

Geofizičar Andro Gilić život i djelo

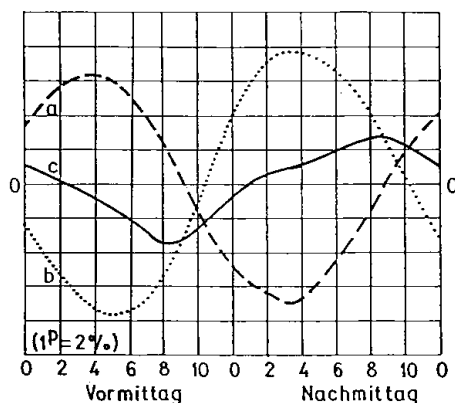
Andro Gilić rodio se na Rijeci 30. studenoga 1889. u obitelji pomoraca kao predposljednje dijete između devetoro braće i sestara. Nakon završene gimnazije na Sušaku, odlazi 1908. na studij u inozemstvo: Beč, Göttingen, Berlin. Prvotno odabire tehničku struku da bi, nakon kratkog kolebanja, prevladala ljubav prema prirodi i prirodnim istraživanjima, te se upisuje na studij geofizi-



ke – za ono doba kod nas slabo poznat i neobičan studij – na kojem i diplomira¹. Predavači su mu bili najpoznatiji ondašnji geofizičari, među ostalima svjetski poznat seizmolog E. Wiechert, svestrani istraživač-klimatolog J. v. Hann, kao i prvaci dinamičke meteorologije F. Exner i W. Trabert. Pod njihovim utjecajem pojačao se u mladom Giliću zanos za izabranim studijem.

Početak Prvoga svjetskoga rata zahvatio je Gilića neposredno pred polaganjem doktorskog ispita i prisilio ga na prekid studija. Morao se vratiti na Rije-

¹ Studij geofizike, kao posebne struke, započeo je u nas istom poslije Drugog svjetskog rata osnivanjem Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu 1946. Stoga naši raniji meteorolozi i seizmolozi, pa i oni svjetski poznati, bili su u geofizici, samouci. Dr.sc. Andro Gilić predstavlja među njima iznimku, odabravši još za studija, geofiziku za svoje životno opredjeljenje.



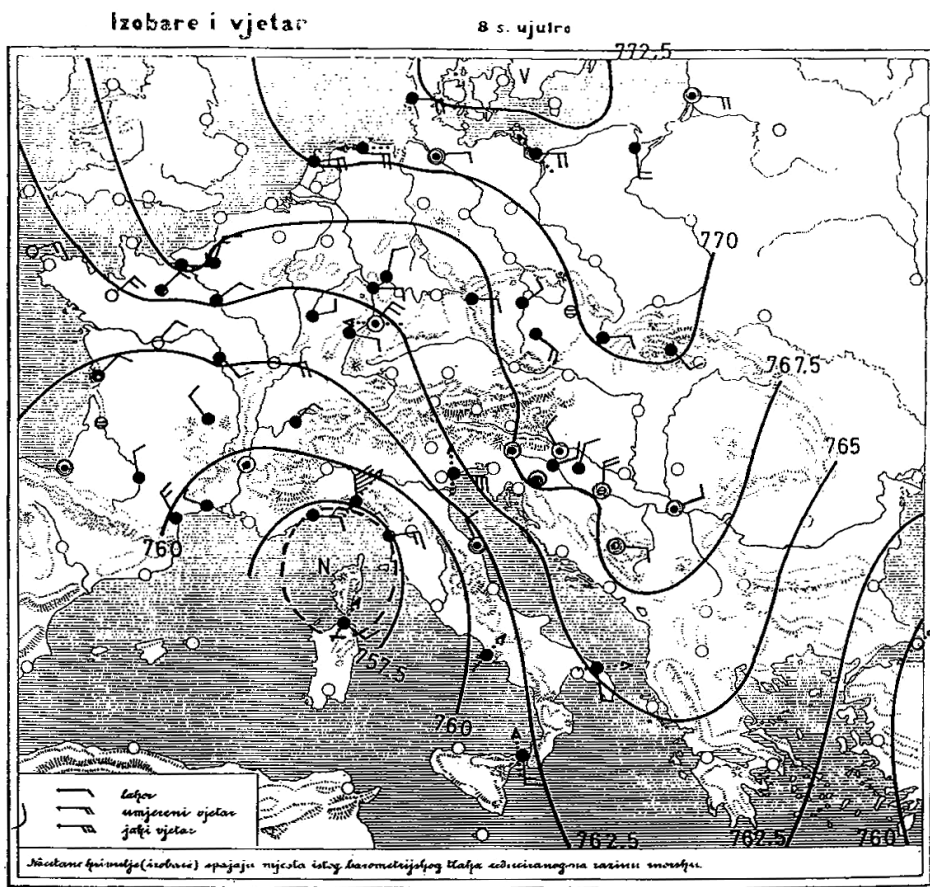
Slika 1. Promjena relativne vlažnosti zraka du ovisno o promjeni tlaka pare de i tlaka zasićene pare dE , koji je funkcija samo temperature zraka: $du = de/E - u dE/E$. Prosječne krivulje za ljeto na Sonnblicku (Gilić 1918.). Krivulja **a**: de/E , krivulja **b**: $-u dE/E$ i krivulja **c**: du .

ku, gdje do 1916. radi u sanitetskoj službi. Slijedeće dvije godine službuje kao profesor na Realnoj gimnaziji u Opatiji. U međuvremenu je 1917. na bečkom Sveučilištu obranio disertaciju pod naslovom: »*Der tägliche Gang der relativen Feuchtigkeit auf dem Sonnblickgipfel (3106) von 1899 bis 1910*«.

Prva Gilićeva znanstvena istraživanja bila su iz područja meteorologije i odnosila su se na dnevne promjene vlage u zraku, konkretno tlaka vodene pare i relativne vlažnosti. U ono doba te su promjene bile još slabo poznate, djelomično i stoga što nije bilo, kao što nema ni danas, instrumenta za stalno bilježenje tlaka pare, pa je dnevni hod te veličine trebalo mukotrpno računati iz termograma i higrograma. U tim istraživanjima Gilić je došao do novih, priznatih spoznaja, kako u svojoj disertaciji (1918), gdje se bavi stanjem na Sonnblicku, 3106 m nad morem, tako i u prvom sljedećem radu (1919a, b), gdje analizira hodove vlažnosti na nekoliko nadmorskih visina u kotlini, planinskoj dolini i na obronku. Ustanovio je kako reljef terena u određenim dijelovima dana i godine utječe na tlak pare i relativnu vlažnost zraka i fizikalno je, dinamički, objasnio te utjecaje. Napose je zanimljiv i praktičan njegov originalni postupak kojim se može ustanoviti koliko doprinosi promjeni relativne vlažnosti promjena temperature, a koliko stvarna promjena vlage nastala isparavanjem ili advekcijom (Sl. 1).

Godine 1918. dr. sc. Andro Gilić je bio imenovan asistentom *Zavoda za meteorologiju i geodinamiku* u Zagrebu na Griču² kojim u to vrijeme upravlja A. Mohorovičić. Ondje je uskoro kao visoko obrazovan stručnjak, postao opservatorom.

² Zbog proširenja djelatnosti na više grana geofizike, Zavod je 1921. preimenovan u *Geofizički zavod*, a to ime nosi i danas.



Slika 2. Jedan od rijetko sačuvanih primjeraka analizirane sinoptičke vremenske karte od 6. veljače 1921. koju je izradio A. Gilić. Na karti su nacrtane izobare za svakih 2,5 mm Hg. Iz njih se vidi položaj niskog tlaka (N) iznad Korzike i visokog (V) iznad Skandinavije, te smjer i jačina vjetra (veći broj zastavica znači jači vjetar). Naoblaka je veća tamo gdje su krugovi, koji označavaju položaj postaje, jače zacrnjeni. Strelice pak pokazuju smjer kretanja visokih oblaka (Ci).

Za vrijeme službovanja na Geofizičkom zavodu od 1918. do 1923. Gilić je dobio od upravitelja Mohorovičića zadatak da razvije prognostičku službu koju je Mohorovičić bio počeo osnivati još 1893. objavljujući vremenske prognoze u Narodnim novinama, na temelju motrenja na Griču i vlastitog iskustva³. Kasnije je Mohorovičić nastojao poboljšati prognoze, te je kod vlade izabrao za to

³ Lisac, I., 1998: Andrija Mohorovičić i prognoza vremena. Zbornik radova znanstv. skupa *Andrija Mohorovičić – 140. obljetnica rođenja*, Zagreb, 77–91. 1998.

nova radna mjesta i zaposlio nekoliko novaka, a i diplomiranoga geofizičara A. Gilića. Uvodeći svakodnevno crtanje i analiziranje sinoptičkih karata za šire područje Europe po ondašnjim najnovijim metodama sinoptičke meteorologije, kako je naučio tijekom studija u inozemstvu, Gilić je podigao zagrebačku prognostičku službu na europsku razinu. Dana 17. prosinca 1920. započelo je objavljivanje službene prognoze vremena u Hrvatskoj:

»... prvi je crtač vremenskih karata bio Josip Mokrović ... a ... prognoze je izrađivao Andro Gilić.«⁴

Da je Gilić svoj zadatak shvaćao ozbiljno, vidi se i po tome što je ubrzo u tada vodećem meteorološkom časopisu Meteorologische Zeitschrift prikazao novu Vercellijevu metodu za analizu i prognozu hoda atmosferskog tlaka (1921). Sijerković o tim događajima dalje piše:

»Neprijeporno je to bila priprema za početak prognostičke djelatnosti u Geofizičkom zavodu ... a Giliću je pripala čast da bude prvi službeni hrvatski prognostičar ... za potrebe pučanstva.«

Jedan primjerak sinoptičke karte svakog se dana izlagao na meteorološkom stupu na zagrebačkom Zrinjevcu, a tridesetak se primjeraka dostavljalo zainteresiranim ustanovama (Sl. 2).

Sinoptička je djelatnost Geofizičkog zavoda u dotadanjem obliku prestala nakon Gilićeva odlaska i zbog pomanjkanja novčanih sredstava.

Dobro je spomenuti da je mlada zagrebačka prognostička škola uvažavala smjer gibanja visokih oblaka u uvjerenju da oni naviještaju premještanje prizemnih baričkih sustava. Bilo je to pod utjecajem Mohorovičića, istražitelja gibanja oblaka još iz doba njegova službovanja u Bakru, gdje se tim problemom intenzivno bavio⁵. Europski su sinoptičari tek sredinom 20. stoljeća oblikovali pravilo po kojemu strujanje na visini izobarne plohe 700 hPa, a to je oko 3000 m, upravlja putanjama ciklona i sličnih sustava.

Izgleda da je rad A. Mohorovičića na području seizmologije zarazio i Gilića što se vidi iz dva njegova rada iz 1923., kojima ujedno prikazuje svoje poznavanje cjelokupne seizmološke problematike toga vremena. U prvom radu (Gilić, 1923a) analizira seizmičku djelatnost tadašnje Hrvatske, Slavonije i Međimurja tijekom 1922. Vidljivo je njegovo nastojanje da što potpunije istraži svaki potres. Uočava da su pleistoseistička područja mahom oblika izdužene elipse, što ukazuje na azimutalnu nehomogenost Zemljine kore našeg područja. Na temelju odnosa površina pleistoseističkih područja potresa zaključuje na odnos njihovih žarišnih dubina. Razmatrajući pojave potresa u odnosu na godišnje

⁴ Sijerković, M., 1993: Hrvatski vremenari. Školske novine, Zagreb, 138 pp.

⁵ Mohorovičić, A. (1892): Bestimmung der wahren Bewegung der Wolken. Meteorologische Zeitschrift 9, 145–150.

Mohorovičić, A. (1892): Dnevna i godišnja perioda oblaka u Bakru. Na temelju opažanja A. Mohorovičića i A. Žuvičića. Rad JAZU 111, 34–50.

doba i doba dana prema satima, Gilić uočava da »...ne možemo zaključiti na kakvu osobitu zakonitost u nastupu potresa.«

Prostorna raspodjela epicentara potresa pokazala je da je najveća seizmička djelatnost bila u Primorju, poglavito otoku Krku, nešto manja na području Kalnika, te još manja u Zagrebačkoj Gori, Ivančici, Vukomeričkim Goricama, Petrovoj Gori, Krndiji, Dilj Gori i Dinaridima. Najznatniji su bili potresi 22.02. (Ivančica) i 09.07. (Petrova Gora) intenziteta 5 °RF ljestvice (manja oštećenja)⁶.

Za razliku od prethodnog, u drugom radu Gilić istražuje samo jedan potres i to beogradski od 24. ožujka 1922 (Gilić, 1923b). Potres su zabilježili instrumenti seizmoloških postaja do udaljenosti od 1400 km (Pariz) i Gilić je želio isključivo na osnovi mikrosezmičkih podataka, tj. podataka zapisa seizmografa, odrediti položaj epicentra, dubinu žarišta i vrijeme početka potresa u epicentru. Raspolagao je s upotrebljivim seizmogramima od 23 seizmološke postaje⁷, što mu je ujedno omogućilo provjeru pouzdanosti nekih tadašnjih postupaka određivanja parametara potresa, posebice dubine žarišta.

Koordinate epicentra i epicentralno vrijeme odredio je Geigerovim računskim postupkom najmanjih kvadrata odstupanja⁸ uz primjenu Geiger-Gutenbergovih empirijskih hodokrona. Za zemljopisnu duljinu epicentra dobio je $20^{\circ}10' \pm 16'E$, za širinu $44^{\circ}23' \pm 7'N$, a za epicentralno vrijeme $12^h 22^m 09^s \pm 2^s$. Gilić je epicentralno vrijeme odredio još i na osnovi dva neovisna postupka (A. Mohorovičića i B. Galitzina), koji ujedno omogućuju utvrđivanje žarišne dubine potresa.

Postupak A. Mohorovičića⁹ uzima u obzir postojanje granične plohe koja odjeljuje Zemljinu koru od njena plašta u dubini od oko 50 km (*Mohorovičićev diskontinuitet*), pri čemu brzina longitudinalnog vala kontinuirano raste od Zemljine površine do dna kore. Primjenom tog postupka Gilić je za epicentralno vrijeme beogradskog potresa dobio $12^h 22^m 12^s$, a za žarišnu dubinu 30 km. Primjenom postupka B. Galitzina¹⁰, koji pretpostavlja da brzina longitudinalnog vala kontinuirano raste od Zemljine površine do dubine od 100 km, Gilić je za epicentralno vrijeme dobio također $12^h 22^m 12^s$, a 20 km za žarišnu dubinu.

⁶ Makroseizmički intenziteti potresa, ocjenjivalo se prema Rossi-Forelovoj ljestvici [°RF] od 10 stupnjeva intenziteta.

⁷ Imao je podatke i iz Ischie, Mostara, Padove i Sinja, ali ih nije mogao primijeniti, jer su njihova vremena bila na minutu nesigurna.

⁸ Geiger, L., 1910, Herdbestimmung bei Erdbeben aus den Ankunftszeiten, Nachr. der K. Ges. des Wiss. zu Göttingen, Math.-Phys.

⁹ Mohorovičić, A. (1910): Potres od 8. X. 1909, God. izvješće Zagr. met. ops. za g. 1909, Zagreb, 1–56.

¹⁰ Galitzin, F. B. (1914): Vorlesungen über Seismometrie, Leipzig und Berlin, 108–109.

U cilju uvođenja oceanografskih istraživanja na Geofizičkom zavodu, Gilić za vrijeme ljetnih praznika 1920. o svom trošku boravi na Oceanografskom institutu u Trstu, Parizu i Hamburgu, gdje uviđa nužnost odgovarajućih instrumenata za ta istraživanja. Međutim, besparica u budžetu Geofizičkog zavoda nije dozvoljavala nabavku ni najosnovnijeg instrumentarija za proučavanje fizike mora, pa Gilić razočaran napušta Zavod i državnu službu koncem 1923. Posvetivši se praktičnoj grani pomorstva odlazi u Trst, gdje se zapošljava u direkciji Jugoslavenskog Lloydja. Tekar 1929. vraća se u Zagreb kada se uprava Lloydja preselila u Jugoslaviju. Na tom poslu ostaje do 1947.

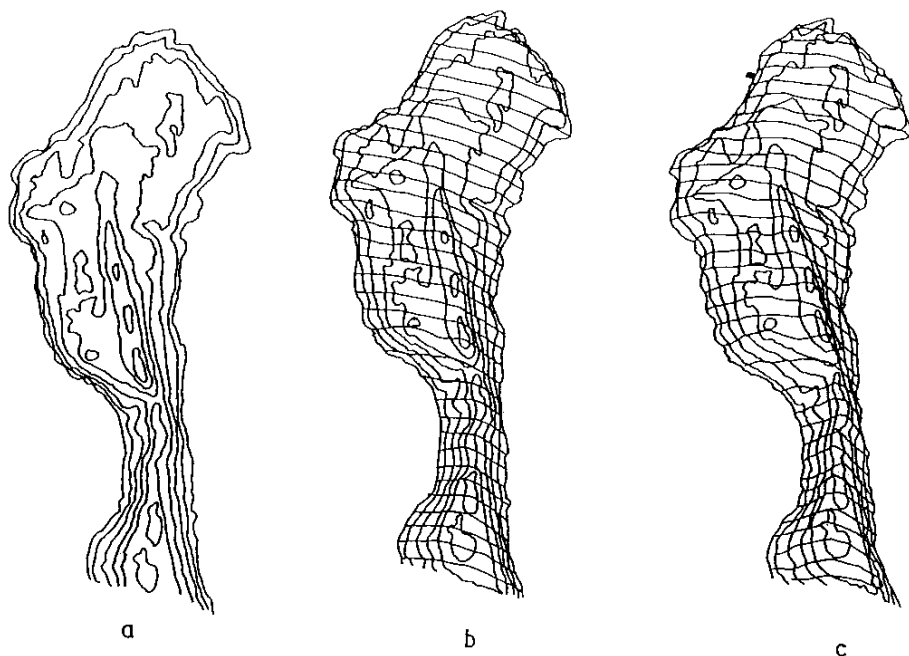
Kroz pet godina provedenih na Geofizičkom zavodu – od 1918. do 1923. – Gilić je pokazivao veliki interes za popularizaciju prirodnih znanosti. Suradujući s Hrvatskim prirodoslovnim društvom postaje njegovim članom – utemeljiteljem.

Otišavši s Geofizičkog zavoda A. Gilić ne zapušta geofizičku struku. Intenzivno i dalje prati razvoj i dostignuća na svim područjima geofizike. Posjećuje geofizikalne institute u Hamburgu i Berlinu, gdje prakticira i suraduje u poslovima fizičke oceanografije. Nabavlja i meteorološke instrumente, pa u slobodno vrijeme određuje fizikalne parametre o stanju atmosfere kako bi mogao pratiti dinamičke procese u atmosferi. Sakuplja pozamašnu biblioteku, opremljenu vrijednim djelima iz geofizike i astronomije. Astronomija ga, naime, snažno privlači još od studentskih dana. Kasnije u pomorskoj struci kod Lloydja bili su mu i te kako potrebni astronomski pojmovi i podaci, koji se upotrebljavaju u pomorskoj navigaciji.

Suočen s poteškoćama kod kartografskog prikaza Zemljine površine pomoću kojih se nastojalo postići neposredni zorni dojam površinskog reljefa, Gilić je nakon kritičkog razmatranja zaključio da niti jedan tadašnji kartografski prikaz (crtice, boje) u potpunosti ne zadovoljava. Posebno zbog potrebe za brojnim stručnim osobljem uz utrošak znatnog vremena. To je i bio razlog da pojedini kartografski zavodi takove postupke nisu prihvaćali, već su u tu svrhu površinski reljef predočavali jedino izohipsama i kotama.

Gilić je, međutim, iznašao jednostavan postupak kojim se može na osnovi izohipsa i kota prikazati reljef terena tako da karta osim jednostavnosti izrade djeluje neposredno svojom slikom a da zadrži svoju točnost (Gilić, 1930). Svojom metodom postigao je plastičnost time, što je uz izohipse ucrtavao niz usporednih vertikalnih presjeka reljefa, koje je zatim, zajedno s izohipsama, projicirao (prelagao) na ravninu karte. Time se stječe utisak kao da se Zemljina površina opaža iz visine pod određenim kutom. Točna i brza konstrukcija tih projiciranih profila postiže se jednostavnom primjenom kose aksonometrije. Postupak je detaljno izložio na primjeru karte sjevernog dijela otoka Cresa za dva kuta projiciranja (Sl. 3). U oba slučaja dojam prikazanog reljefa jači je nego kod prikaza samih izohipsa, kod kojih utisak što ga daju slike djelomice je neodređen, te se npr. za neke uzvisine može smatrati da su uvale.

Opažanja nebeskih tijela navela su Gilića na ideju da je umjesto brojnih tablica i dijagrama u kojima se za pojedine zemljopisne širine nalaze podaci o



Slika 3. Otok Cres: izohipse (a), vertikalni presjeci projicirani pod kutom od 45° (b) i kutom od $26^\circ 33' 54''$ (c).

odnosima elemenata sferno-astronomskog trokuta dovoljan jedan nomogram, ukoliko se ograničimo samo na jednu zemljopisnu širinu, kao što je npr. slučaj kod stalne astronomske osmatračnice (Gilić, 1947a). Praktičku primjenu svoje zamisli prikazao je na primjeru nomograma za zemljopisnu širinu Zagreba ($j = 45^\circ 49.5'$), koji sadrži četiri glavna elementa sferno-astronomskog trokuta: satni kut t , deklinaciju d , visinu H nad horizontom i azimut Az nebeskog tijela. Nomogram omogućuje grafičko određivanje bilo koja dva elementa, čim su preostala dva neovisna elementa poznata. Odgovarajući se nomogrami mogu izraditi i za druge zemljopisne širine. Gilićev nomogram bio je prvenstveno namijenjen opažanju Sunca, Mjeseca i planeta i stoga predočuje vrijednosti koje se odnose na interval deklinacija između -30° i $+30^\circ$ te satnih kutova od $0^h - 8.43^h$ i od $15.57^h - 24^h$. Autor je na nekoliko primjera pokazao korisnost primjene nomograma u slučajevima opažanja Sunca, Mjeseca i planeta (odnos njihovih elemenata t , d , H i Az , vrijeme izlaza i zalaza i sl) za astronomski paviljon Geodetskog fakulteta u Maksimiru u Zagrebu (zemljopisna duljina $1^h 4^m 5.11^s$). Nomogram omogućuje pretvaranje ekvatorskih koordinata (t , d) nebeskih tijela u koordinate horizonta (Az , H) i obratno što je čest slučaj pri opažanju teleskopom koji nije postavljen paralaktički (ekvatorski). Postupak se pokazao vrlo praktičnim, te uza sav napredak računalne tehnologije nalazi primjenu i danas.

I Sunčeva aktivnost pobuđuje Gilićev interes, pa 1943. započinje privatno, u slobodno vrijeme, sustavno motriti Sunčeve pjega direktnim viziranjem Sunca Zeissovim prizmatičnim dalekozorom povećanja 42 puta. Prilikom svakog motrenja određivao se broj skupina i broj pjega skicirajući njihov položaj na Sunčevoj plohi. Heliografske koordinate za pojedine grupe pjega određivale su se A.L. Coortieovom grafičkom metodom prema podacima o pozicionom kutu Sunčeve osi i o heliografskim koordinatama središta Sunčeve plohe iz Nautical Almanac.

Povratkom na Geofizički zavod 1948. Gilić poboljšava motrenja Sunčevih pjega koristeći se dalekozorom povećanja 100 puta uz projekciju Sunčeve slike na promjer veličine 15 cm radi točnijeg određivanja koordinata Sunčevih pjega. Usporedna motrenja pokazala su da se spomenutim povećanjem vidi oko 16% više skupina pjega, što je uzeto u obzir pri obradi podataka.

Za točniju prosudbu Sunčeve aktivnosti koriste se tzv. »relativni brojevi« r Sunčevih pjega, koji uvažavaju i broj skupina i broj pjega u pojedinoj skupini. Po Wolfu, broju g opaženih skupina daje se desetorostruka težina u odnosu na broj f pjega.

Kompletno obrađene podatke o Sunčevoj aktivnosti Gilić redovito dostavlja u Zürich u Središnjicu za motrenje Sunca. Prilikom obrade posebnu pažnju obraća na skupine pjega trajnije naravi koje doživljavaju više od jedne rotacije Sunca.

U 1943., kada započinju motrenja Sunčevih pjega u Zagrebu, aktivnost Sunca bila je slaba i postepeno se smanjivala. Detaljnijom analizom relativnih brojeva r za godine 1943–45. Gilić je ustanovio da se u 1943. približava završetak jednog ciklusa Sunčeve aktivnosti s minimumom u prvom polugodištu 1944., dok se u drugom polugodištu već nazire početak novog ciklusa s uzlaznom fazom u 1946. Gilić tada zaključuje: razdoblje 1943–45. predstavlja prijelazno doba Sunčeve aktivnosti, kada jedan ciklus završava, a drugi započinje.

Zagrebački relativni brojevi r , reducirani na normalne vrijednosti prema Zürichu, za navedene tri godine iznose: 17 (1943), 10 (1944) i 33 (1945).

Prijelazni karakter Sunčeve aktivnosti tijekom 1943.–1945. odražuje se i u različitom rasporedu pjega po Sunčevoj plohi prije i poslije nastupa minimuma u 1944., što je vidljivo iz tablice 1.

Tablica 1. Raspodjela skupina pjega po polutkama Sunca¹¹

	prije minimuma	poslije minimuma
	od I.1943. do II.1944.	od III.1944. do II.1945.
sjeverna polutka	62% (68%)	35% (22%)
južna polutka	38% (32%)	65% (78%)

¹¹ Brojevi u zagradama odnose se na krupnije skupine.

Za pjege nakon minimuma Gilić (1946.) kaže:

» ... nastupom serije pjega novog ciklusa uslijedio je skok pjega s jedne polutke na drugu.«

Glavna značajka Sunčeve aktivnosti tijekom 1946. i 1947. obilje je krupnih pjega trajnije naravi. Bile su vidljive i golim okom, te su pobudile pažnju i šire javnosti. Gilić za njih kaže:

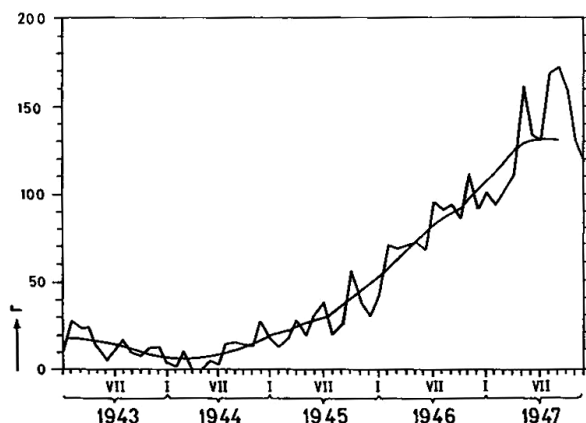
»Sve su gornje skupine doživljale po više rotacija Sunca, tako da je veličanstveni prizor krupnih pjega trajao kroz više mjeseci. Skupine...u...svom najjačem nastupu... sastojale su se od više žarišta rasprostranjene penumbre s većim brojem jezgara, i k tome mnogo većih i manjih pjega izvan penumbre«.

Od svih je bila najjača ona u travnju 1947. Prema mjerenjima na opservatoriju Greenwich, može se smatrati najvećom skupinom koja je ikada zabilježena odkad postoje pouzdani podaci o Sunčevim pjegama. Njeno djelovanje došlo je do izražaja i na površini Zemlje. Tog mjeseca, veli Gilić :

»...pojavi se Polarna svjetlost čak nad Beogradom. Značajno je samo, da je ta svjetlost nastala tek 17 aprila u večer, dočim je spomenuta skupina prošla kroz centr. meridijan Sunca već 7 aprila, a tri dana prije 17 aprila skupina je bila već zašla iza zapadnog ruba vidljive hemisfere Sunca. Ako se uzme, da je Polarna svjetlost izazvana strujom naelektrisanih čestica, koje su izbile iz nekog žarišta na Suncu...valja pretpostaviti, da je to žarište moralo da bude dosta razdaleko, i to istočno od same pjega.«

Relativni broj Sunčevih pjega već je tijekom 1946. bio u stalnom porastu ($r = 93$) ali vrijednosti postignute u 1947. izuzetno su velike ($r = 152$), mogu se komparirati s onima, opaženim 1778., kada je zabilježena najveća Sunčeva aktivnost u posljednjih 200 godina (Gilić, 1947b).

Na slici 4 prikazane su promjene Sunčeve aktivnosti za razdoblje 1943.–1947., koje obuhvaća ekstremne vrijednosti: minimum 1944,2 i maksimum



Slika 4. Relativni broj Sunčevih pjega od 1943. do 1947. godine.

1947,5. Vremenski razmak među njima iznosi 3,3 godine, dok je razmak između prethodnog maksimuma 1937,4 i minimuma 1944,2 više nego dvostruk: 6,8 godina, što nije neuobičajena pojava. U prosjeku, porast se odvija brže i traje oko 4,5 godina ili općenito: sve je brži, što je maksimum jače razvijen (Gilić, 1946, 1947).

Sunčeva aktivnost u 1949, iako oslabljena ($r = 136$) ističe se brojnim, trajnim skupinama pjega. Većina ih je doživjela više od jedne rotacije, jedna čak i 4. To je ujedno i najveća skupina opažena te godine a vidjela se i golim okom. U noći između 25. i 26. siječnja izazvala je jaku polarnu svjetlost opaženu i u srednjoj Europi.

U 1950. smanjio se broj opaženih pjega ($r = 90$). U prosincu je bilo dana bez i jedne pjege na Suncu – prvi put poslije 1945. Sunčeva aktivnost ipak nije slaba, osobito prvih osam mjeseci. Dvije jake skupine pojavile su se u veljači i travnju, obje vidljive i golim okom. Ona u veljači, izazvala je noću od 20. na 21. polarnu svjetlost zapaženu širom srednje Europe. Iste noći, na Antarktiku ($f = 66^{\circ} 50,5' S$), na istraživačkom brodu »Commandant Charcot« primijećene su jake ionosferske smetnje (Gilić, 1950.).

Jake skupine Sunčevih pjega uzrokuju geomagnetske poremećaje pri tlu. Gilić je te poremećaje stalno pratio izvještavajući o njima u godišnjim izvještajima o Sunčevoj aktivnosti, koje je tih godina Geofizički zavod objavljivao, uz meteorološke i seizmološke.

Gilić je na Geofizičkom zavodu 1948. organizirao i aktinometrijska mjerenja. Njegovom zaslugom započinje se u nas mjeriti globalna Sunčeva radijacija, što se nastavlja u proširenom obliku sve do danas.

Pjege na Suncu Gilić je motrio do 1950., kada je prestao zbog oštećenog vida. Motrenja je vršio svaki dan, ovisno o povoljnim vremenskim uvjetima. Godišnji broj dana motrenja kretao se od 227 (1949.) do 281 (1945.).

Vrlo je vjerojatno da su Gilića dugotrajna računanja koja je izvodio Geigerovim postupkom lociranja epicentara i određivanja epicentralnog vremena potresa navela na misao o postupku, jednostavnijem od tadašnjih, a koji bi ipak bio dovoljno točan za tu svrhu. U tome je i uspio iznalaženjem grafičkog postupka lociranja epicentara *dalekih potresa*¹² (Gilić, 1957, 1959). Za grafičko lociranje epicentara potresa postojala je, među ostalim, metoda C. Zeissiga, koja se temelji na crtanju linija (»*smjernica*«) koje se dobiju na osnovi razlika nastupnih vremena longitudinalnog vala potresa, zabilježenih na parovima seizmoloških postaja. Metoda se nije uvriježila u praktičnom postupku određivanja položaja dalekih potresa, jer se konstrukcija izvodila na globusu ili na karti u stereografskoj projekciji, pri čemu nije moguće locirati epicentar zadovoljavajućom točnošću. Uz to nije bilo riješeno niti pitanje kako postupiti u slučaju većeg broja postaja, iz kojih proizlazi čitav splet linija.

¹² Za postaju je potres *daleki* ako je epicentar od nje udaljeniji od 1000 km, inače je *blizi*.

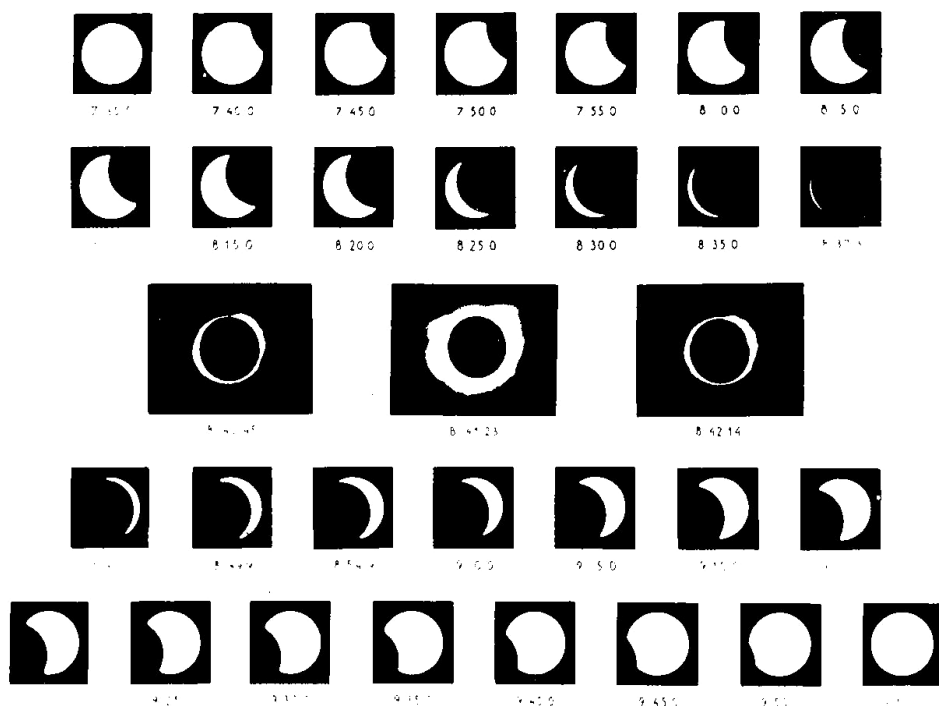
Za blize potrese taj je problem riješio A. Mohorovičić 1911., a odgovarajuće linije nazvao je *epicentralama*. Giliću je uspjelo konstrukciju epicentrala za *daleke potrese* pri lociranju epicentra izvesti na karti velikog mjerila uz veliku točnost, jer se razmak od 1 km u prirodi može na karti predočiti dužinom od 2–5 mm, a epicentrale pravcima, što omogućuje jednostavnost pri konstrukciji. Ispitivanjem utjecaja mogućih pogrešaka na konstruiranje položaja epicentrala Gilić je ustanovio kriterije kako treba postupiti da pogreške lokacije epicentra budu minimalne. Kriteriji se odnose na međusobni položaj postaja i njihovih udaljenosti uz najmanje dvije iteracije postupka. Budući da su ondašnji računski postupci iziskivali dugotrajna izračunavanja, Gilićeva metoda, zbog svoje jednostavnosti i točnosti, značila je napredak u postupku lociranja epicentra dalekih potresa i primjenjivala se sve do pojave elektroničkih računala.

Iako opterećen bolešću i starošću, Gilić oduševljeno prihvaća poziv članova Geofizičkog zavoda i s njima odlazi na Hvar, selo Velo Grablje, u zonu totaliteta, gdje snima Sunce za vrijeme totalne pomrčine 15. II. 1961. Stupanj zamračenja Sunčeve plohe bilo je potrebno odrediti radi promjena geofizičkih mjerenja za vrijeme pomrčine.

Za snimanje Sunca tijekom pomrčine Gilić se prethodno mjesecima pripremao uvježbavajući tehniku snimanja uz detaljno proučavanje optičkih instrumenata, kao i osjetljivosti raznih fotografskih filmova. Pomrčinu Sunca snimio je kombinacijom Zeissovog binokulara i dviju fotokamera, upotrebjavanih naizmjenice. Jedna, bez objektiva, korištena je za snimanje parcijalne pomrčine, a druga, snabdjevena normalnim objektivom, za snimanje korone za vrijeme totaliteta. Radi dobivanja što oštrijih snimaka korišten je film vrlo slabe osjetljivosti (mikrofilm), umanjujući na taj način refleks svjetlosti i iradijaciju. Parcijalni dio pomrčine prije totaliteta snimljen je 14 puta, a nakon totaliteta 24 puta, uglavnom u intervalima po 5 minuta. Za vrijeme totaliteta učinjeno je 11 snimaka u intervalima oko 13 sekundi.

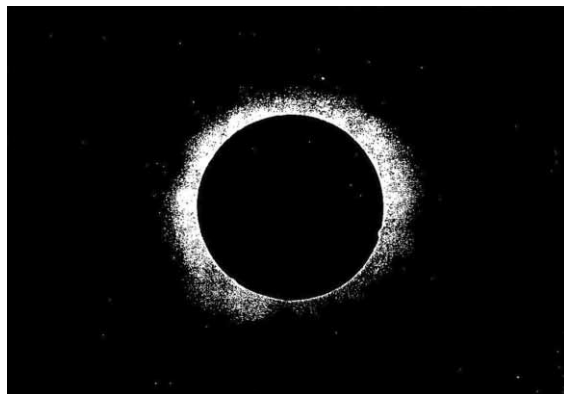
Vrlo uspješnim snimcima ovjekovječio je Gilić tu veličanstvenu prirodnu pojavu (Sl. 5). U »Radovima« Geofizičkog zavoda objavio je 29 snimaka parcijalnog dijela pomrčine i tri za vrijeme totaliteta (Gilić, 1967.) Prva od tih pada na početak, druga negdje po sredini, a treća pri kraju totaliteta. Vremena snimanja, točnosti na sekundu, navedena su ispod svake snimke. Slike su poredane tako, da se razabire postepeno zakrivljanje, a zatim otkrivanje Sunca, u vezi s retrogradnim pomicanjem Mjeseca po nebeskom svodu od zapada prema istoku.

Na povećanim projekcijama slika moglo se sa zadovoljavajućom točnošću očitati duljina tetive tj. razmak između vrhova Sunčevog srpa, a poznavanjem polumjera Sunca i Mjeseca mogla se odrediti tražena površina zakrivenog dijela Sunca, što je izraženo u postocima Sunčeve površine. Podaci o tome sabrani su u tabeli obuhvativši vremenski interval od 7^h 35,0^m do 9^h 54,6^m u razmacima po 5 minuta, a bili su potrebni pri obradi meteoroloških elemenata, naročito sunčeve radijacije i njenoj promjeni za vrijeme pomrčine.



Slika 5. Tijek Sunčeve pomrčine 15.II.1961.

Snimke korone (Sl. 6) pokazuju da se ona kroz čitavo vrijeme totaliteta uglavnom nije mijenjala ni po obliku ni po strukturi. Opći dojam daje njen nepravilni oblik, što se ispoljuje osobito u jako izduženim, ekvatorijalno orijentiranim zrakama sličnim krilima leptira, tijelo kojega predstavlja os



Slika 6. Korona snimljena u $8^{\text{h}} 41^{\text{m}} 23^{\text{s}}$ uz ekspoziciju od 1/2 sekunde (snimio: A. Gilić).

simetrije korone. Na sjevernom dijelu Sunca su kratki radijalni pramenovi, dok u južnom dijelu korona ima jednolično zaokružen oblik. Tip ovakove korone karakterističan je za prelazno razdoblje 11-godišnje periodične aktivnosti Sunčevih pjega, kojem razdoblju pripada 1961. Maksimum Sunčeve aktivnosti bio je u godini 1958,9.

Pored korone, protuberance su bile najveličanstvenija pojava totalne pomrčine. Kod nekih od njih mogli su se direktnim motrenjem vidjeti plameni jezici. Na snimkama se protuberance razaznaju samo po tragovima prouzročene iradijacijom na filmu. Najjače se razabire protuberanca na lijevom gornjem rubu Sunca. Vidljiva je na svim snimkama totaliteta. Druga, vidljiva također na lijevom rubu Sunca, nestala je tijekom polovine totaliteta kada se postepeno počinju javljati protuberance na zapadnom rubu. Bilo ih je više, najprije dvije, a zatim se pojavljuju, jedna za drugom, još dvije.

I za povijesne događaje iz svoje struke Gilić je imao sluha, te je 1948. objavio zanimljive bilješke o hladnim zimama iz 17. stoljeća, koje je pronašao u vrbničkom dnevniku Dižmaru. Bile su to tri jake zime 1616., 1620. i 1621. Primjerice, prema jednom od tih zapisa na Krku je krajem veljače i početkom ožujka 1620. puhala hladna bura i

»...učini se tolika stid zač ta stid dura veliko vrime. To isto leto biše perva sreda na dan 4. marča. I takova stid biše da parvi četvrtak korizmi ja pop Matii Sparažić služeć misu od kuventa i smarznu se S.ta karv u kaleži i vsim redovnikom ki služahu ta dan. I potli se smarzivaše vsaki dan. Posahnuše...i vino u bačvah se smarzivaše«.

Kao naš prvi diplomirani geofizičar Gilić je bio uključen i u sveučilišnu nastavu još u vrijeme kada je Geofizički zavod bio institucija izvan Sveučilišta. Predavao je meteorološke predmete i Višu geodeziju¹³. Meteorologiju i klimatologiju predaje od 1920. do 1923. na Gospodarsko – šumarskom fakultetu. Nastava se održavala kroz dva semestra. U prvom program je obuhvaćao osnove meteorologije, a u drugom osnove fizičke klimatologije. Predavanja iz Više geodezije započela su 1920. godine na upravo osnovanoj Tehničkoj visokoj školi u Zagrebu. Tridesetak godina poslije prvotnih predavanja, Gilić drži u šk. god. 1950/51. nastavu iz Fizičke oceanografije na Prirodoslovno–matematičkom fakultetu. Bila su to prva predavanja iz tog predmeta na Sveučilištu u Zagrebu.

Gilić je redovito pratio najnoviju stranu stručnu literaturu te je već od 1921. o njoj referirao u stranim i domaćim časopisima (1921, 1949a, 1949b, 1954). Posebno su ga zanimala izdanja astronomskih i meteoroloških almanaha i priručnika koji imaju korisnu svakodnevnu upotrebu bilo u zračnoj odnosno u pomorskoj plovidbi, bilo u rješavanju drugih problema, te je nastojao obavijestiti moguće korisnike kakve podatke mogu naći u tim edicijama

¹³ Red predavanja u Sveučilištu kraljevine SHS u Zagrebu. Školske godine 1920.–1956.

i kolika je njihova točnost. Upozoravao je koji se astronomski podaci mogu korisno primijeniti i za rješavanje nekih problema iz područja geofizike i geodezije.

Godine 1952. odlazi Gilić u invalidsku mirovinu. Posljednjih godina života pretežno živi u Voloskome pokraj zavičajne Rijeke. Iako bolestan, ali vjeran svojim životnim principima, neštedimice i tada, kao i uvijek, prenosi svoje ogromno znanje – teorijsko i praktično – na mladež zanesenu zvjezdanim prostranstvima, okupljenu u Društvu mladih astronoma u Rijeci. Postaje počasnim članom toga društva, koje mu dodjeljuje plaketu u znak priznanja i zahvalnosti.

A. Gilić bio je izuzetna ličnost neobično širokog horizonta, erudita, poliglota, svestrani poznavalac svjetske i domaće književnosti, čovjek široke kulture i svestranog znanja. Glazbeno nadaren s razvijenim osjećajem za harmoniju i sklad bio je veliki poklonik glazbene umjetnosti. Kao istinski zaljubljenik u prirodu, istraživač i prirodoslovac posjedovao je rijetku sposobnost za pronicanje u bit problema s naglašenim talentom za konstruktivno razmišljanje. Zalagao se za istraživanje prirode i otkrivanje njenih tajni, što je urodilo raznolikošću tema iz mnogih područja geofizike, počam od meteorologije, sinoptike, seizmologije, pa do Sunčeve aktivnosti. U radu se isticao preciznošću i točnošću, zahtijevajući iste kvalitete i od svojih suradnika. Duboko human, pun takta i obzira, nenametljivim stilom nastupao je kada je trebalo nešto korigirati i kao takav ostao je u nadasve ugodnom sjećanju svojih suradnika i brojnih poštovalaca.

Nakon plodnog i uspješnog života Andro Gilić umro je 15. rujna 1977. u Voloskome u krugu svoje djece. Sahranjen je tiho i skromno na riječkom groblju Kozala u obiteljskoj grobnici.

Svijetla uspomena na dr. sc. Andru Gilića kao čovjeka, znanstvenika i učitelja ostat će trajno zapisana u srcima njegovih suradnika i učenika, a u plejadi hrvatskih geofizičara njegovo se ime ističe znanstvenim i stručnim doprinosima razvoju geofizičke znanosti u Hrvata.

Božena Volarić, Dragutin Skoko, Ivan Penzar

Radovi dr. Andre Gilića

- Gilić, A. (1918): Der tägliche Gang der relativen Feuchtigkeit auf dem Sonnblickgipfel (3106 m) von 1899. bis 1910. Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien, II a, 127, 2229–2251.
- Gilić, A. (1919a): Dnevni tok relativne vlage za Bucheben (1899.–1910.), Tragöss (1899., 1901.–1908.) i Kremsmünster (1904.–1910.). Rad JAZU 221, 25–51.
- Gilić, A. (1919b): Der tägliche Gang der relativen Feuchtigkeit in Bucheben (1899.–1910.), Tragöss (1899., 1901.–1908.) und Kremsmünster (1904.–1910.). Bulletin des travaux de l'Académie Yougoslave des Sciences et des Beaux-arts, Classe des sciences mathématiques et naturelles 11/12, 78–80.

- Gilić, A. (1921): Francesco Vercelli, Periodische Schwankunge und Vorhersage des Luftdruckes. Meteorologische Zeitschrift 38, 55.
- Gilić, A. (1923a): Seizmička djelatnost u Hrvatskoj, Slavoniji i Međimurju godine 1922. Rad Geofizičkog zavoda u Zagrebu, Knj. I, Br. 1, 1–7.
- Gilić, A. (1923b): Beogradski potres dne 24. marta 1922. Glasnik Hrvatskog prirodoslovnog društva, God. XXXV, Sv. 1. i 2., Zagreb, 46–54.
- Gilić, A. (1930): Upotreba profila za plastično prikazivanje terena u topografskoj karti. Glasnik Geografskog društva, Sv. XVI, Beograd, 50–64.
- Gilić, A. (1946): Sunčane pjege u godini 1943.–1945. Glasnik matematičko-fizički i astronomski II/1, 80–89.
- Gilić, A. (1947a): Grafičko rješavanje sferno-astronomskog trokuta za geografsku širinu Zagreba ($j = 45^{\circ} 49.5'$). Glasnik matematičko-fizički i astronomski, Ser. II, T. 2, Br. 1, Zagreb, 1–10.
- Gilić, A. (1947b): Sunčane pjege u godini 1946.–1947. Glasnik matematičko-fizički i astronomski II/2, 177–184.
- Gilić, A. (1948): Bilješke o vremenu u 17. Stoljeću. Hidrometeorološki glasnik 1, 128.
- Gilić, A. (1949a): The Air Almanac 1950, London, H.M. Stationary Office. Glasnik mat. fiz. astr. II/5, 41.
- Gilić, A. (1949b): Astronomical Navigation Tables, 15 Vol, London, H.M. Stationary Office. Glasnik mat. fiz. astr. II/5, 122.
- Gilić, A. (1950): Sunčeve pjege u 1949. godini. Glasnik matematičko-fizički i astronomski II/5, 188–197.
- Gilić, A. (1952): Sunčeve pjege u 1950. Glasnik matematičko-fizički i astronomski II/7, 115–121.
- Gilić, A. (1954): Sight Tables for Air Navigation, A. P. 3270, London. Glasnik mat. fiz. astr. II/9, 68–69.
- Gilić, A. (1957): Graphische Lokalisierung des Epizentrums eines Fernbebens aus den Ankunftszeiten. Glasnik mat.-fiz. i astr., Ser. II, T. 12, No. 1–2, Zagreb, 75–119.
- Gilić, A. (1959): The Geographical Location of a Distant Earthquake. Bull. of the Seism. Soc. of America, Vol. 49, No. 3, 221–226.
- Gilić, A. (1967): Fotografiska opažanja Sunca za vrijeme pomrčine dne 15.II.1961. Radovi Geofizičkog zavoda u Zagrebu III/14, 7–12.

SAŽETAK

Geofizičar Andro Gilić – život i djelo

Božena Volarić, Dragutin Skoko, Ivan Penzar
Geofizički odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu

Dr. sc. Andro Gilić (Rijeka 30. 11. 1889. – Volosko 15. 9. 1977.) bio je prvi visokoškolorani geofizičar u Hrvatskoj. Studirao je u Beču, Göttingenu i Berlinu. Na Geofizičkom zavodu u Zagrebu radio je od 1918. do 1923. i od 1948. do 1952. Između tih godina zaposlen je u upravi Lloyda. U Zagrebu na Gospodarsko-šumarskom fakultetu predavao je meteorologiju s klimatologijom, a na novoosnovanom Tehničkom fakultetu 1920. uvodi predavanja iz više geodezije. Fizičku oceanografiju predavao je na zagrebačkom Prirodoslovno-matematičkom fakultetu. Koncem 1920. započinje objavljivati prve službene vremenske prognoze za javnost u Hrvatskoj, služeći se sinoptičkim

metodama na najvišoj znanstvenoj razini onoga doba. Pronašao je i objavio (1948.) zapise o hladnim zimama na Krku početkom 17. stoljeća. Kao veliki praktičar nastojao je doći do dovoljno točnih rezultata na što jednostavniji način, što je bilo važno u doba prije elektroničkih računala. U tu svrhu razradio je više originalnih grafičkih postupaka, a u stručnim člancima izvještavao je o novo izdanim tabličnim pomagalima takve vrste. Razradio je postupak plastičnijeg prikazivanja reljefa tla na zemljopisnim kartama (1930.). Za lakše određivanje koordinata Sunca, Mjeseca i planeta konstruirao je sferno-astronomski trokut za zemljopisnu širinu Zagreba (1947a). Iznašao je originalni, grafički način lociranja epicentra dalekih potresa (1957., 1959.). Od 1943. do 1952. pratio je Sunčevu aktivnost određujući svakodnevno broj i položaj pjega i grupa na Suncu (1946., 1947b, 1950., 1952.). Njegova sustavna fotografska opažanja Sunčeve ploče za vrijeme totalne pomrčine u veljači 1961. ostala su zabilježena veoma uspješnim nizom snimaka (1967.).

Ključne riječi – Gilić Andro, Geofizički zavod u Zagrebu, Sunčeve pjege, lociranje epicentara dalekih potresa, kartografski prikaz reljefa, prognoza vremena