsku vezu sa kozmičkim brodom »Gemini 5« pomoću kontrolnog centra u Houstonu. Također su do sada izvršene probe pokazale da je moguće uspostaviti radio-vezu između brodskih i obalskih stanica posredstvom stacioniranog satelita. Zahvaljujući tehničkom napretku omogućeno je podmorsko radio-komuniciranje, ali međunarodni propisi koji su sada na snazi nisu još to regulirali.

Odredbe međunarodnog pravilnika o radio-saobraćaju (uključujući i njegove dodatke) i Dopunskog pravilnika o radio saobraćaju čije su odredbe revidirane od strane Svjetske administrativne konferencije o radio-saobraćaju u Zenevi 1967. godine ne sadrže norme koje se odnose na podmorske radio-veze. Također ni Međunarodna konvencija o telekomunikacijama iz 1965. godine ne sadrži takve odredbe.

Isto tako ni Međunarodna lista frekvencija ne predviđa kako u regionalnoj, tako i međunarodnoj skali frekvencije koje bi se izričito odnosile na radio-komuniciranje pod vodom. Ovo ne znači da Međunarodni savez za telekomunikacije kod donošenja spomenutih propisa nije imao u vidu i podvodno radio-komuniciranje, već smatramo da radio-stanice koje rade dok se podmornica i drugi objekti nalaze pod morem mogu upotrebljavati opsege frekvencija dodjeljene podmorskoj pokretnoj službi. Ipak smatramo, a s obzirom na specifičnost radio službe u morskim dubinama, da bi trebalo posebno regulirati rad podvodne radio-stanice i način upotrebe frekvencija.

