

Andrija Mohorovičić

KAO METEOROLOG

Andrija Mohorovičić najveći je dio svojega radnog vijeka proveo na dvije ustanove: prvo je radio u Nautičkoj školi u Bakru, a od 1891. do umirovljenja 1921. na tadašnjem Meteorološkom opservatoriju u Zagrebu. I u Bakru i u Zagrebu taj se naš geofizičar svjetskoga glasa bavio meteorologijom. S tom će nas njegovom djelatnosti upoznati prof. dr. sc. Mirko Orlić s Geofizičkog odsjeka zagrebačkoga Prirodoslovno-matematičkog fakulteta.

prof. dr. sc. Mirko ORLIĆ, Zagreb

Andrija je Mohorovičić u Bakar došao kao dvadesetpetogodišnjak, nakon završenog studija fizike i matematike i položenog profesorskog ispita na Sveučilištu u Pragu te kratkotrajnog službovanja na gimnazijama u Zagrebu i Osijeku.¹ Na Nautičkoj školi u Bakru predavao je matematiku i fiziku, no uz te dvije osnovne prirodne znanosti predavao je i meteorologiju, jer je bez poznavanja vremenskih prilika i neprilika teško ploviti i danas, a kamoli u doba jedrenjaka. Zanimljivo je da za svog studija u Pragu Mohorovičić nije slušao meteorološke kolegije² pa su mu predavanja u Bakru po svojoj prilici dala poticaj da kao samouk svlada i tu znanstvenu disciplinu. Ne znamo točno kojim se sve knjigama u svladavanju meteorologije služio, ali u svojim člancima iz tog doba citira djela A. Sprunga (*Lehrbuch der Meteorologie*, Hamburg, 1885) i W. Ferrela (*Recent Advances in Meteorology*, Washington, 1886), što pokazuje da se nije ograničio samo na njemačke izvore koji su mu zbog sveučilišnog školovanja na pretežno njemačkom jeziku po svojoj prilici bili najbliži.

Meteorološka postaja u Bakru

Pri Nautičkoj školi u Bakru Mohorovičić je utemeljio meteorološku postaju koja je započela s radom 1. svibnja 1887. godine. Već prije toga obavljao je neka meteorološka mjerenja, no s ozbiljnijom je aktivnošću mogao započeti istom kad je uz potporu vlade nabavio komplet osnovnih instrumenata (barometar, psihrometar, maksimum-termometar i minimum-termometar, ombrometar i heliograf). Meteorološka je postaja uspostavljena, kako sam kaže, »jedno radi predmeta samog; drugo radi toga što je predmet od veoma velike važnosti za učenika kao budućeg pomorca; treće radi osobitog orografskog položaja Bakra».³ Iz rečenog se razabire da je od samoga početka imao na umu da će postaja biti korisna u nastavi, ali i da bi mu mogla omogućiti istraživački rad.

Izvannastavni angažman srednjoškolskih profesora u ono je doba bio sasvim uobičajen. Srednje su škole tada publicirale godišnja izvješća u kojima su njihovi djelatnici objavljivali svoje znanstvene i stručne priloge, a u zbornici su se družili profesori koji su se bavili istraživanjem i publiciranjem u raznim područjima. Primjerice, Mohorovičićeve su kolege u Bakru bili Narcis Damin, poznati istraživač pauka, Juraj Carić, autor nautičkih udžbenika i tekstova o životu pomoraca, te Aleksandar Lochmer, autor udžbenika, gramatike i rječnika engleskog jezika. Među kolegama s Nautičke škole valja spomenuti i Antona M. Zuvčića, profesora nautičke struke i istaknutog pomorskog kapetana, koji je Mohorovičiću svesrdno pomagao u motrenjima na novouspostavljenoj meteorološkoj postaji.

Mohorovičić u svojim tekstovima često uspoređuje meteorološke prilike u Bakru s onima u Rijeci. Tamo je meteorološku postaju pri Mornaričkoj akademiji od 1877. vodio Peter Salcher, profe-

sor fizike i mehanike. Zanimljivo je da je Salcher surađivao s Ernstom Machom u pionirskom fotografiranju strujanja zraka oko puščanog zrna. Mach, čuveni fizičar i Mohorovičićev profesor na Sveučilištu u Pragu, posjetio je Salchera u Rijeci u proljeće 1887.⁴ Nije nam poznato jesu li se Mach i Mohorovičić tom prilikom susreli, ali je očito da je u Rijeci Mohorovičić mogao dobiti dodatne poticaje za angažman u znanosti.

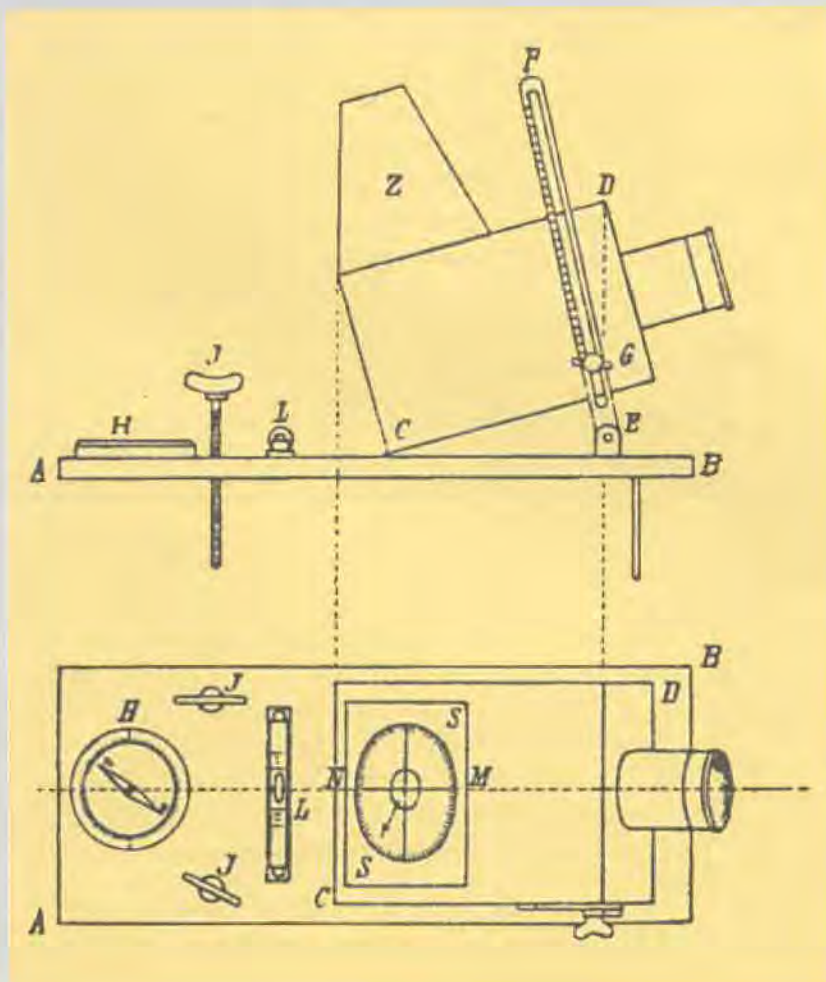
Instrument vlastite konstrukcije

Ozbiljnost s kojom je Mohorovičić pristupio meteorologiji razabire se iz podatka da se nije zadovoljio rutinskim opremanjem meteorološke postaje, već je osnovnim uređajima pridodao i jedan instrument vlastite konstrukcije – nefoskop – koji mu je omogućavao da odredi smjer i brzinu gibanja oblaka (sl. 1.). Takvi su se instrumenti koristili da bi se odredilo gibanje u višim slojevima atmosfere, koji su u ono doba bili poprilična nepoznanica jer se o njima moglo saznati samo mjerenjima tijekom letova balonima. Mohorovičiću je pri izvedbi njegove verzije nefoskopa poslužila tamna komora (*camera obscura*) u njegovoj školi. Unatoč malim troškovima izrade tog instrumenta, Mohorovičićev se nefoskop pokazao kao vrlo točan instrument.

Da bi što bolje iskoristio prikupljene podatke, Mohorovičić je izveo trigonometrijske izraze koji su mu omogućavali da odredi ne samo horizontalnu, nego i vertikalnu komponentu brzine gibanja oblaka.⁵ Mjerenja je obavljao s velikom pomnjom pa tako na jednom mjestu kaže da naoblaku »bilježi gosp. Zuvičić sa mnom simultano, da jedan drugoga kontroluje, a ubilježi se u dnevnik srednja vrijednost, između opažanja g. Zuvičića i mogega«.⁶ Veliku je pozornost posvećivao i pogreškama mjerenja pa je i njih uzimao u obzir pri analizi podataka.

Doktorat iz meteorologije

Veći dio rezultata proisteklih iz opažanja i mjerenja u Bakru Mohorovičić je prikazao u tri članka⁵⁻⁷ na osnovi kojih je 1893. doktorirao na Sveučilištu u Zagrebu. Težište članaka je na klimatološkoj analizi naoblake, rodova oblaka i pripadnoga gibanja zraka, a rezultati su prikazani u velikom broju tablica. Tako, primjerice, Mohorovičić nalazi da ljeti naoblaka ima dva maksimuma, veći popodnevni i manji jutarnji, a zimi tek jedan, i to priepodnevni. Uočava i da postoji tendencija da se oblaci dva puta na dan, oko 8 i 17 sati, postave u pravilne paralelne redove. Ovo bismo potonje opažanje danas povezali s valnim



Slika 1. Nefoskop, instrument za mjerenje gibanja oblaka, prema Mohorovičićevoj konstrukciji [referencija 3].

pojavama u atmosferi, a promjene valnog režima tijekom dana s promjenama stabilnosti atmosfere.

Mohorovičić izvještava da smjer prizemnog vjetera prije podne zakreće sa Suncem, a poslije podne protivno Suncu, dok za visinski vjetar zapaža suprotne smjerove zakretanja. Što se pak brzine tiče, naglašava da je brzina prizemnog vjetera najveća oko podneva, a manja ujutro i navečer te da brzina visinskog vjetera ima suprotan dnevni hod. Takvi bi se nalazi mogli dovesti u vezu s obalnom cirkulacijom i njezinom modifikacijom uslijed složenih topografskih efekata u bakarskom području, no i sa stabilnošću atmosfere koja je veća noću nego danju.

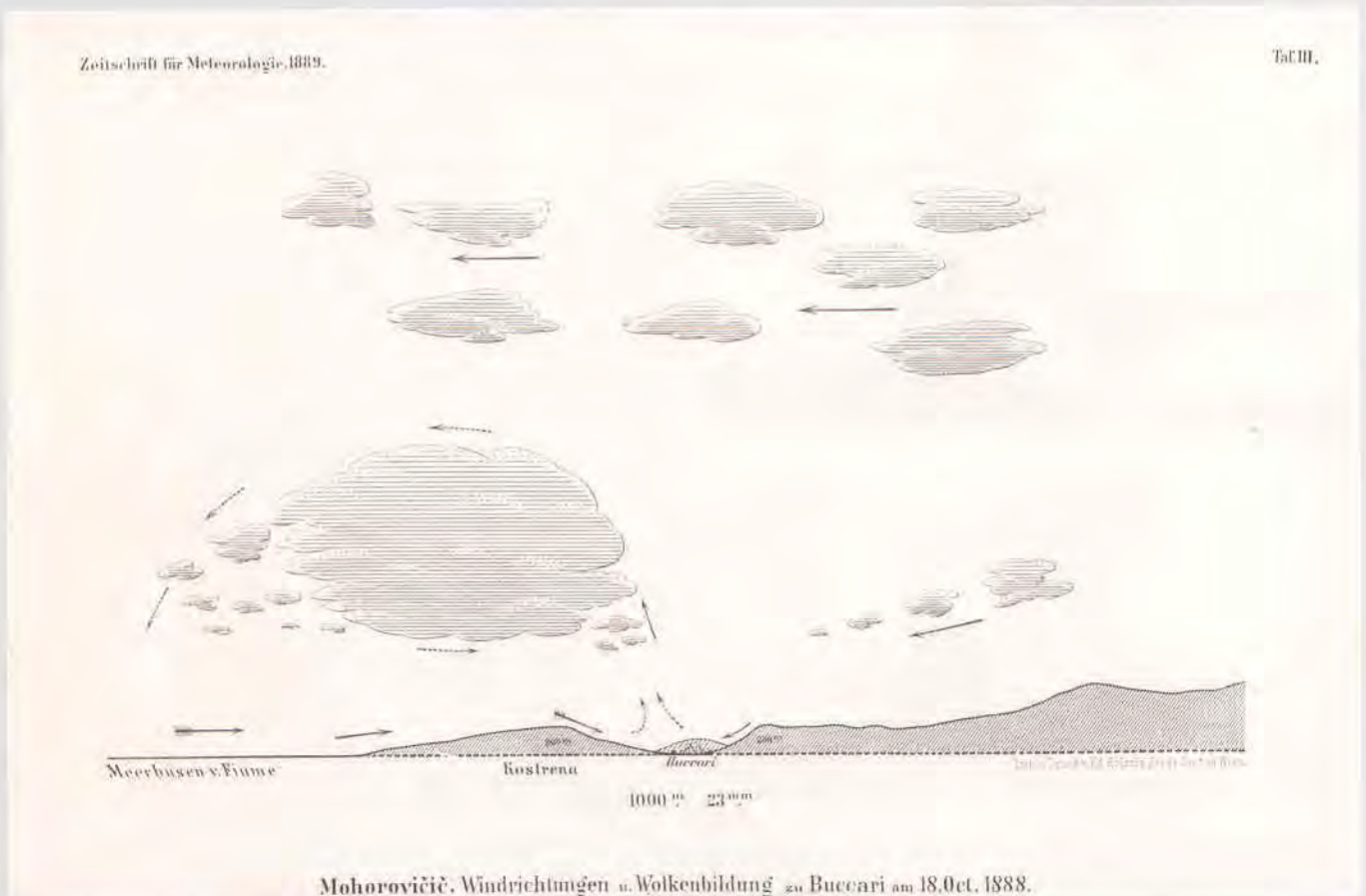
Premda je težište Mohorovičićeva rada bilo na klimatološkoj analizi podataka prikupljenih u Bakru, on nije gubio iz vida ni situacije čija ukupnost određuje klimatske prilike. Opis jedne takve situacije nalazimo u članku koji je Mohorovičić objavio u bečkom časopisu *Meteorologische Zeitschrift*.⁸ Taj članak smatramo najvećim Mohorovičićevim doprinosom meteorologiji. U njemu opisuje oblake i gibanje zraka na temelju mjerenja i opažanja izvršenih 18. listopada 1888. u bakarskom području. Nalaze je sažeo u shematskom prikazu stanja atmosfere u ver-

tikalnom presjeku koji se proteže od planina preko Bakra do Riječkog zaljeva (sl. 2.).

U situaciji s burom Mohorovičić je opazio kumuluse koji je gotovo cijeli dan mirovao nad Kostrenom, fragmente kumulusa koji su se spuštali niz brdo te stratokumuluse koji su se gibali niz vjetar u višim slojevima atmosfere. Na osnovi tih opažanja, kao i dodatnih opažanja i mjerenja izvršenih pri tlu i uz površinu mora, zaključio je da se zrak gibao niz planinu, da se uzdizao nad Bakrom, zatim u visini gibao prema Riječkom zaljevu, ondje spuštao i u povratnoj struji gibao prema Bakru. Odatle je zaključio da se oko stacionarnog kumulusa razvio vrtlog s horizontalnom osi te da je stoga vjetar tik iznad Riječkog zaljeva imao smjer suprotan buri. Opis pojave pobudio je interes urednika bečkog časopisa J. Hanna pa je on Mohorovičićevu tekstu dodao svoj komentar u kojem je upozorio na slične pojave u južnoj Africi, na Grenlandu te u Engleskoj.

Atmosferski rotori

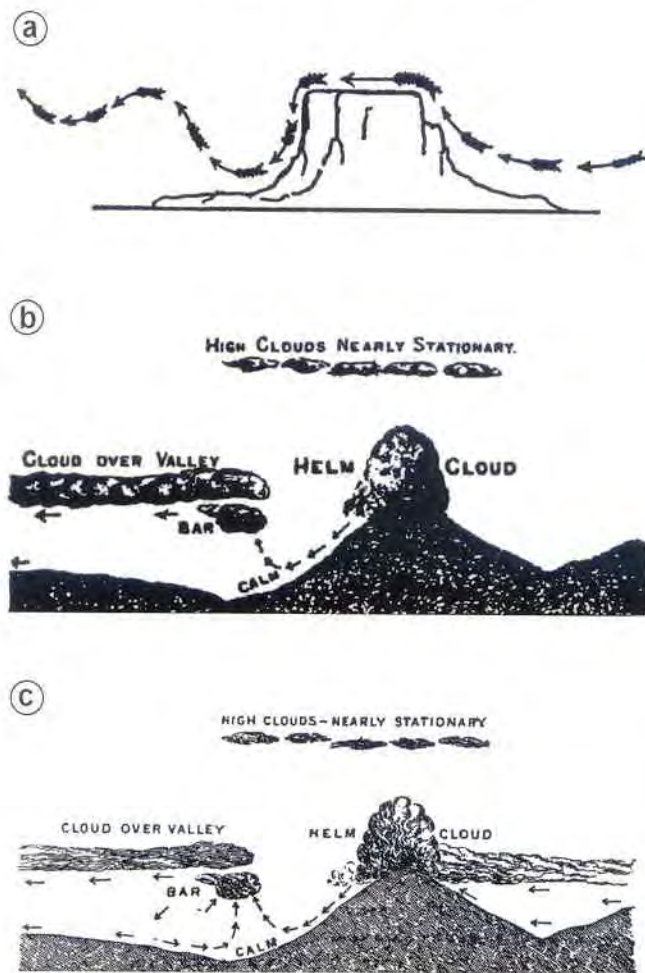
Jedna nedavna povijesna studija pokazala je da je u tom članku prvi put cjelovito opisana pojava koja je danas poznata pod



Slika 2. Oblaci i gibanje zraka što ih je Mohorovičić opažao 18. listopada 1888. i prikazao u vertikalnom presjeku koji se proteže od planina (desno) preko Bakra do Riječkog zaljeva (lijevo) [referencija 8].

nazivom atmosferskog rotora. Pokazalo se da je Mohorovičićev nalaz utjecao i na kasnija istraživanja sličnih pojava u Engleskoj i Njemačkoj – no njegov je doprinos međunarodnom istraživanju atmosferskih rotora nakon pedesetak godina nažalost pao u zaborav.⁹

Zanimljivo je razmotriti kako se razvijala ideja o strujanju zraka preko planine u djelima Mohorovičićevih prethodnika i suvremenika (sl. 3.). J. F. W. Herschel, sin čuvenog astronoma W. Herschela, opisao je 1862. strujanje zraka preko neke planine u južnoj Africi, kao i valovito strujanje iza planine. W. Marriott, britanski istraživač, u svom je radu iz 1886. na sličan način shematski prikazao gibanje zraka preko planine u Engleskoj. Međutim, isti je istraživač tri godine kasnije izmijenio svoj prikaz uvodeći u njega atmosferski rotor, kao i povratnu struju pri tlu. Nema sumnje da ga je na tu izmjenu potaknuo Mohorovičićev članak: Marriott u svome radu, koji je objavio



Slika 3. Shematski prikaz strujanja zraka preko planine što ga je objavio J. F. W. Herschel 1862. (a), te analogni prikazi koje je W. Marriott objavio 1886. (b) i 1889. godine (c). Posljednji je prikaz načinjen nakon što se njegov autor upoznao s rezultatima Mohorovičićevih istraživanja u području Bakra.

1889., ne samo da spominje Mohorovičića, već donosi i prijevod cijeloga njegova članka na engleski.

Mohorovičićev njemački članak iz 1889. citiran je kasnije i u po-najboljim meteorološkim udžbenicima onoga doba. U svojim ga djelima spominju J. Hann (*Lehrbuch der Meteorologie*, Leipzig, 1901.), ugledni meteorolog i urednik časopisa u kojem je članak objavljen, kao i A. Wegener (*Thermodynamik der Atmosphaere*, Leipzig, 1911.), geofizičar koji je karijeru započeo kao meteorolog, ali se poslije proslavio teorijom kontinentalnih pomaka (iz čega se kasnije razvila teorija tektonike ploča). Naposljetku, Mohorovičićev članak i njegov dijagram na nekoliko mjesta spominje i J. Kuettner u svojim poznatim radovima iz 1938. i 1939. godine, u kojima se bavi atmosferskim rotorom iza jedne planine u Njemačkoj. Nakon toga Mohorovičićev članak nije više citiran u inozemstvu, a čini se da su na njegov dijagram zaboravili i hrvatski znanstvenici. Kuettnerovi radovi potaknuli su mjerenja u mnogim dijelovima svijeta, a i teorijsko istraživanje atmosferskih rotora, sve do naših dana. Posljednji veliki eksperiment posvećen atmosferskim rotorima, nazvan T-REX (*Terrain-Induced Rotor Experiment*), obavljen je 2006. u području Sierra Nevada u Sjedinjenim Državama. Voditeljica tog eksperimenta bila je Vanda Grubišić, koja je završila studij geofizike u Zagrebu, a poslije doktorirala na Sveučilištu Yale. Dobrim dijelom zahvaljujući njenom angažmanu, suvremeni su meteorolozi upozoreni na Mohorovičićev pionirski doprinos istraživanju atmosferskih rotora.

Istraživanja u Zagrebu

Krajem 1891. Andrija Mohorovičić prelazi iz Bakra na Veliku realku u Zagrebu, da bi uskoro zatim bio postavljen za predstojnika Meteorološkog opservatorija koji je djelovao u okviru zagrebačke škole. Opservatorij je kasnije proširio područje djelovanja, u nekoliko je navrata mijenjao naziv te se osamostalio. Upravljanje opservatorijem Mohorovičić je preuzeo od Ivana Stožira (sl. 4.), profesora fizike koji je opservatorij utemeljio 1. prosinca 1861. Mohorovičić je nastavio održavati opservatorij na visokoj stručnoj razini. Postupno je zamijenio neke stare instrumente novima (barograf – sl. 5., termograf i anemograf) te nabavio nove (higrograf, ombrograf, heliograf). Iz teksta u kojem opisuje opremanje opservatorija vidi se da je veliku pozornost posvećivao smještaju instrumenata, njihovom baždarenju i korekciji prikupljenih podataka.¹⁰

Od samog početka rada na opservatoriju Mohorovičić je razmišljao o njemu kao o središnjoj ustanovi oko koje bi se trebale okupljati sve hrvatske meteorološke postaje. Već je 1893. utemeljio mrežu postaja za motrenje nevremena, a 1901. uspio je pod upravu zagrebačkog opservatorija staviti 78 meteoroloških postaja.¹⁰ Prije su te postaje bile pod nadzorom Kraljevske ugarske meteorološke centrale u Budimpešti, Kra-



Slika 4. Andrija Mohorovičić (desno) u društvu sa svojim prethodnikom na Meteorološkom opservatoriju u Zagrebu, Ivanom Stožinom (lijevo). U sredini je Spas Vacov, utemeljitelj bugarske meteorološke službe, u mladosti Stožinov učenik na Velikoj realci u Zagrebu.



ljevske hrvatsko-slavonsko-dalmatinske zemaljske vlade u Zagrebu, Meteorološkog opservatorija u Zagrebu te privatnika. Uz odobrenje i financijsku potporu vlade Mohorovičiću je uspjele objediniti postaje u jedinstvenu mrežu i dijelom ih opremiti novim instrumentima. U rujnu i listopadu 1901. osobno je obišao mnoge meteorološke postaje i pritom detaljno pregledao kako su smješteni instrumenti, jesu li uređaji ispravni i dobro baždareni te kako se obavljaju mjerenja. Zbog proširenog obujma posla Mohorovičić je stalno nastojao povećati broj zaposlenih na opservatoriju, no čini se da je u najboljim danima imao tek jednog asistenta, dva pisara i jednu tajnicu.¹¹ Asistenti su se često mijenjali, s time da su kao meteorolozi najviše traga ostavili Stjepan Škreb, Andro Gilić i Milan Kovačević.

Prognoza vremena – u dnevnim novinama

Mohorovičićeva se stručna djelatnost u Zagrebu nije ograničavala na opremanje Meteorološkog opservatorija i uređenje mreže meteoroloških postaja. Već je 1893., nakon opetovanog nagovaranja urednika časopisa *Agrarier Zeitung*, počeo objavljivati pokusne vremenske prognoze.¹² Krajem 1894. bio je toliko nezadovoljan rezultatima da je čak htio odustati. No ne mogavši se oduprijeti nagovaranjima, nastavio je objavljivati prognoze. Tako je 1896. godine objavio 286 prognoza, od kojih je, prema nje-

Slika 5. Barograf Sprung-Fuess koji je Mohorovičić instalirao na Meteorološkom opservatoriju u Zagrebu 1903. godine. Između ostalog, tim je instrumentom zabilježen prolazak težinskih valova što ih je u atmosferi uzrokovao sibirski meteor 1908. godine.

govnoj analizi, bilo 77 % uspješnih. Na jednom mjestu obrazlaže da je prvenstvena svrha te aktivnosti stjecanje znanja koje će omogućiti uspješnije prognoze u budućnosti.

Iz raspoloživih izvora teško je shvatiti kako je izrađivao prognoze. Ponešto se može naslutiti iz tvrdnje da »postoje dvije vrste zakona koji upravljaju vremenom; jedni vrijede za čitavu Zemlju ili barem za jedan kopneni kompleks; drugi su svojstveni pojedinoj državi ili čak pojedinim krajevima u nekoj državi... Osnova vremenske prognoze je, dakle, spoznavanje općih meteoroloških zakonitosti, ali i točno poznavanje klimatskih odnosa onoga kraja za koji treba izraditi prognozu«. ¹² Izgleda da je prognoze u početku zasnivao isključivo na zagrebačkim podacima, ali i da je poslije uspio osigurati telegrafski prijem podataka iz širega područja. ¹³ Prognoze su bile kratke, primjerice 26. srpnja 1904. u *Narodnim novinama* je najavljeno: »Izmjenično oblačno sa grmljavinom«. ¹⁴ Nakon početka Prvog svjetskog rata Mohorovičić je prestao objavljivati prognoze: zbog mobilizacije je, naime, ostao bez suradnika, a uslijed teškoća u komunikaciji i bez odgovarajućih podataka o vremenskim prilikama u Europi.

Još jedna stručna djelatnost koju je Mohorovičić morao prihvatiti bila je povezana s obranom od tuče. Početkom 1901. vodio je testiranje pet vrsta topova »da se vidi koji sistem ima najsigurniju i najjednostavniju manipulaciju i kod kojeg je sistema, uz najmanju cijenu topa i najmanji potrošak baruta, najveći efekt«. ¹⁴ Sa svojom uobičajenom temeljitošću angažirao je dvojicu suradnika – kapetana Đ. Čačkovića i asistenta S. Škreba – da istovremeno s njim mjere trajanje zvuka nakon pucnja kako bi dobivena vremena bila što pouzdanija.

Unatoč opsežnosti stručnog posla koji je obavljao po dolasku u Zagreb, Mohorovičić nije zanemario ni druge djelatnosti. Kao što je već spomenuto, 1893. je godine doktorirao na Sveučilištu u Zagrebu, a godinu dana kasnije habilitirao je na tom sveučilištu na osnovi članka o tornadu kod Novske. ¹⁵ U sljedeća dva desetljeća kao privatni docent te kasnije kao naslovni izvanredni profesor predavao je meteorološke kolegije (Uvod u općenitu klimatologiju, Specijalna klimatologija, Meteorologija i klimatologija, O meteorologijskim instrumentima i njihovoj porabi, Praktična uputa u opažanje na meteorologijskim postajama itd.). U kasnijem je razdoblju predavao i seizmološke predmete. Služi mu na čast da je njegova pozitivna recenzija knjige M. Milankovića *Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire* (Matematička teorija toplinskih pojava uzrokovanih Sunčevim zračenjem) pridonijela da 1920. zagrebačka Akademija znanosti i umjetnosti u suradnji s jednim pariškim izdavačem objavi tu knjigu. ¹⁶ U knjizi je prvi put cjelovito iznesena čuvena astronomska teorija klimatskih promjena.

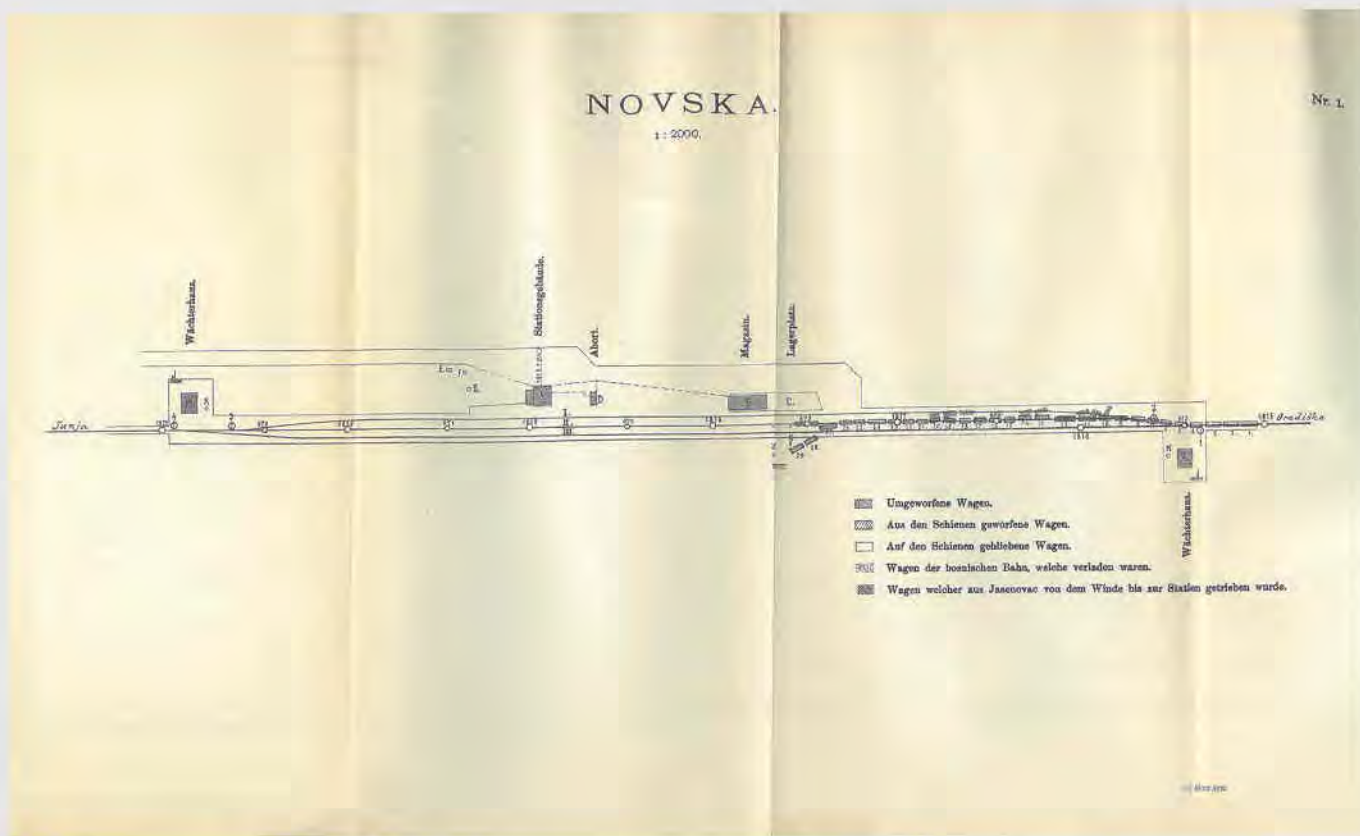
Tornado kod Novske

Na prvo znanstveno istraživanje nakon dolaska u Zagreb Mohorovičića je potaknuo već spomenuti tornado koji je 31. svibnja 1892. pogodio Novsku, a čije je posljedice istražio po nalogu vlade. Nakon što je obišao Novsku i okolicu, sastavio je detaljan izvještaj koji impresionira načinom kako je informacije iz raznih izvora kombinirao da bi stvorio što potpuniju sliku o toj prirodnoj pojavi. ¹⁵ Tako je uočio da su vagoni vlaka koji se zatekao na postaji u Novskoj izbačeni s tračnica na razne strane (sl. 6.) pa je odatle zaključio da je strujanje u tornadu bilo ciklonalno, odnosno protusatno. Iz podatka da je jedan vagon težak 13 tona odbačen 30 metara daleko izračunao je da su kako horizontalna, tako i vertikalna komponenta brzine vjetera pri tlu iznosile oko 70 m s⁻¹. Iz smjerova kojima su razbacana stabla u obližnjoj šumi došao je do zaključka da su preko šume prešla dva vrtloga čiji su promjeri iznosili 800–1 200 metara i 2 300 metara te da su njihove staze bile udaljene 1 200–1 500 metara.

Mohorovičić je konstruirao i sinoptičku kartu (sl. 7.) na kojoj je uočio četiri slabe depresije kao i veliki gradijent temperature u području Hrvatske i susjednih zemalja. Na osnovi podataka o vremenima u kojima su službenici telegrafskih postaja isključivali struju zbog grmljavine, dokumentirao je gibanje olujne fronte u smjeru od jugozapada prema sjeveroistoku brzinom 20–30 km h⁻¹. Naposljetku, podatke je upotpunio svjedočenjima očevidaca o jakoj tuči, o obliku vrtloga, kao i o izuzetno niskom tlaku u njihovu središtu – ovo potonje na osnovi tvrdnje jedne žene da za prolaska »tornada nisu mogli ona i sluga zajedničkim silama otvoriti vrata od sobe, a iza prolaza tornada otvorila su se vrata sama, a prozori su svi zajedno sa okvirima odletjeli u sobu«. ¹⁵ U dinamičko objašnjenje opisane pojave nije se upuštao, tek je kratko napomenuo da se njezin uzrok ima tražiti u velikom gradijentu temperature u području Hrvatske.

Zagrebački meteorološki parametri

Preuzimajući upravljanje Meteorološkim opservatorijem u Zagrebu, Mohorovičić je od svog prethodnika naslijedio vremenske nizove meteoroloških parametara čija je duljina premašivala 30 godina. To je omogućavalo da se po prvi put istraže zagrebačke klimatske prilike. Kao parametar najpogodniji za početno istraživanje odabrao je Mohorovičić količinu oborine. ¹⁷ Nakon uobičajeno savjesne diskusije uvjeta pod kojima su obavljana mjerenja, kao i kvalitete podataka, primjenom harmonijske analize istražio je moguću periodičnost u vremenskom nizu oborina. Tom je analizom utvrdio postojanje perioda od 30,5 godina. Primjenjujući istu metodu na protoke Save kod Stare Gradiške, pronašao je oscilaciju identičnog perioda, s time da maksimum protoka Save kasni dvije godine za maksimalnom količinom oborine. Time je dao rani doprinos hidrologiji.



Slika 6. Položaj vagona što ih je iz tračnica izbacio tornado koji je pogodio Novsku 31. svibnja 1892., prema Mohorovičićevom nalazu [referencija 15].

U nastavku rada utvrdio je postojanje još nekih manjih perioda, a zatim je istražio i srednji godišnji hod te utvrdio lipanjski i listopadski maksimum količine oborine, lipanjski maksimum broja dana s oborinom te listopadski maksimum intenziteta oborine. Na kraju članka najavio je da će sličnu analizu provesti i za ostale meteorološke parametre što se, međutim, nije ostvarilo.

U svom zadnjem znanstvenom članku iz područja meteorologije Mohorovičić se pozabavio vertikalnom promjenom temperature.¹⁸ Pritom je koristio istovremena mjerenja temperature u Zagrebu i na Sljemenu, no i podatke što su ih inozemni istraživači prikupili leteći balonima te rabeći nove vrste instrumenata. Naročito su dobro došli podaci sa sonde opremljenih autografima. Nakon rasprave o podacima prikupljenima do visine od 12 kilometara, Mohorovičić iznosi smjelu pretpostavku »da je temperatura u visini od 20 km 110–120° niža nego na površini zemlje, u visini od 30 km oko 150–160° niža. Iz toga dakle crpamo uvjerenje, da je temperatura na granici atmosfere veoma blizu absolutnoj ničtici«. ¹⁸ Uskoro nakon tog rada otkrivena je stratosfera, čime je opovrgnuta Mohorovičićeva pretpostavka o stalnom opadanju temperature s visinom.

Veliki zaokret: okretanje seizmologiji

Oko 1900., u ranim četrdesetima, Andrija je Mohorovičić prekinuo znanstveno bavljenje meteorologijom i okrenuo se novoj disciplini – seizmologiji. Dakle, u času kad je njegovo desetogodišnje nastojanje da unaprijedi Meteorološki opservatorij u Zagrebu i organizira mrežu meteoroloških postaja urodilo plodom, odlučio je da će doduše nastaviti sa stručnim i nastavnim radom u području meteorologije, ali da se u daljnjem znanstvenom radu neće oslanjati na podatke s te mreže. Umjesto toga posvetio se opremanju seizmološke postaje i upućivanju u seizmologiju. Za to mu je trebalo skoro deset godina jer očigledno državna podrška seizmologiji nije bila ništa bolja nego podrška meteorologiji. Nakon toga započeo se znanstveno baviti seizmologijom, što je ubrzo dovelo do otkrića diskontinuiteta koji odjeljuje Zemljinu koru od plašta.¹ Taj je svoj najvažniji rezultat postigao u svojim ranim pedesetim godinama, nakon pomalo rizičnog zaokreta u znanstvenoj karijeri. Što ga je potaknulo na taj korak?

Koliko znamo, Mohorovičić nije ostavio nikakve memoarske tekstove ili pisma koja bi mogla objasniti tu odluku. Ipak, pažljivim čitanjem njegovih članaka može se ponešto doznati o mogućim motivima. Tako, primjerice, pišući o klimi Zagreba, ističe da bismo za istraživanje klimatskih promjena »morali...



Slika 7. Sinoptička karta koju je Mohorovičić iscrtao za 14 sati 31. svibnja 1892. [referencija 15]. To je prva sinoptička karta objavljena u Hrvatskoj.

imati oko 1000 godina opažanja. Pošto pako ne imamo o nijednom meteorološkom elementu niza pouzdanih opažanja većega od 100 godina, morali bismo prepustiti pitanje o sekularnom periodicitetu svojim kasnim potomcima.¹⁷ Iz toga možemo zaključiti da meteorološke podatke kojima je raspolažao, čak i one s najstarijih postaja, nije smatrao osobito pogodnima za istraživanje klimatskih promjena. Kad je riječ o procesima kraćeg trajanja, po svoj su mu prilici nedostajali podaci o višim slojevima atmosfere, tim više što je od samog početka svog bavljenja meteorologijom razmišljao o sve tri prostorne dimenzije. Spomenuti pogrešan zaključak o vertikalnoj promjeni temperature¹⁸ morao ga je upozoriti na važnost novih instrumenata koji su se tada počeli koristiti za istraživanje slobodne

atmofere, no ostaje nejasno da li svoju mrežu postaja nije uspio opremiti takvim uređajima zbog nedostatne financijske potpore ili uslijed malog broja suradnika.

Osim manjkavosti meteoroloških podataka i neki su drugi činitelji mogli utjecati na Mohorovičićevo udaljevanje od meteorologije. Znamo da je bio nezadovoljan vremenskim prognozama što ih je bio prisiljen objavljivati.¹² Početkom 20. stoljeća osjećaj frustracije bio je proširen među meteorološkim prognostičarima,¹⁹ a potjecao je od spoznaje da fizikalno utemeljen pristup ne daje dobre rezultate. Stoga su se priklonili statističkom pristupu. Da je i sam Mohorovičić osjećao nedostatnost teorijskog pristupa meteorologiji, razabire se iz teksta

u kojemu kaže da je konačni zadatak meteorologa »da postavi diferencijalne jednadžbe gibanja zraka, te kao integral dobije općenito kolanje atmosfere, a kao partikularne integrale i ciklone, aniciklone i tornade i nevrijeme sa grmljavinom. Od tog smo cilja još daleko...«.18

U drugoj polovici 19. stoljeća dosta se radilo na primjeni kako hidrodinamičkih, tako i termodinamičkih zakona na atmosferu. Problem je, međutim, bio u tome što su ta dva područja primjene bila odvojena.19 Zasluga je V. Bjerknesa i njegovih suradnika da se atmosfersku cirkulaciju počelo povezivati s promjenama gustoće, a ove pak s promjenama temperature i vlažnosti. To je konačno dovelo i do novoga pristupa vremenskom prognoziranju, no to se dogodilo kad je Mohorovičić već bio umirovljen.

Nasljeđe Mohorovičića

Prešavši iz meteorologije u seizmologiju, Mohorovičiću je uspjealo organizirati mjerenja koja su se mogla usporediti s najboljima u svijetu. U istraživanjima je po prvi put mogao kombinirati empirijski i teorijski pristup: upravo na takvom pristupu zasnilo se njegovo otkriće diskontinuiteta između Zemljine kore i plašta. To je otkriće imalo neposredan utjecaj na razvoj geoznanosti i po njemu je danas Andrija Mohorovičić prepoznat kao jedan od najvećih svjetskih geoznanstvenika svih vremena.

Kako sam već spomenuo, i njegovo su otkriće atmosferskog rotora cijeni u inozemstvu. Međutim, istraživanje takvih meteoroloških pojava sporo se razvijalo, a Mohorovičićev doprinos je – premda ugrađen u nalaze njegovih sljedbenika – postupno zaboravljen. Pa ipak je već tim radom pokazao sposobnost da prikupi kvalitetne podatke i da njihovom pomnom analizom dođe do važnog rezultata. Neke novije numeričke simulacije pokazale su da se za puhanja bure mogu formirati atmosferski rotori,20 čime je potvrđeno otkriće do kojeg je Mohorovičić došao prije gotovo 120 godina. Tako je konačno ostvaren njegov san o jedinstvu empirijskog i teorijskog rada u toj grani meteorologije. Činjenica da je za postizanje tog jedinstva trebalo toliko vremena, ispunjenog razvojem geofizičke dinamike fluida s jedne strane te elektroničkih računala i numeričkih metoda s druge, pokazuje da napredak znanosti ovisi o mnogo čimbenika. Taj nas slijed događaja uči da znanstvenik, ako hoće biti uspješan, mora biti kadar prepoznati kad je neki problem zreo za rješavanje.

Literatura/referencije

1. D. Skoko i J. Mokrović: *Andrija Mohorovičić*, Školska knjiga, Zagreb, 1982., 147 str.
2. M. Orlić: Studentski dani Andrije Mohorovičića u Pragu, *Geofizika*, 15, 1998., 119–123.

3. A. Mohorovičić: Meteorolojska opažanja na kr. nautičkoj školi u Bakru godine 1887. s kratkim predgovorom, *Šesti program kralj. nautičke škole u Bakru koncem školske godine 1887–88.*, 1888., 3–41.
4. M. Smokvina: *Snimiti nevidljivo – Razvitak ultrabrze fotografije u Rijeci i znanstvena suradnja Petera Salchera i Ernsta Macha*, Državni arhiv, Rijeka, 2004., 64 str.
5. A. Mohorovičić: Nekoliko opažanja o vertikalnoj komponenti gibanja oblaka, *Rad JAZU*, 95, 1889., 202–216.
6. A. Mohorovičić: Nekoji rezultati opažanja oblaka na kraljevskoj nautičkoj školi u Bakru – Na temelju opažanja A. Mohorovičića i A. M. Zuvčića, *Rad JAZU*, 104, 1891., 1–86.
7. A. Mohorovičić: Dnevna i godišnja perioda oblaka u Bakru – Na temelju opažanja A. Mohorovičića i A. M. Zuvčića, *Rad JAZU*, 111, 1892., 34–50.
8. A. Mohorovičić: Interessante Wolkenbildung ueber der Bucht von Buccari, *Meteorologische Zeitschrift*, 24, 1889., 56–58.
9. V. Grubišić and M. Orlić: Early observations of rotor clouds by Andrija Mohorovičić, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 88, 2007., 693–700.
10. A. Mohorovičić: Uvod, Meteorološke postaje u Hrvatskoj i Slavoniji od god. 1853., *Godišnje izvješće Zagrebačkog meteorološkog opservatorija za godinu 1901.*, 1, 1902., III–XIX.
11. B. Penzar i suradnici: Geofizički zavod u Zagrebu i meteorološki opservatorij na Griču od 1861. do 1986., *Geofizika*, 3 Suppl., 1986., 1–134.
12. A. Mohorovičić: Unsere Wetterprognosen, *Agrarier Zeitung*, 72/41, 1897., 1–2.
13. I. Lisac: Andrija Mohorovičić i prognoza vremena, *Znanstveni skup »Andrija Mohorovičić« – 140. obljetnica rođenja*, Zagreb, 1998., 77–91.
14. A. Mohorovičić: Pucanje sa tučobranima na pokušalištu hrv.-slav. gospodarskog društva u Zagrebu, *Gospodarski list*, 49/9, 1901., 68–69.
15. A. Mohorovičić: Tornado kod Novske, *Rad JAZU*, 117, 1893., 1–19.
16. B. Makjanić: Veze Milutina Milankovića s Jugoslavenskom akademijom znanosti i umjetnosti, *Život i delo Milutina Milankovića 1879–1979.*, Beograd, 1979., 79–100.
17. A. Mohorovičić: Klima grada Zagreba, *Rad JAZU*, 131, 1897., 72–111.
18. A. Mohorovičić: Mjera umanjivanja temperature visinom, *Glasnik Hrvatskoga naravnoslovnog društva*, 12/4–6, 1901., 98–107.
19. R. M. Friedman: *Appropriating the Weather – Vilhelm Bjerknes and the Construction of a Modern Meteorology*, Cornell University Press, Ithaca, 1989., 251 pp.
20. A. Gohm and G. L. Mayr: On the bora breakthrough near a mountain gap, *Croatian Meteorological Journal*, 40, 2005., 217–220.