

ŽIVOT STJEPANA MOHOROVIČIĆA I NJEGOV RAD U PODRUČJU METEOROLOGIJE I KLIMATOLOGIJE

**The life of Stjepan Mohorovičić
and his work in meteorology and climatology**

MIRKO ORLIĆ

Geofizički odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu,
Horvatovac 95, 10000 Zagreb

mirko.orlic@gfz.hr

Primljeno 14. veljače 2025., u konačnom obliku 11. travnja 2025.

Received 14 February 2025, in final form 11 April 2025

Sažetak: Stjepan Mohorovičić rođen je 1890. godine u Bakru kao treći sin glasovitog geofizičara Andrije Mohorovičića i njegove supruge Silvije. Osnovnu i srednju školu polazio je u Zagrebu, a matematiku i fiziku studirao na sveučilištima u Zagrebu i Göttingenu. Početkom Prvog svjetskog rata mobiliziran je u austrougarsku vojsku, gdje je veći dio vremena djelovao kao upravitelj meteoroloških postaja koje su opsluživale aerodrome. Krajem rata doktorirao je na Sveučilištu u Zagrebu na osnovi analize meteoroloških podataka prikupljenih na postaji smještenoj u području Boke kotorske. Stjepan Mohorovičić radni je vijek uglavnom proveo u Zagrebu kao srednjoškolski profesor i kao znanstveni suradnik u jednom optičkom poduzeću. Paralelno je razvio živu znanstvenu aktivnost u nekoliko područja – matematici, fizici, geofizici i astronomiji. Pritom je pokazao spremnost da se na originalan način uhvati ukoštac s brojnim različitim problemima, s time da je odziv na njegove publikacije bio raznolik: teorijsko predviđanje postojanja pozitronija (fizika čestica), primjena vlastite metode na analizu Zemljine unutrašnjosti (seizmologija) te formuliranje zakona planetarnih udaljenosti (astronomija) donijeli su mu priznanja inozemnih kolega, dok ga je bavljenje relativističkom fizikom izložilo ozbiljnim kritikama. U meteorologiji se istaknuo ranim istraživanjima vertikalnih profila vjetera i utjecaja vjetera na zrakoplove pa je ostao upamćen kao pionir aerologije i zrakoplovne meteorologije u Hrvatskoj. Ostavio je trag i u klimatologiji, posebno afirmativnim prikazima astronomske teorije ledenih doba koju je razvio Milutin Milanković. Ujedno je zadržao interes za zrakoplovstvo kao rezervni časnik između dvaju svjetskih ratova i u vrijeme Drugog svjetskog rata i kao utemeljitelj zagrebačke Škole za jedrenje zrakom. S tim se u vezi bavio i nekim stručnim aspektima meteorologije: analizom i prognozom vremena, diskusijom atmosferskih procesa koji utječu na jedrenje zrakom te prijevodom i prilagodbom međunarodnog atlasa oblaka. Umro je 1980. godine u Zagrebu.

Ključne riječi: Stjepan Mohorovičić, aerologija, zrakoplovna meteorologija, klimatologija

Abstract: Stjepan Mohorovičić was born in 1890 in Bakar, as the third son of the renowned geophysicist Andrija Mohorovičić, and his wife, Silvija. He attended elementary and high school in Zagreb and studied mathematics and physics at the universities of Zagreb and Göttingen. At the beginning of World War I, he was drafted into the Austro-Hungarian army, where he primarily served as the head of meteorological stations supporting airfields. By the end of the war, he had earned his doctorate from the University of Zagreb, based on an analysis of meteorological data collected from a station in the Bay of Kotor region. Stjepan Mohorovičić spent most of his career in Zagreb, working as a high school teacher and as a scientific associate in an optical company. At the same time, he developed a vigorous research activity in several fields—mathematics, physics, geophysics, and astronomy. He demonstrated a readiness to tackle a wide array of challenges in an original manner, which resulted in varied responses to his publications: the theoretical prediction of positronium (particle physics), the application of his own method to analyze the Earth's interior (seismology) and the formulation of the law of planetary distances (astronomy) earned him recognition from international colleagues, whereas the engagement with relativistic physics subjected him to serious criticism. In meteorology, he distinguished himself with early research of the vertical wind profiles and of the influence of wind on airplanes, thus earning a reputation as a pioneer in aerology and aeronautical meteorology in Croatia. He also made contributions to climatology, particularly with his affirmative overviews of Milutin Milanković's astronomical theory of ice ages. Additionally, he maintained an interest in aviation, as a reserve officer between the two world wars and during World War II and as the founder of the Zagreb School of Gliding. In connection with this, he addressed various professional aspects of meteorology: weather analysis and forecasting, discussion of atmospheric processes that impact gliding, and the translation and adaptation of an international cloud atlas. He died in 1980 in Zagreb.

Key words: Stjepan Mohorovičić, aerology, aeronautical meteorology, climatology

1. UVOD

Stjepan Mohorovičić osobujna je ličnost hrvatske znanosti 20. stoljeća. Rođen u obitelji Andrije Mohorovičića, svjetski poznatog hrvatskog geofizičara, i njegove supruge Silvije, rano je pokazao interes za egzaktne znanosti. Ubrzo nakon što je završio studij, počeo se baviti znanstvenim radom kojim je tijekom godina zašao u nekoliko znanstvenih polja: matematiku, fiziku, geofiziku i astronomiju. U znanstvenim je istraživanjima pokazao veliku kreativnost i spremnost da ne ide utabanim stazama, nego da traži vlastita rješenja, za što je u nekim znanstvenim poljima i disciplinama, napose u fizici čestica, u seizmologiji i u astronomiji, dobio priznanja međunarodne znanstvene zajednice, dok je u nekim drugim slučajevima, posebno kad je riječ o njegovu doprinosu teoriji relativnosti, bio izložen ozbiljnim kritikama. Izvrsne je rezultate postigao i baveći se meteorologijom i klimatologijom te je ostao upamćen kao pionir aerologije i zrakoplovne meteorologije u Hrvatskoj. Na osnovi svojih

istraživanja u području meteorologije stekao je doktorat znanosti na Sveučilištu u Zagrebu, a s interesom za meteorologiju bilo je povezano i njegovo zanimanje za zrakoplovstvo: ta je svoja dva interesa povezao već tijekom Prvog svjetskog rata kao časnik u austrougarskoj vojsci, a potom i u razdoblju između dvaju svjetskih ratova kao utemeljitelj zagrebačke Škole za jedrenje zrakom. Inače, život su mu obilježile znanstvene i stručne kontroverzije kao i sukobi ne samo s kolegama nego i s nekim članovima obitelji. Veći je dio radnog vijeka proveo kao srednjoškolski profesor te unatoč nekim pokušajima nije dobio mjesto na nekom od sveučilišta tadašnje države.

Ovaj je članak organiziran u dva poglavlja koja su posvećena životnom putu S. Mohorovičića te njegovu znanstvenom i stručnom radu u području meteorologije i klimatologije. Raznolikost interesa S. Mohorovičića implicira da bi se njegovim opusom trebali pozabaviti znanstvenici raznih profila pa se valja nadati da će se u bliskoj budućnosti realizirati takva cjelovita znanstvena analiza.

2. ŽIVOTNI PUT STJEPANA MOHOROVIČIĆA

Životopis Stjepana Mohorovičića može se rekonstruirati na temelju podataka iz nekoliko izvora: biografskih tekstova objavljenih za njegova života (Njegovan, 1933; NN, 1940; Barth, 1965), novijih biografskih publikacija (Galić, 1982; Ivanišević, 1985; Paar, 1993; Živaković-Kerže,

2002; Randić, 2009; Dadić, 2010; Orlić, 2011; Orlić i Vrkić, 2015; Hanžek, 2022) kao i arhivskih materijala sačuvanih u Hrvatskom državnom arhivu, posebno u Fondu Stjepana Mohorovičića¹ te u Personalnom dosjeu Stjepana Mohorovičića.² Ti podaci upućuju na kronologiju života, koja je sumarno prikazana u tablici 1. Detaljniji pregled iznesen je u nastavku ovog poglavlja.

Tablica 1. Kronologija života Stjepana Mohorovičića.

Table 1. Chronology of the life of Stjepan Mohorovičić.

Godina	Događaj
1890.	Rođen u Bakru (20. kolovoza)
1896.	Upisuje se u osnovnu školu u Medulićevoj ulici u Zagrebu
1900.	Upisuje se u Donjogradsku gimnaziju u Zagrebu
1908.	Upisuje se na Sveučilište u Zagrebu
1908.	Honorarno zaposlen na Meteorološkom opservatoriju u Zagrebu
1912.	Jedan semestar sluša na Sveučilištu u Göttingenu
1912.	Polaze učiteljski ispit u Zagrebu
1913.	Zaposlen na Realnoj gimnaziji u Bjelovaru
1913.	Započinje publicirati u području fizike
1914.	Objavljuje prvi znanstveni članak iz područja seizmologije
1914.	Mobiliziran u austrougarsku vojsku
1916.	Izlazi mu prvi znanstveni članak iz područja matematike
1918.	Radi na Trgovačkoj akademiji u Zagrebu
1918.	Dodijeljen mu je naslov „profesor”
1918.	Brani doktorsku disertaciju na Sveučilištu u Zagrebu s temom iz područja meteorologije
1919.	Ženi se Ivom Blažeković (razvedeni 1935.)
1921.	Premješten na Tehničku srednju školu u Zagrebu
1922.	Dodijeljen Drugoj ženskoj gimnaziji u Zagrebu
1922.	Biran za pravog člana Academy of Nations (USA)
1922.	Ne uspijeva se zaposliti na Sveučilištu u Zagrebu
1923.	Premješten na Prvu klasičnu gimnaziju u Zagrebu
1924.	Započinje publicirati u području astronomije
1925.	Izabran za počasnog člana Debrecenskog učenog društva znanosti
1926.	Izabran za člana Uredničkog odbora časopisa <i>Gerlands Beiträge zur Geophysik</i>
1929.	Utemeljuje školu zračnog jedrenja u Zagrebu
1930.	Ne uspijeva se zaposliti na Sveučilištu u Ljubljani
1934.	Objavljuje svoje otkriće pozitronija
1935.	Ženi se Gizelom Belošević

¹ Fond Stjepana Mohorovičića, Hrvatski državni arhiv (HR-HDA-1748).

² Personalni dosje Stjepana Mohorovičića, Personalni dosjei djelatnika u prosvjeti i kulturi te članova njihovih obitelji (1880. – 1950.), Hrvatski državni arhiv (HR-HDA-890).

Tablica 1. Nastavak.

Table 1. Continuation.

1937.	Ne uspijeva se zaposliti na Sveučilištu u Beogradu
1941.	Premješten na Realnu gimnaziju u Koprivnici
1943.	Umirovljen prvi put
1948.	Honorarni je direktor Optičke škole
1949.	Reaktiviran zapošljavanjem u poduzeću Optika (kasnije Ghetaldus)
1953.	Definitivno umirovljen
1976.	Objavljuje posljednji znanstveni članak
1977.	Izabran je za predsjednika udruženja Naučna misao
1980.	Umro u Zagrebu (13. veljače)

2.1. Osnovni podaci

Stjepan Mohorovičić rođen je u Bakru 20. kolovoza 1890. godine, a kršten je u rimokatoličkoj crkvi dan kasnije. Roditelji su mu bili Andrija Mohorovičić i Silvija rođ. Vernić. Imao je dva starija brata Andriju ml. i Ivana (sl. 1), koji su također rođeni u Bakru, te jednog mlađeg brata Franju, koji je rođen u Zagrebu. Međutim, Franjo je umro kao dijete, a Ivan odmah nakon što je završio studij farmacije, tako da su zrelu dob doživjeli samo Andrija ml., koji je bio pravnik te je djelovao kao sudac, i Stjepan. U jednom od pisama koje je Andrija Mohorovičić napisao sinu Stjepanu 1910. godine (Penzar i Orlić, 2019), dakle četiri godine nakon Franjine smrti i u vrijeme kad je Ivan bolovao, stoji: „Ja po staračku, nikako ne mogu ništa da dovršim, a sve počinam. Šta ćeš, tako je kad je čovjek prošao pol vijeka i imao dosta žalosti.” Prije samo stotinjak godina smrtnost djece i omladine bila je još uvijek visoka pa su tragedije preranih gubitaka silno utjecale na živote roditelja i cijelih obitelji.

Godine 1891. obitelj Mohorovičić preselila se u Zagreb jer je Andrija Mohorovičić dobio posao na Velikoj realci u Zagrebu, na kojoj je uskoro preuzeo upravljanje Meteorološkim opservatorijem. Stoga je Stjepan završio osnovnoškolsko i srednjoškolsko obrazovanje u Zagrebu te je maturirao na Donjogradskoj gimnaziji 1908. godine. Svjedodžbu zrelosti potpisali su Julije Adamović (ravnatelj), Đuro Körbler (predsjednik ispitnog povjerenstva) i Pavao Jemeršić (nadstojnik osmog razreda).

Nakon toga upisao je studij matematike i fizike na Sveučilištu u Zagrebu. U isto je vrijeme honorarno

radio na Meteorološkom opservatoriju, što pokazuje da je otac rano uočio njegovu sklonost egzaktnim znanostima i da je poticao njegov razvoj u tom smjeru. Studij je završio 1912. godine, s time da je jedan semestar odslušao na Sveučilištu u Göttingenu.



Slika 1. Andrija i Silvija Mohorovičić sa sinovima (slijeva nadesno): Andrijom ml., Ivanom i Stjepanom. Fotografija je snimljena u Zagrebu početkom 1890-ih godina (izvor: arhiva Geofizičkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu). Četvrti sin, Franjo, rođen je 1900. godine.

Figure 1. Andrija and Silvija Mohorovičić with their sons (from left to right): Andrija Jr., Ivan, and Stjepan. The photograph was taken in Zagreb in the early 1890s (source: archive of the Department of Geophysics, Faculty of Science, University of Zagreb). Their fourth son, Franjo, was born in 1900.

Potom je započeo raditi kao srednjoškolski učitelj i profesor. Ovdje je zanimljivo spomenuti da je početkom 1922. godine, u vrijeme kad je njegov otac umirovljen i kad je ustanova koju je otac vodio tijekom trideset godina dobila naziv Geofizički zavod, pozvan da se zaposli na tom zavodu kao opservator. Međutim, taj je poziv odbio s obrazloženjem da ne može znanstveno raditi u podređenom položaju, ali da bi bio zainteresiran za katedru na Sveučilištu u Zagrebu.³ Nakon što je radio na brojnim srednjoškolskim ustanovama (Realna gimnazija u Bjelovaru, Trgovačka akademija u Zagrebu, Tehnička srednja škola u Zagrebu, Druga ženska gimnazija u Zagrebu, Prva klasična gimnazija u Zagrebu, Realna gimnazija u Koprivnici), prvi je put umirovljen 1943. godine. Nakon Drugog svjetskog rata nalazimo ga najprije kao honorarnog direktora Optičke škole, a potom i kao znanstvenog suradnika u poduzeću Optika. Nakon toga definitivno je umirovljen 1953. godine.

Ženio se dva puta. Prvi se put 1919. godine oženio Ivom rođ. Blažeković, čije zanimanje nije navedeno u dokumentima. Razveo se 1935. godine, a iste se godine oženio Gizelom rođ. Belošević, magistrom farmacije. Nije imao djece. U dva je navrata mijenjao vjersku pripadnost: najprije je prešao na pravoslavnu vjeru (1932. godine), a potom na starokatoličku vjeru (1941. godine).

Ostao je aktivan i u poznoj dobi pa je 1977. godine izabran za predsjednika udruženja Naučna misao. Umro je u Zagrebu 13. veljače 1980. godine te je pokopan na zagrebačkom groblju Mirogoj. Supruga Gizela nadživjela ga je tri godine, a pokopana je uz njega na Mirogoju.

2.2. Sveučilišno obrazovanje

Kao što je već rečeno, Stjepan Mohorovičić upisao je studij matematike i fizike na Sveučilištu u Zagrebu 1908. godine. Sedam semestara studija odslušao je u Zagrebu, a osmi, ljetni semestar pohađao je 1911./1912. godine na Sveučilištu u Göttingenu⁴. U Zagrebu su mu matematiku predavali Stjepan Bohnič, Juraj Majcen, David Segen i

Vladimir Varićak, fiziku Vinko Dvořák, Stanko Hondl i Ladislav Stjepanek, a geofiziku Andrija Mohorovičić. U Göttingenu je slušao predavanja kod profesora kao što su bili David Hilbert i Otto Toeplitz (matematika) te Woldemar Voigt i Emil Wiechert (fizika). Kontakt s profesorima koji su ujedno bili vrhunski znanstvenici, kao uostalom i kontakt s vlastitim ocem koji nije nimalo zaostajao za tim profesorima zasigurno je potaknuo njegov interes za različite znanstvene probleme te kritičko propitivanje postojećih paradigma. To se u nekoliko znanstvenih disciplina pokazalo plodonosnim. S druge strane E. Wiechert svojim ga je preispitivanjem Einsteinove teorije relativnosti mogao uputiti na istraživanja koja su mnogi ocijenili kao besplodna.

Nakon povratka iz Njemačke prijavio je ispit za srednjoškolskog učitelja matematike i fizike, koji je položio 1912. godine pred povjerenstvom u sastavu T. Maretić (predsjednik) te V. Varićak i S. Hondl (članovi). Nakon propisanog probnog razdoblja unaprijeđen je 1918. godine u profesora.

2.3. Znanstvena istraživanja i doktorat

Odmah nakon što je završio studij, Stjepan Mohorovičić zdušno se primio znanstvenog rada. Tijekom šezdesetak godina koliko je trajala njegova karijera objavio je 89 znanstvenih članaka, 87 stručnih i popularnih članaka, 69 podatkovnih izvješća, 195 literaturnih izvješća te šest monografija i knjiga. Kompletne se reference mogu pronaći u bibliografiji koja je objavljena prije desetak godina (Orlić i Vrkić, 2015) te u nedavno objavljenoj dopuni koja sadržava šest literaturnih izvješća (Hanžek, 2022). Mohorovičić je jedini autor većine svojih publikacija (441 od 446). Mnoge su mu publikacije objavili inozemni izdavači, a njima je zašao u četiri znanstvena polja: matematiku, fiziku, geofiziku i astronomiju.

Kad je riječ o matematici, njome se najviše bavio u početku i pri kraju znanstvene karijere. Najprije je istraživao Volterrine i Fredholmove integralne jednadžbe, odredio je konstante za razvoj Fredholmove determinante te je pokazao

³ J. Mokrović: Osoblje na Geofizičkom zavodu u Zagrebu (rukopis), Arhiva Geofizičkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, 1975.

⁴ Urudžbeni zapisnik Mudroslovnoga fakulteta, Arhiv Filozofškoga fakulteta Sveučilišta u Zagrebu (br. 743-1917).

kako se neka funkcija može razviti po derivacijama druge funkcije. U svojim posljednjim znanstvenim radovima, koji su objavljeni 1975. i 1976. godine, bavio se prostim brojevima.

Fizika je polje u kojem je dobio neka najveća priznanja za znanstveni rad, ali i neke najoštrije kritike. Godine 1934. objavio je u časopisu *Astronomische Nachrichten* svoje najvažnije otkriće: pitajući se što se zbiva ako se elektron i pozitron nađu blizu jedan drugomu, ali dovoljno daleko da ne dođe do anihilacije, zaključio je da će zbog privlačnih sila oni neko vrijeme rotirati oko zajedničkog težišta te da će tvoriti vezano stanje slično atomu vodika, ali oko tisuću puta lakše. Takav je superlaki atom S. Mohorovičić nazvao elektrum, a kasnije se za njega ustalio drugi naziv – pozitronij. Teorijsko predviđanje S. Mohorovičića i nekih kasnijih teoretičara eksperimentalno je potvrdio Martin Deutsch 1951. godine. U dva članka koje je objavio ubrzo nakon svojeg eksperimentalnog nalaza M. Deutsch prioritet je za otkriće pozitronija priznao Stjepanu Mohorovičiću (Deutsch, 1953a, 1953b). To je dovelo do čestog navođenja S. Mohorovičića kao pionira takvih istraživanja u brojnim znanstvenim člancima i knjigama posvećenim ne samo fizici nego i kemiji. Naposljetku, za njegov se rad zainteresirao i Helge Kragh, danski povjesničar znanosti, koji mu je posvetio poseban članak u kojemu je ustvrdio da je Stjepan Mohorovičić ovladao teškim teorijskim i eksperimentalnim temama unatoč činjenici da je radio u „znanstveno i kulturno izoliranom Zagrebu” (Kragh, 1990).

Još jedna fizikalna disciplina kojoj se S. Mohorovičić ozbiljno posvetio bila je optika. Za nju se posebno zainteresirao kad je nakon Drugog svjetskog rata bio angažiran kao direktor Optičke škole i znanstveni suradnik u poduzeću Optika. Pritom se bavio proračunima koji su primijenjeni pri izradi optičkih uređaja kao što su okulari i objektiv. Međutim, kao vrsni znanstvenik uvijek je imao na umu da svoje rezultate treba i publicirati, tako da je objavio brojne članke u domaćim i inozemnim časopisima, u kojima je među ostalim preispitao teoriju konkavnog zrcala i predložio izradu nove steneo-kamere.

Osim toga tijekom cijele se znanstvene karijere bavio teorijom relativnosti. O toj je temi publicirao

tridesetak članaka, od prvog članka objavljenog u *Physikalische Zeitschrift* 1913. godine do posljednjeg takvog članka objavljenog u časopisu *Naučna misao* 1971./1972. godine. Na samom početku pridružio se onima koji su se protivili Einsteinovoj teoriji relativnosti smatrajući da je moguće razviti beskonačno mnogo teorija relativnosti (Hentschel, 1990; Wazeck, 2014). Neko vrijeme Stjepan Mohorovičić dopisivao se s Albertom Einsteinom, koji je smatrao da Mohorovičićev rad nema fizikalnu vrijednost, ali da nije nelogičan. Kasnije je Einstein pokazao više kritičnosti pa u svojem pismu upućenom Maxu Bornu 16. lipnja 1922. godine spominje „onog nesretnog Mohorovičića” (Kormos Buchwald et al., 2012). U krugu Einsteinovih protivnika Stjepan Mohorovičić zauzimao je važno mjesto, zajedno s takvim uglednim znanstvenicima kao što su bili Philipp Lenard, Johannes Stark i Ernst Gehrcke. S druge strane katkad su ga kritizirali i članovi tog kruga tvrdeći da primjenjuje iste metode kao Einstein, da – poput Einsteina – želi takvim metodama doći do zaključaka o stvarnim pojavama te da se time zapravo stavlja na Einsteinovu stranu. Međutim, on je ustrajao u kritici zasnovanoj na matematičkim argumentima kao primjerice kad se bavio savijanjem putanja svjetlosti kao potvrdom teorije relativnosti (Brush, 1989). Budući da je 1923. godine, kad je objavio članak s tom temom u *Zeitschrift für Physik*, i sam Einstein smatrao da dostupni podaci ne omogućuju da se njegovo teorijsko predviđanje vrednuje u usporedbi s jednim drugačijim objašnjenjem, Mohorovičićev članak čini se kao vrijedan doprinos tadašnjoj znanstvenoj raspravi.

Kad je riječ o geofizici, S. Mohorovičić je dao važne doprinose znanstvenim disciplinama kojima se bavio i njegov otac – seizmologiji te meteorologiji i klimatologiji. Svoje je radove iz područja seizmologije objavio u nekim najuglednijim inozemnim časopisima onog vremena: *Gerlands Beiträge zur Geophysik* (1914., 1916., 1927.), *Astronomische Nachrichten* (1924.), *Zeitschrift für angewandte Geophysik* (1925.), *Zeitschrift für Geophysik* (1927.). U njima je razvio vlastitu metodu za određivanje položaja hipocentra te za analizu strukture unutrašnjosti Zemlje. Bio je među prvima koji su potvrdili otkriće diskontinuiteta na dubini od oko 50 km do kojega je došao njegov

otac, ali je također pronašao dodatne diskontinuitete unutar Zemljine kore (na dubinama od 3,5 i 30 – 35 km), u gornjem plaštu (na dubinama od 120 i 400 km) i u donjem plaštu (na dubinama od 1740, 2000 i 2500 km). Njegovi su nalazi navođeni u brojnim seizmološkim udžbenicima i monografijama objavljenim tijekom prošlog stoljeća (Prey et al., 1922; Mainka, 1923; Sieberg, 1923; Gutenberg, 1925, 1927, 1959; Jeffreys, 1970; Bullen i Bolt, 1985). Posebno je zanimljivo da je Alfred Wegener spomenuo diskontinuitet na dubini od 50 km u prvom izdanju svoje glasovite knjige ne citirajući epohalni članak Andrije Mohorovičića (Wegener, 1915) te da je detaljnije diskutirao taj diskontinuitet u četvrtom izdanju svoje knjige, pri čemu je citirao jedan od seizmoloških članaka Stjepana Mohorovičića (Wegener, 1929). To pokazuje do koje su mjere seizmološki doprinosi oca i sina Mohorovičića bili isprepleteni u očima tadašnjih geofizičara i ujedno objašnjava zašto su njih dvojicu mnogi u inozemstvu doživljavali kao Zagrebačku seizmološku školu. S vremenom su ipak jasno razlučena njihova postignuća, pa je očevo otkriće ovjekovječeno terminima Mohorovičićev diskontinuitet odnosno MOHO, dok su sinovi nalazi prepoznati kao važni za razvoj seizmologije između dvaju svjetskih ratova.

Stjepan Mohorovičić iskazao se i doprinosima u području meteorologije i klimatologije. Budući da će o tome biti više riječi u sljedećem poglavlju ovog članka, nećemo se ovdje na tome zadržavati. Recimo samo da je upravo na osnovi meteoroloških istraživanja S. Mohorovičić stekao doktorat znanosti na Sveučilištu u Zagrebu. Pritom je slijedio ono što danas nazivamo skandinavskim modelom, tj. zamolio je Sveučilište u Zagrebu da mu prethodno objavljen znanstveni članak prizna kao ekvivalent doktorske disertacije. Zanimljivo je da je njegov otac slijedio isti pristup kad je doktorirao na Sveučilištu u Zagrebu 1893./1894. godine (Orlić, 2019). Kao osnovu za stjecanje doktorata S. Mohorovičić predložio je opsežan znanstveni rad „Aerologijska studija iz Kotorskoga zaljeva uz neke općene primjedbe” koji je objavio 1917. godine u *Radu JAZU*. Ostalo je zapisano da je – nakon što je predloženi rad prihvaćen – položio dva ispita, prvi iz fizike i matematike (23. srpnja 1918.) i drugi iz filozofije (11. prosinca 1918.), te da je na čast doktora filozofije promoviran 20.

prosina 1918. godine (Damjanović, 1998). Budući da je podatke za spomenuti rad prikupio za služenja u austrougarskoj vojsci tijekom Prvog svjetskog rata (sl. 2) te da je rad napisao i objavio za vrijeme rata, može se s iznenađenjem zaključiti da mu je sudjelovanje u ratu pomoglo pri stjecanju doktorata.



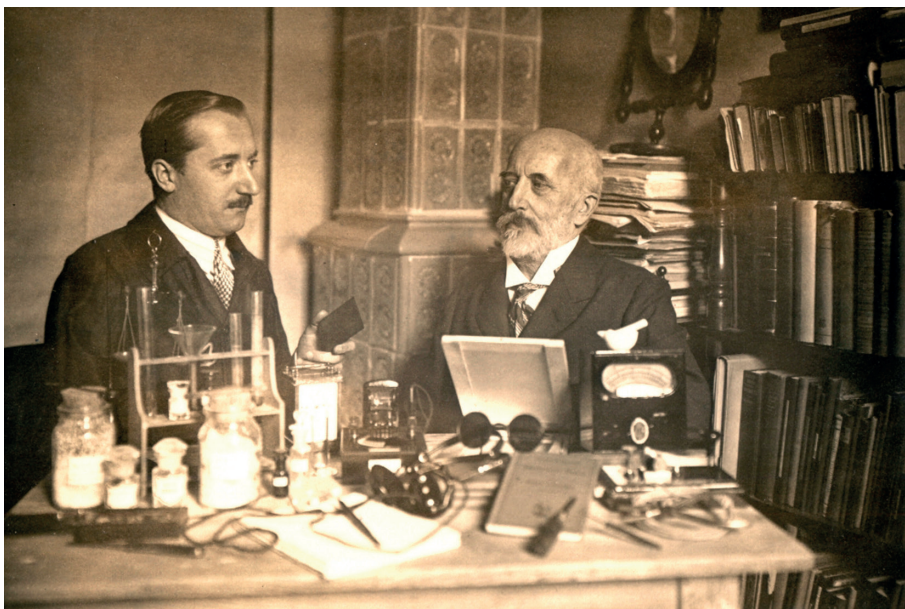
Slika 2. Stjepan Mohorovičić u odori časnika austrougarske vojske (Roveredo in Piano, 12. kolovoza 1918. godine; izvor: arhiva Josipa Novaka u Varaždinu).

Figure 2. Stjepan Mohorovičić in the uniform of an Austro-Hungarian army officer (Roveredo in Piano, 12 August 1918; source: archive of Josip Novak in Varaždin).

Naposljetku, osvrnimo se i na doprinose koje je Stjepan Mohorovičić dao astronomiji. Predvidio je postojanje dvaju diskontinuiteta u unutrašnjosti Mjeseca na dubinama od oko 100 i 400 km (*Astronomische Nachrichten*, 1924., *Gerlands Beiträge zur Geophysik*, 1927.). Također je laboratorijskim eksperimentima istražio mogući postanak kratera na Mjesecu (sl. 3; *Arhiv za hemiju i farmaciju*, 1928.), o čemu je pisao i glasoviti engleski geofizičar Harold Jeffreys (Jeffreys, 1970). Interes za astronomiju S. Mohorovičić intenzivirao je nakon što je 1936. godine u svom stanu u Zagrebu uredio Privatnu postaju za kozmičku fiziku (Ivanišević, 1985). Od tada je objavio brojna podatkovna izvješća, ali i neke važne znanstvene članke. Posebno se zanimljivim pokazao članak u kojem je formulirao

svoj zakon planetarnih udaljenosti, objavljen u *Astronomische Nachrichten* (1938.). Taj se zakon

često spominjao u inozemnoj literaturi 1930-ih i 1940-ih godina (Ignjatović, 2014).



Slika 3. Stjepan Mohorovičić s ocem Andrijom, snimljen uz radni stol 1926. godine (izvor: arhiva Geofizičkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu). Budući da je Stjepan u to vrijeme provodio laboratorijske eksperimente kako bi objasnio porijeklo Mjesečevih kratera, moguće je da je oprema na stolu upotrijebljena u tim eksperimentima. Zanimljivo je da je četrdesetak godina nakon što je ova fotografija snimljena, jedan od Mjesečevih kratera nazvan po Andriji Mohorovičiću.

Figure 3. Stjepan Mohorovičić with his father Andrija, photographed at a work desk in 1926 (source: archive of the Department of Geophysics, Faculty of Science, University of Zagreb). At the time, Stjepan was conducting laboratory experiments to explain the origin of lunar craters, so it is possible that the equipment on the desk was used in these experiments. Interestingly, about forty years after this photograph was taken, one of the Moon's craters was named after Andrija Mohorovičić.

2.4. Služba u austrougarskoj vojsci

Odmah nakon početka Prvog svjetskog rata Stjepan Mohorovičić uključen je kao časnik u austrougarsku vojsku, u kojoj je ostao do kraja rata. Njegov ratni put najlakše je pratiti iz pisama koja mu je otac pisao u to vrijeme (Penzar i Orlić, 2019). Ostala su sačuvana 152 pisma, koja su bila poslana u Sarajevo (od lipnja 1914.), na neku lokaciju u Rumunjskoj (od siječnja 1915.), na neku lokaciju u Ukrajini (od svibnja 1915.), ponovno na neku lokaciju u Rumunjskoj (od srpnja 1915.), u Beč (od studenoga 1915.), u Herceg Novi (od prosinca 1915.), u Skadar (od ožujka 1916.), ponovno na neku lokaciju u Ukrajini (od srpnja 1916.), u Radziechów u Galiciji (od listopada 1916.), na neku lokaciju u Tirolu (od ožujka 1918.) te u Roveredo in Piano (od svibnja 1918.). Iz drugih je dokumenata vidljivo da je S. Mohorovičić bio

najprije upućen kao artiljerijski časnik na frontu, a od kraja 1915. godine bio je postavljan za upravitelja meteoroloških postaja koje su djelovale uz aerodrome. Postupno je napredovao u činovima pa je kraj rata dočekao kao natporučnik.

Iz pisama koje mu je pisao otac razabire se da je kao upravitelj meteoroloških postaja imao dva zadatka – osigurati sustavno prikupljanje meteoroloških podataka te redovito pripremati meteorološke prognoze. S obzirom na dugogodišnje iskustvo u takvom radu otac je sinu nastojao pomoći da se snađe u novom poslu. S druge strane Stjepan Mohorovičić na vojnim je meteorološkim postajama dobio priliku da se koristi ne samo uobičajenom meteorološkom instrumentacijom nego i pilot-balonima koji su u to vrijeme ulazili u upotrebu. On je tu priliku iskoristio marljivo mjereći gibanje zraka u višim slojevima atmosfere

te povezujući vertikalne razdiobe vjetra s pripadnim sinoptičkim situacijama. Dobivene je rezultate objavio u nekoliko znanstvenih članaka, od kojih mu je jedan, kako je već spomenuto, omogućio da stekne doktorat znanosti na Sveučilištu u Zagrebu.

Kako se čini, za vrijeme Prvog svjetskog rata Stjepan Mohorovičić prvi je put poletio avionom. U pismu koje je otac poslao sinu 9. siječnja 1915. godine nekoliko je rečenica dopisala majka, među ostalim:⁵ „Vrlo sam u strahu da ne bi još išao letjeti, ne znam šta ti je došlo na pamet, hvali dragomu Bogu da ti je sada dobro i nemoj mi više zadati takovog straha.” U jednom kasnijem pismu, poslanom 4. siječnja 1916. godine, otac piše: „Mama bjesni i plače da se usuđuješ letjeti sa aeroplanom, a vjeruj mi da to i meni nije ugodno. Bog te je čuvao na fronti tako dugo vremena, čuvaj i ti sada svoju glavu i ne izlaži se bez potrebe. Da te dužnost zove, bio bi drugi posao, ali ovako je ipak na zemlji sigurnije.” Sasvim je razumljivo da je S. Mohorovičić poželio steći iskustvo letenja i ujedno izbliza vidjeti kako izgledaju atmosferski procesi ne samo uz tlo nego i u višim slojevima atmosfere, ali i da je time zabrinuo majku i oca.

2.5. Organizacija Škole za jedrenje zrakom

Nakon što je demobiliziran, Stjepan Mohorovičić vratio se u Zagreb, gdje je nastavio raditi kao srednjoškolski profesor i intenzivno se baviti znanostju. Uskoro je ušao u rezervni sastav jugoslavenske vojske kao kapetan zrakoplovno-tehničke struke. U toj je vojsci povremeno obavljao posao sinoptičara (Eleršek, 2009), ali je i aktivno letio kao pričuvni radiotelegrafist izvidnik (sl. 4) te je prema nekim izvorima preživio tešku zrakoplovnu nesreću kad se avion *Breguet XIX* razbio prilikom slijetanja u blizini Slavonske Požege krajem srpnja 1934. godine.

Godine 1930., kad je bio predsjednik Zagrebačkog oblasnog odbora Udruženja rezervnih avijatičara Kraljevine Jugoslavije, potaknuo je osnivanje Škole za jedrenje zrakom te je postao upraviteljem te škole. Škola je započela raditi na borongajskom aerodromu, a uskoro, na prijedlog S. Mohorovičića, bila je premještena u Brdovec kraj Savskog Marofa.



Slika 4. Stjepan Mohorovičić u avijatičarskoj uniformi, snimljen u jednom zagrebačkom studiju 1928. godine (izvor: arhiva Josipa Novaka u Varaždinu).

Figure 4. Stjepan Mohorovičić in an aviation uniform, photographed in a Zagreb studio in 1928 (source: archive of Josip Novak in Varaždin).

O osnutku škole pisalo se u tadašnjim novinama (NN, 1930), a školu je u svojem predavanju „Potpomognite razvoj naše avijacije!”, koje je održao 3. svibnja 1931. godine u kinu Croatia, spomenuo i S. Mohorovičić (1931). Više podataka o radu škole može se pronaći u nekim kasnijim publikacijama (Puhlovski, 1978; Kirić, 1982). Za potrebe škole nabavljene su jedrilice, najprije *Zögling Z-2* te potom *Zögling Z-3* i *Pappenhausen*. Prve od tih jedrilica bile su sasvim otvorene, dakle bez kabina, a piloti su bili smješteni na sjedalima ispred krila te su bili vezani za konstrukcijske dijelove aparata (sl. 5). Jedrilice su se lansirale pomoću svojevrsnog katapultu. Na taj bi način postigle početnu brzinu višu od 70 km h^{-1} , a podigle bi se i do visine od 40 m. Nakon toga lagano bi se spuštale, pri čemu su piloti njima upravljali na isti način kao motornim avionima. Teorijske osnove letenja u školi je predavao Stjepan Mohorovičić, a za praktičnu su poduku bili zaduženi pričuvni

⁵ Fond Stjepana Mohorovičića, Hrvatski državni arhiv (HR-HDA-1748).



Slika 5. Stjepan Mohorovičić upravlja jedrilicom kraj Brdovca 28. rujna 1930. godine (izvor: arhiva Josipa Novaka u Varaždinu).

Figure 5. Stjepan Mohorovičić piloting a glider near Brdovec on 28 September 1930 (source: archive of Josip Novak in Varaždin).



Slika 6. Suradnici zagrebačke Škole za jedrenje zrakom, snimljeni početkom 1930-ih godina (izvor: arhiva Josipa Novaka u Varaždinu). U prvom redu (slijeva nadesno): Hajaš, Hrašćan, Mohorovičić, Hetenji, Penkala, Sekulić, Volarić.

Figure 6. Associates of the Zagreb School of Gliding, photographed in the early 1930s (source: archive of Josip Novak in Varaždin). In the front row (from left to right): Hajaš, Hrašćan, Mohorovičić, Hetenji, Penkala, Sekulić, Volarić.

vojni piloti Milan Hetenji i Ivan Penkala (sl. 6). Polaznici škole polagali su ispit: ako su se zadržali u zraku 30 sekunda, položili bi A-ispit; ako su se zadržali u zraku jednu minutu i izveli barem dva zaokreta, položili bi B-ispit; ako je let trajao barem pet minuta, položili bi C-ispit. Škola je djelovala nekoliko godina, a brdovečki su se jedrilicači prestali okupljati oko 1934. godine.

Zanimljivo je da je školi odmah nakon utemeljenja pristupila Iva Mohorovičić, prva supruga Stjepana Mohorovičića. I. Mohorovičić (1931) svoj je prvi let opisala sljedećima riječima: „... posve je nešto drugo avijon, a posve drugo jedrilica. U avijonu sjedi sa učenikom učitelj, koji iz početka sve sam radi, dok kod jedrenja zrakom nije tako. Ovdje vas učitelj i ostali ‘kolege’ isprate zabrinuta lica do aparata, vežu vas tako čvrsto, da ni disati ne možete, dadu vam još posljednje instrukcije – i prepuste posvema milosti nemilosrdne sudbine. Učitelj drži jedrilicu za krilo, da bar na startu zadrži horizontalni položaj ... i dok učitelj lagano broji: ‘jedan, dva – tri!’ dotle uzdigne se jaki udarac vjetra, što je dakako bilo posve izvan programa. Znala sam, da sada dolazi jedan od najkritičnijih momenata, te instinktivno zažmirih, ali u taj tren osjetih, da me je nešto povuklo golemom snagom i brzinom. Nehotice privukoh upravljačku motku i osjetih da me nešto diže u vis, otvorih oči i vidim – da letim! ... Kako nisam izgubila prisutnost duha – a koja ga dama gubi u ‘kritičnome’ momentu – to sam se sretno spustila na tlo, puna ponosa.” Prema povjesničarima zrakoplovstva Iva Mohorovičić bila je prva žena koja je izvela samostalni let u Hrvatskoj i cijeloj tadašnjoj državi.

2.6. Znanstvene i stručne kontroverzije, osobni sukobi

Život Stjepana Mohorovičića obilježile su znanstvene i stručne kontroverzije koje su katkad poprimale i osobnu notu, kao i sukobi s nekim članovima obitelji. Već je spomenuto da se rano angažirao kao protivnik Einsteinove teorije relativnosti. To ga je suprotstavilo onima koji su širom svijeta zastupali tu teoriju pa ga je kritizirao i sam Albert Einstein (Hentschel, 1990; Wazeck, 2014). Kad je 9. studenoga 1922. godine objavljeno da je Einstein dobio Nobelovu

nagradu za fiziku za 1921. godinu, S. Mohorovičić očito je osjetio potrebu da svoje stavove obrani u javnosti. Stoga je uskoro organizirao objavljivanje hrvatskog prijevoda pisma što ga je Philipp Lenard, njemački fizičar i nobelovac, poslao 14. siječnja 1923. godine Kraljevskoj švedskoj akademiji znanosti i Nobelovu komitetu za fiziku (Lenard, 1923). U tom pismu Lenard najprije naglašava da Einstein nije dobio Nobelovu nagradu za rad na teoriji relativnosti, nego za istraživanje fotoelektričnog učinka te potom dovodi u pitanje opravdanost dodjele nagrade. Inače, u Hrvatskoj su se brojni znanstvenici priklonili Einsteinovoj teoriji relativnosti držeći predavanja, pišući udžbenike i znanstveno-popularne članke te objavljujući znanstvene članke o toj temi (Hanžek, 2006). Kad je riječ o izvornim znanstvenim doprinosima, nekoliko je hrvatskih autora objavilo takve članke u inozemnim časopisima (najviše Vladimir Varičak, a u manjoj mjeri Stjepan Škreb i Josip Goldberg). Moguće je da je S. Mohorovičić upravo njih doživljavao kao najznačajnije od svih svojih protivnika među hrvatskim znanstvenicima.

U sasvim je drugom području ušao u sukob 1917. godine, kad je kao časnik austrougarske vojske vodio meteorološku postaju u Radziechówu u Galiciji (Penzar i Orlić, 2019). Iz pisma koje mu je otac napisao 26. srpnja te godine razabire se da se sukobio s pretpostavljenim časnikom: „Ne znam točno prilike u kojima živiš ni uzroka tvom sporu sa g. Wagnerom, ali ako pomno pročitam njegovo pismo upravljeno na tebe, to moram bar dio krivnje baciti i na tebe i to s dva razloga. Prije svega znaš dobro, da je sada još meteorologija u rukama geografa, što je bilo moderno a i sada je još nažalost, a njima je ‘medium’ sve. Ako si dakle med vuci a ti zavijaj kao i oni, pa ćeš biti dobar vuk. Ako se protiviš onda si u očima onih koji znaju da ne znaju ništa neznanica, jer se usuđuješ ustati protiv onih koji misle da nešto znaju. Drugi je pak razlog da je moguće da ipak imaš u koječemu krivo. To ja dakako ne mogu prosuditi jer mi stvar nije poznata. U životu ti je nažalost redovno ovako: ako veliki pas zalaje, laju za njim i svi mali i povlađuju mu. Ti nisi te vrsti, to vidim, ali to nije dobro. Regula je ova: ako ti pretpostavljeni kažu, ovo se ima bijelo narisati, a ti riši, makar znaš da je to crveno. Kad budeš jednom sam risao, risati ćeš crveno. A to baš drugim riječima piše i Wagner. Drugi je opet razlog

taj, što si podčinjeni, a taj mora raditi uvijek pod odgovornošću pretpostavljenoga, a ne brinuti se da li je dobro ono što radi ili nije... Pitaš me za savjet... Ja bi na tvom mjestu, znam da će ti to biti teško, ali možda ćeš mi to za ljubav učiniti, pisao g. Wagneru lijepo pismo, kojim bi mu se ispričao na najljepši način.” Iz pisma se ne razabire što je točno bio predmet sukoba, ali se može naslutiti da se radilo o nečemu povezanom s meteorološkim mjerenjima ili pak s izradom prognoza. Kako bilo, jasno je da otac poučava sina da u međuljudskim odnosima stručni argumenti nisu dovoljni, nego da treba biti i socijalno osjetljiv. Iz jednog se kasnijeg pisma razabire da je u ovom slučaju sin prihvatio očev savjet. Međutim, u mnogim se kasnijim prilikama Stjepan Mohorovičić nije držao tog savjeta.

Posebno je dramatičan sukob izbio 1922. godine nakon što je S. Mohorovičić zamolio Mudroslovni fakultet Sveučilišta u Zagrebu dozvolu za predavanja u područjima seizmologije i teorije relativnosti. S fakulteta su mu ubrzo preporučili da molbu preuredi tako da zatraži dozvolu za predavanja u jednom području, i to u području seizmologije. S. Mohorovičić molbu je doista preuređio, ali tako da je zatražio dozvolu za predavanja samo u području teorije relativnosti. Na to je fakultet donio odluku da mu se molba odbija. Stjepan Mohorovičić na takvu je odluku reagirao člankom iz kojeg se razabire da je najodgovornijima za odluku Mudroslovnog fakulteta smatrao Stanka Hondla, Ladislava Stjepaneka i Vladimira Varičaka (Mohorovičić, 1923). Pritom je tu trojicu svojih bivših profesora i osobno napao. Tako je za prvu dvojicu ustvrdio: „Rekao sam unutar jednog sasma zatvorenog naučnog kruga (ne javno), da sveuč. prof. dr. S. Hondla i dr. L. Stjepaneka ne smatram stručnjacima, jer da ništa ne rade, a da nemaju niti najtemeljitijih pojmova... A što je g. sveuč. prof. dr. Hondl pridonio do sada originalna za progres nauke, kojom se bavi? Zar moguće ona škandalozna školska knjiga (Fizika), koju je nedavno izdao? Pređimo međutim na g. sveuč. prof. dr. Stjepaneka: Zar sam ja bio prvi, koji sam mu predbacio (ne javno) naučnu nesposobnost? Ne, niti iz daleka ne!” U istom se članku obrušio i na V. Varičaka sljedećim

riječima: „... u *Physikalische Berichte* od 15. Feb. 1921. nalazi se i moj referat o Vašim relativističkim radnjama, gdje sam u inozemstvu upozorio, da su neke Vaše formule krive (nevaljale). Isto tako kritizirao sam u br. 2 *Univerzuma* Vašu neeuclidsku interpretaciju teorije relativnosti i naglasio, da je ona ne Vaša izvorna, već Sommerfeldova ideja. Sada mi se dakako za sve to osvećujete.” Kako se pokazalo, time je S. Mohorovičić definitivno prekinuo svoju vezu sa Sveučilištem u Zagrebu. Godine 1930. pokušao se zaposliti na Sveučilištu u Ljubljani,⁶ a prema nekim indicijama godine 1937. i na Sveučilištu u Beogradu (Mohorovičić, 1947) – u oba slučaja neuspješno.

Godine 1941. započeo je još jedan sukob koji je imao dugoročne posljedice. Potaknut je nizom događaja koje su već opisali naši povjesničari znanosti (Dadić, 2010) pa ih se ovdje može samo ukratko prikazati. Dana 24. lipnja 1941. godine, dakle ubrzo nakon što je formirana Nezavisna Država Hrvatska, Stjepan Mohorovičić poslao je pismo Johannesu Starku, njemačkom fizičaru, nobelovcu i znanstveniku bliskom tadašnjoj njemačkoj vlasti. U tom se pismu požalio da je u svojoj domovini zapostavljen i da mu je onemogućen pristup sveučilištu. Stark je brzo reagirao pa je 30. lipnja 1941. godine poslao pismo Anti Paveliću, tadašnjem predsjedniku vlade, u kojem se založio ne samo za S. Mohorovičića nego i za Ivana Plotnikova, kemičara ruskog podrijetla koji je već dva desetljeća radio u Zagrebu. Dana 10. srpnja 1941. godine uslijedilo je pismo koje je Pavelić poslao Mili Budaku, svojem ministru nastave, s molbom da se tu dvojicu znanstvenika rehabilitira. Naposljetku, Budak je pismom od 26. kolovoza 1941. godine zamolio Rektorat Sveučilišta u Zagrebu da se o tome očituje. Međutim, već dan prije nego što je poslao dopis rektoratu, Budak je S. Mohorovičića premjestio s Prve klasične gimnazije u Zagrebu na Realnu gimnaziju u Koprivnici. Ondje je ovaj ostao dvije godine, kad je odbio premještanje na Mušku realnu gimnaziju u Osijeku pa je umirovljen. Očito je da se tadašnja vlast oglašila na Starkovu preporuku, vjerojatno stoga što su u Službeničkom listu Stjepana Mohorovičića⁷ mogli pročitati da se on 1920-ih godina deklarirao kao pripadnik jugoslavenske narodnosti i da je 1932.

⁶ Pismo Andrije Mohorovičića upućeno Milutinu Milankoviću 27. siječnja 1930., Arhiv Srpske akademije nauka i umetnosti (10.131/IV, kutija 9-71).

⁷ Personalni dosje Stjepana Mohorovičića, Personalni dosjei djelatnika u prosvjeti i kulturi te članova njihovih obitelji (1880. – 1950.), Hrvatski državni arhiv (HR-HDA-890).

godine prešao na pravoslavnu vjeru. Otvoreno je pitanje kako je točno izgledalo pismo koje je Mohorovičić poslao Starku. U prijepisu koji je bio na raspolaganju povjesničarima znanosti i koji je istovjetan prijepisu što je kolao među hrvatskim znanstvenicima tako da ga je svojedobno dobio i autor ovog članka poimence se spominju V. Varićak, S. Škreb i J. Goldberg kao relativisti i vodeći protivnici S. Mohorovičića. Pritom se navodi i njihova nacionalna i vjerska pripadnost kao i njihova navodna povezanost sa slobodnim zidarstvom. Dva je desetljeća kasnije Stjepan Mohorovičić u dopisu upućenom Dragiši Ivanoviću ustvrdio da on nije bio autor takvog pisma adresiranog na Starka (Dadić, 2010). Unatoč nekim pretraživanjima njemačkih arhiva autentičnost spomenutog prijepisa pisma nije bilo moguće provjeriti. Međutim, bez obzira na to je li prijepis autentičan ili falsificiran, ostaje činjenica da je desetljećima kružio među hrvatskim znanstvenicima i da je stvorio dojam o Stjepanu Mohorovičiću kao čovjeku koji je zbog svoje želje za napredovanjem bio spreman ozbiljno ugroziti kolege.

Nakon Drugog svjetskog rata Stjepan Mohorovičić više nije bio sudionikom tako velikih sukoba. Ipak, i dalje su trajali odjeci ranijih sporova. Tako je, primjerice, krajem 1970-ih godina S. Mohorovičić odbio primiti Dragutina Skoku koji je započeo pripremati monografiju o Andriji Mohorovičiću i želio u svoju knjigu uključiti i sinova sjećanja na oca.⁸ D. Skoko 1950-ih godina studirao je geofiziku i pritom je među ostalim slušao predavanja J. Goldberga, a u času kad se javio S. Mohorovičiću radio je kao profesor na Geofizičkom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Njegov neuspjeli kontakt s Mohorovičićem pokazuje da je mlađa generacija geofizičara bila spremna prijeći preko nesuglasica starije generacije, ali i da stariji nisu bili spremni za pomirenje.

Naposljetku treba kratko spomenuti i sukobe S. Mohorovičića s nekim članovima obitelji s obzirom na to da je o njima bila obaviještena javnost. Tako su u svibnju 1934. godine jedan zagrebački (NN, 1934a) i jedan beogradski (NN, 1934b) dnevni list javili da se on verbalno i fizički sukobio sa svojom prvom suprugom Ivom Mohorovičić na Trgu kralja

Aleksandra (danas Trg Republike Hrvatske) u Zagrebu, da je pritom bila prisutna „gospođa M. Š.” te da su svi prijavljeni državnom tužiteljstvu. Sudski je postupak proveden krajem te godine, o čemu je izvijestio jedan drugi beogradski dnevni list (NN, 1934c).

O drugom se obiteljskom sukobu čita u knjizi koju je Willard Bascom, voditelj projekta MOHOLE, objavio o svojim oceanografskim istraživanjima pa tako i o tom projektu (Bascom, 1988). Kao što je dobro poznato, američki projekt MOHOLE trajao je od 1958. do 1966. godine sa svrhom da se bušenjem Zemljine kore dopiše do Mohorovičićeva diskontinuiteta. Osnovni cilj projekta nije postignut, ali je tijekom projekta razvijena tehnologija bušenja podmorja koja je omogućila kasniji napredak u geofizičkim istraživanjima. U vrijeme kad je projekt bio u punom zamahu W. Bascom posjetio je Zagreb te je 30. svibnja 1962. godine održao predavanje u Jugoslavenskoj akademiji znanosti i umjetnosti. U svojoj knjizi opisuje posjet Zagrebu pa kaže da se tijekom priprema za put dopisivao s Mohorovičićevim potomkom koji je i sam bio prirodoslovnik (Stjepan Mohorovičić), dok ga je pri dolasku u Zagreb dočekao drugi Mohorovičićev potomak koji je bio blizak vlastima (Andrijin unuk i Stjepanov nećak Andre Mohorovičić [1913. – 2002.], arhitekt i povjesničar umjetnosti, izvanredni član JAZU od 1954., redoviti član JAZU od 1962.). Iz knjige je jasno da se W. Bascom u Zagrebu susreo s oba Mohorovičića, ali na odvojenim sastancima.

2.7. Priznanja

Stjepan Mohorovičić za života je dobio priznanja za svoj rad. Kako je već spomenuto, u tri su navrata objavljeni životopisi u kojima su detaljno prikazana njegova znanstvena istraživanja (Njegovan, 1933; NN, 1940; Barth, 1965). Također je navođen u enciklopedijskim izdanjima: *Narodna enciklopedija srpsko-hrvatsko slovenačka* (Zagreb, 1926.), *Leksikon Minerva* (Zagreb, 1936.), *Sveznanje – Opšti enciklopedijski leksikon* (Beograd, 1936.), *Enciklopedija Jugoslavije* (Zagreb, 1965.). Zanimljivo je da ga se navodi u izdanju zagrebačke *Enciklopedije Leksikografskog zavoda* iz 1961.

⁸ D. Skoko: Osobno priopćenje, 1992.

godine, ali ga se ne navodi u sljedećem izdanju te enciklopedije iz 1968. godine. Bilo bi zanimljivo istražiti zašto su ga enciklopedisti iznenada odlučili ignorirati, i to u vrijeme kad je još bio aktivan kao znanstvenik i često citiran u inozemstvu.

Još jedna vrsta priznanja za njegov znanstveni rad bili su citati u inozemnim publikacijama. Kao što je već rečeno, posebno je veliku pozornost privuklo otkriće pozitronija kao i rezultati istraživanja u području seizmologije i astronomije. Međutim, mnogo je skromnije citiran u domovini. Autor ovog članka uspio je pronaći samo da je Vladimir Glaser (1955) spomenuo S. Mohorovičića kao otkrivača pozitronija u svojoj monografiji posvećenoj kvantnoj elektrodinamici te da je Berislav Makjanić (1966) istaknuo aerološka istraživanja S. Mohorovičića u svojoj teorijskoj studiji strujanja preko zapreke određenog profila. Upada u oči da nema spomena o seizmološkim radovima S. Mohorovičića premda su u to vrijeme njegovi radovi citirani u mnogim seizmološkim monografijama i udžbenicima objavljenim širom svijeta. To međutim ne iznenađuje sjetimo li se da su ga hrvatski znanstvenici doživljavali kao osobu koja nije prezala od toga da ugrozi kolege zbog vlastitih protitaka.

U nekoliko je prilika dobio međunarodna priznanja. Biran je za pravog člana Academy of Nations (1922.), izabran je za počasnog člana Debrecenskog učenog društva znanosti (1925.) te je imenovan članom Uredničkog odbora časopisa *Gerlands Beiträge zur Geophysik* (1926.). Zanimljivo je da je u taj urednički odbor imenovan s ocem Andrijom Mohorovičićem te da su im u odboru kolege bili Albert Einstein, Harold Jeffreys, Wladimir Köppen i Lord Rayleigh. To pokazuje kakav su ugled uživali otac i sin Mohorovičić kao seizmolozi i u kojoj su ih mjeri u inozemstvu doživljavali kao tim koji čini Zagrebačku seizmološku školu.

S. Mohorovičić dobio je priznanja i kao pričuvni časnik austrougarske i jugoslavenske vojske.⁹ Najprije je primio Srebrnu medalju za hrabrost (1915.), Zlatni križ za zasluge (1917.) i Karlov trupni križ (1917.), a potom i Orden jugoslavenske krune (1931.).

Naposljetku, Stjepan Mohorovičić u nekoliko je navrata privukao i pozornost novinara, posebno nakon što je prema njegovu ocu nazvan projekt MOHOLE. Intervjuirali su ga M. Kolak (1962.) za časopis *Globus* te N. Ružinski (1973.) za časopis *Galaksija*. Međutim, iz tih je razgovora vidljivo da su novinari bili zainteresirani ne samo za njega nego i za njegova oca, što pokazuje da se cijeli život morao truditi da izide iz sjene poznatog oca.

Priznanja su učestala posthumno. Ta su priznanja djelomično spomenuta u ovom članku, a za njihov potpuniji prikaz trebat će provesti detaljno bibliografsko istraživanje.

Međutim, već je i iz ovog pregleda jasno vidljivo da su priznanja koja je Stjepan Mohorovičić dobio u domovini godinama zaostajala za onima koja je dobio u inozemstvu i da se ta razlika počela smanjivati istom u novije vrijeme. To nije iznenađujuće imaju li se na umu sukobi u koje je ulazio. Sam je uvijek tvrdio da je u domovini zapostavljen jer se protivi Einsteinovoj teoriji relativnosti, dok su se drugi pozivali na njegove crte ličnosti kao glavni uzrok nesporazuma. Stvarni je razlog vjerojatno bio negdje između te dvije krajnosti: u vrijeme kad je Einsteinov ugled u svijetu nezadrživo rastao očito je bilo teško uvesti u akademske institucije znanstvenika koji ga uporno kritizira, to više što je u pitanju bio čovjek sklon ne samo znanstvenim i stručnim kontroverzijama nego i osobnim sukobima. S protokom vremena osobni su sukobi postali nevažni, kontroverzni su znanstveni rezultati potisnuti u drugi plan, a preostao je istraživač koji je radeći u maloj zemlji i raspolažući skromnim sredstvima postigao izvrsne rezultate u različitim znanstvenim poljima, pri čemu je u nekoliko slučajeva uspio pobuditi pozornost inozemne znanstvene javnosti. Stoga Stjepan Mohorovičić zaslužuje da mu se cjelovito vrednuje znanstveni rad i da se prepoznaju svi oni njegovi nalazi koji imaju trajnu vrijednost.

⁹ Personalni dosje Stjepana Mohorovičića, Personalni dosjei djelatnika u prosvjeti i kulturi te članova njihovih obitelji (1880. – 1950.), Hrvatski državni arhiv (HR-HDA-890).

3. RAD STJEPANA MOHOROVIČIĆA U PODRUČJU METEOROLOGIJ I KLIMATOLOGIJE

Stjepan Mohorovičić počeo se baviti meteorologijom u vrijeme Prvog svjetskog rata, kad je prvi put imenovan upraviteljem vojne meteorološke postaje. Nakon toga pokazao je interes i za klimatologiju. Tim se disciplinama povremeno bavio sve do 1950-ih godina, pri čemu je s vremenom znanstveno istraživanje ustupilo mjesto stručnom radu. Razmotrit ćemo sada rezultate do kojih je došao u području meteorologije i klimatologije.

3.1. Aerološka istraživanja u području Boke kotorske

Krajem 1915. godine S. Mohorovičić premješten je s fronte te je postavljen za upravitelja meteorološke postaje u Igalu kraj Herceg Novog. Budući da se postaja nalazila uz tamošnji aerodrom te u blizini obalne zrakoplovne postaje u Kumboru, primarna joj je svrha bila osigurati informacije potrebne za što bolje planiranje letova. Stoga je postaja bila opremljena ne samo standardnim meteorološkim instrumentima nego i tzv. pilot-balonima. Riječ je o balonima od gume ili papira najčešće ispunjenim vodikom koji se ispuštaju s postaje i ne nose instrumente, nego se vizualno prate sve dok oblaci to dopuštaju. Budući da je poznata brzina njihova vertikalnog gibanja, iz proteklog se vremena može odrediti visina do koje su doprli, a s obzirom na to da im se pomoću teodolita koji se nalazi na postaji mjere elevacija i azimut, može se odrediti njihov položaj na raznim visinama. Sukcesivni se položaji projiciraju na horizontalnu ravninu i prikazuju tako da se uz njih naznači dosegnuta visina. Na osnovi horizontalnih pomaka do kojih dolazi pri uzdizanju pilot-balona iz jedne u drugu visinu određuju se smjer i brzina vjetra u tom atmosferskom sloju. Uz očitavanje teodolita s tipičnim vremenskim razmakom od pola minute osigurava se dobra vertikalna rezolucija od stotinjak metara.

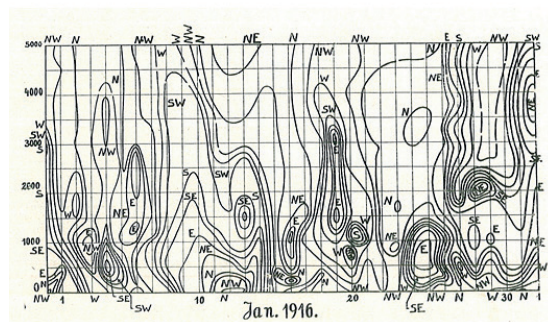
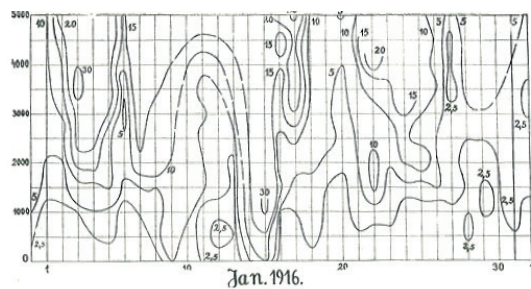
Stigavši na meteorološku postaju u Igalu, S. Mohorovičić odmah je uočio da mu pilot-baloni omogućuju ne samo da pruži podršku avijatičarima nego i da istraži značajke najvažnijih vjetrova u

tom području, napose bure i juga. Stoga se najprije posvetio mjerenjima tako da je u razdoblju od 15. prosinca 1915. do 5. ožujka 1916. godine, tj. do svojeg premještanja u Skadar, obavio ukupno 88 mjerenja pilot-balonima. Mjerenja su u pravilu obavljena u sedam sati, s time da je u nekim danima izvršeno i dodatno mjerenje. Nakon što je prikupio sve podatke, S. Mohorovičić detaljno ih je analizirao i interpretirao te je opširan znanstveni rad objavio već 1917. godine u *Radu JAZU* (Mohorovičić, 1917), dok je osnovne nalaze sumirao godinu dana kasnije u uglednom međunarodnom časopisu *Meteorologische Zeitschrift* (Mohorovičić, 1918). Pogledajmo neke njegove najvažnije rezultate.

U skladu s tadašnjim običajem S. Mohorovičić u svoj je rad uključio sve prikupljene podatke: u 88 je tablica na kraju rada ispisao smjerove i brzine vjetra u ovisnosti o visini. Kako je vidljivo iz tablica, pilot-balonima dosegnuo je visine od 120 m do 11.955 m. Kao što sam kaže, takvu je vrstu mjerenja lakše provoditi u anticiklonalnim situacijama, stoga rezultati nisu sasvim objektivni.

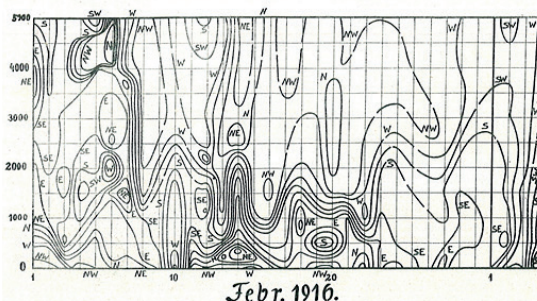
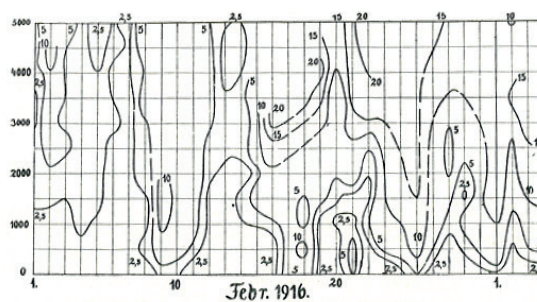
Dobivene je rezultate i sumarno prikazao crtajući izolinije brzine i smjera vjetra do visine od 5000 m (sl. 7). Pritom se oslonio ne samo na interpolaciju nego i na ekstrapolaciju, pogotovo kad je analizirao podatke za veće visine. Ti su rezultati jasno pokazali da brzina vjetra raste s visinom, da slabi vjetrovi brzo mijenjaju smjer s visinom te da jači vjetrovi prodiru više. Za visinu od 3000 m odredio je srednju brzinu vjetra u rasponu od $7,2 \text{ ms}^{-1}$ do $9,3 \text{ ms}^{-1}$. Također je uočio neke epizode relativno jakog vjetra, koje je potom detaljnije razmotrio.

Kronološki, prva je od tih epizoda opažena 9. – 10. siječnja 1916. godine (sl. 8B i 8C). Tijekom prvog od tih dana opažen je istočni vjetar koji zadržava taj smjer do visine od oko 1000 m, a potom zakreće s visinom, i to u smjeru kazaljke na satu. U svojoj diskusiji S. Mohorovičić takav vjetar povezuje sa sinoptičkom situacijom kojom je dominirala anticiklona nad zapadnom Francuskom i Engleskom, primarna ciklona nad srednjom Rusijom te sekundarna ciklona nad južnim dijelom Jadranskog mora, južnom Italijom i Jonskim morem. Gledano današnjim očima, vjetar je u ovom slučaju bio pod djelovanjem sekundarne ciklone, a njegova bi vertikalna promjenjivost mogla biti



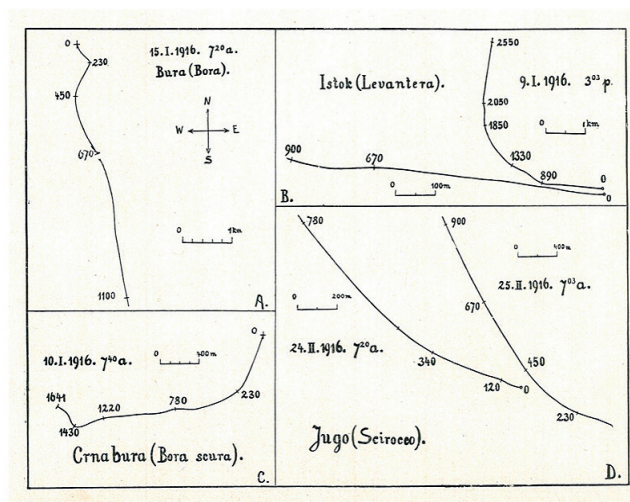
Slika 7a. Izolinije brzine vjetra (ms^{-1} , gore) i smjera vjetra (strana svijeta iz koje vjetar puše, dolje), određene na osnovi pilot-balonskih mjerenja do visine od 5000 m u području Boke kotorske tijekom siječnja 1916. godine (Mohorovičić, 1917).

Figure 7a. Isolines of wind speed (ms^{-1} , top) and wind direction (the direction from which the wind blows, bottom), determined on the basis of pilot balloon measurements up to an altitude of 5000 m in the Boka Kotorska region in January 1916 (Mohorovičić, 1917).



Slika 7b. Izolinije brzine vjetra (ms^{-1} , gore) i smjera vjetra (strana svijeta iz koje vjetar puše, dolje), određene na osnovi pilot-balonskih mjerenja do visine od 5000 m u području Boke kotorske tijekom veljače 1916. godine (Mohorovičić, 1917).

Figure 7b. Isolines of wind speed (ms^{-1} , top) and wind direction (the direction from which the wind blows, bottom), determined on the basis of pilot balloon measurements up to an altitude of 5000 m in the Boka Kotorska region in February 1916 (Mohorovičić, 1917).



Slika 8. Putanje pilot-balona određene mjerenjima u području Boke kotorske u pet navrata (Mohorovičić, 1917): 15. siječnja 1916. (A), 9. siječnja 1916. (B), 10. siječnja 1916. (C) te 24. i 25. veljače 1916. godine (D). Brojevi uz krivulje označuju postignutu visinu pilot-balona (u metrima).

Figure 8. Trajectories of pilot balloons determined by measurements in the Boka Kotorska region on five occasions (Mohorovičić, 1917): 15 January 1916 (A), 9 January 1916 (B), 10 January 1916 (C) and 24 and 25 February 1916 (D). The numbers along the curves indicate the achieved altitude of the pilot balloon (in meters).

posljedica utjecaja orografije. Tijekom drugog od tih dana zapuhala je bura do visine od oko 1200 m, što znači da se sekundarna ciklona pomaknula. Cijelu su epizodu pratili jaki udari vjetra.

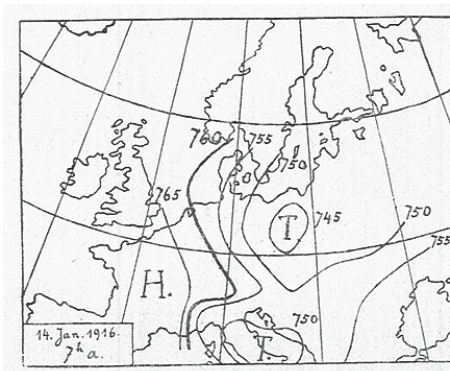
Posebnu je pozornost S. Mohorovičića privukla epizoda zabilježena 14. – 15. siječnja 1916. godine. Za tu je epizodu priložio sinoptičke karte (sl. 9) iz kojih je vidljivo da se tijekom tih dana zapadnoeuropska anticiklona proširila prema istoku, pri čemu se istočnoeuropska, primarna ciklona pomaknula prema sjeveru, a južnoeuropska, sekundarna ciklona prema jugu. Kako kaže S. Mohorovičić, to je situacija u kojoj jugo brzo okreće na buru, a to je i dokumentirao svojim pilot-balonskim mjerenjima. Posebno je iscrtao putanju pilot-balona prema mjerenjima od 15. siječnja 1916. godine (sl. 8A) iz koje se vidi da je balon najprije bio u sloju sjeverozapadnog vjetra, zatim je došao u područje sjeveroistočnog vjetra, a potom ponovno ušao u područje sjeverozapadnog vjetra – moguće zbog utjecaja lokalnog reljefa. Brzina vjetra pri tlu iznosila je oko 10 ms^{-1} , s time da je zbog udara varirala od vrlo malih brzina do oko 20 ms^{-1} , a na visini od 1000 m iznosila je čak 34 ms^{-1} .

Sasvim je drugačija bila epizoda opažena 24. – 25. veljače 1916. godine (sl. 8D). Tada je anticiklona opažena nad sjevernom Europom, ciklona nad Jadranskim morem. Kao što kaže S. Mohorovičić, to je tipična situacija s jugom. Vjetar je pri tlu bio jugoistočnog smjera, a u visini je prešao u južni smjer. Danas bismo rekli da je prizemni vjetar bio kanaliziran uz Dinaride, dok je onaj u visini najprije bio određen rasporedom baričkih

sustava. Tijekom ove epizode udari vjetra bili su slabo izraženi.

U citiranom znanstvenom radu S. Mohorovičić nije se bavio samo obradom i analizom podataka nego je zašao i u teoriju. Ponajprije, pozabavio se načinom na koji se pomoću pilot-balona te na osnovi mjerenja teodolitom određuju smjer i brzina vjetra na raznim visinama pa je teorijski pokazao kako dobiveni rezultati ovise o broju očitavanja u nekom vremenskom intervalu. Nadalje, proširio je metodu konstrukcije strujnica na osnovi izogona, koju je prethodno razvio Johan W. Sandström, i to tako da je uvažio odstupanje ciklona od kružnog oblika. Naposljetku, prihvatio je objašnjenje udara vjetra koje je svojedobno dao njegov otac i prema kojemu se udari javljaju zbog vrtloga horizontalnih osi koji su nošeni vjetrom te stoga putuju smjerovima okomitim na te osi. Pretpostavivši valovitost strujnica kao i propagaciju cijelog sustava srednjom brzinom vjetra, dobio je formalnim putem pulsacije vjetra u nekoj odabranoj točki. Nije se upuštao u diskusiju razloga zbog kojih strujnice poprimaju valovit oblik, nego je tu pojavu sasvim kratko pripisao neravnosti tla.

Kao što se može očekivati s obzirom na okolnosti u kojima je vršio mjerenja, S. Mohorovičić ni u jednom času nije izgubio iz vida važnost svojih nalaza za zrakoplovstvo. Toj je temi posvetio cijelo poglavlje u citiranom znanstvenom radu u kojem je iznio i nekoliko praktičnih pravila. Od toga dva je sam formulirao. Prvo od njih glasi ovako: „Udarci vjetra na zemaljskoj površini jesu nužno horizontalni i vertikalni u isti čas, tj. dok jakost



Slika 9. Sinoptičke situacije 14. i 15. siječnja 1916. godine ujutro (Mohorovičić, 1917). Naznačena su područja visokog (H) i niskog (T) tlaka zraka.

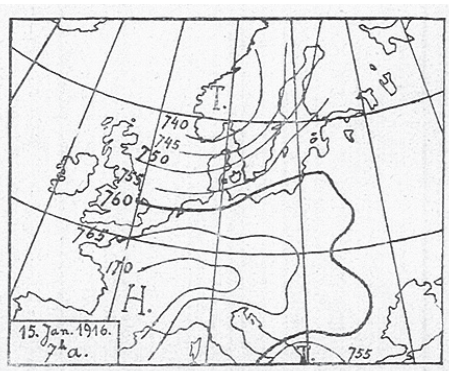


Figure 9. Synoptic situations on the mornings of 14 and 15 January 1916 (Mohorovičić, 1917). The areas of high (H) and low (T) air pressure are indicated.

udaraca vjetra raste, spuštaju se zračne čestice k tlu, naprotiv kad njegova jakost popušta, dižu se one u vis.” I drugo pravilo: „Giba li se za nemirna vjetra aeroplan sa vjetrom, tada će se blizu tla podupirati vertikalna i horizontalna komponenta vjetra u svome djelovanju na aparat; giba li se aparat protiv vjetra, tada će se njihova djelovanja uništavati.” Ne iznenađuje to što je S. Mohorovičić posebnu pozornost posvetio načinu na koji udari vjetra djeluju na zrakoplove nakon što je vidio zimsku buru na djelu. Bilo bi zanimljivo provjeriti je li on bio prvi koji je avijatičarima nastojao na jednostavan način pomoći da se suoče s takvim problemom.

Kao što je već rečeno, na osnovi rada što ga je objavio u *Radu JAZU* 1917. godine Stjepan Mohorovičić godinu je dana kasnije stekao doktorat znanosti na Sveučilištu u Zagrebu. Bio je to treći doktorat koji je s temom iz područja geofizike obranjen na zagrebačkom sveučilištu, nakon doktorata Andrije Mohorovičića iz 1894. godine i doktorata Stjepana Škreba iz 1909. godine. Iz svega što je ovdje rečeno očigledno je da se svojim doktoratom S. Mohorovičić na častan način uključio u taj niz: prikupio je izvrsne podatke koristeći se tada suvremenom instrumentacijom, pažljivo ih je interpretirao i tako došao do novih spoznaja o regionalnim atmosferskim procesima, a rad je zaokružio nekim teorijskim analizama kao i praktičnim uputama za zrakoplovce. Treba, doduše, reći da se njegovo teorijsko razmatranje

udara vjetra danas doima kao trivijalna matematizacija hipoteze koju je prethodno postavio Andrija Mohorovičić. Naime, sasvim je jasno da će prolazak vala iznad neke lokacije dovesti do periodičkih promjena vjetra, a pravo je pitanje kako val nastaje. Međutim, meteorolozi se i danas, kad raspolazu računalnim modelima, muče s reprodukcijom te pojave, pa se pokušaj koji je S. Mohorovičić objavio prije stotinjak godina doima kao dobar poticaj za daljnji rad. Kad je pak riječ o obavljenom mjerenju i analizi prikupljenih podataka, tomu se ni danas nema što prigovoriti tako da se može zaključiti da je Stjepan Mohorovičić s pravom upamćen kao pionir aerologije i zrakoplovne meteorologije u Hrvatskoj (Penzar i Sijerković, 2002).

3.2. Aerološka istraživanja u području Radziechówu u Galiciji

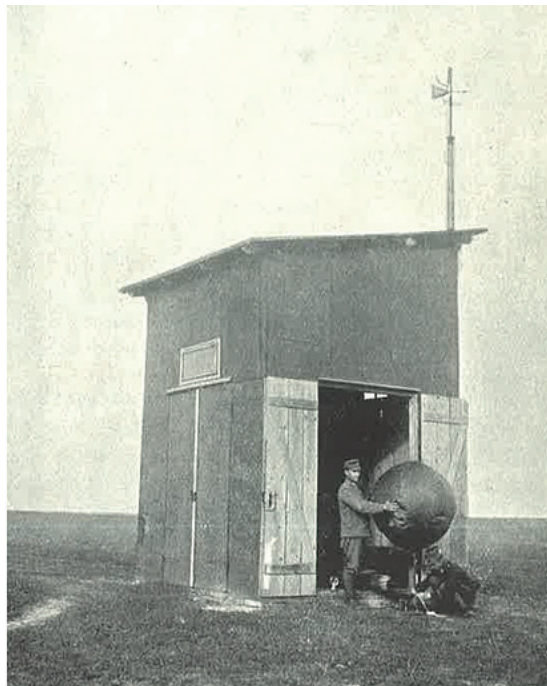
Sredinom 1916. godine S. Mohorovičić postavljen je za upravitelja vojne meteorološke postaje u Radziechówu u Galiciji (sl.10). Ondje je nastavio opsežna meteorološka mjerenja i izradu prognoza. Kao i u Boki kotorskoj posebnu je pozornost posvetio pilot-balonskim mjerenjima (sl. 11) te je sa suradnicima obavio 1028 takvih mjerenja u razdoblju od rujna 1916. do veljače 1918. godine. Na osnovi tih podataka napisao je opsežan znanstveni rad koji je u tri nastavka objavio od 1918. do 1922. godine u *Radu JAZU* (Mohorovičić, 1918 – 1922),



Slika 10. Vojna meteorološka postaja u Radziechówu u Galiciji (Mohorovičić, 1918 – 1922).

Figure 10. Military meteorological station in Radziechów, Galicia (Mohorovičić, 1918–1922).

dok je neke osnovne rezultate prikazao 1921. godine u međunarodnom časopisu *Physikalische Berichte* (Mohorovičić, 1921a).



Slika 11. Paviljon u Radziechówu u kojem su pilot-baloni pripremani za uzlet (Mohorovičić, 1918 – 1922).

Figure 11. Pavilion in Radziechów, where pilot balloons were prepared for launch (Mohorovičić, 1918–1922).

Pri izradi svojeg znanstvenog rada upotrijebio je 746 vertikalnih profila smjera i brzine vjetra, koji su mjereni i nekoliko puta dnevno tijekom jedne godine, tj. u razdoblju od 1. studenoga 1916. do 31. listopada 1917. godine. Posebno je razmatrao rezultate za hladni dio godine (studen 1916. – travanj 1917.), za topli dio godine (svibanj 1917. – listopad 1917.) te za cijelu godinu. U tablicama je objavio sve podatke dobivene pomoću pilot-balona, zatim podatke o udarima vjetra dobivene motrenjem kao i različite meteorološke podatke dobivene mjerenjima i motrenjima na prizemnoj postaji te u nekoliko navrata s vojnih letjelica. Neki su pilot-baloni dosegili visinu od 6000 m, ali je analizirao samo podatke za visine do 3000 m jer ih je smatrao pouzdanijima od onih koji su izmjereni na većim visinama.

Pri analizi podataka S. Mohorovičić ponajprije naglašava da su mjerenja obavljena nad ravnicom, da su stoga reprezentativna u krugu od 30 km do 50

km oko postaje, te da je situacija sasvim drugačija nego u području Boke kotorske gdje je snažno izražen utjecaj orografije i razlike između kopna i mora. Također ističe da je promatrana godina bila tipična za kontinentalno klimatsko područje, s izmjenom vrućeg ljeta i hladne zime. Nakon toga posvećuje se ponajprije analizi vertikalne promjenjivosti smjera i brzine vjetra te dolazi do nekih važnih nalaza. Najprije određuje srednje vrijednosti smjera vjetra i brzine vjetra na raznim visinama, za hladni dio godine, za topli dio godine i za cijelu godinu (tab. 2). Uočava skretanje vjetra u smjeru kazaljke na satu do visine od 500 m do 1000 m, povećanje brzine vjetra do tih visina te stabilnije iznose smjera i brzine na većim visinama. Danas bi prva pomisao bila da takve rezultate treba povezati s tzv. Ekmanovom spiralom, koja reproducira utjecaj trenja na smjer i brzinu prizemnog vjetra te dominaciju geostrofičkog vjetra u višim slojevima atmosfere. Međutim, valja naglasiti da S. Mohorovičić nije odredio tipični vertikalni profil vjetra za promatranu godinu tako da je računao srednje vektore vjetra, nego tako da je računao srednje vrijednosti smjera vjetra i brzine vjetra, a to znači da je tablicu 2 jednostavno interpretirati samo ako je stalnost vjetra (npr. Penzar i Makjanić, 1978) bila velika na svim visinama.

Tablica 2. Srednje vrijednosti smjera vjetra i brzine vjetra na raznim visinama iznad tla što ih je odredio S. Mohorovičić na osnovi mjerenja provedenih u Radziechówu u Galiciji u razdoblju od 1. studenoga 1916. do 31. listopada 1917. godine (Mohorovičić, 1918 – 1922). Smjer vjetra dan je u skladu s meteorološkom konvencijom pa bi primjerice smjer u iznosu od 180° odgovarao južnom vjetru.

Table 2. Mean values of wind direction and wind speed at various altitudes above ground, determined by S. Mohorovičić on the basis of measurements conducted in Radziechów, Galicia, from 1 November 1916 to 31 October 1917 (Mohorovičić, 1918–1922). The wind direction is given according to meteorological convention, meaning that, for example, a direction of 180° corresponds to a south wind.

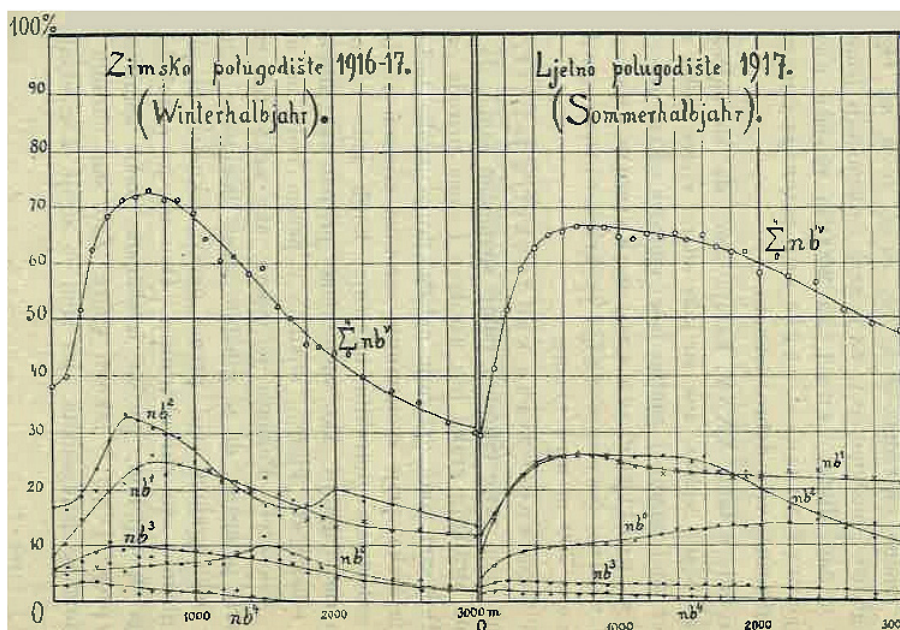
Visina (m)	Smjer (°)	Brzina (ms ⁻¹)
0	194	4,2
500	212	8,7
1000	222	9,1
1500	224	9,6
2000	225	10,2
2500	234	11,0
3000	232	11,3

Zanimljivi su i nalazi o godišnjim i dnevnim promjenama brzine vjetra. Tako S. Mohorovićić uočava zimski maksimum i ljetni minimum brzine na svim visinama te dnevne promjene brzine koje su izražene na visinama manjim od 1000 m. U ovom je potonjem slučaju pokazao da su razlike brzine između tla i visine od 500 m najveće ujutro i uvečer, a najmanje oko podneva, što jasno upućuje na pojačavanje turbulentnog trenja tijekom dana.

U jednom poglavlju svojeg znanstvenog rada povezuje brzinu vjetra s ciklonalnim i anticiklonalnim stanjima u atmosferi te potvrđuje da su na svim visinama veće brzine u ciklonalnim područjima nego u anticiklonalnim područjima. Također, vertikalne razdiobe smjera i brzine vjetra svrstava u tipove, a potom takve tipove povezuje s pripadnim sinoptičkim situacijama.

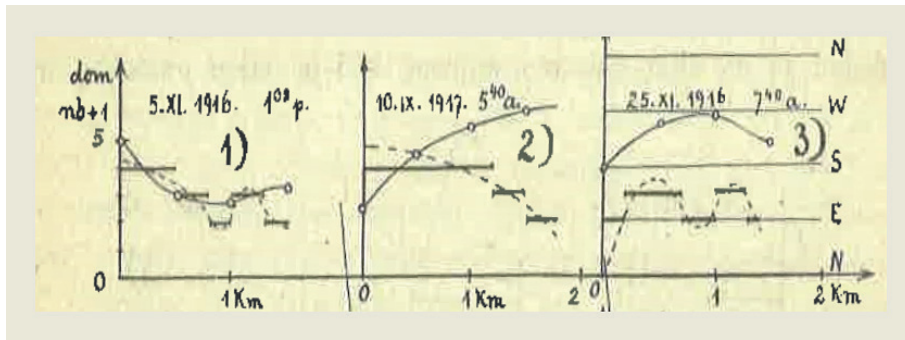
Posebno su inovativni oni dijelovi znanstvenog rada u kojima se S. Mohorovićić bavi udarima vjetra. Intenzitet udara vizualno je procijenjen na skali od 0 do 4, i to tako da je s meteorološke

postaje praćeno gibanje pilot-balona prilikom uzleta te da su avijatičari opažali ponašanje zrakoplova na raznim visinama. Statistička obrada prikupljenih podataka pokazala je da su udari najviše izraženi na visinama od 200 m do 1600 m u hladnom dijelu godine te na visinama od 200 m do 2600 m u toplom dijelu godine (sl. 12) kao i da je intenzitet udara povezan s brzinom vjetra. Nadalje, S. Mohorovićić usporedio je intenzitet udara s vertikalnom promjenom brzine vjetra i smjera vjetra pa je uočio da postoji povezanost (sl. 13). S druge strane usporedio je intenzitet udara i s vertikalnom promjenom temperature zraka te nije uočio nikakvu povezanost. Da bi obavio ovo potonje istraživanje, organizirao je od srpnja 1917. godine mjerenje temperature zraka s vojnih letjelica, a sve je dobivene rezultate također objavio u svojem radu. Iz tih se tablica razabire da je prilikom mjerenja s aviona 27. srpnja 1917. godine sam očitavao temperaturu zraka, što ponovno pokazuje da je sudjelovao u letovima još tijekom Prvog svjetskog rata.



Slika 12. Razdioba postotnih udjela udara vjetra različitih intenziteta po visini, posebno za hladni dio godine (lijevo) i za topli dio godine (desno). Intenziteti udara vjetra određeni su na skali od pet stupnjeva (od $nb = 0$, malo nemirno, do $nb = 4$, vrlo jaki udari vjetra) na osnovi motrenja u području Radziechówa u razdoblju od 1. studenoga 1916. do 31. listopada 1917. godine. Također su dane sumarne vrijednosti za sve intenzitete (Mohorovićić, 1918 – 1922).

Figure 12. Distribution of the percentage of wind gusts of different intensities by altitude, separately for the cold season (left) and the warm season (right). The intensities of wind gusts are classified on a five-degree scale (from $nb = 0$, slightly turbulent, to $nb = 4$, very strong gusts) on the basis of observations in the Radziechów region from 1 November 1916 to 31 October 1917. Also provided are summary values for all intensities (Mohorovićić, 1918–1922).



Slika 13. Ovisnost intenziteta udara vjetra (pune krivulje), brzine vjetra (dužine i crtkane krivulje, lijevo i sredina) i smjera vjetra (dužine i crtkane krivulje, desno) o visini. Intenziteti udara vjetra procijenjeni su na skali od pet stupnjeva (od nb + 1 = 1, malo nemirno, do nb + 1 = 5, vrlo jaki udari vjetra), brzina vjetra dana je u domima (1 dom = 2 ms⁻¹), a smjer vjetra određen je stranom svijeta iz koje vjetar puše. Podaci su prikupljeni u području Radziechówu tijekom tri epizode, slijeva nadesno: 5. studenoga 1916., 10. rujna 1917. i 25. studenoga 1916. godine (Mohorovičić, 1918 – 1922).

Figure 13. Dependence of wind gust intensity (solid curves), wind speed (line segments and dashed curves, left and middle) and wind direction (line segments and dashed curve, right) on altitude. Wind gust intensities are estimated on a five-degree scale (from nb + 1 = 1, slightly turbulent, to nb + 1 = 5, very strong gusts), wind speed is given in doms (1 dom = 2 ms⁻¹) and wind direction is determined by the direction from which the wind blows. Data were collected in the Radziechów region during three episodes, from left to right: 5 November 1916, 10 September 1917 and 25 November 1916 (Mohorovičić, 1918–1922).

Naposljetku, pri kraju trećeg nastavka svojeg znanstvenog rada posvećenog aerološkom istraživanju u području Radziechówu S. Mohorovičić pozabavio se i teorijom. Primjenjujući Navier-Stokesove jednadžbe za horizontalno gibanje i proširujući ih Coriolisovom članovima, odlučio je izvesti eksplisitna rješenja kako za srednje strujanje zraka tako i za turbulentne poremećaje tog strujanja. Pritom je zanemario advektivne, nelinearne članove u izrazu za ubrzanje, što mu je omogućilo da dobije dva odvojena sustava jednadžbi – jedan za srednji vjetar i drugi za turbulentna odstupanja od tog vjetra – te da izvede tražena eksplicitna rješenja, ali takva u kojima je npr. srednji vjetar neovisan o turbulenciji. To je rezultat koji odstupa ne samo od današnjih spoznaja nego i od onih do kojih su došli prethodnici S. Mohorovičića: 1905. godine Vagn W. Ekman razvio je teoriju kojom se objašnjavaju vertikalne promjene smjera i brzine vjetra u prizemnom sloju atmosfere (Ekman, 1905), 1908. godine Filip Åkerblom na odgovarajući je način analizirao mjerenja smjera i brzine vjetra s Eiffelova tornja u Parizu (Åkerblom, 1908), a 1917. godine Felix M. Exner objavio je dinamičko-meteorološki udžbenik u kojem je detaljno prodiskutirao i objedinio prethodne nalaze (Exner, 1917). U svojem je znanstvenom radu S. Mohorovičić citirao Exnerov udžbenik pa je sasvim nejasno kako nije uočio važne rezultate svojih prethodnika. Zaključak je sličan kao i pri-

likom razmatranja njegovih aeroloških istraživanja u području Boke kotorske: u oba je slučaja Stjepan Mohorovičić obavio izvrstan posao kad je riječ o prikupljanju i analizi podataka, a bio je mnogo manje uspješan u teorijskoj interpretaciji aeroloških nalaza.

3.3. Doprinos klimatologiji

Interes Stjepana Mohorovičića za klimatologiju bio je tijesno povezan s aktivnošću Milutina Milankovića. Riječ je o astronomu i klimatologu koji je rođen u Dalju, koji je obrazovan u Osijeku i Beču te veći dio karijere proveo radeći kao profesor u Beogradu. Tu je razvio svoju glasovitu astronomsku teoriju ledenih doba, koju je razradio u brojnim znanstvenim člancima te u dvije knjige – jednoj objavljenoj 1920. godine (Milanković, 1920), tj. na početku razvoja teorije, i drugoj objavljenoj 1941. godine (Milanković, 1941), kada je zaokružio svoju teoriju. Milanković je pojavu ledenih doba povezao s astronomskim uzročnicima tako da je uvažio tri ključna astronomska procesa, tj. precesiju Zemljine osi (perioda oko 20.000 godina), promjenu u nagibu Zemljine osi (perioda oko 40.000 godina) te promjenu u ekscentricitetu Zemljine orbite oko Sunca (perioda oko 100.000 godina); odredio posljedične promjene u

osunčavanju Zemlje; izračunao s time povezane promjene temperature na Zemlji; te usporedio dobivene rezultate s geološkim opažanjima.

Odmah nakon što je publicirana prva od navedenih knjiga, kojoj je suizdavač bila Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti na osnovi pozitivne recenzije koju je napisao akademik Andrija Mohorovičić, Stjepan Mohorovičić objavio je dva pohvalna prikaza te knjige, jedan opširan u tada vrhunskom svjetskom meteorološkom časopisu *Meteorologische Zeitschrift* (Mohorovičić, 1921b) i drugi kratak u referentnom časopisu *Physikalische Berichte* (Mohorovičić, 1921c). U opširnom je prikazu usporedio vertikalni profil temperature koji je Milanković odredio teorijskim putem s opažanjima. Tu je tablicu Milanković uvrstio u svoju knjigu iz 1941. godine (tablica 3) i pritom citirao S. Mohorovičića – jedinog hrvatskog znanstvenika kojeg je spomenuo u svojem kapitalnom djelu. Time je odao priznanje S. Mohorovičiću za poticaj koji mu je dao da svoje teorijske rezultate detaljno usporedi s opažanjima.

S. Mohorovičić još je u dva navrata pisao o Milankovićevoj teoriji ledenih doba. Godine 1944. objelodanio je prijevod jedne njemačke knjige

posvećene prognozi vremena uz koji je objavio svoj opširan dodatak (Schmauss i Mohorovičić, 1944). Tu je detaljno opisao Milankovićevu teoriju te je upozorio da se ona može upotrijebiti ne samo za rekonstrukciju nekadašnjih klimatskih prilika na Zemlji nego i za predviđanje budućih klimatskih stanja. Pritom je jasno razlučio vremenske prognoze od klimatskih projekcija sljedećim riječima: „Kod predkazivanja za izvanredno velike razmake ne može biti ni govora o tome, da se predkazuje vrijeme za pojedine dane, mjesece ili godine, već se tu može raditi tek o tome, predkazivati *postepene promjene ukupne klime* bilo celoga našega planeta, bilo pojedinih njegovih polutki, dotično toplinskih pojasa.”

Godine 1947. objavio je poseban članak posvećen Milankovićevim znanstvenim istraživanjima (Mohorovičić, 1947). U tom članku detaljno opisuju najvažnije Milankovićeve nalaze, a posebno one koje su prikazani u knjigama iz 1920. i 1941. godine. U članku na nekoliko mjesta govori o Milankoviću u superlativima. Tako kaže da se Milanković „može nakon 70 godina života s ponosom obazreti na svoj epohalni rad, koji je danas priznat od svih naučnika u svetu ...; stoga će njegovo ime biti uzidano za večna vremena u temelje ekzaktnih nauka.” Također

Tablica 3. Usporedba vertikalne razdiobe temperature zraka određene teorijskim putem (Berechnete Temperatur, °C) s odgovarajućom razdiobom dobivenom mjerenjem (Beobachtete Temperatur, °C). Visina (Höhe) je dana u kilometrima. Tablicu je prvi put objavio S. Mohorovičić (1921b) kombinirajući prethodne teorijske rezultate Milutina Milankovića s empirijskim rezultatima što ih je Alfred Wegener dobio usrednjavanjem podataka izmjerenih nad srednjom Europom do 1910. godine. U ovom obliku tablicu je objavio M. Milanković (1941).

Table 3. Comparison of the vertical distribution of air temperature determined theoretically (Berechnete Temperatur, °C) with the corresponding distribution obtained through measurements (Beobachtete Temperatur, °C). The height (Höhe) is given in kilometers. The table was first published by S. Mohorovičić (1921b), who combined previous theoretical results by Milutin Milanković with empirical results that Alfred Wegener obtained by averaging the data measured over Central Europe until the year 1910. In this form the table was published by M. Milanković (1941).

Vergleich der theoretisch berechneten mit den tatsächlich beobachteten Temperaturen

Höhe in km	0	0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	7
Berechnete Temperatur	10,5	7,0	4,1	1,2	−1,5	−6,9	−11,8	−16,9	−22,0	−26,4
Beobachtete Temperatur	10,5	7,4	4,9	2,5	0,1	−5,0	−10,7	−16,9	−23,7	−30,8
Höhe in km	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Berechnete Temperatur	−30,7	−34,8	−38,2	−41,4	−44,1	−46,8	−48,3	−51,3	−53,2	
Beobachtete Temperatur	−38,0	−44,4	−49,6	−52,8	−54,2	−54,4	−54,4	−54,3	−54,0	

kaže da „akademika Milankovića moramo smatrati s ponosom za heroja naše nauke” te ga uspoređuje s takvim velikanima kao što su Ruđer Bošković i Nikola Tesla. Zanimljivo je da uz sve pohvale upućene Milankoviću ne izbjegava ni kritičke primjedbe, primjerice navodeći pogreške koje je uočio u Milankovićevoj knjizi iz 1941. godine te ističući da Milanković prilikom teorijske analize pomaka Zemljinih polova pretpostavlja da debljina kontinentalnih blokova iznosi 60 km, ali propušta navesti da je to dubina koju su prvi odredili članovi Zagrebačke seizmološke škole Andrija i Stjepan Mohorovičić.

Takva neobična kombinacija silnih pohvala i mjestimičnih pokuda pokazuje da je Stjepan Mohorovičić iznad svega cijenio objektivnost i da se nije pretjerano obazirao na društvene norme – kako smo to već vidjeli u nekoliko drugih navrata. Unatoč tomu služi mu na čast što je uvidio važnost Milankovićeve epohalne teorije, i to desetljećima prije nego što je stekla univerzalno priznanje. Reklo bi se da je S. Mohorovičić prepoznao srodnu dušu, tj. znanstvenika koji se nije želio ograničiti na istraživanja unutar postojeće paradigme, nego je pokazao hrabrost da krene neutritim stazama. To mnogo govori o obojici. Šteta je da su se susreli svega nekoliko puta (Mohorovičić, 1947) i da su surađivali tek letimično.

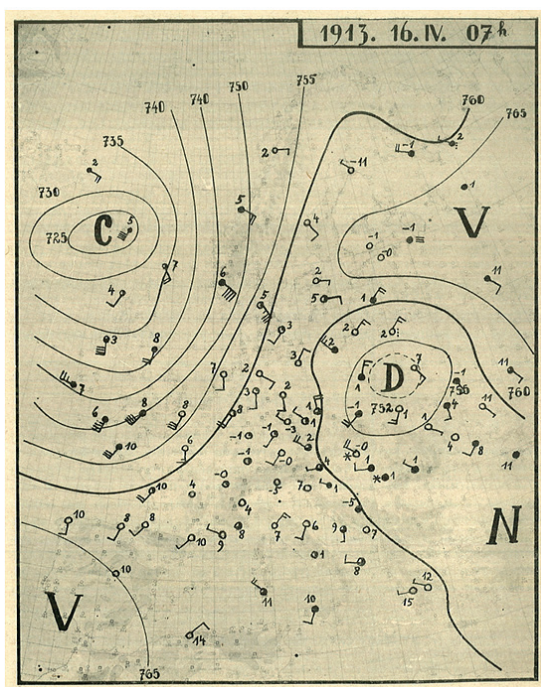
3.4. Analiza i prognoza vremena

Stjepan Mohorovičić počeo se baviti analiziranjem i prognoziranjem vremena tijekom Prvog svjetskog rata kad je kao časnik austrougarske vojske upravljao vojnim meteorološkim postajama. O tome kako je analizirao podatke i izrađivao prognoze može se ponešto naslutiti iz pisama koje mu je u Igalo slao otac koji je imao dugogodišnje iskustvo u takvom poslu pa je sinu nastojao pomoći da se suoči s novim stručnim izazovom (Penzar i Orlić, 2019). Ukratko, otac je sinu savjetovao da se osloni na sinoptičke karte izrađene na osnovi podataka o tlaku zraka i vjetru kao i na vlastita motrenja, posebno oblaka, kako bi prepoznao atmosferski sustav koji će sljedećih dana djelovati na vrijeme. Kad je riječ o izradi prognoze, uputio ga je da prouči klimatske prilike kraja za koji izrađuje prognozu te da uspoređujući svoje prognoze s

razvojem vremena počne stjecati iskustvo koje će mu pomoći da prognoze postupno poboljša. Teško je reći je li sin postupio prema očevu savjetu jer nisu sačuvana pisma koja je sin pisao ocu. Međutim, iz jednog kasnijeg očeva pisma, poslanog u Ukrajinu, vidi se da je sin odahnuo kad je stigao na novu meteorološku postaju jer je to bila kopnena postaja na kojoj nije bilo znatnijeg utjecaja orografije pa mu je izrada prognoza postala mnogo lakšom.

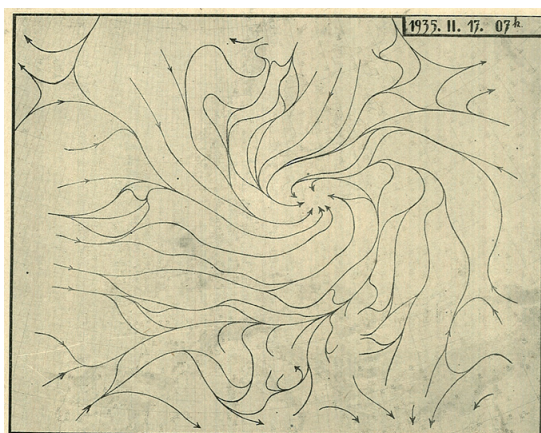
Kako je već spomenuto, nakon Prvog svjetskog rata ušao je u rezervni sastav jugoslavenske vojske te je povremeno radio kao sinoptičar. Ponovno nema informacija o tome kako je obavljao taj posao, ali se iz dva literaturna pregleda koja je tada objavio može naslutiti da je pratio razvoj meteorologije, a napose nove spoznaje do kojih su došli pripadnici Bergenske meteorološke škole (Mohorovičić, 1921d, 1921e).

Da je tomu bilo tako, svjedoči i dodatak koji je tijekom Drugog svjetskog rata napisao u prijevodu jedne njemačke knjige posvećene prognozi vremena (Schmauss i Mohorovičić, 1944). Na naslovnoj stranici te knjige S. Mohorovičić naveden je kao pričuvni nadsatnik i meteorolog, pa se može zaključiti da je u vojsci Nezavisne Države Hrvatske bio angažiran na sličnim poslovima kao i u prethodne dvije vojske. U svoj je dodatak uključio dvije tablice u kojima je na pregledan način prikazao visinsku razdiobu podataka prikupljenih na stalnim meteorološkim postajama, ali i pomoću aviona opremljenih meteorološkim instrumentima kao pomoć avijatičarima u planiranju letova. U istom tekstu opisuje tri vrste sinoptičkih karata te za svaku daje primjer: staru kartu na kojoj su prikazane izobare te smjer i brzina vjetra u mjernim točkama (sl. 14), nešto noviju kartu koja prikazuje strujanje zraka pomoću strujnica (sl. 15) i tada suvremenu kartu na kojoj su prikazane izobare, fronte te područja s izraženim oborinama, pljuskovima i maglom (sl. 16). Iz ove posljednje karte jasno je da je usvojio tekovine Bergenske meteorološke škole. Kako je točno u to vrijeme S. Mohorovičić izrađivao prognoze ostaje nepoznato: najavio je da će to opisati u drugom dijelu spomenute knjige, ali taj dio nije objavljen jer je rat uskoro završio, a time i njegov angažman kao sinoptičara.



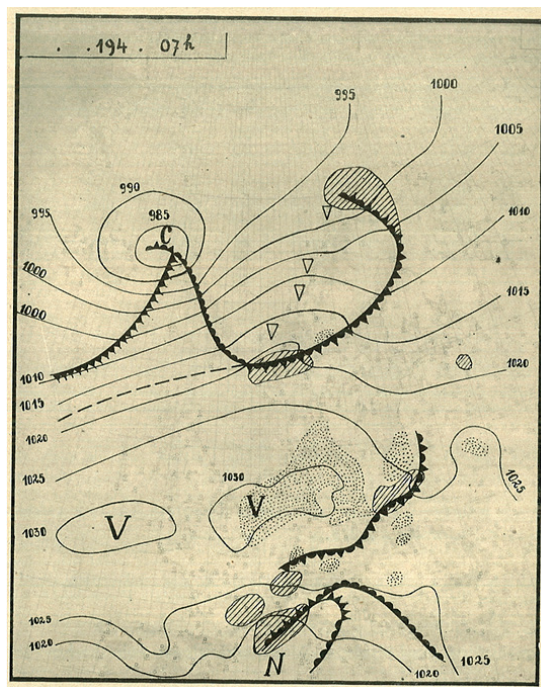
Slika 14. Sinoptička karta na dan 16. travnja 1913. godine (u 7 sati), na kojoj su prikazane izobare, smjer i brzina vjeta na pojedinim postajama, područja visokog (V) i niskog (N) tlaka zraka te položaji ciklone (C) i depresije (D). Izvor: dodatak koji je S. Mohorovičić objavio uz knjigu iz 1944. godine (Schmauss i Mohorovičić, 1944).

Figure 14. Synoptic chart for 16 April 1913 (at 7 a.m.), showing isobars, wind direction and speed at specific stations, areas of high (V) and low (N) air pressure and positions of a cyclone (C) and a depression (D). Source: supplement published by S. Mohorovičić in a book from 1944 (Schmauss and Mohorovičić, 1944).



Slika 15. Sinoptička karta na dan 17. veljače 1935. godine (u 7 sati), na kojoj su prikazane strujnice. Izvor: dodatak koji je S. Mohorovičić objavio uz knjigu iz 1944. godine (Schmauss i Mohorovičić, 1944).

Figure 15. Synoptic chart for 17 February 1935 (at 7 a.m.), showing streamlines. Source: supplement published by S. Mohorovičić in a book from 1944 (Schmauss and Mohorovičić, 1944).



Slika 16. Sinoptička karta iz 1940-ih godina na kojoj su prikazane izobare, fronte te područja s oborinom (šrafrano), pljuskovima (trokuti) i maglom (točkasto). Također su naznačena područja visokog (V) i niskog (N) tlaka zraka kao i položaj ciklone (C). Točan datum nije ubilježen jer je bio vojna tajna. Izvor: dodatak koji je S. Mohorovičić objavio uz knjigu iz 1944. godine (Schmauss i Mohorovičić, 1944).

Figure 16. Synoptic chart from the 1940s, showing isobars, fronts and areas of precipitation (shaded), showers (triangles) and fog (dotted). Also indicated are areas of high (V) and low (N) air pressure as well as the position of a cyclone (C). The exact date is not recorded as it was a military secret. Source: supplement published by S. Mohorovičić in a book from 1944 (Schmauss and Mohorovičić, 1944).

3.5. Prikaz atmosferskih procesa koji utječu na jedrenje zrakom

Nakon što je 1930. godine Stjepan Mohorovičić potaknuo osnivanje zagrebačke Škole za jedrenje zrakom, bio je ponukan da zrakoplovce informira o osnovama meteorologije. Stoga je objavio dva članka u novoosnovanom časopisu *Prijatelj avijacije*. U prvom od tih članaka pisao je o tlaku zraka i vjetru (Mohorovičić, 1931/1932a). Ponajprije, opisao je kako se mjeri tlak zraka, prodiskutirao je njegove vertikalne i horizontalne promjene te je upozorio da se tlak zraka mijenja tijekom vremena, pri čemu je posebno spomenuo dnevne i godišnje periode. Govoreći o vertikalnim

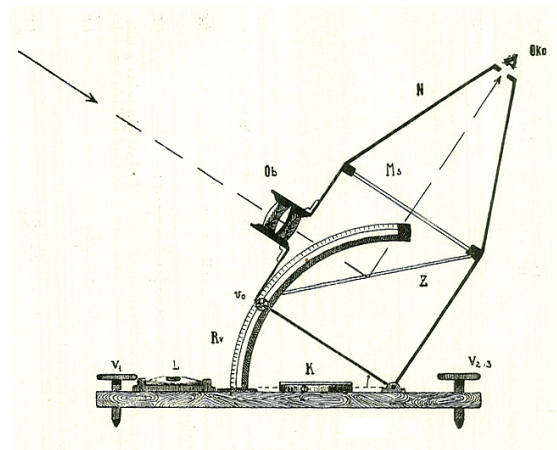
promjenama tlaka zraka, pozvao se na težinu zraka, a to znači da je – bez izričitog spominjanja – zrakoplovce poučio o hidrostatskoj aproksimaciji. Kad je pak govorio o horizontalnim promjenama tlaka zraka, opisao je odnos između tlaka zraka i vjetra sljedećim riječima: „Okrenem li se tako, da mi vjetar duva u leđa, a licem gledam u smjeru kamo vjetar duva, tada se područje niskog pritiska uzduha (minimum) nalazi naprijed na lijevoj strani.”, pa je, ponovno bez izričitog navođenja, zrakoplovce poučio i o geostrofičkoj aproksimaciji. U dijelu teksta u kojem se bavi vjetrom upozorio je da na vjetar ne utječu samo prostorne promjene tlaka zraka i rotacija Zemlje nego i trenje o podlogu. Opisao je način na koji se smjer i brzina vjetra mijenjaju do visine od 3000 m iznad tla koristeći se nalazima drugih autora kao i rezultatima vlastitih mjerenja u Radziechówu (tab. 2). Naposljetku, kratko se osvrnuo na udare vjetra te je ponovio objašnjenje tih udara koje je iznio u svojim ranijim znanstvenim radovima.

U drugom od tih članaka S. Mohorovičić pobrojio je atmosferske procese koji su posebno važni za one koji jedre zrakom (Mohorovičić, 1931/1932b). Tako je opisao strujanje zraka preko planine, a napose uzlazno strujanje zraka na koje upućuje kumululus na navjetrinskoj strani te izraženo silazno strujanje zraka i posljedičnu opasnost za jedriličare na zavjetrinskoj strani. Nadalje, opisao je kako u području hladne fronte dolazi do uzdizanja toplog zraka pa je zaključio da se tu „... zrak diže dosta velikom brzinom, pa je upravo prirodno da se ovo jako vertikalno dizanje zraka izrabi kod jedrenja”. Također je upozorio na činjenicu da se u području kumulusa, koji se razvijaju tijekom ljeta, zrak podiže uvis te da se to može iskoristiti za „jahanje na oblacima”. Progovorio je i o termičkoj konvekciji te je naglasio da ona pomaže jedriličarima nad otvorenim poljem, velikim gradom ili kompleksom tvornica, a odmaže nad šumom, jezerom i širokom rijekom. Naposljetku, istaknuo je da su udari vjetra povezani s valovitošću strujnica koju spretan zrakoplovac može iskoristiti da produlji trajanje leta. Reklo bi se da su te upute pisane više za inozemne jedriličare, čiji su letovi u ono vrijeme znali potrajati i desetak sati, nego za domaće jedriličare, čiji su letovi tada trajali nekoliko minuta. Možda to pokazuje da je S. Mohorovičić očekivao da će se jedrenje zrakom i

kod nas razviti do neslučenih visina – i doslovno i u prenesenom smislu.

3.6. Prijevod i prilagodba atlasa oblaka

Jedan od zadataka koje je Stjepan Mohorovičić dobio kad je tijekom Drugog svjetskog rata djelovao kao pričuvni nadsatnik i meteorolog bio je da s francuskog na hrvatski jezik prevede „Međunarodni atlas oblaka i stanja neba”. U takvoj bi se situaciji većina stručnjaka striktno pridržavala izvornika. Međutim, S. Mohorovičić svojim je uobičajenim žarom uočio neke nedostatke u izvorniku kao i potrebu da se atlas prilagodi regionalnim prilikama. Stoga je izvornoj zbirci slika i fotografija dodao brojne druge ilustracije, a popratni je tekst proširio na nekoliko mjesta. Konačni je rezultat atlas oblaka na hrvatskom jeziku koji je on „slobodno sastavio, preveo i nadopunio” te objavio u dvije knjige 1943. godine (Mohorovičić, 1943).



Slika 17. Nefometar kako ga je konstruirao A. Mohorovičić uz upotrebu kamere opskure. Izvor: atlas oblaka koji je objavio i dopunio S. Mohorovičić (1943).

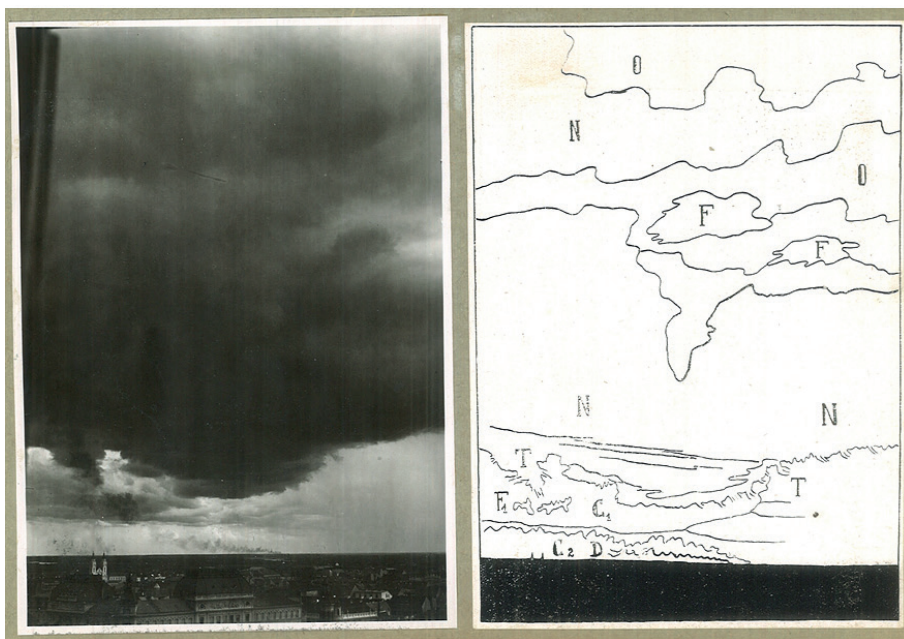
Figure 17. Nephometer as constructed by A. Mohorovičić using camera obscura. Source: cloud atlas published and revised by S. Mohorovičić (1943).

U prvoj se knjizi definiraju rodovi oblaka te odgovarajući podrodovi, vrste i odlike, pri čemu S. Mohorovičić uz deset općeprihvaćenih rodova navodi i jedan koji se prestao spominjati u inozemnoj literaturi – nimbus. Treba odmah reći da meteorolozi nisu prihvatili to proširenje liste rodova. Nadalje, opisuje kako se obavlja

motrenja oblaka te dodaje veliko poglavlje u kojem prikazuje različite instrumente koji se upotrebljavaju pri mjerenju smjera i brzine gibanja oblaka. Među ostalim donosi i prikaz nefometra (sl. 17) što ga je konstruirao njegov otac, pri čemu naglašava da je Andrija Mohorovičić prvi predložio način na koji se takvim instrumentom može odrediti ne samo horizontalna nego i vertikalna komponenta gibanja oblaka. Slijedi detaljan prikaz međunarodnog ključa oblaka. Naposljetku, S. Mohorovičić daje i vlastiti prikaz optičkih pojava u atmosferi u kojem se bavi opažanjem i objašnjenjem boje neba i oblaka te pojavama kao što su duga, vijenac i halo. Posebna su vrijednost ovog poglavlja vlastita opažanja mnogih pojava. Evo, primjerice, teksta o polarnoj svjetlosti: „Polarna svjetlost (sjeverna zora) može na dulje vrieme razsvietliti oblake u svim bojama, a osobito one oblake koji su prozračni. Na pr. za jače polarne svjetlosti, koja se je vidjela u Zagrebu dne 27. III. 1943. od 19 h 30 min. do 20 h 15 min. (Sr. Evr. Vr.) bio je *As*-oblak intenzivno bakrenasto-crven i

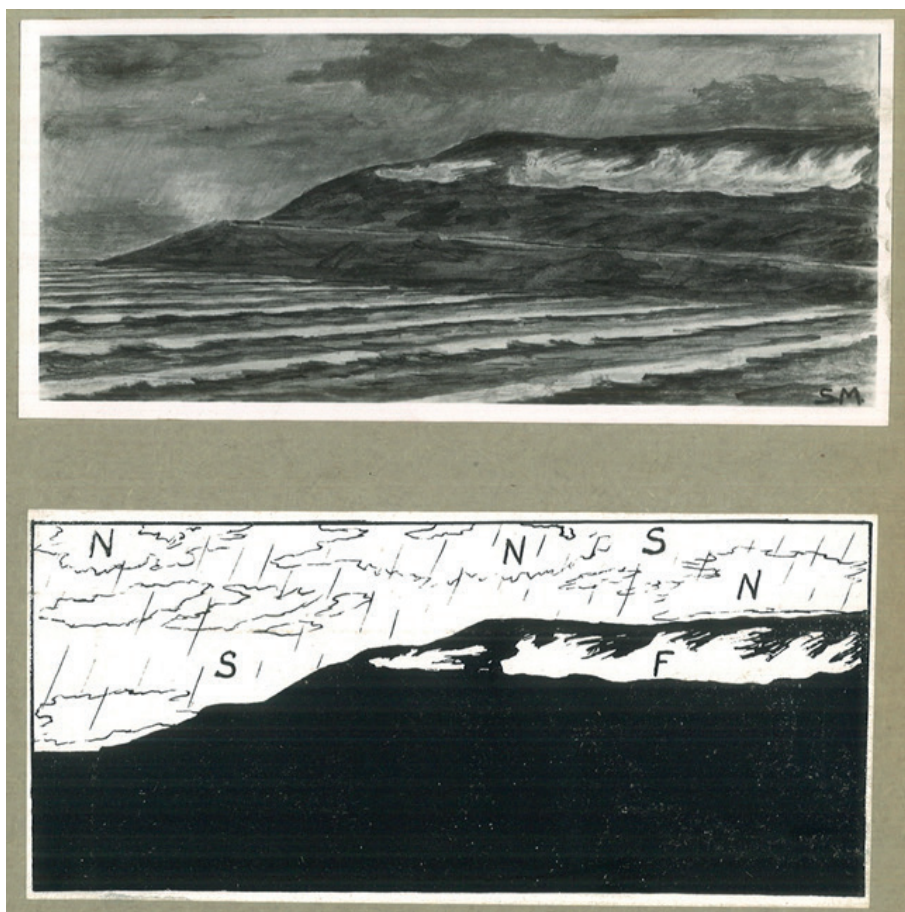
ružičast u visini od kojih 9° iznad horizonta (mjereno sa sekstantom) na zapadu. Crvena svjetlost probijala je ne samo kroz *Altostratus* na gušćim mjestima, već i kroz *Stratus*, akoprem znatno slabije; na vedrom dielu neba bila je polarna svjetlost modrikasto zelena (na zapad sjevero-zapadu).”

U drugoj su knjizi reproducirane brojne slike i fotografije neba, pri čemu su uz većinu objavljene pripadne skice s opisom oblaka. Od ukupno 61 priloga u knjizi 41 prilog preuzet je iz izvornika, dok je 20 priloga dodao S. Mohorovičić. Od ovih potonjih priloga ovdje izdvajamo dva koji ilustriraju raskidane niske oblake ružnog vremena. Jedan se prilog zasniva na fotografiji koju je s Griča u Zagrebu snimio Andrija Mohorovičić 1903. godine (sl. 18). Drugi se prilog oslanja na akvarel koji je, na osnovi motrenja izvršenih u Igalu 8. siječnja 1916. godine, nacrtao Stjepan Mohorovičić (sl. 19). I fotografija i akvarel rariteti su koji mogu biti zanimljivi suvremenim čitateljima.



Slika 18. Stanje atmosfere prema fotografiji što ju je A. Mohorovičić snimio 1903. godine s Griča u Zagrebu u smjeru prema jugu (lijevo) te pripadni opis oblaka i nekih procesa (desno). Oluja prolazi od istoka prema zapadu, dok je pridneni vjetar suprotnog smjera kako se vidi po smjeru dima (D). Označeni su oblaci Nimbus cumuliformis (N), Cumulus compositus (O, C1, C2) te Fractonimbus (F, F1). Označena su i područja jakog vrtložnog gibanja (T). Izvor: atlas oblaka koji je objavio i dopunio S. Mohorovičić (1943).

Figure 18. Atmospheric conditions captured in a photograph taken by A. Mohorovičić in 1903 from Grič in Zagreb while looking south (left) and the corresponding description of clouds and some processes (right). The storm is moving from east to west while the surface wind is in the opposite direction as seen from the smoke direction (D). Marked clouds include Nimbus cumuliformis (N), Cumulus compositus (O, C1, C2) and Fractonimbus (F, F1). Also indicated are areas of strong vortex motion (T). Source: cloud atlas published and revised by S. Mohorovičić (1943).



Slika 19. Stanje atmosfere i mora prema akvarelu što ga je S. Mohorovičić nacrtao 8. siječnja 1916. godine gledajući iz Igala prema jugu (gore) te pripadni opis oblaka (dolje). Označeni su oblaci Nimbostratus (S), Fractonimbus (N) te stacionarni Fractostratus (F). Izvor: atlas oblaka koji je objavio i dopunio S. Mohorovičić (1943).

Figure 19. Atmospheric and sea conditions depicted in a watercolor painted by S. Mohorovičić on 8 January 1916 while looking south from Igalo (top) along with the corresponding cloud description (bottom). Marked clouds include Nimbostratus (S), Fractonimbus (N) and stationary Fractostratus (F). Source: cloud atlas published and revised by S. Mohorovičić (1943).

3.7. Ostali, sporadični interesi

Osim već navedenih radova Stjepan Mohorovičić objavio je desetak manjih priloga iz područja meteorologije i klimatologije, dijelom stručnih i popularnih članaka, a dijelom literaturnih izvješća. Svi se ti prilozi mogu pronaći u bibliografiji članaka, izvješća i knjiga koje je objavio S. Mohorovičić (Orlić i Vrkić, 2015). Osvrnimo se ovdje ukratko na neke zanimljivije priloge. U jednome od njih progovorio je o unutarnjim težinskim valovima u atmosferi (Mohorovičić, 1921f). Valove su opazili njegovi suborci u Prvom svjetskom ratu, i to 15. lipnja 1918. godine u području rijeke Piave. Tog je dana cijelo područje bilo prekriveno niskim

slojem magle koja je bila izmiješana s teškim plinom. Jedan je časnik iz aviona pratio učinke bombardiranja pa je uočio da su se pri svakom padu bombe pojavili spori valovi na površini prizemnog sloja magle i plina. Nakon što je sletio, zamolio je S. Mohorovičića da mu objasni tu pojavu, a ovaj ju je – sasvim ispravno – interpretirao kao težinske valove koji nastaju na plohi koja odjeljuje dva atmosferska sloja različite gustoće.

U dva se priloga bavio mogućom periodičnošću različitih pojava na Zemlji i izvan nje. Ta je tema bila vrlo popularna prije stotinjak godina pa je S. Mohorovičić u prvom od svojih priloga prodiskutirao različite periode koje su pronašli

prethodni istraživači (Mohorovičić, 1921g). Posebno ga je zainteresirao period od oko 250 godina te je usporedio kako takva oscilacija izgleda u zapisima o prirastu kalifornijskih orijaških stabala, vodostaju rijeke Nil i broju kineskih potresa. U istom je prilogu istaknuo da se u spomenutim zapisima može uočiti i oscilacija čiji period iznosi 100 godina. Kad je kasnije objavljeno da je 100-godišnja oscilacija pronađena u broju Sunčevih pjega, S. Mohorovičić objavio se novim prilogom u kojemu je upozorio da je takvu oscilaciju prethodno pronašao u klimatskim i seizmičkim promjenama na Zemlji te da to upućuje na činjenicu da se uzrok spomenutih promjena „nalazi izvan Zemlje” (Mohorovičić, 1937). Danas se povezivanje Sunčeve aktivnosti s klimatskim prilikama na Zemlji, a posebno sa seizmičnošću Zemlje, smatra kontroverznom. Glavni je razlog da se – kao i u prilogu S. Mohorovičića – uglavnom zasniva na pukoj usporedbi oscilacija dobivenih filtriranjem vremenskih nizova bez odgovarajućeg objašnjenja uzročno-posljedičnih veza.

U zadnjem prilogu koji ćemo ovdje spomenuti S. Mohorovičić opisao je kako se 21. ožujka 1932. godine pojavio halo oko Mjeseca (Mohorovičić, 1932). Na osnovi svojih opažanja iz Zagreba detaljno je prikazao pojavu: nebo prekriveno cirostratusom; halo oko Mjeseca, kutnog polumjera 22 °, iznutra crvenkast, izvana modrikast, presječen horizontalnim krugom; te dva žućkasta i vrlo svjetla sporedna Mjeseca. Tim je prilogom S. Mohorovičić najavio interes za optiku atmosfere, što će desetak godina kasnije rezultirati opširnim poglavljem koje je napisao za svoje izdanje atlasa oblaka (Mohorovičić, 1943).

ZAHVALA

Zahvaljujem Josipu Novaku (Varaždin) što mi je stavio na raspolaganje fotografije iz svoje zbirke te što me upozorio na tri novinska članka u kojima se spominje S. Mohorovičić. Također zahvaljujem Ivi Vrkić (Geofizički odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu) koja mi je s uobičajenom spremnošću i temeljitošću pomogla u pretraživanju arhivske i bibliotečne građe. Primjedbe dvoje anonimnih recenzenata pomogle su u doradi rukopisa. Ovo je istraživanje

omogućeno potporom br. 20286578 koju je Geofizičkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu odobrilo Ministarstvo znanosti, obrazovanja i mladih.

LITERATURA

- Åkerblom, F., 1908: Recherches sur les courants les plus bas de l'atmosphère au-dessus de Paris. *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsalensis*, Serie 4, **2/2**, 1–45.
- Barth, G., 1965: Prof. Dr. Stjepan Mohorovičić – Zum 75. Geburtstag am 20. 8. 1965. *Wissen im Werden*, **5/2**, 71–72.
- Bascom, W., 1988: *The Crest of the Wave – Adventures in Oceanography*. Harper and Row, New York, 318 pp.
- Brush, S.G., 1989: Prediction and theory evaluation: the case of light bending. *Science*, **246**, 1124–1129.
- Bullen, K.E. and B.A. Bolt, 1985: *An Introduction to the Theory of Seismology*. Cambridge University Press, Cambridge, 499 pp.
- Dadić, Ž., 2010: *Egzaktne znanosti u Hrvatskoj u ozračju politike i ideologije (1900-1960)*. Izvori, Zagreb, 552 str.
- Damjanović, S. (ur.), 1998: *Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu – Monografija*. Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 368 str.
- Deutsch, M., 1953a: Annihilation of positrons. *Progress in Nuclear Physics*, **3**, 131–158.
- Deutsch, M., 1953b: Positronium. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences*, **82/7**, 331–343.
- Ekman, V. W., 1905: On the influence of the Earth's rotation on ocean-currents. *Arkiv för Matematik, Astronomi och Fysik*, **2/11**, 1–52.
- Eleršek, L., 2009: *Homo volans – rani hrvatski avijatičari 1554. – 1927*. Vlastita naklada, Zadar, 299 str.

- Exner, F.M., 1917: *Dynamische Meteorologie*. B. G. Teubner, Leipzig, Berlin, 308 pp.
- Galić, H., 1982: Pozitronij – rođen u Zagrebu. *Oko*, **10/267**, 13.
- Glaser, V., 1955: *Kovarijantna kvantna elektrodinamika*. Jugoslavenska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 176 str.
- Gutenberg, B., 1925: *Der Aufbau der Erde*. Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin, 168 pp.
- Gutenberg, B., 1927: *Grundlagen der Erdbebenkunde*. Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin, 189 pp.
- Gutenberg, B., 1959: *Physics of the Earth's Interior*. Academic Press, New York, 240 pp.
- Hanžek, B., 2006: Hrvatski sljedbenici teorije relativnosti u Einsteinovo vrijeme. *Filozofska istraživanja*, **103**, 607 – 615.
- Hanžek, B., 2022: Dr. Stjepan Mohorovičić (1890.–1980.) – promicatelj povezanosti hrvatske optičke industrije sa školstvom. *Cris*, **24**, 152 – 161.
- Hentschel, K., 1990: *Interpretationen und Fehlinterpretationen der speziellen and der allgemeinen Relativitätstheorie durch Zeitgenossen Albert Einsteins*. Birkhäuser Verlag, Basel, 574 pp.
- Ignjatović, S.R., 2014: Zakoni planetarnih rastojanja na slovenskom jugu. *Publikacija Astronomskog društva „Ruđer Bošković”*, **13**, 525 – 538.
- Ivanišević, G., 1985: Stjepan Mohorovičić (1890 – 1980) i njegova „Privatna postaja za kozmičku fiziku”. *Zbornik radova Sedme nacionalne konferencije astronoma Jugoslavije*, Beograd, 131 – 134.
- Jeffreys, H., 1970: *The Earth – Its Origin, History and Physical Constitution (Fifth Edition)*. Cambridge University Press, Cambridge, 525 pp.
- Kirić, L., 1982: Pojava i prvi uspjesi zračnog jedrenja u Hrvatskoj. *Povijest sporta*, **53**, 307 – 316.
- Kolak, M., 1962: Svi su sumnjali u Mohorovičićeve tvrdnje nakon potresa 1909. *Globus*, 18. 3. 1962., 30 – 31.
- Kormos Buchwald, D., J. Illy, Z. Rosenkranz and T. Sauer (Eds.), 2012: *The Collected Papers of Albert Einstein (Volume 13)*. Princeton University Press, Princeton, 1080 pp.
- Kragh, H., 1990: From “electrum” to positronium. *Journal of Chemical Education*, **67/3**, 196–197.
- Lenard, P., 1923: Referati – Nobelova nagrada za fiziku za 1922. godinu – zbilja ili fikcija? *Univerzum*, **6-8**, 225 – 227.
- Mainka, C., 1923: *Physik der Erdbebenwellen*. Verlag von Gebrüder Borntraeger, Berlin, 156 pp.
- Makjanić, B., 1966: Prilog kinematici potencijalnog strujanja preko zapreke određenog profila. *Rasprave Odjela za matematičke, fizičke i tehničke nauke JAZU*, **1/5**, 1 – 23.
- Milanković, M., 1920: *Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire*. Académie Yougoslave des Sciences et des Arts de Zagreb, Ministère de l’Instruction Publique du Royaume des Serbes, Croates et Slovènes, Gauthier-Villars, Paris, 334 pp.
- Milanković, M., 1941: *Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem*. Königlich Serbische Akademie, Belgrad, 633 pp.
- Mohorovičić, I., 1931: Šta sam osjećala, kad sam prvi puta jedrilicom uzletila? *Prijatelj avijacije*, **1**, 10 – 11.
- Mohorovičić, S., 1917: Aerologijska studija iz Kotorskoga zaljeva uz neke općene primjedbe. *Rad JAZU*, **217**, 1 – 107.
- Mohorovičić, S., 1918: Mohorovičić S. – Aërologische Studien aus der Bocche di Cattaro nebst allgemeinen Bemerkungen. *Meteorologische Zeitschrift*, **35**, 262–263.

- Mohorovičić, S., 1918 – 1922: Istraživanje vjetra u Radziechówu u Galiciji: dio prvi: mjerenja, *Rad JAZU*, **219**, 56 – 194; Istraživanje vjetra u Radziechówu u Galiciji: dio drugi: obrada mjerenja i teoretska razmatranja o strukturi vjetra s osobitim obzirom na turbulenciju, te isporredba rezultata sa mjerenjima, *Rad JAZU*, **223**, 203 – 208; Istraživanje vjetra u Radziechówu u Galiciji: dio drugi: obrada mjerenja i teoretska razmatranja o strukturi vjetra s osobitim obzirom na turbulenciju, te isporredba rezultata sa mjerenjima – nastavak, *Rad JAZU*, **226**, 1 – 69.
- Mohorovičić, S., 1921a: S. Mohorovičić – Untersuchungen des Windes in Radziechów in Galizien. *Physikalische Berichte*, **2**, 183–84.
- Mohorovičić, S., 1921b: Milankovitch M. – Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire. *Meteorologische Zeitschrift*, **38**, 315–319.
- Mohorovičić, S., 1921c: M. Milankovitch – Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par la radiation solaire. *Physikalische Berichte*, **2**, 283–284.
- Mohorovičić, S., 1921d: R. Wenger – Neue Grundlagen der Wettervorhersage. *Glasnik Hrvatskoga prirodoslovnoga društva*, **33**, 215.
- Mohorovičić, S., 1921e: Felix M. Exners Anschauungen über kalte und warme Luftströmungen nahe der Erdoberfläche und ihre Rolle in den niedrigen Zyklonen. *Meteorologische Zeitschrift*, **38**, 343–344.
- Mohorovičić, S., 1921f: Gravitationswellen an der Grenze zweier Gase verschiedener Dichte. *Meteorologische Zeitschrift*, **38**, 346.
- Mohorovičić, S., 1921g: Die zweiundeinhalb Jahrhundert lange Periode der Erdbeben- und Klimaschwankungen. *Meteorologische Zeitschrift*, **38**, 373–375.
- Mohorovičić, S., 1923: Kulturne vijesti: jedan nečuveni postupak na našem sveučilištu. *Univerzum*, **4/5**, 166 – 174.
- Mohorovičić, S., 1931: Potpomognite razvoj naše avijacije! *Prijatelj avijacije*, **1**(1), 2.
- Mohorovičić, S., 1931/1932a: Meteorologija u službi avijacije. *Prijatelj avijacije*, **1/2**, 3 – 4, 29 – 31, 64 – 65.
- Mohorovičić, S., 1931/1932b: Jedrenje zrakom – nova grana avijacije. *Prijatelj avijacije*, **1/2**, 5 – 6, 32 – 34, 61 – 62.
- Mohorovičić, S., 1932: Retka atmosferska pojava. *Arhiv za hemiju i farmaciju*, **6**(5), 177.
- Mohorovičić, S., 1937: Perioda Sunčevih pjega od 100 godina i promena vremena. *Saturn*, **3**, 24.
- Mohorovičić, S., 1943: *Oblaci: dio I.: razredba i opis oblaka, te međunarodni ključ oblaka: prema izvadku iz «Međunarodnog atlasa oblaka»*, Zapovjedništvo bojnog zrakoplovstva, Zagreb, 106 str.; *Oblaci: dio II.: zbirka slika oblaka: slike iz izvadka «Međunarodnog atlasa oblaka» nadopunjene domaćim slikopisima*, Zapovjedništvo bojnog zrakoplovstva, Zagreb, 57 str.
- Mohorovičić, S., 1947: Milankovićevo delo u astronomiji i klimatologiji. *Nauka i tehnika*, **3**, 271 – 280.
- NN, 1930: Škola za letenje avijonima bez motora u Brdovcu. *Svijet*, **10**, 546.
- NN, 1934a: Izgred na Trgu kralja Aleksandra. *Obzor*, 23. 5. 1934.
- NN, 1934b: Neobično obračunavanje jednog bračnog para na Trgu kralja Aleksandra u Zagrebu. *Vreme*, 24. 5. 1934.
- NN, 1934c: Osuđene dve žene koje su se otimale oko muža. *Pravda*, 14. 12. 1934.
- NN, 1940: Pregled naučnog rada prof. dr. Stjepana Mohorovičića. *Saturn*, **6/8-9**, 178 – 187.
- Njegovan, V., 1933: Stjepan Mohorovičić – Prigodom dvadesetogodišnjice naučnog rada. *Arhiv za hemiju i farmaciju*, **7/5**, 130 – 142.

- Orlić, M. (ur.), 2011: *Nulla dies sine observatione – 150 godina Geofizičkog zavoda u Zagrebu*. Geofizički odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 231 str.
- Orlić, M. and I. Vrkić, 2015: Bibliography of papers, reports and books published by Stjepan Mohorovičić. *Geofizika*, **32**, 93–127.
- Orlić, M., 2019: Kako je diskontinuitet postao Mohorovičićev, u: S. Paušek-Baždar, K. Ilakovac i M. Orlić (ur.): *Kroz koru do plašta – Nove spoznaje o Andriji Mohorovičiću (1857. – 1936.)*, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 31 – 75.
- Paar, V., 1993: Stjepan Mohorovičić – otac pozitronija. *Hrvatski znanstveni zbornik*, **2/1**, 51 – 106.
- Penzar, B. i B. Makjanić, 1978: *Uvod u opću klimatologiju*. Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 206 str.
- Penzar, B. i A. Orlić, 2019: Pisma Andrije Mohorovičića sinu Stjepanu, u: S. Paušek-Baždar, K. Ilakovac i M. Orlić (ur.): *Kroz koru do plašta – Nove spoznaje o Andriji Mohorovičiću (1857. – 1936.)*, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 251 – 289.
- Penzar, I. i M. Sijerković, 2002: Povijesni pregled do 1947. godine, u: K. Pandžić (ur.): *150 godina meteoroloških motrenja u Hrvatskoj*, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 13 – 54.
- Prey, A., C. Mainka und E. Tams, 1922: *Einführung in die Geophysik*. Verlag von Julius Springer, Berlin, 340 pp.
- Puhlovski, B., 1978: Letičovjek iz pračke. *Start*, **259**, 36 – 39.
- Randić, M., 2009: Positronium – hydrogen like and unlike. *Croatica Chemica Acta*, **82**, 791–800.
- Ružinski, N., 1973: Naučnik – romantičar: razgovor sa prof. dr. Stjepanom Mohorovičićem. *Galaksija*, **20/11**, 24 – 25.
- Schmauss, A. i S. Mohorovičić, 1944: *Problemi i metode prognoze vremena: I. dio: problem predkazivanja vremena*. Zapovjedništvo bojnog zrakoplovstva, Zagreb, 95 pp.
- Sieberg, A., 1923: *Geologische, physikalische und angewandte Erdbebenkunde*. Verlag von Gustav Fischer, Jena, 572 pp.
- Wazeck, M., 2014: *Einstein's Opponents – The Public Controversy about the Theory of Relativity in the 1920s*. Cambridge University Press, Cambridge, 355 pp.
- Wegener, A., 1915: *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane (Erste Auflage)*. Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 94 pp.
- Wegener, A., 1929: *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane (Vierte umgearbeitete Auflage)*. Friedrich Vieweg und Sohn, Braunschweig, 231 pp.
- Živaković-Kerže, Z., 2002: Obitelj Mohorovičić u hrvatskoj znanosti. *Osječki zbornik*, **26**, 145 – 157.