

## Geofizika\*

Geofizika (grč. *gê* – Zemlja, *fýsis* – priroda) je znanost koja se bavi fizikalnim svojstvima Zemlje i procesima na njoj, a ponekad i na drugim planetima. Obuhvaća niz disciplina, koje se mogu grupirati ovisno o tome da li se bave čvrstom Zemljom, njenim vodama ili pak zrakom koji je okružuje. Prva grupa geofizičkih disciplina usmjerena je na istraživanje polja sile teže i oblika Zemlje (gravimetrija), magnetskog polja Zemlje (geomagnetizam), potresa i strukture Zemljine unutrašnjosti (seizmologija) te vulkanskih erupcija (vulkanologija). Predmet izučavanja druge grupe geofizičkih disciplina su tekuće vode na tlu i podzemne vode (hidrologija), jezera (limnologija), mora i oceani (fizička oceanografija) te ledenjaci i ledene kape (glaciologija). Treća se grupa geofizičkih disciplina bavi kratkoročnim vremenskim promjenama u nižim slojevima atmosfere (meteorologija), dugoročnim karakteristikama vremenskih prilika u blizini Zemljine površine (klimatologija) te procesima u višim slojevima atmosfere (aeronomija).

Što povezuje različite geofizičke discipline međusobno? Prije svega, način prikupljanja i analize podataka. S obzirom da se u pravilu radi o podacima koji su ovisni o vremenu i distribuirani u prostoru, pri analizi se koriste metode koje uvažavaju vremensku promjenjivost (npr. spektralna analiza), prostornu raspodijeljenost (npr. objektivna analiza) ili oboje (npr. empirijska ortogonalna dekompozicija). Geofizičkim disciplinama zajednička je i vrlo izražena teorijska komponenta rada, koja se često zasniva na sličnim parcijalnim diferencijalnim jednadžbama. Naposljetku, geofizičke discipline povezuju i međudjelovanja koja se javljaju među raznim dijelovima Zemljinog sustava. Tako se, primjerice, kod pojave koja je u novije vrijeme postala poznata pod akronimom ENSO (El Niño Southern Oscillation) očituje čvrsta međuovisnost atmosfere i oceana, a pri istraživanju antropogenih klimatskih promjena gotovo da treba promatrati Zemlju u cjelini. To pokazuje da je podjela geofizike na discipline ponešto artificijelna te da geofizičar, bez obzira za koju se disciplinu specijalizirao, mora raspolagati znanjima o ostalim disciplinama.

Pojedine geofizičke discipline bliske su nekim drugim znanostima. Tako je npr. gravimetrija srodna geodeziji, seizmologija ima niz dodirnih točaka s geologijom, fizička je oceanografija povezana s kemijskom i biološkom oce-

\* Ovaj je tekst pripremljen za objavljivanje u *Hrvatskoj enciklopediji IV*. Budući da je tamo izašao u nešto skraćenom obliku, donosimo ovdje integralnu verziju. Ur.

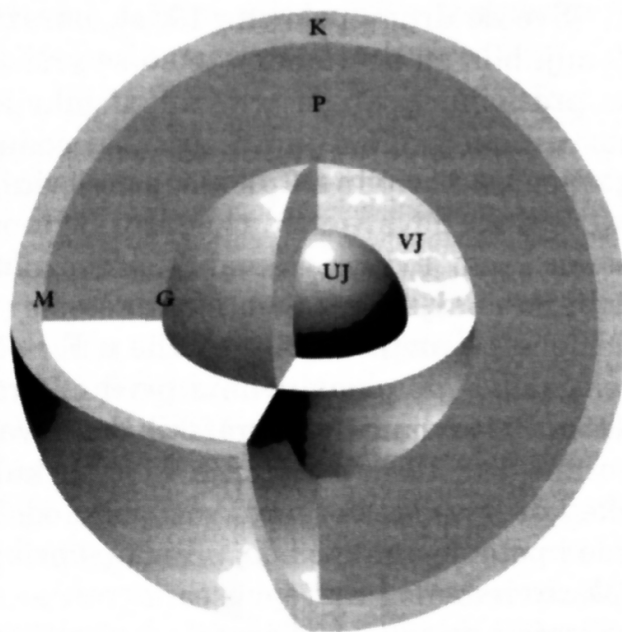
anografijom, a klimatologija je često predmet interesa geografa. Posebno je zanimljivo pitanje odnosa fizike i geofizike. Tradicionalno se smatralo da je geofizika jedna grana primijenjene fizike, tj. da fizičari otkrivaju opće zakonitosti koje potom geofizičari primijenjuju u istraživanju Zemlje. Takav je odnos fizike i geofizike ozbiljno doveden u pitanje početkom 1960-ih godina: meteorolog E. N. Lorenz postavio je tada temelje suvremenoj teoriji tzv. determinističkog kaosa, koja je desetak godina kasnije postala predmetom intenzivnog interesa fizičara.

Mnoge pojave i procesi kojima se bave geofizičari mogu se opažati. Posljedično, informacije o njima od davnina su se prikupljale motrenjima, a vrlo rano javljaju se i prvi pokušaji mjerenja i interpretacije prikupljenih podataka. Tako su grčki filozofi Aristotel (384–322 pr. Kr.) i Strabon (64 pr. Kr.-oko 21) držali da su vulkanske erupcije i potresi povezani s vrućim podzemnim vjetrovima koji povremeno izbijaju na površinu. Nešto je kasnije kineski matematičar, astronom i geograf Čang Heng (78–139) izumio prvi seizmoskop. Koncept hidrološkog ciklusa, prema kojem se voda isparava iz mora, zatim kondenzira u atmosferi, pada na Zemlju u obliku oborine i naposljetku rijekama otječe u more, spominje se u jednom kineskom tekstu iz 3. st. pr. Kr. Jedan element tog ciklusa – protok Nila – od davnina je privlačio pozornost: rano se počelo s očitavanjem vodostaja te rijeke s vodokaza, a Eratosten (oko 276–194 pr. Kr.) je poplave Nila povezao s jakim oborinama opaženim uzvodno. Aristotel je pak tumačio postanak nekih vrsta oborine. I pojave u moru davno su privukle pozornost, pa je već Posejdonije (135–50 pr. Kr.) morske mijene povezao s Mjesečevim ciklusom.

Počevši s razdobljem renesanse egzaktne znanstvena istraživanja, pa tako i ona koja se danas uvrštavaju u geofiziku, dobila su novi zamah. I dalje se do mnogo podataka dolazi opažanjima, s time da se širi praksa grafičkog prikazivanja prikupljenih podataka: tako, primjerice, A. Kircher (1664) objavljuje prvu kartu globalnih oceanskih struja na osnovi podataka prikupljenih tijekom velikih istraživačkih putovanja. Međutim, znatnu novost u to vrijeme predstavlja spoznaja o važnosti intrumentalnih mjerenja. Počinju se intenzivno koristiti neki otprije poznati instrumenti (npr. kompas), a razvija se i cijeli niz novih: termometar (G. Galilei, početak 17. st.), anemometar (S. Santorio, 1625), barometar (E. Torricelli, 1643), njihalo kao uređaj za mjerenje ubrzanja sile teže (C. Huygens, 1673), higrometar (J. H. Lambert, 1774), mareograf odnosno limnigraf (H. R. Palmer, 1831), strujomjer (G. Aimé, 1845), seizmograf (J. Milne, 1892). Podaci prikupljeni instrumentalnim mjerenjima unose se u zemljopisne karte i prikazuju pomoću izopleta, linija koje spajaju točke s jednakom vrijednošću mjenjenog elementa. Izgleda da je prva takva karta bila ona magnetskih izogona, koju je 1701. godine načinio E. Halley, slijedila je karta izoterma, što ju je 1817. godine objavio A. Humboldt, a zatim i mnoge druge.

Drugu važnu novost u razdoblju od 16. do 19. st. predstavlja formuliranje osnova za teorijsko istraživanje fizikalnih pojava i procesa na Zemlji. Tu prije svega treba spomenuti da je I. Newton (1687) postavio temelje za izučavanje polja sile teže, oblika Zemlje i morskih mijena. Slijedio ga je niz autora, između ostalih i naš R. Bošković. L. Euler (1755) formuli-  
 rao je jednadžbe gibanja i kontinuiteta koje, uz neke nadopune, predstavljaju i danas osnovu za modeliranje Zemljine hidrosfere i atmosfere. C. A. Coulomb (1785) utro je put matematičkom modeliranju električnog i magnetskog polja, pa i onog Zemljinog. G. Lamé (1852) dao je pak izraze na koje se oslanja modeliranje gibanja u unutrašnjosti Zemlje.

Paralelno s uvođenjem novih metoda empirijskog i teorijskog rada, načinjeni su i pomaci u istraživanju Zemlje. Tako se najprije smatralo da Zemlja ima oblik rotacijskog elipsoida, da bi se potom došlo do preciznijeg opisa – plohe koja obavlja površinu mirnog mora i nastavlja se ispod kontinenata; takva je ploha nazvana geoid (J. B. Listing, 1873). H. Gellibrand (1635) utvrdio je da je magnetsko polje Zemlje podložno sporim promjenama, tzv. sekularnim varijacijama, a C. F. Gauss je nekih 200 godina nakon toga pokazao da to magnetsko polje – pa stoga i njegove promjene – moraju biti unutarnjeg porijekla. U drugoj polovici 17. st. P. Perrault i E. Mariotte proveli su hidrološka istraživanja u bazenu rijeke Seine, kojima su pokazali da je godišnji iznos lokalne oborine više nego dovoljan da bi se objasnilo godišnji protok rijeke; time su opovrgli tvrdnje, česte u ono doba, da riječna voda potječe iz podzemnih tokova. L. F. Marsigli (1681) je, istražujući struje u Bosporu i reproducirajući ih laboratorijskim modelom, spoznao da teža voda tone i podvlači se pod lakšu vodu koja se uzdiže i dotječe nad težu vodu. P. S. Laplace (1775) formulirao je pak dinamičku teoriju morskih mijena, koja je i danas osnova za istraživanje te pojave. E. Halley (1686) opisao je sustav pasatnih vjetrova, a G. Hadley (1735) je dao njihovo objašnjenje. H. W. Dove (1828) pisao je o tropskim olujama kao putujućim poremećajima s vjetrom koji kruži u protusatnom smjeru na sjevernoj hemisferi, u satnom smjeru na južnoj hemisferi. B. Franklin (1751) dokazao je postojanje električnih naboja u olujnim oblacima.



**Slika 1.** Osnovni slojevi i plohe diskontinuiteta u unutrašnjosti Zemlje: K = kora, P = plašt, M = Mohorovičićev diskontinuitet, G = Gutenbergov diskontinuitet, VJ = vanjska jezgra, UJ = unutarnja jezgra.

Sve do druge polovine 19. st. istraživanja fizikalnih pojava i procesa na Zemlji bila su sporadična te su se vršila u okviru srodnih znanosti. Tek kad se proširila spoznaja o važnosti takvih istraživanja i o potrebi da se ona sustavno organiziraju i financijski podupru, počele su se profilirati pojedine geofizičke discipline. Tako je, primjerice, poticaj razvoju suvremene meteorologije dala havarija francuskih i britanskih brodova ispred Krimskog poluotoka 1854. godine. Odmah je prepoznato da se nesreća mogla izbjeći pravodobnim obavještavanjem o oluji što se približava. To je dovelo do uspostave nacionalne meteorološke službe u Francuskoj 1856. godine te – uz upotrebu telegrafa – do objavljivanja prvih suvremenih sinoptičkih karata 1863. godine. Postavljanje telegrafskih kablova na oceansko dno potaknulo je niz oceanografskih istraživanja, koja su kulminirala cirkumnavigacijom britanske korvete *Challenger* u razdoblju od 1872. do 1876. godine. To krstarenje, kao i potonje analize i objavljivanje prikupljenih podataka, obilježavaju početak suvremenog razvoja oceanografije – i to ne samo fizičke. Otprilike u to je vrijeme i seizmologija izrasla u posebnu disciplinu. Englez J. Milne osnovao je prvo seizmološko društvo na svijetu, 1880. godine u Japanu. On i njegovi suradnici dali su poticaj izgradnji ranih mreža seizmografskih postaja.

Intenzivan razvoj pojedinih geofizičkih disciplina nametnuo je potrebu za njihovom međusobnom suradnjom, a to je dovelo do formiranja geofizike kao zasebne znanosti. Krajem 19. i početkom 20. st. stvara se niz nacionalnih geofizičkih institucija, a geofizičke discipline uvode se u sveučilišne nastavne programe. Istovremeno jača svijest o potrebi međunarodne suradnje, pa se utemeljuju različite internacionalne organizacije. Danas je krovna geofizička organizacija International Union of Geodesy and Geophysics, koja je formirana 1919. godine i kojoj je Hrvatska pristupila odmah nakon osamostaljenja – 1992. godine. Važne međunarodne organizacije, u koje se geofizičari uključuju individualno, su i European Geophysical Society te American Geophysical Union. Još jedan pokazatelj jačanja geofizike je ekspanzija prestižnih međunarodnih časopisa iz tog područja. Vjerojatno najugledniji časopis danas je *Journal of Geophysical Research*, čije sekcije pokrivaju različita područja interesa geofizičara: prostor oko Zemlje (A), čvrstu Zemlju (B), oceane (C), atmosferu (D) te druge planete (E).

U posljednjih stotinjak godina eksperimentalna geofizička istraživanja doživjela su silnu transformaciju. Razvoj elektronike omogućio je da se mnogi klasični, mehanički instrumenti osuvremene te da prikupljeni podaci postanu dostupni istraživačima čim su izvršena mjerenja. Izumom radiosonde 1930-ih godina ostvaren je preduvjet za rutinska mjerenja u višim slojevima atmosfere, koja su potom nadopunjena mjerenjima s aviona, raketa i satelita. Počevši s 1950-im godinama satelitska su mjerenja revolucionirala eksperimentalna istraživanja i u drugim geofizičkim disciplinama: ne samo da su omogućila određivanje oblika geoida te geomagnetska mjerenja na velikoj udaljenosti od Zemljine površine, nego su poslužila i pri određivanju pomaka

tla koji prethode pojavi potresa, pri sinoptičkim mjerenjima temperature jezera, mora i oceana kao i pri utvrđivanju dimenzija ledenih pokrova.

U 20. st. i teorijski rad u području geofizike bitno je izmijenjen. Razvoj elektroničkih računala omogućio je numeričko rješavanje parcijalnih diferencijalnih jednadžbi koje opisuju pojedine dijelove Zemljinog sustava. Posljedično, moglo se napustiti ograničavajuće pretpostavke, koje su bile nužne pri ranijem analitičkom rješavanju, i tako približiti realističnim simulacijama pojava i procesa na Zemlji. Možda je najpoznatija promjena koja se zbila u meteorologiji: J. G. Charney, R. Fjörtoft i J. Neumann objavili su 1950. godine rezultate prve uspješne numeričke prognoze vremena, što je bilo uvođenjem u suvremenu praksu kratkoročne prognoze koja se zasniva na numeričkom modeliranju. Međutim, takvo se modeliranje intenzivno koristi i drugdje u geofizici: primjerice, seizmolozima omogućava reprodukciju gibanja tla za vrijeme potresa, hidrolozima povezivanje oborine s evaporacijom, površinskim i podzemnim otjecanjem te promjenom vlažnosti tla, limnologizima i oceanografima simulaciju struja, vodostaja i valnog polja, a glaciolozima izučavanje promjena u dimenziji ledenih pokrova.

Geofizička istraživanja provedena tijekom proteklih stotinjak godina znatno su promijenila naše nazore o Zemlji. Seizmološki radovi ukazali su na strukturu Zemljine unutrašnjosti, posebno na postojanje kore, plašta i jezgre. Ovdje valja posebno istaknuti hrvatskog geofizičara A. Mohorovičića, koji je 1910. godine pronašao plohu diskontinuiteta koja odjeljuje koru i plašt. Seizmologija je, zajedno s vulkanologijom, geomagnetizmom i gravimetrijom, osigurala podatke koji su izdašno korišteni pri formuliranju teorije tektonike ploča sredinom 1960-ih godina. Otprilike u isto vrijeme započelo se s najavom vulkanskih erupcija na osnovi praćenja seizmičke aktivnosti koja im prethodi. U okviru fizičke oceanografije veliku su pozornost privukle oceanske struje, pa je tako H. Stommel 1948. godine objasnio porijeklo Goflske struje. Taj i drugi brojni nalazi geofizičara koji se bave hidrosferom i atmosferom pokazali su se korisnima u klimatologiji. To je područje u koje je još J. Hann 1883. godine uveo velike prikaze svjetskih klimatskih prilika. Međutim, krajem 20. st. problem antropogenih klimatskih promjena povezanih s tzv. efektom staklenika transformirao je klimatologiju. Naime, numeričke simulacije, izvorno razvijene u okviru meteorologije, proširile su se na klimatske vremenske skale kao i na druge dijelove Zemljinog sustava – oceane, ledene kape itd. I aeronomska su istraživanja dobila znatan zamah: odnose se na pojavu magnetskih oluja i polarne svjetlosti, na procese u ionosferi, a najviše je interesa privuklo stanjivanje ozonskog omotača Zemlje, pojava ozonske rupe nad Antarktikom sredinom 1980-ih godina i posljedične promjene u intenzitetu ultraljubičastog zračenja.

Kad je riječ o razvoju geofizike u Hrvatskoj, treba reći da se neke discipline (vulkanologija, glaciologija) nisu njegovale, a nekima (gravimetrija, hidrologija, limnologija) se nisu bavili geofizičari već znanstvenici srodnih

struka. Preostalim geofizičkim disciplinama sve do 19. st. povremeno bi pozornost posvetili – kao i drugdje u svijetu – pojedinci zainteresirani za neki problem. Tako je npr. u 16. i 17. st. nekoliko hrvatskih autora (F. Grisogono, N. Sagroević, F. Petrić, M. A. Dominis) objavilo rasprave o problemu plime i oseke. Za sustavni razvoj geofizike u Hrvatskoj posebno je važan Geofizički zavod u Zagrebu. Osnovan 1861. godine kao Meteorološki opservatorij Kraljevske velike realke, postupno je proširio svoju djelatnost te se osamostalio 1897. godine pod nazivom Kraljevski zemaljski zavod za meteorologiju i geodinamiku. Godine 1921. preimenovan je u Geofizički zavod, a 30 godina kasnije priključen je Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. U početku posvećen prvenstveno znanstvenom i stručnom radu, taj se zavod kasnije angažirao i u organizaciji dodiplomskog, poslijediplomskog i doktorskog studija geofizike. Završeni studenti geofizike zapošljavali su se u raznim institucijama, kako je to zahtijevalo širenje geofizičkih istraživanja po Hrvatskoj. Riječ je o Seizmološkoj službi u Zagrebu (utemeljenoj 1985. godine), Institutu za oceanografiju i ribarstvo u Splitu (osnovanom 1930. godine), Hrvatskom hidrografskom institutu u Splitu (nasljedniku institucije koja potječe iz 1922. godine), Zavodu za istraživanje mora Instituta »Ruđer Bošković« u Rovinju i Zagrebu (prvi od kojih se nadovezuje na instituciju izvorno uspostavljenu 1891. godine) te o Državnom hidrometeorološkom zavodu u Zagrebu (osnovanom 1947. godine). Znanstveni rezultati polučeni



**Slika 2.** Sjedište Geofizičkog zavoda od 1861. do 1982. godine na Griču u Zagrebu.



tijekom 140 godina sustavnih geofizičkih istraživanja u Hrvatskoj objavljeni su u uglednim međunarodnim publikacijama te u domaćim časopisima (danas su to: *Geofizika*, *Geodetski list*, *Geološki vjesnik*, *Acta Adriatica*, *Pomorski zbornik*, *Hrvatski meteorološki časopis*, *Geografski glasnik*).

Geomagnetska su mjerenja organizirana u Hrvatskoj u nekoliko navrata. A. Kugler je 1915. i 1916. godine obavio geomagnetsko premjeravanje na 80 mjesta (između pravaca Koprivnica-Zagreb i Vukovar-Županja). Podatke tog i drugih mjerenja J. Mokrović reducirao je na epohu 1927.5 i prikazao grafički. Godine 1949. zagrebački su geofizičari (J. Goldberg, J. Baturić, J. Mokrović i M. Kasumović) izvršili mjerenja magnetske deklinacije na 62 točke duž istočne jadranske obale.

Na razvoj seizmologije u nas utjecala je pojava jakih potresa. Tako je zagrebački potres iz 1880. godine potaknuo organiziranje Odbora za opažanje potresnih pojava pri Akademiji znanosti i umjetnosti u Zagrebu. Makroseizmičkim istraživanjima potresa u to su se vrijeme bavili D. Gorjanović-Kramberger, M. Kišpatić, Đ. Pilar i J. Torbar. Kad je brigu o istraživanju potresa preuzeo prethodnik današnjeg Geofizičkog zavoda u Zagrebu, odnosno njegov ravnatelj A. Mohorovičić, počelo se s mikroseizmičkim istraživanjima. Godine 1906. osnovana je seizmografska postaja u Zagrebu, a Mohorovičić je na osnovi podataka o pokupskom potresu iz 1909. godine utvrdio postojanje diskontinuiteta koji dijeli Zemljinu koru i plašt. Kako je već spomenuto, to je jedan od najvećih nalaza geofizike 20. st., a vjerojatno i najveći doprinos što ga je do sada jedan hrvatski znanstvenik, radeći u domovini, dao svjetskoj znanosti. Tim, kao i svojim kasnijim radovima Mohorovičić je postavio temelje zagrebačke seizmološke škole u okviru koje se nastavilo s istraživanjem Zemljine unutrašnjosti (S. Mohorovičić), izvedene su lokalne zagrebačke hodokrone (J. Mokrović) i razvijen je grafički postupak za lociranje dalekih potresa (A. Gilić). Daljnji poticaj seizmološkoj aktivnosti dali su makarski potres iz 1962. i skopski potres iz 1963. godine. Postupno je povećan broj seizmografskih postaja u Hrvatskoj pa ih danas ima 6 (Zagreb, Puntijarka, Sisak, Rijeka, Hvar i Dubrovnik) a k tome još i veći broj akcelerografskih postaja za bilježenje jačih potresa. Novijim istraživanjima obuhvaćena je razdioba ekstremnih vrijednosti parametara potresa (B. Makjanić), veza tektonskih pomaka i seizmičnosti, građa Zemljine kore u Hrvatskoj, kvantitativni odnos gibanja tla i magnitude potresa, ocjena seizmičke ugroženosti i opasnosti na teritoriju Hrvatske itd.

Sustavni razvoj fizičke oceanografije u Hrvatskoj počinje s prvim oceanografskim ekspedicijama što su ih suradnici Sveučilišta u Zagrebu proveli 1913. i 1914. godine brodom *Vila Velebita*. Na osnovi podataka s tih ekspedicija A. Gavazzi je opisao temperaturu, salinitet i strujanje u Kvarnerskom zaljevu. Između dva svjetska rata važni su doprinosi A. Ercegovića te J. Goldberga i K. Kempnija. Prvi je organizirao sezonska brodska mjerenja i na osnovi njih istražio godišnje oscilacije temperature i saliniteta u okolici Spli-

ta, a potonji su, koristeći rezultate mareografskih mjerenja u Bakru, dali izvrsnu studiju seša Bakarskog zaljeva. Nakon drugog svjetskog rata uspostavljena je mreža mareografskih postaja (danas tu mrežu čine postaje u Rovinju, Bakru, Zadru, Splitu, Sućuraju i Dubrovniku), započela su obalna mjerenja temperature mora, organiziran je niz krstarenja istraživačkim brodovima, inicirana su mjerenja na strujomjernim i valomjernim stanicama, a započelo se i s korištenjem satelitskih snimaka. Analizom dobivenih podataka i razvojem odgovarajućih matematičkih modela znatno je unaprijeđeno poznavanje Jadrana: istražen je utjecaj tlaka zraka na razinu Jadrana (M. Kasumović), izrađene su prve karte geostrofičkih struja, analizirane su višegodišnje promjene temperature i saliniteta kao i jadranskih vodenih masa, uočen je utjecaj planetarnih atmosferskih valova na more, istražen je odziv mora na djelovanje bure i juga itd.

Razvoj meteorologije u Hrvatskoj neposredno je povezan s razvitkom mreže meteoroloških postaja. Do 1900. godine osnovano je 146 postaja, a zatim se taj broj povećava, osobito nakon što je A. Mohorovičiću 1901. godine povjereno vođenje meteorološke službe. U tri rata koji su slijedili broj postaja se smanjivao, a u mirnim razdobljima povećavao: najviše ih je bilo 730, u vremenu između 1960. i 1970. godine. Mjerenja radiosonom započela su 1955. godine, a u novije vrijeme sve se više koriste i satelitske slike – ne samo u operativnom radu već i pri istraživanjima. Meteorološke studije već su se rano počele baviti procesima sa srednje (A. Mohorovičić) i sinoptičke skale (B. Maksić). Najviše je pozornosti posvećeno vjetrovima na Jadranu – napose buri. Od ranih aeroloških istraživanja (S. Mohorovičić), preko analitičkog modeliranja (B. Makjanić), istraživanje bure dospjelo je do suvremenih studija uz primjenu izvorne metode izentropske dijagnoze vremena, laboratorijskog modeliranja i simulacija nekim od ponajboljih meteoroloških modela (ALADIN, MM5).

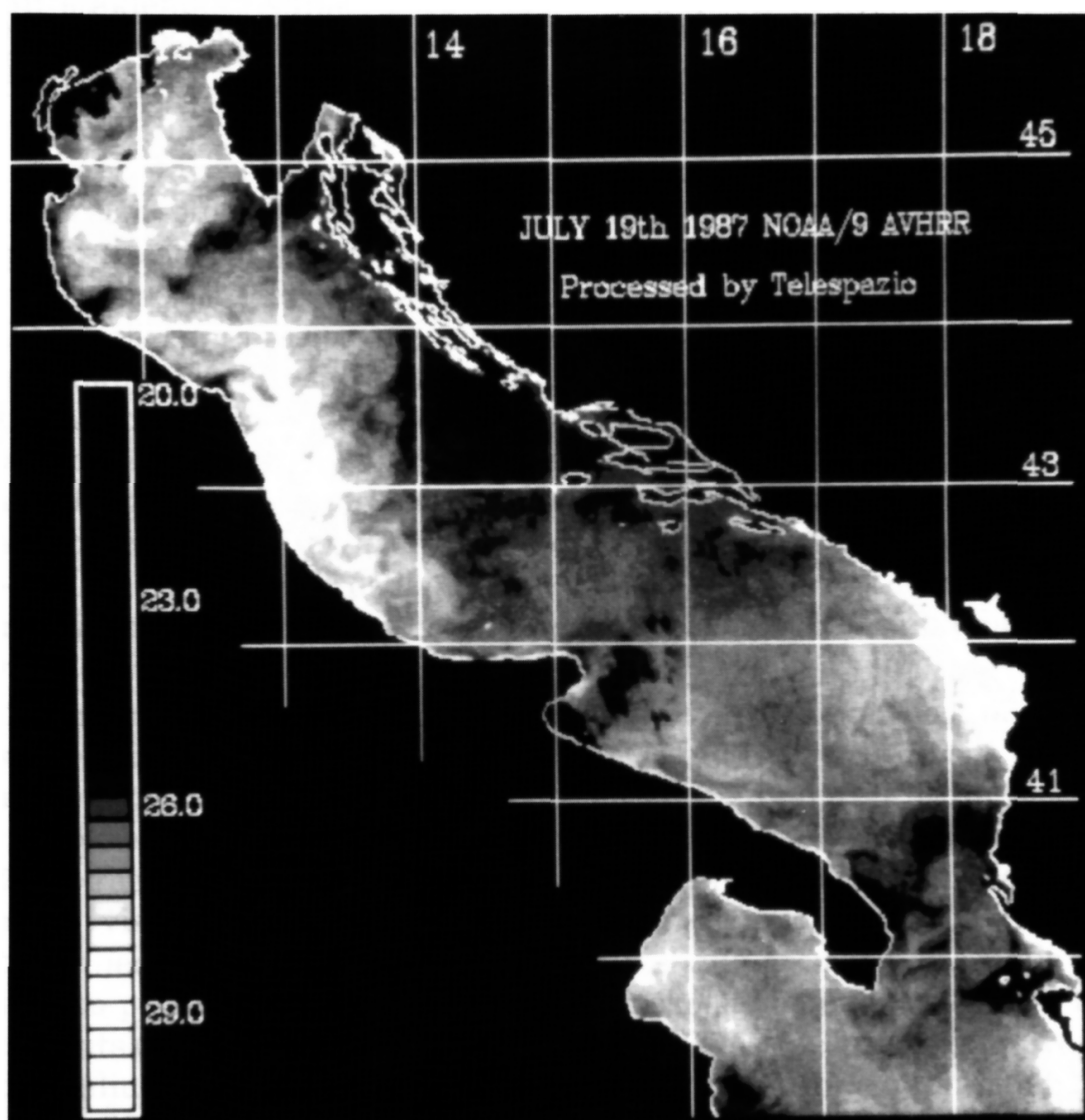
Klimatologija ima dugu tradiciju u Hrvatskoj. Na pionirsku aktivnost A. Mohorovičića nadovezao se S. Škreb koji je sa suradnicima (J. Goldberg, A. Obuljen, M. Kovačević, H. Juričić i F. Margetić) obuhvatio sve klimatske elemente, podvrgnuo ih pomnoj statističkoj obradi i dao prvi zaokruženi prikaz klime Hrvatske. Nakon drugog svjetskog rata počelo se sa studijem klimatskih kolebanja (J. Goldberg), veća pozornost nego ranije posvećena je Sunčevom zračenju, dan je detaljan opis klime pojedinih krajeva s interpretacijom koja uvažava dominantan utjecaj sinoptičkih atmosferskih poremećaja na klimatske prilike ...

Izuzmu li se rana istraživanja polarne svjetlosti (I. Stožir, J. Torbar, J. Goldberg) aeronomija je relativno mlada geofizička disciplina u Hrvatskoj. Utvrđeni su parametri atmosferskih plimnih oscilacija i utjecaj pomrčine Sunca od 1961. godine na električno polje Zemlje, mjerenjem prizemnog ozona u Zagrebu nađeno je značajno povećanje tog sastojka u proteklih 100



godina, a iznad Zagreba je zabilježena i proučena rijetka pojava intruzije stratosferskog ozona u donju troposferu.

Geofizičkim istraživanjima i u svijetu i kod nas dodatnu težinu daje njihova primjena. Seizmološke studije važne su za planiranje sigurne izgradnje u seizmički aktivnim područjima kao i radi praćenja potresa izazvanih ljudskom aktivnošću (npr. punjenjem akumulacijskih jezera). Gravimetrijske, geomagnetske, seizmičke i još neke druge metode rabe se u potrazi za podzemnim ležištima ruda, nafte, plina i vode. Hidrologija osigurava informacije presudne za razvoj i upravljanje vodnim resursima, a zajedno s limnologijom i fizičkom oceanografijom pomaže u zaštiti voda od zagađenja. Kad je riječ o atmosferi, korištenje prognoze vremena ušlo je već davno u svakodnevnu praksu. Također se radi na modifikaciji vremena, napose na intenziviranju oborina te na sprečavanju pojave tuče i magle. Stanjivanje Zemljinog



**Slika 3.** Satelitska slika površinske temperature Jadrana načinjena 19. srpnja 1987. godine.

ozonskog omotača i pojačavanje ultraljubičastog zračenja u zadnje su vrijeme postali silno zanimljivi javnosti, posebno u turistički razvijenim zemljama.

Aktivnost hrvatskih geofizičara u različitim disciplinama primijenjene geofizike otprilike odgovara angažiranosti u pojedinim disciplinama opće geofizike. Pored već nabrojanih institucija u razvitku primijenjene geofizike značajnu je ulogu odigralo poduzeće Geofizika iz Zagreba (utemeljeno 1951. godine). Hrvatska su poduzeća i pojedini stručnjaci radili na svim kontinentima osim na Antarktiku.

*Mirko Orlić*

Literatura (na hrvatskom jeziku): J. Mokrović: Geofizika, *Zbornik »Naša domovina«*, I/1, Zagreb, 1943, str. 37–46; J. Goldberg: Fizika i geofizika, *Glasnik matematičko-fizički i astronomski*, II/1, Zagreb, 1946, str. 65–79; K. Jelić, S. Kovačević, Z. Krulc, A. Nowinski i Ž. Zagorac: Geofizika, *Tehnička enciklopedija*, 6, Zagreb, 1979, str. 75–101; B. Makjanić: Geofizika – Hrvatska, *Enciklopedija Jugoslavije*, 4, Zagreb, 1986, str. 333–334; D. Skoko: Geofizika od 1874. godine do danas, *Znanost u Hrvata – prirodoslovlje i njegova primjena*, 2, Zagreb, 1996, str. 186–187.