

## O POLOZAJU I UZROCIMA EKSTREMA U GODIŠNJEM HODU OBORINE U HRVATSKOJ

### DIO II

BRANKA PENZAR, IVAN PENZAR

#### Pokušaj tumačenja godišnjeg hoda oborine

Relativno gusta mreža podataka (prosječno jedna stanica na svakih 271,8 km<sup>2</sup>) omogućila je da se ustanovi kako se sve značajke godišnjeg hoda oborine, na kojima smo se do sada u tekstu zadržali, mijenjanja u prostoru postepeno, a ne nepravilno i skokovito. To osobito vrijedi za oborinske ekstreme: kasnojesenski, ljetni i travanjski maksimum te srpanjski, kasnozimski i jesenski minimum. Svaki od njih očitovao se u srednjim vrijednostima za dosta dugo razdoblje na velikom broju mjernih postaja koje pokrivaju izvjesno veće ili dapače vrlo veliko suvislo područje. Iz toga zaključujemo da svaki od njih ima svoj uzrok, toliko snažan da ga je moguće pronaći i toliko važan za pojedine grane naše meteorologije uključivši i prognozu vremena, da ga je vrijedno upoznati. Za neke ekstreme u godišnjem hodu postoje objašnjenja još iz doba oskudnijih meteoroloških mjerenja. Treba očekivati da će se bar jedan dio tih objašnjenja pokazati ispravnim.

Prikazat ćemo sada na koji smo način pristupili traženju uzroka koji izazivaju ekstreme u godišnjem hodu oborine i dokle smo u tome došli.

Danas znamo da u naše krajeve donose oborinu različite vrste atmosferskih poremećaja u kojima uglavnom dolazi do dizanja vlažnog zraka i da ti poremećaji mogu doći s raznih strana. Za svaku oborinu unutar 14 godina na odabranim postajama i u odabranim mjesecima nastojali smo ustanoviti koji joj je uzrok. Radi lakšeg pregleda bilo je za to potrebno atmosferske poremećaje na neki način klasificirati. Pokazalo se prikladnim podijeliti ih u ovih pet grupa.

— Fronta, ali bez ciklone u srednjoj Evropi, na Jadranu, u Đenovskom zaljevu ili na srednjem Mediteranu, tj. bez ciklone u blizini Hrvatske. Te fronte dolaze najčešće sa zapada ili sjeverozapada, ali mogu imati i druge smjerove. Često su vezane s ciklonom koja prolazi mnogo sjevernijom stazom, npr. preko Baltika. Ako je fronta polagana može se i zatalasati u blizini našeg područja, ali na njoj nema jače ciklogeneze. Oborina od takve fronte obično biva obuhvaćena jednim ili dva mjerenja u 7 h. U tab. I, II, 3 i 4 označene su takve fronte slovom f.

— Ciklona na području Sredozemnog mora, vrlo često na Jadranu, Jonskom moru ili u Đenovskom zaljevu. Ako je oborina uslijed takvog poremećaja padala više dana, bitno je da je centar ciklone stalno putovao nad morem. Ovamo su dakle uključene i ciklone na Van Bebberovim stazama Vd, Vd<sub>1</sub>, Vd<sub>2</sub> i Ve. U tablicama je za tu grupu upotrebljena kratica c<sub>m</sub>.

— Ciklona koja s Jadranskog mora prelazi na kopno. Često su to denovske ciklone i mnoge idu prema Baltiku ili kopnom na istok prema Crnom moru. Vb i Vc ciklone ulaze u ovu grupu poremećaja koje smo u tablicama označili s c<sub>m-k</sub>. Oborina od takvih ciklona redovno pada u našim krajevima više dana. Ona započinje još dok je ciklona na moru, a prestaje kad središte ciklone prođe kopneni dio Hrvatske.

— Ciklona u srednjoj Evropi. One obično putuju od zapada prema istoku i dok se nalaze u našim geografskim dužinama daju na svojoj toploj i hladnoj fronti oborinu u Hrvatskoj. Označili smo ih kao ciklone na kopnu: c<sub>k</sub>.

— Labilnost izazvana jezgrom hladnog zraka u visini nad relativno toplom podlogom, ali bez uočljive prizemne fronte ili ciklone. U tablicama smo za to upotrijebili oznaku 1.

Bilo je rijetkih slučajeva kad se ni jedan od nabrojanih tipova poremećaja nije mogao sa sigurnošću ustanoviti u doba padanja oborine. Mnogo češće oborina je mogla potjecati od zajedničkog djelovanja više uzroka, npr. hladne fronte koja je došla s Atlantika i na kojoj se razvila ciklona na Jadranu. Događalo se također da je više različitih poremećaja slijedilo brzo jedan za drugim, pa se na nekoj stanici, a katkada i na svima, nije moglo razlučiti koji dio oborine pripada svakom od njih. Svi takvi nejasni, u velikoj većini miješani slučajevi, koji se nisu mogli uklopiti samo u jednu od navedenih pet grupa, označeni su kraticom m.

Oborine kojima je uzrok bio isključivo jedan od gore spomenutih 5 tipova poremećaja, zbrojene su i uspoređene s ukupnom količinom oborine. Tako se došlo do procentualnog udjela pojedine vrste atmosferskog poremećaja u ukupnoj oborini, a zatim i do srednje količine oborine po poremećaju za svaku stanicu posebno, što je prikazano u tablicama I i II, dok se u tab. 3 i 4 nalaze pripadni medijani za svih 13 postaja. Da bi se mogla ocijeniti pouzdanost srednjih količina dodan je u tablici II i 4 i pripadni ukupni broj poremećaja.

Već se iz tab. 3 vidi da s obzirom na uzrok oborine situacija nije nipošto jednaka cijele godine, a pažljivije promatranje tab. I i raspona naznačenih na dnu svakoga stupca pokazuje da niti u istom mjesecu nije jednaka u cijeloj Hrvatskoj. Bez prethodnog opisivanja rezultata u tablicama prijeći ćemo odmah na zaključke koji iz tih rezultata proizlaze.

U mjesecu studenom ni jedna se vrsta atmosferskih poremećaja ne ističe tako da bi ona bila glavni uzrok oborine, a po tome i oborinskog maksimuma koji — kao glavni ili kao sporedni — zahvaća cijelu Hrvatsku. Jednostavne fronte kao i ciklone na putu s mora na kopno donose otprilike jednake količine oborine, a samo je neznatno veći doprinos ciklona koje se zadržavaju na moru. Na svaki od tih tipova otpada otprilike petina oborinske količine. Ciklone u srednjoj Evropi nisu uopće važne. Preostale dvije petine potječu od miješanih poremećaja, bilo da su nastupali istodobno ili brzo jedan za drugim.

Tab. 3. Procentualni doprinos pojedine vrste atmosferskih poremećaja ukupnoj oborini. Medijani za 13 postaja.  
Relative contribution of a particular type of atmospheric disturbances to the precipitation totals during the months: March, April, June, July, October and November; medians for 13 stations.

f — fronts without a cyclone in the neighbourhood of Croatia

$c_m$  — Adriatic or Mediterranean cyclones staying away from the continent

$c_{m-k}$  — cyclones moving from Adriatic into the continent

$c_k$  — Central European cyclones coming from Atlantic

l — atmospheric instability

m — mixed types of disturbances

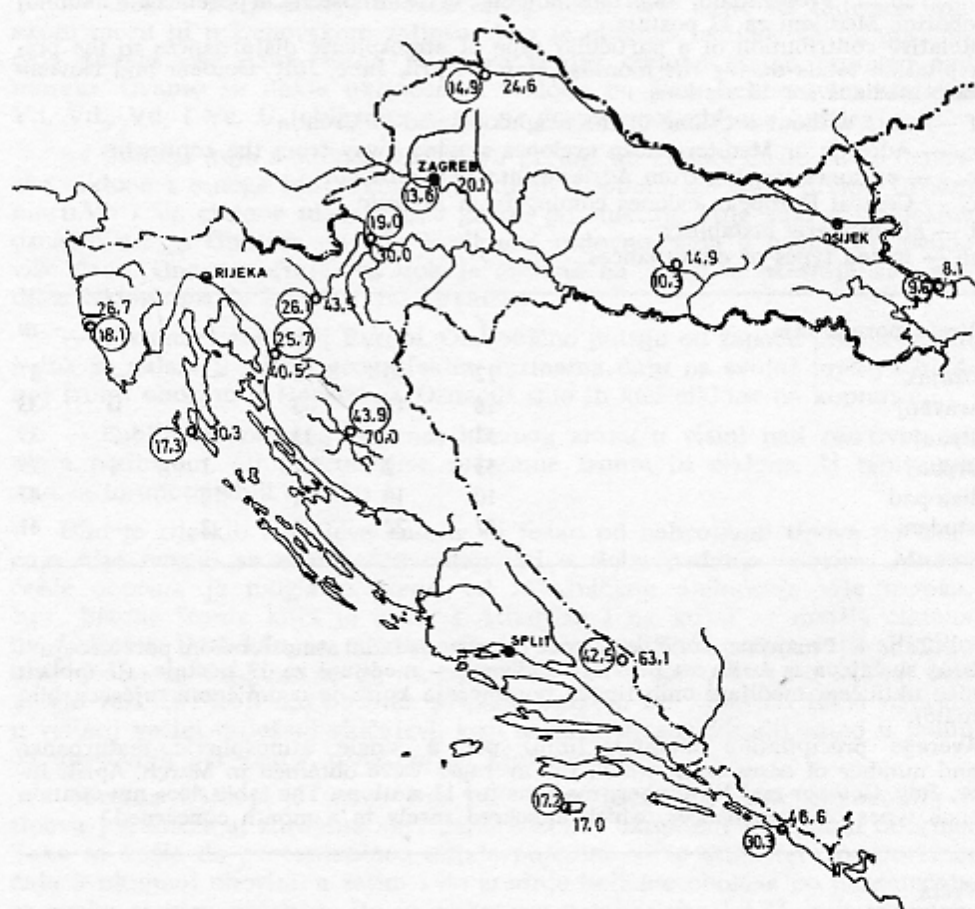
Vrsta poremećaja	f	$c_m$	$c_{m-k}$	$c_k$	l	m
ožujak	12	20	16	—	—	47
travanj	18	14	33	—	0	33
lipanj	33	3	13	11	2	39
srpanj	53	2	7	1	4	29
listopad	10	10	21	10	—	47
studeni	17	22	18	2	—	41

Tab. 4. Prosječne količine oborine (mm) po jednom atmosferskom poremećaju i broj slučajeva iz kojih su prosjeci dobiveni — medijani za 13 postaja. (U tablicu nisu uključeni medijani onih tipova poremećaja kojih je u dotičnom mjesecu bilo malo).

Average precipitation amounts (mm) per a single atmospheric disturbance and number of cases from which the averages were obtained in March, April, June, July, October and November; medians for 13 stations. The table does not contain such types of disturbances, which appeared rarely in a month concerned.)

Vrsta poremećaja	f	$c_m$	$c_{m-k}$	$c_k$
ožujak	6,3/19	12,5/17	13,4/10	.
travanj	8,0/24	14,9/12	19,5/19	.
lipanj	9,8/37	.	.	16,5/9
srpanj	12,9/45	.	.	.
listopad	6,4/14	20,1/8	24,1/9	.
studeni	12,7/22	18,1/22	30,0/12	.

U prosjeku najviše oborina daje ciklona koja prolazi s mora na kopno, osobito mnogo u planinskom području, posebno na južnoj navjetrini (npr. u Gračacu 70 mm). Na moru, a pogotovo u nizini sjeverno od Save pripadne prosječne količine su mnogo manje (Lastovo 17 mm, Ilok 8 mm). Sličan raspored, ali s manjim vrijednostima imaju i prosječne količine oborine od ciklone koja svojim središtem nije zašla na kopno, nego se stalno drži mora (sl. 14). Fronte bez ciklona daju još manje količine oborina, ali pravilnost u njihovom prostornom rasporedu ne može se uočiti, vjerojatno zato jer su smjerovi tih fronta dosta promjenljivi.



Sl. 14 Prosječne količine oborine od jedne ciklone na moru (zaokruženo) i od jedne ciklone na putu s mora na kopno — za mjesec studeni

Fig. 14. Average precipitation amounts from a single cyclone over the sea (encircled) and from the one moving from the sea into the continent — for November

Vujevićevu tvrdnju da jesenski maksimum oborine dolazi od depresija na stazama Va, Vb, Vc, Vd i Vd, dopunili bismo dakle na temelju ovog materijala ovako:

Sredozemne i jadranske ciklone (među kojima su i one na stazama Vd i Ve), ciklone koje ulaze s Jadrana na kopno (među ostalim po stazama Vb i Vc) i atmosferske fronte bez ciklona u blizini doprinose podjednako mnogo jesenskom maksimumu oborine. Osobito se često događa da se utjecaji tih tipova poremećaja izmiješaju. Budući da za tipove  $c_m$  i  $c_{m-k}$  glavnu navjetrinu predstavljaju obronci Dinarida okrenuti prema jugu i zapadu, dok za tip f nema jedinstvene navjetrine, jer fronte mogu doći iz raznih smjerova, na tim je obroncima Dinarida i ispred njih jesenski maksimum osobito velik.

**Ožujak** je jednako udaljen od najhladnijeg mjeseca u godini kao i studeni, te bismo ga, kao i studeni, mogli ubrojiti u prijelazno godišnje doba. No dok u studenom u cijeloj Hrvatskoj vlada maksimum oborine — ako ne glavni, onda sporedni — ožujak je mjesec glavnog minimuma na najvećem dijelu naših kopnenih stanica. Doduše, taj je minimum na 'krivulji dosta širok, pa uz ožujak može zahvatiti veljaču, a čak i siječanj. Tu se odmah nameće pitanje, može li se i minimum u ožujku pripisati povećanom broju anticiklonalnih vremenskih situacija, budući da smo skloni na taj način objasniti male količine oborine zimi na kontinentima? I, je li ožujski minimum nova značajka oborinskog režima, koja se pojavila istom u trećoj četvrtini ovoga stoljeća?

S obzirom na postojeću literaturu treba reći da je još Hellmann (1924.) napisao kako unutrašnjost Balkanskog poluotoka ima glavni minimum oborine u ožujku, dok je sjevernije u Evropi, od Francuske do Urala najrašireniji minimum u siječnju i veljači. Prema Vujeviću unutrašnjost Hrvatske ima minimum u veljači. I oni autori koji su nastojali protumačiti položaj oborinskih maksimuma u godišnjem hodu nisu se uglavnom upuštali u traženje uzroka za minimume, barem ne u kontinentalnim tipovima. To je pokušao jedino Furlan (1977.) koji piše (u hrv. prijevodu):

»Kako se kontinentalna područja umjerene zone zimi pretežno nalaze pod utjecajem anticiklona, zima je godišnje doba s minimumom oborine. U razdoblju 1931 — 1960 minimum se obično nije pojavio sve do ožujka u kontinentalnim dijelovima jugoistočne Evrope. Međutim, ne može se pretpostaviti da je uvijek tako. Zanimljivo je spomenuti da se u Jugoslaviji u dijalektu naziv sušec (što znači suh) često upotrebljava za ožujak.«

Iz literature, dakle, proizlazi da ožujski minimum nije nova pojava.

Tab. 5. Čestina anticiklonalnih vremenskih tipova u siječnju, veljači i ožujku prema raznim autorima  
Frequency of anticyclonic weather types in January, February and in March according to several authors:

a) Najčešći singulariteti vremena u srednjoj Evropi, 1881—1947, prema Flohnu i Hessu (Lamb, 1978)

The most frequent singularities in Central Europe 1881—1947, according to Flohn and Hess (Lamb, 1978).

Datumi	Tip vremena	% godina	Srednje trajanje
15.—26. I	anticiklonalni	78	7,4 dana
3.—12. II	anticiklonalni	67	6,1 dana
14.—25. III	anticiklonalni	69	6,2 dana

b) Relativne čestine (%) anticiklonalnih tipova vremena za Zagreb i okolicu, 1960—1969, prema Poji (RHMZ, Zagreb, rukopis)

Relative frequencies (%) of anticyclonic weather types in Zagreb and its surrounding, 1960—1969 according to Poje (manuscript).

Mjesec	Tip vremena		Ukupno
	g i mv	V	
Siječanj	33,1	25,2	58,3
Veljača	25,7	21,6	47,3
Ožujak	23,5	21,4	44,9

c) Relativne čestine (%) anticiklonalnih tipova vremena prema Schüeppu, 1949—1962, za obalno područje sa zaleđem i za kopneni dio Hrvatske i Slovenije (B. Penzar, 1963)

Relative frequencies (%) of anticyclonic weather types according to Schüepp, 1949—1962, separately determined for the coastal and continental part of Croatia and Slovenia (B. Penzar, 1963).

Mjesec	Tip vremena	
	antic. konvektivni	svi anticiklonalni
	o b a l a	
Siječanj	22,8	40,3
Veljača	23,6	40,9
Ožujak	20,3	40,9
	k o p n o	
Siječanj	29,7	51,3
Veljača	27,1	46,5
Ožujak	22,4	44,2

Podaci o čestini vremenskih tipova koji su nam bili na raspolaganju, a potječu od raznih autora i obuhvaćaju razna razdoblja, ne pokazuju da bi u ožujku bilo više anticiklonalnih situacija nego u siječnju ili veljači, pogotovo ako ne uzmemo u obzir situacije na rubu visokog tlaka, gdje postoji advekcija pa može biti i oborine (tab. 5). Naprotiv, u siječnju ima anticiklonalnih situacija relativno mnogo.

Prema tome, male količine oborine u siječnju možda bi se mogle pripisati djelovanju visokog tlaka na kopnu, ali za ožujski minimum treba tražiti drugi uzrok.

Iz tab. 3 vidimo da se u ožujku kao uzroci oborine pojavljuju isti tipovi poremećaja kao i u studenom. Miješani tipovi poremećaja doprinose sada nešto više, a fronte bez ciklona nešto manje, dok se doprinos ciklona na moru i ciklona na putu s mora na kopno gotovo i nije promijenio. Međutim podaci iz tab. II i 4 upućuju na to da pojedini poremećaj daje prosječno u ožujku manje oborine nego u studenom. Tako je medijan prosječne količine oborine od fronta u studenom 12,7 mm, a u ožujku 6,3 mm, dakle za polovicu manji. Za ciklone  $c_m$  na moru razlika u medijanima je nešto manja, a za ciklone  $c_{m,k}$  još i veća (tab. 4). Sličan odnos vlada i na pojedinim stanicama (tab. II) tako da su prosječne ožujске količine, uz vrlo malo izuzetaka, manje od onih za studeni, a na mnogo mjesta se razlikuju i za faktor 2. Uz to treba naglasiti da je za računanje prosjeka u oba mjeseca stajao na raspolaganju približno jednak broj slučajeva, pa se rezultati mogu smatrati jednako pouzdanima.

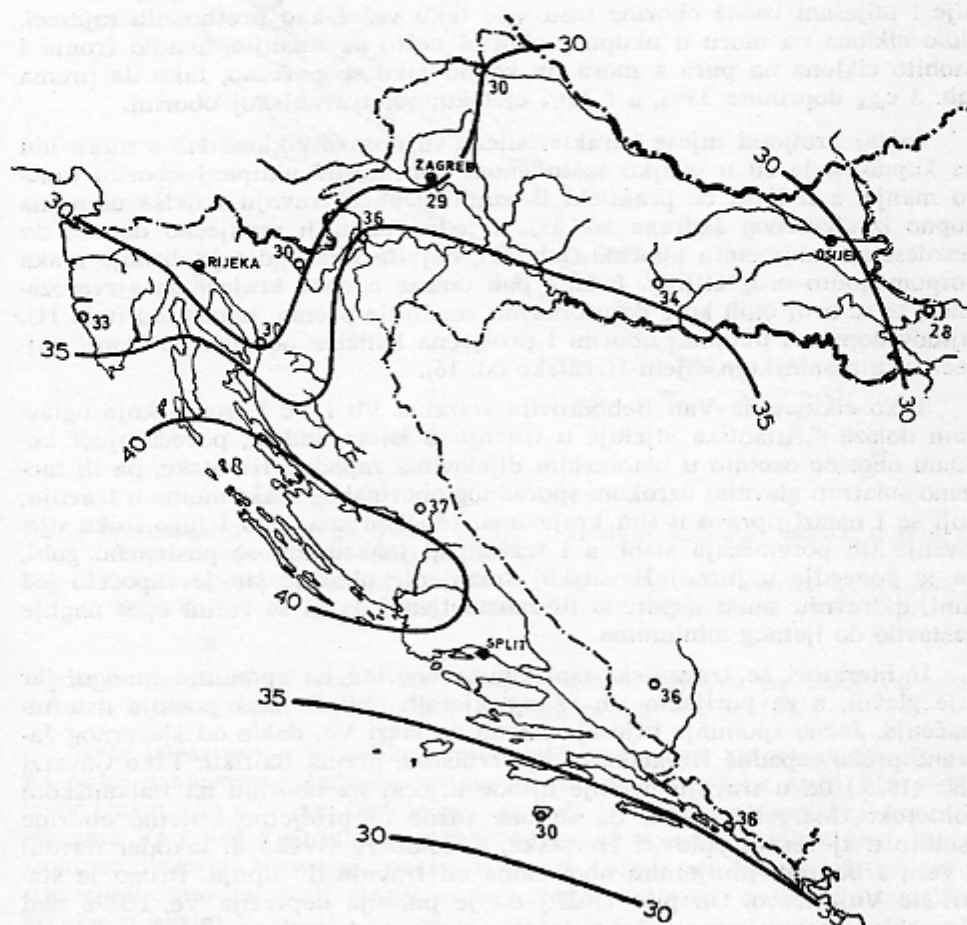
Ako pođemo od toga da u poremećajima koji daju manje količine oborine, atmosferski procesi nisu jako burni, logično je obratiti pažnju na termodinamička svojstva zračnih masa što se unutar poremećaja sukobljuju u studenom i u ožujku. Jedno od najkonzervativnijih svojstava, koje osim toga uvažava stvarnu i latentnu toplinu u zraku, dakle i njegov sadržaj vlage, jest potencijalna ekvivalentna temperatura.

Još je Chromow 1924. objavio srednje vrijednosti te temperature za zračne mase u srednjoj Evropi (Einführung in die synoptische Wetteranalyse, str. 214 — 216). Iz njih se vidi da su termodinamički zračne mase sličnije

u ožujku nego u studenom i prosincu. Npr. na 4 km visine razlika između spomenutih temperatura iz dvije zračne mase (tropske i toplije mase umjerenih širina, kao i toplije i hladnije mase umjerenih širina) manja je u ožujku nego u studenom, a smanjenje joj iznosi 41% odnosno 43% njezine godišnje amplitude.

Posebno za Hrvatsku računao je D. Peti (1981) neka termodinamična svojstva zraka s obje strane frontalnih ploha na razinama 850 i 700 mb, dakle u donjoj troposferi. Iz njegovih rezultata, koji su dobiveni iz velikih uzoraka, pa ih treba smatrati pouzdanima, vidi se ovo:

Potencijalna ekvivalentna temperatura nove zračne mase, koja dolazi u naše krajeve neposredno iza fronte signifikantno je veća u studenom nego u ožujku. A potencijalne ekvivalentne temperature neposredno iza i iza frontalne plohe — dakle u zračnim masama koje se sukobljuju — razliku-



Sl. 15 Procentualni doprinos ciklona na putu s mora na kopno ukupnoj oborini u travnju

Fig. 15 Relative contribution to the total precipitation amount (%) of cyclones on their pathway from the sea to the continent — for April

ju se u studenom signifikantno više nego u ožujku. Statistička signifikantnost ispitana je Studentovim testom ili, gdje to nije bilo moguće, neparametarskim testom sa slijedovima uz vjerojatnost pogreške prve vrste 0,05.

Na temelju toga svega smatramo da ožujski minimum oborine treba pripisati poznatom postepenom smanjenju temperature opreke između površine mora i površine kopna tokom zime. Time se smanjuju razlike između zračnih masa nastalih nad kopnom i nad morem, pa na mjestima njihova sukobljavanja procesi nisu više tako burni kao u jesen (kad je more još toplo, a kopno već hladno) i zato daju mnogo manje oborine.

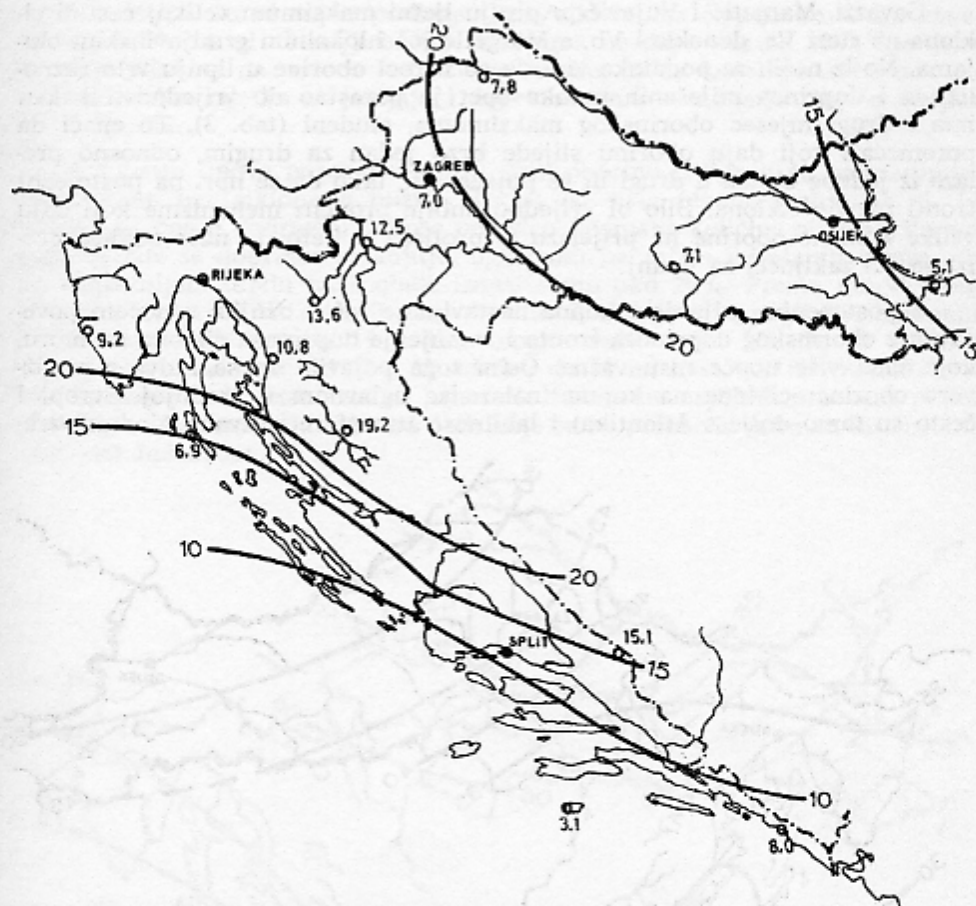
Odmah iza minimuma, tj. već u travnju slijedi sporedni maksimum oborine u velikom dijelu područja pokrivenoga tipom godišnjeg hoda I<sub>1</sub> i II<sub>1</sub>, prvenstveno u Gorskom Kotaru, Lici, većem dijelu Istre i Kordunu (sl. 2). Tab. 3 i 4 pokazuju da u tom mjesecu nastupa znatna promjena s obzirom na poremećaje koji donose oborinu. Vremenske situacije postaju jednostavnije i miješani izvori oborine nisu više tako važni kao prethodnih mjeseci. Udio ciklona na moru u ukupnoj oborini nešto se smanjio, a udio fronta i osobito ciklona na putu s mora na kopno jako se povećao, tako da prema tab. 3  $c_{m-k}$  doprinose 33%, a  $f$  18% cjelokupnoj travanjskoj oborini.

Za taj proljetni mjesec karakteristične su upravo ciklone što s mora idu na kopno, koje su u ožujku i studenom doprinosile ukupnoj oborini mnogo manje, a u ljetu će praktički iščeznuti. One u travnju najviše ulaze na kopno iz sjevernog Jadrana (sl. 15), a jedna od njih prosječno donese do četrdesetak milimetara oborine (tab. II), najviše tamo gdje je dizanje zraka potpomognuto orografijom. Fronte pak dolaze u naše krajeve sa sjeverozapada, te se broj onih koje daju oborinu smanjuje prema jugoistoku (tab. II). Njihov doprinos ukupnoj oborini i prosječna količina oborine po fronti najveći su u planinskom dijelu Hrvatske (sl. 16).

Tako ciklone na Van Bebberovim stazama Vb i Vc i fronte koje uglavnom dolaze s Atlantika, djeluje u travnju u istom smislu, povećavajući količinu oborine osobito u planinskim dijelovima zapadne Hrvatske, pa ih možemo smatrati glavnim uzrokom sporednog oborinskog maksimuma u travnju, koji se i nalazi upravo u tim krajevima. Idući prema jugu i jugoistoku djelovanje tih poremećaja slabi, a i travanjski maksimum se postepeno gubi, pa je ponegdje u južnoj Hrvatskoj smanjenje oborine što je započelo još zimi, u travnju samo usporeno ili zaustavljeno, da bi se zatim opet naglije nastavilo do ljetnog minimuma.

U literaturi se travanjski maksimum oborine ne spominje mnogo, jer nije glavni, a za porijeklo tih ranoproljetnih obilnih kiša postoje dva tumačenja. Jedno spominje utjecaj ciklona na stazi Vc, dakle od sjevernog Jadrana preko zapadne Hrvatske na sjeveroistok, prema Baltiku. Tako Gavazzi piše (1929.) da u travnju počinje njihov utjecaj na oborinu na Balkanskom poluotoku, Margetić (1942.) da su one važne za proljetne i ljetne oborine osobito u sjevernoj polovici Hrvatske, a Goldberg (1942.) ih također dovodi u vezu s obilnim proljetnim oborinama od travnja do lipnja. Drugo je stajalište Vujevićevo. On piše (1927.) da je putanja depresija Ve, dakle nad Tirenskim morem prema jugoistoku, najviše frekventirana od januara do aprila, osobito u aprilu, pa »delom uslovljava podelu kiše na jadranskom primorju«. U Podneblju FNR Jugoslavije (1953.) napisao je da je ranoproljetni maksimum (u martu ili aprilu), koji zahvaća širi pojas uz jadransku





Sl. 16 Procentualni doprinos fronta (linije) i srednja količina oborine u mm po frontu (brojevi uz stanice) u travnju

Fig. 16 Relative contribution of air fronts (lines) and the average precipitation amount in mm per a front (numbers near the stations) — for April

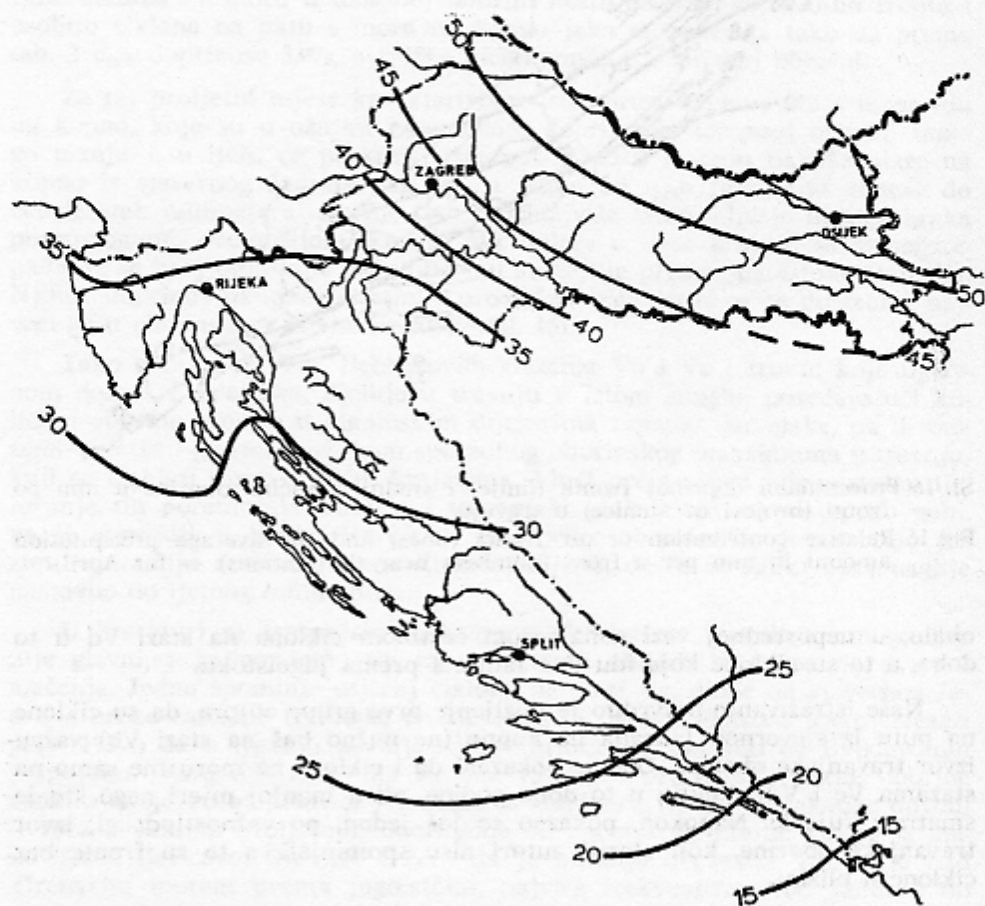
obalu, u neposrednoj vezi s najvećom čestinom ciklona na stazi Vd u to doba, a to su ciklone koje idu duž Jadrana prema jugoistoku.

Naše istraživanje potvrdilo je mišljenje prve grupe autora, da su ciklone na putu iz sjevernog Jadrana na kopno (ne nužno baš na stazi Vb) važan izvor travanjske oborine. Ono je pokazalo da i cikloni na moru (ne samo na stazama Ve i Vd) djeluju u to doba godine, ali u manjoj mjeri nego što je smatrao Vujević. Napokon, pokazao se još jedan, po važnosti drugi, izvor travanjske oborine, koji stariji autori nisu spominjali, a to su fronte bez ciklone u blizini.

Slijedeći mjesec za koji bi bilo zanimljivo saznati nešto o izvorima oborine je lipanj, kad se u kopnenom području javlja maksimum oborine (sl. 1 i 2, tipovi II na sl. 5).

Gavazzi, Margetić i Vujević pripisuju ljetni maksimum velikoj čestini ciklona na stazi Vc, donekle i Vb, a Margetić još i lokalnim grmljavinskim olujama. No iz naših se podataka vidi da su uzroci oborine u lipnju vrlo raznoliki, a i doprinos miješanih uzroka opet je porastao do vrijednosti kakvu ima i drugi mjesec oborinskog maksimuma, studeni (tab. 3). To znači da poremećaji koji daju oborinu slijede brzo jedan za drugim, odnosno prelaze iz jednog oblika u drugi ili se pojačavaju, tako da se npr. na postojećoj fronti razvije ciklona. Bilo bi vrijedno dublje proučiti mehanizme koji daju velike količine oborine na prijelazu iz proljeća u ljeto. Iz naše analize proizlaze ovi zaključci za lipanj:

S postepenim grijanjem kopna nastavlja se još u ožujku započeto povećavanje oborinskog doprinosa fronta i smanjenje doprinosa ciklona na moru, koje sada više uopće nisu važne. Osim toga pojavila su se i dva nova izvora oborine: ciklone na kopnu (nalaze se uglavnom u srednjoj Evropi i često su tamo došle s Atlantika) i labilnost atmosfere izazvana hladnim zra-

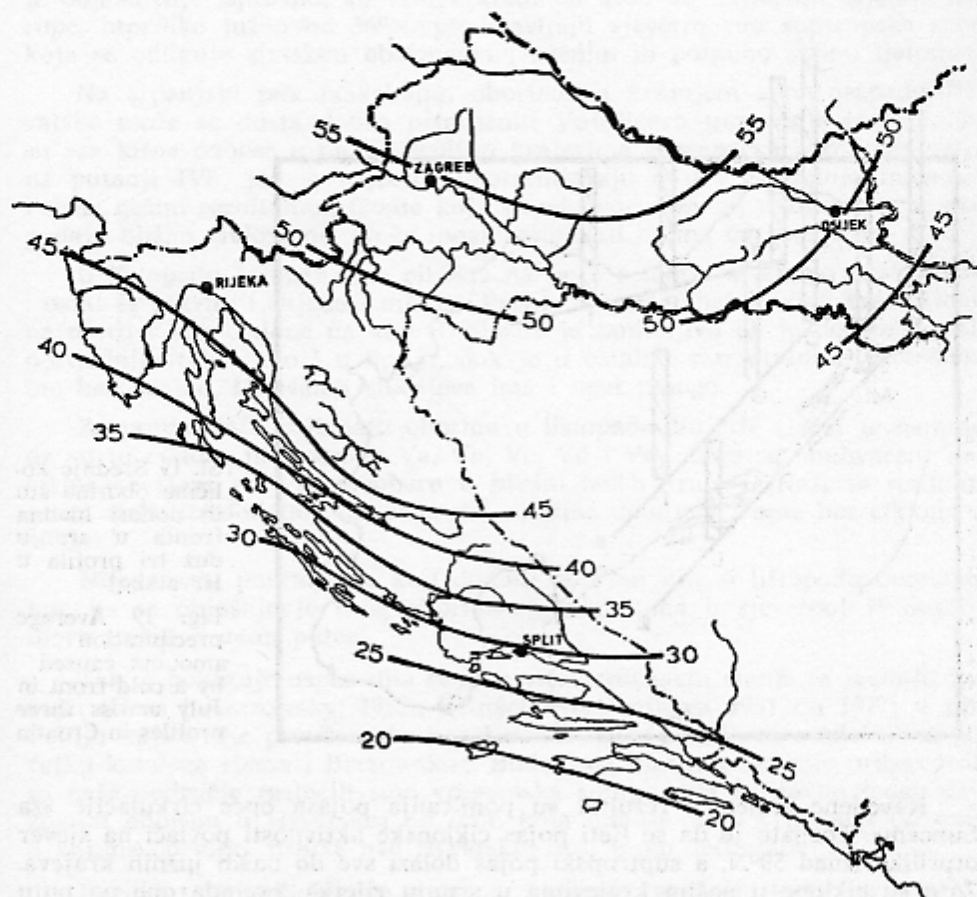


Sl. 17. Procentualni doprinos fronta cjelokupnoj oborini u lipnju

Fig. 17. Relative contribution of air fronts to the total precipitation amount for June

kom u visini, iznad tople podloge. Dok ciklone na kopnu ne treba zanemariti, labilnost ni na najjužnijim stanicama ne daje više od 10% lipanjske oborine. Ciklone na putu s Jadrana na kopno, među koje spadaju i one na stazi Vb i Vc, rijetko se javljaju i doprinose manje u lipnju nego u ožujku i studenom.

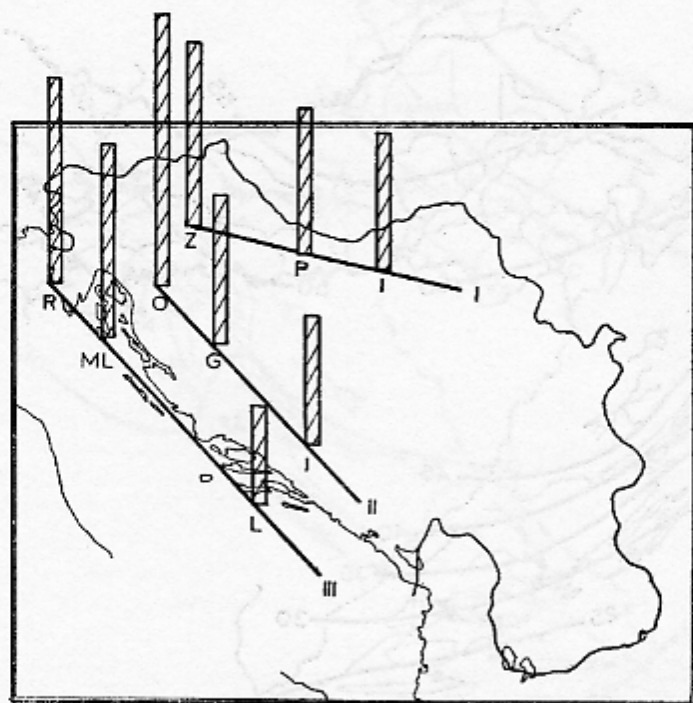
Od čistih tipova poremećaja koji daju oborinu u lipnju su najzastupljenije fronte bez ciklona u blizini. To su od reda hladne fronte. Iz sl. 17 vidimo da one u Podravini donose polovcu lipanjske količine oborine. Prema jugu njihov se doprinos smanjuje, uglavnom na račun miješanih tipova, pa na najjužnijem dijelu naše obale iznosi samo oko 20%. Prema tab. 4 fronta donosi u prosjeku oko 10 mm oborine. Zanimljivo je pogledati i ukupni broj fronta koje smo u 14 godina mogli uvažiti (tab. II). On se izrazito smanjuje prema jugu, od 63 u Varaždinu do 21 na Lastovu. To svakako potvrđuje poznatu činjenicu da se jedan dio fronta ne uspijeva prebaciti preko planina na Jadranu i da neke od onih koje su se prebacile gube na intenzitetu putujući Jadranom.



Sl. 18 Broj slučajeva f (hladne fronte) u promatranom razdoblju za srpanj  
Fig. 18 The number of cases f (the cold front) in July during observed period

Hellmann je 1924, napisao da su kiše na kontinentu ljeti često grmljavinske. Smatramo da je time bio blizu ovim našim rezultatima. Treba se, naime, sjetiti da je teorija polarne fronte bila u to doba sasvim nova i još nedovoljno poznata. Drugi dio Hellmannovog razmišljanja, da su ljetne oborine prvenstveno lokalnog karaktera, nije se pokazao ispravnim.

Samo mjesec dana kasnije, u srpnju, situacija je mnogo jednostavnija s obzirom na izvore oborine (tab. 3 i 4). Miješani tipovi poremećaja doprinose manje nego i u jednom mjesecu koji smo do sada razmatrali. Ciklone na moru nisu važne, kao što nisu bile ni u lipnju, ali za razliku od lipnja i utjecaj ciklona na kopnu je neznatan. Jedino one koje idu s Jadrana na kopno doprinose na pojedinim mjestima oko 10% ukupnoj srpanjskoj oborini (tab. I). Doprinos jezgara hladnoga zraka u visini važan je jedino u južnoj Hrvatskoj, gdje iznosi oko 20% (Imotski, Lastovo, Dubrovnik). Glavni izvor oborine su hladne fronte koje dolaze s Atlantika. Broj fronta koje daju oborinu i prosječna količina oborine po fronti smanjuju se od sjeverozapada prema jugoistoku, kako pokazuju slike 18 i 19.



Sl. 19 Srednje količine oborine što ih donosi hladna fronta u srpnju duž tri profila u Hrvatskoj

Fig. 19 Average precipitation amounts caused by a cold front in July across three profiles in Croatia

Navedene činjenice rezultat su pomicanja pojasa opće cirkulacije »za Suncem«. Poznato je da se ljeti pojas ciklonske aktivnosti povlači na sjever otprilike iznad 50°N, a subtropski pojas dolazi sve do naših južnih krajeva. Zato su ciklone u našim krajevima u srpnju rijetke, premda one na putu s Jadrana na kopno, ako se pojave, mogu dati dosta velike količine oborine. Raspored oborine u srpnju, kad Jadran sa zaledem ima minimum, a kraj-

nji sjeverozapad Hrvatske maksimum oborine (sl. 1 i 3), posljedica je poznatih svojstava hladnih fronta, koje su u tom mjesecu najvažniji izvor oborine;

— One dolaze obično sa sjeverne strane Alpa, pa najprije zahvacaju krajnji sjeverozapad Hrvatske.

— Maritimna zračna masa iza fronte nad kopnom se postepeno transformira i tako procesi na fronti i oborina putem gube na intenzitetu.

— Plitki prodori svježeg zraka, kakvi su ljeti najčešći, vođeni su obično zapadnom visinskom strujom na sjevernoj granici subtropskog pojasa; zato mnoge fronte ne dopiru daleko na jug niti su sposobne prebaciti se preko visokih planina u Dinarskom gorskom sustavu.

Svi stariji autori koji su prikazivali godišnji hod oborine govore o ljetnom minimumu u našim, južnim krajevima i smatraju ga karakteristikom sredozemnog oborinskog režima. Ali čini se da nitko nakon Hellmanna nije smatrao potrebnim niti osvrnuti se na uzroke tog minimuma. Hellmannovo je objašnjenje ispravno, ali vrlo kratko; on kaže da najjužniji dijelovi Evrope, otprilike južno od 36°N, predstavljaju sjeverni rub subtropske zone koja se odlikuje zimskim oborinama i sušnim ili potpuno suhim ljetom.

Na srpanjski pak maksimum oborine na krajnjem sjeverozapadu Hrvatske može se dosta dobro primijeniti Vujevićevo tumačenje iz 1927. da su »za kišne odnose u najsjevernijim krajevima Slovenačke važne depresije na putanji IVb, jer je najčešće upotrebljavaju u dva najtoplija meseca«. Prema našim rezultatima fronte koje su odgovorne za taj maksimum ne pripadaju bližim ciklonama, ali bi mogle pripadati onima na stazi IVb.

U listopadu je opet udio ciklona na putu s mora na kopno dosta velik i ostat će takvim i sljedeći mjesec. Fronte su podjednako važne kao ciklone na moru i kao ciklone na kopnu. Možda je zanimljivo da je doprinos ovih posljednjih toliki kao i u lipnju, dok je u ostalim razmatranim mjesecima bio beznačajan. Miješanih slučajeva ima i opet mnogo.

Za poremećaje koji daju oborinu u listopadu Vujević (1953) je napisao da su to ciklone na stazama Va, Vb, Vc, Vd i Vd, čime su obuhvaćene sve ciklonske staze po Van Bebberu u blizini naših krajeva. Naši se rezultati s tim slažu uz dodatak da jedan dio oborine donose i fronte bez ciklona u blizini.

Nijedan tip poremećaja koji donose oborinu nije u listopadu dominantan, pa se objašnjenje ovog oborinskog minimuma u sjevernoj Hrvatskoj mora tražiti drugim putem.

Tab. 6 pokazuje usporedbu čestina vevremenskih stanja za srednju Evropu (Hess i Brezowsky, 1952., Deutsch. Wetterdienst 1951 do 1977) u razdoblju koje ovdje proučavamo kao i u isto tako dugačkom razdoblju u početku kataloga Hessa i Brezowskog. Budući da klasifikacija nije prilagođena za naše područje razlučili smo vremenska stanja koja u pravilu mogu dati znatnu oborinu u Hrvatskoj od onih koja donose suho vrijeme i od onih u kojima obrinske prilike nad Hrvatskom nisu jasno definirane.

Razlike relativnih čestina u novom i starom razdoblju testirane su svaki puta testom za usporedbu čestina događaja koji mogu imati samo dva ishoda.

Tab. 6 Čestina pojavljivanja (%) velevremenskih stanja prema Bauru grupiranih prema sposobnosti da daju oborinu u Hrvatskoj. Razlike signifikantne na razini  $\alpha = 0,05$  su potcrtane jedanput, a na razini  $\alpha = 0,01$  dva puta  
 Relative frequencies of Baur Grosswetterlagen in Central Europe in September, October, and November. First group: weather types producing rain in Croatia, second group: types without rain, third group: neutral types with regard to rain in Croatia. Differences significant at 0,05 and 0,01 level are underlined once and twice respectively

Velevremenska stanja	Oborinska			Suha			Neutralna		
	BM, NW, HN, N, TrM, S, HF, HNF, NE, TM, Ww	HN, SE, NE, TM, Ww		W, HM, SW, SW, NW, TB, TrW, S,			W, W, HB, N, SE, HF, HNF,		
Mjeseci	IX	X	XI	IX	X	XI	IX	X	XI
1881 — 1908	35	38	35	38	32	35	27	30	30
1950 — 1977	37	31	40	40	42	29	23	27	31
Razlika	+2	<u>-7</u>	<u>+5</u>	+2	<u>+10</u>	<u>-6</u>	-4	-3	+1

Tab. 6 jasno pokazuje da se u listopadu broj dana s tipovima vremena koji daju oborinu u Hrvatskoj signifikantno smanjio od starog na novo razdoblje, a broj dana sa stanjima bez oborine signifikantno povećao. U studenom su promjene nešto manje i imaju suprotan predznak dok su u rujnu promjene s obzirom na oborinu u Hrvatskoj beznačajne. Među velevremenskim stanjima bez oborine ističe se po čestini i promjeni čestine HM (anticiklona nad srednjom Evropom). U listopadu u starom razdoblju to je stanje vladalo 75 dana, a u novom 136 dana, što znači povećanje čestine za 81%.

Osušenje listopada u drugoj polovici 20. stoljeća u kopnenoj Hrvatskoj može se dakle svesti na izvjesnu promjenu opće cirkulacije atmosfere, koja se očituje u promjeni položaja i staza baričkih formacija nad Evropom, među ostalim u znatno povećanom broju anticiklona nad srednjom Evropom.

### Granice između oborinskih režima u Hrvatskoj

Poznata je činjenica, a potvrđuju je i prethodni rezultati, da na području Hrvatske nalazimo dva osnovna oborinska režima. U literaturi su oni nazivani maritimni (ili mediteranski ili subtropski) i kontinentalni (ili srednjeevropski), a granicu među njima određivali su razni autori na razne načine. Postoje dva pristupa tome problemu.

Jedan način određivanja granice temelji se na položaju ekstrema u godišnjem hodu oborine. Tu se doduše pojavljuje više tipova godišnjeg hoda, ali ako želimo razgraničiti samo osnovne oborinske režime, pitanje je koji ekstrem uzeti kao mjerodavan. Hellmann je granicu između subtropskog i kontinentalnog oborinskog režima u Evropi odredio razmatrajući ljetnu suhoću. Trzebitzky je na Balkanskom poluotoku granicu između kontinentalnog i maritimnog režima nazvao klimatskom osi poluotoka i označio je dvostrukim maksimumom oborine, dok npr. Furlan (1977) smatra da se ta granica uglavnom poklapa s granicom minimuma u ožujku. Budući da se ekstremi u svom prostornom rasporedu postepeno pojavljuju odnosno gube, položaj ovako definiranih granica ovisi o subjektivnoj ocjeni autora.

Drugi je pristup objektivan, ali možda nije tako pogodan za dinamičku interpretaciju. Jednostavna matematička formula u koju ulaze količine oborine u određenim dijelovima godine, npr. u toplom i hladnom polugodištu (Margetić, B. Penzar, Ranković), u jednom proljetnom i jednom jesenskom razdoblju (Vujević) ili u sedam toplijih mjeseci prema cijeloj godini (Vemić) daje za svaku stanicu jednoznačan odgovor nalazi li se s jedne ili druge strane granice između dva oborinska režima.

Prema metodi i raspoloživim podacima razni su autori dobili granicu među osnovnim oborinskim režimima na raznim mjestima. Ona se u Hrvatskoj uglavnom nalazi u rasponu između najjužnije Vemićeve linije Pula — Rijeka — Senj — Gospić — Duvno — ... i najsjevernije, Vujevićeve (1953) Ivančica — Kozara — ...

I mi bismo ovdje mogli granicu između dvaju oborinskih režima definirati na razne načine:

- A Najlakše je odrediti dokle seže blaža varijanta subtropskog oborinskog režima definiranog pomoću ljetnoga minimuma oborine. To bi bila linija br. 5 na karti glavnih minimuma (sl. 3). Na nju se prema sjeveru, u Gorskom Kotaru, dijelu Istre i Like nadovezuje prelazno područje, da bi sjeverno od linije 6 ljetni minimum potpuno iščeznuo i ustupio mjesto zimskom minimumu, koji nije subtropsko obilježje.
- B Na temelju ljetnog maksimuma oborine koji je karakterističan za kontinente umjerenih širina, a u subtropskom području ga nema, dobili bismo kao granicu liniju 1 na sl. 1, jer se sjeverno od nje javlja maksimum oborine u lipnju, srpnju ili čak u kolovozu.
- C Ako bismo tražili granicu do koje se u oborinskom režimu osjeća utjecaj Jadrana i Sredozemnog mora kao područja povoljnog za razvoj ili zadržavanje ciklona u svim dijelovima godine osim ljeta, onda moramo zaključiti da cijela Hrvatska stoji pod tim utjecajem.
- D Napokon, karte pluviometrijskih kvocijenata također mogu poslužiti kao podloga za određivanje granice. Napose spominjemo sl. 6 po kojoj bi se prelazno područje između kontinentalskog i sredozemnog oborinskog režima nalazilo između linija a i b; sjeverno od toga višak oborine u odnosu na jednoliku raspodjelu nalazi se u toplom, a južno od toga u hladnom polugodištu.

### Zaključak

Godišnji hod oborine u Hrvatskoj u trećoj četvrtini 20. stoljeća nije jednak iz literature poznatom godišnjem hodu krajem prošloga i u prvoj polovici ovoga stoljeća. Razlika je u jesenskim mjesecima. Listopadu, koji je prije bio najkišovitiji, sada pripada u sjevernoj Hrvatskoj sporedni, pa čak i jedan od dva glavna minimuma oborine. Jesenski maksimum oborine nalazi se sada u najvećem dijelu Hrvatske u studenom.

Za razliku od malobrojnih prijašnjih radova u kojima se spominje porijeklo maksimuma u godišnjem hodu oborine, ovdje se pošlo od traženja uzroka za svaku pojedinu oborinu u razdoblju od 14 godina, da bi se objasnila pojava glavnih i sporednih ekstrema. Premda se u mnogo slučajeva uzrok oborine nije mogao jednoznačno ustanoviti ipak se pokazalo da postoje znatne razlike u vrsti premećaja koji donose oborinu, ne samo između raznih godišnjih doba, nego i u nekim susjednim mjesecima. Pokazalo se također da osim ciklona na Van Bebberovim stazama br. V koje su stariji autori isključivo navodili u svojim tumačenjima oborinskih maksimuma, treba uzeti u obzir i fronte bez ciklona u blizini Hrvatske.

Analizom nisu obuhvaćeni svi mjeseci, ali se iz dobivenih rezultata ipak mogu dobro uočiti sezonske promjene opće cirkulacije nad našim područjem. U hladnom razdoblju ovuda prolaze ili se tu razvijaju i međusobno pojačavaju raznoliki atmosferski poremećaji, a kao izvori oborine osobito su važne i ciklone koje se zadržavaju na Jadranu i susjednim morima. U prelazna godišnja doba, ali bliže zimi, važan je oborinski doprinos sredozemnih ciklona koje tada skreću na kopno preko naših krajeva. Bliže ljetu prolaze srednjom Evropom ciklone koje su došle s Atlantika, a sve je manje onih koje se zadržavaju na Sredozemlju ne zalazeći na kopno. Napokon, u najtoplijem razdoblju su ciklonske staze premještanje još sjevernije, tako da se dublja poremećenja tlaka u našim krajevima rijetko događaju.

Godišnji hod oborine u Hrvatskoj nije ovim konačno objašnjen. Analiza bi se mogla proširiti na mjesece koje ovdje nismo razmatrali i produbiti s obzirom na pojedine tipove atmosferskih poremećaja kao i na utjecaj podloge. Smatramo da bi takva proučavanja mogla doprinijeti boljem razumijevanju klime naših krajeva.

### Zahvale

Ovaj je rad izrađen na Geofizičkom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, u okviru znanstvenoistraživačkog projekta Istraživanje vremena i klime na području SR Hrvatske, teme Istraživanje higrličkih prilika, i financijski je potpomognut preko SIZ-a III. Od Geofizičkog zavoda imali smo na raspolaganju srednje godišnje hodove oborine u razdoblju 1950 — 1977, na čemu smo vrlo zahvalni predstojniku Zavoda prof. dru Berislavu Makjaniću. Biblioteka Geofizičkog zavoda posjeduje mnoge radove navedene u popisu literature. Ostale nam je uz mnogo truda, ali vrlo susretljivo priskrbila na uvid bibliotekarka Zavoda mr Branka Spevec, pa joj zato toplo zahvaljujemo. Zahvalni smo također mr Editi Lončar iz Republičkog hidrometeorološkog zavoda za podatke o vjerojatnostima pojedinih tipova vremena u Zagrebu, kao i Zlatku Matici, meteorološkom tehničaru Geofizičkog zavoda za izradu crteža.

Na kraju, ugodna nam je dužnost zahvaliti se mr Boženi Volarić i prof. dru Berislavu Makjaniću na korisnim primjedbama u vezi s rukopisom.



Tab. I Procentualni doprinos pojedine vrste atmosferskih poremećaja u kupnoj oborini  
Relative contribution of a particular type of atmospheric disturbances to the precipitation totals during chosen 6 months

Stanica	f	c <sub>m</sub>	c <sub>m-1</sub>	c <sub>k</sub>	l	m
Ožujak — March						
Varaždin	17	16	24	—	—	43
Zagreb	20	20	18	—	—	42
Sl. Požega	18	20	22	—	0	40
Ilok	11	15	14	—	0	60
Karlovac	17	23	13	—	—	47
Ogulin	19	23	17	—	—	41
Rovinj	11	12	14	—	—	63
Senj	16	21	15	—	—	48
Mali Lošinj	9	17	13	—	—	61
Gračac	12	13	18	—	—	57
Imotski	12	27	16	—	—	45
Lastovo	6	35	7	—	0	52
Dubrovnik	10	32	19	—	—	39
medijan	12	20	16	—	.	47
raspon	14	23	17	—	.	24
Travanj — April						
Varaždin	18	11	30	—	2	39
Zagreb	20	15	29	—	3	33
Sl. Požega	17	9	34	0	1	39
Ilok	15	26	28	0	4	27
Karlovac	22	13	36	0	1	28
Ogulin	18	17	30	—	0	35
Rovinj	23	12	33	—	0	32
Senj	21	13	30	—	0	36
Mali Lošinj	14	18	40	—	0	28
Gračac	24	11	37	—	—	28
Imotski	19	14	36	—	—	31
Lastovo	6	28	30	—	1	35
Dubrovnik	9	22	36	0	0	33
medijan	18	14	33	.	.	33
raspon	18	19	12	.	.	12
Lipanj — June						
Varaždin	47	9	14	13	—	17
Zagreb	45	4	12	15	—	24
Sl. Požega	49	5	13	11	—	22
Ilok	51	5	13	8	—	23
Karlovac	30	0	8	9	7	46
Ogulin	33	1	8	9	1	48
Rovinj	34	2	14	8	3	39
Senj	27	1	13	20	4	35
Mali Lošinj	33	3	21	14	2	27
Gračac	32	1	12	10	0	45
Imotski	25	2	13	12	6	42
Lastovo	25	8	6	3	8	50
Dubrovnik	16	3	1	15	9	56
medijan	33	3	13	11	2	39
raspon	35	9	20	17	8	39

Stanica	f	c <sub>m</sub>	c <sub>m-k</sub>	c <sub>t</sub>	I	m
Srpanj — July						
Varaždin	53	—	4	1	0	42
Zagreb	50	2	11	1	1	35
Sl. Požega	52	—	3	2	7	36
Ilok	40	—	2	1	7	50
Karlovac	56	2	7	1	1	33
Ogulin	55	2	8	3	3	29
Rovinj	62	2	9	—	4	23
Senj	63	1	11	—	3	22
Mali Lošinj	58	2	8	1	1	30
Gračac	52	8	4	—	9	27
Imotski	38	6	6	0	23	27
Lastovo	45	1	10	—	24	20
Dubrovnik	58	1	2	0	15	24
medijan	53	2	7	1	4	29
raspon	25	8	9	3	24	30

## Listopad — October

Varaždin	14	8	23	11	—	44
Zagreb	13	10	22	4	—	51
Sl. Požega	14	10	24	14	—	38
Ilok	17	10	21	11	—	41
Karlovac	14	15	19	10	0	42
Ogulin	10	18	18	7	0	47
Rovinj	3	16	24	10	—	47
Senj	10	9	19	9	—	53
Mali Lošinj	6	19	21	8	0	46
Gračac	8	9	23	11	0	49
Imotski	7	9	24	12	0	48
Lastovo	5	36	14	4	3	38
Dubrovnik	1	23	11	3	1	61
medijan	10	10	21	10	.	47
raspon	16	28	13	11	.	23

## Studeni — November

Varaždin	13	19	18	3	0	47
Zagreb	17	21	17	2	0	43
Sl. Požega	18	23	21	1	0	37
Ilok	15	24	11	1	1	48
Karlovac	18	22	17	3	0	40
Ogulin	20	22	19	4	1	34
Rovinj	17	20	18	3	0	42
Senj	21	19	18	1	—	41
Mali Lošinj	17	21	19	3	0	40
Gračac	17	27	23	4	—	29
Imotski	7	30	22	2	—	39
Lastovo	6	30	14	1	1	48
Dubrovnik	6	20	18	1	1	54
medijan	17	22	18	2	.	41
raspon	15	11	12	3	.	25

Tab. II Prosječne količine oborine (mm) po jednom atmosferskom poremećaju i broj slučajeva iz kojih su prosjeci dobiveni  
Average precipitation amounts (mm) per a single atmospheric disturbance and the number of cases from which the averages were obtained

Stanica	f	c <sub>m</sub>	c <sub>m.k</sub>	c <sub>k</sub>	l
Ožujak — March					
Varaždin	6,2/17	7,6/13	12,2/12	—	—
Zagreb	5,7/23	8,3/16	10,8/11	—	—
Sl. Požega	5,9/21	11,4/12	13,9/11	—	1,2/1
Ilok	3,4/21	8,0/12	9,1/10	—	0,7/1
Karlovac	8,1/22	12,5/19	12,0/11	—	—
Ogulin	11,4/23	18,2/18	22,0/11	—	—
Rovinj	5,6/15	7,8/12	11,0/10	—	—
Senj	9,4/19	15,3/15	17,8/ 9	—	—
Mali Lošinj	6,3/15	9,7/18	13,4/10	—	—
Gračac	12,7/21	16,9/17	41,9/10	—	—
Imotski	10,8/16	21,3/18	25,5/ 9	—	—
Lastovo	5,7/10	18,9/18	7,4/ 9	—	0,2/1
Dubrovnik medijan	11,9/12	26,5/18	28,3/10	—	—
raspon	6,3/19	12,5/17	13,4/10	—	.
	9,3/13	18,9/ 7	34,5/ 3	—	.
Travanj — April					
Varaždin	7,8/24	12,5/ 9	19,1/16	—	3,6/5
Zagreb	7,0/28	14,8/10	16,6/17	—	6,6/4
Sl. Požega	7,1/21	8,5/ 9	15,1/20	2,4/1	1,9/3
Ilok	5,1/22	22,2/ 9	11,6/19	0,4/1	6,0/5
Karlovac	12,5/25	14,9/12	25,6/20	1,0/1	4,0/2
Ogulin	13,6/27	32,2/11	30,6/20	—	1,4/5
Rovinj	9,2/24	10,2/11	16,7/19	—	0,5/1
Senj	10,8/27	12,9/14	22,4/19	—	1,0/1
Mali Lošinj	6,9/19	11,7/14	19,5/19	—	1,2/2
Gračac	19,2/26	15,9/14	36,2/21	—	—
Imotski	15,1/19	17,4/12	27,6/20	—	—
Lastovo	3,1/16	16,4/14	12,9/19	—	11,2/1
Dubrovnik medijan	8,0/16	23,9/13	28,7/18	1,2/1	2,8/2
raspon	8,0/24	14,9/12	19,5/19	.	.
	16,1/12	23,7/ 5	24,6/ 5	.	.
Lipanj — June					
Varaždin	9,8/63	29,1/4	20,8/9	13,3/13	—
Zagreb	10,9/62	29,5/2	22,5/8	17,1/13	—
Sl. Požega	10,2/59	11,6/5	18,4/5	10,3/13	—
Ilok	11,9/47	10,8/5	18,5/8	7,9/11	—
Karlovac	9,8/45	0,4/1	20,0/6	17,2/ 7	35,3/3
Ogulin	13,6/41	14,5/1	26,8/5	19,5/ 8	7,0/2
Rovinj	7,0/36	4,4/4	33,8/3	6,2/ 9	6,0/4
Senj	8,6/37	5,6/2	25,8/6	27,1/ 9	8,7/5
Mali Lošinj	7,8/30	11,0/2	24,7/6	8,4/12	4,9/3
Gračac	16,1/31	4,9/2	31,2/6	21,0/ 7	1,8/2
Imotski	8,9/32	5,7/3	25,7/6	16,5/ 8	35,2/2
Lastovo	8,6/21	35,5/2	10,0/4	2,9/ 7	15,1/4
Dubrovnik medijan	7,6/24	11,5/3	3,6/2	18,4/ 9	19,4/5
raspon	9,8/37	.	.	16,5/ 9	.
	9,1/42	.	.	24,2/ 6	.

Stanica	f	c <sub>10</sub>	c <sub>11</sub>	c <sub>12</sub>	l
Srpanj — July					
Varaždin	15,1/58	—	23,3/3	4,7/2	1,9/4
Zagreb	12,4/55	30,2/1	50,3/3	8,0/2	3,2/4
Sl. Požega	9,8/54	—	13,2/2	7,8/3	9,5/8
Ilok	8,9/44	—	9,4/2	4,5/1	10,3/7
Karlovac	16,6/49	31,5/1	34,9/3	9,4/1	4,5/3
Ogulin	18,4/52	26,6/1	45,7/3	49,1/1	10,8/4
Rovinj	14,0/42	18,4/1	28,6/3	—	12,7/3
Senj	16,7/45	12,6/1	63,4/2	0,1/1	6,8/5
Mali Lošinj	12,9/33	14,0/1	19,5/3	4,5/1	1,0/4
Gračac	10,2/48	35,2/2	17,6/2	—	14,4/6
Imotski	8,6/30	37,1/1	20,2/2	0,2/1	17,3/9
Lastovo	6,7/19	2,9/1	27,5/1	—	10,0/7
Dubrovnik	13,9/24	5,5/1	3,1/3	0,3/1	10,9/6
medijan	12,9/45	.	.	.	10,0
raspon	11,7/39	.	.	.	16,3
Listopad — October					
Varaždin	5,1/21	14,9/ 4	17,7/10	13,3/6	—
Zagreb	6,4/17	15,4/ 5	19,5/ 9	5,7/6	—
Sl. Požega	3,9/22	9,7/ 6	14,7/10	11,6/7	—
Ilok	4,1/19	7,4/ 6	11,7/ 8	7,3/7	—
Karlovac	8,6/20	17,9/10	22,5/10	20,2/6	3,8/1
Ogulin	10,6/18	31,8/10	34,9/ 9	30,8/4	0,6/2
Rovinj	4,8/10	28,8/ 8	34,7/10	34,9/4	—
Senj	17,7/12	22,6/ 8	39,6/10	48,3/4	—
Mali Lošinj	7,2/10	24,5/10	30,8/ 9	21,6/5	4,1/1
Gračac	15,1/14	31,8/ 8	60,7/10	57,9/5	2,6/1
Imotski	11,8/11	12,9/13	48,6/ 9	35,6/6	0,5/1
Lastovo	6,3/ 6	20,1/14	12,3/ 9	11,8/3	12,2/2
Dubrovnik	2,8/ 6	30,9/13	24,1/ 8	17,3/3	8,6/2
medijan	6,4/14	20,1/ 8	24,1/ 9	.	.
raspon	14,4/16	24,4/10	49,0/ 2	.	.
Studeni — November					
Varaždin	7,3/25	14,9/18	24,6/10	17,2/2	0,4/2
Zagreb	10,2/22	13,6/21	20,1/11	16,2/2	0,7/2
Sl. Požega	7,1/26	10,3/22	14,9/14	14,1/1	3,3/1
Ilok	4,7/26	9,6/20	8,1/11	8,5/1	4,5/1
Karlovac	13,9/25	19,0/22	30,0/11	24,0/2	2,6/1
Ogulin	20,7/26	26,1/23	43,5/12	53,4/2	6,2/2
Rovinj	15,0/20	18,1/20	26,7/12	23,5/2	1,5/1
Senj	27,3/21	25,7/20	40,5/12	35,4/1	—
Mali Lošinj	16,0/21	17,3/23	30,3/12	20,8/3	0,3/1
Gračac	30,7/23	43,9/26	70,0/14	79,6/2	—
Imotski	12,7/19	42,5/24	63,1/12	55,1/1	—
Lastovo	5,8/14	17,2/25	17,0/12	7,3/1	6,9/1
Dubrovnik	8,7/19	30,3/20	46,6/11	15,9/1	8,8/2
medijan	12,7/22	18,1/22	30,0/12	.	.
raspon	26,0/12	34,3/ 8	61,9/ 4	.	.

## LITERATURA

- Alt, E., *Klimakunde von Mittel- und Südeuropa*; Köppen-Geiger: Handbuch der Klimatologie, Bd. III, Teil M, Berlin, 1932, str. 28
- Biel, E., *Climatology of the Mediterranean Area*, Univ. of Chicago Press, Chicago, 1944, str. 73—78.
- Borko, M., *Ovisnost sušnih razdobja v Sloveniji od splošne cirkulacije atmosfere*, Meteorološki zbornik, Društvo meteorologov Slovenije, II, Ljubljana, 1959, str. 37—47
- Conrad, V., *Beiträge zu einer Klimatographie der Balkanländer*, Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss., Wien, Mathem. Naturw. Kl., Abt. IIa, Bd. 130, Wien, 1921.
- Deutsch, P., *Die Niederschlagsverhältnisse im Mur-, Drau- und Savegebiete für den Zeitraum 1891 bis 1900*. Geographischer Jahresbericht aus Österreich, 6 Wien, 1907.
- Deutscher Wetterdienst, *Monatlicher Witterungsbericht*, Offenbach a. M., 1951—1977.
- Fischer, Th., *Studien über das Klima der Mittelmeerländer*, Ergänzungsheft No 58 zu Pettermann's Mitt., Gotha 1879.
- Franović, A., *Die Regenverhältnisse Croatiens*, Mittheilungen der Geographischen Gesellschaft, Wien, 1891, str. 13—33 390—407
- Furlan, D., *Rasporedba padavin v Jugoslaviji kot odsev »monsunskega« strujanja v Evropi*, Geografski vestnik, 29—30 (1957—1958), Ljubljana, str. 141—168.
- Furlan, D., *The Climate of Southeast Europe*; World Survey of Climatology, Vol. 6 (C. C. Wallen ed.), Elsevier, Amsterdam, 1977, str. 185—223.
- Gavazzi, A., *Geografski raspored največje in najmanjše povprečne mesečne množine padavin na Balkanskem polotoku*, Geografski vestnik, St. 1 (1925), Ljubljana, str. 1—7.
- Gavazzi, A., *Horizontalni raspored največjih i najmanjih prosječnih mjesečnih množina padalina na Balkanskem poluotoku*, Hrvatski geografski glasnik, Sv. 1. (1929), Zagreb, str. 14—21.
- Goldberg (Letnik), J., *Vremenske pojave, poglavlje u S. Škreb i sur.: Klima Hrvatske*, Geofizički zavod, Zagreb, 1942, str. 8—15.
- Hann, J., *Untersuchungen über die Regenverhältnisse von Österreich-Ungarn*, Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften in Wien, I Theil (October), Bd. 80, II Theil (Jänner) 1879, 1880.
- Hellmann, G., *Untersuchungen über die jährliche Periode der Niederschläge in Europa*, Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften, 1924, X—XII.
- Hess, P., H. Brezowsky, *Katalog der Grosswetterlagen Europas*, Berichte d. Deutsh. Wetterd. US Zone, 33, Bad Kissingen, 1952.
- Igrec, D., *Wetterlagen die grosse Niederschlagsmengen in Gorski Kotar verursachen*, 6. Congrès International de Météorologie Alpine — Bled, 1969, Institut hydrométéorologique federal, Beograd, 1962, str. 211—22.
- Kerner, D., *Untersuchungen über die Veränderlichkeit der jährlichen Niederschlagsperiode im Gebiete zwischen der Donau und nördlichen Adria*, Meteorologische Zeitschrift 25 (43) (1908), str. 274—275.
- Lamb, H. H., *Climate — Present, Past and Future*, Vol. 1, Methuen a. Co Ltd, London, 1978, str. 174.
- Margetić, F., *Oborina*, poglavlje u S. Škreb i sur.: *Klima Hrvatske*, Geofizički zavod, Zagreb, 1942, str. 104—123.
- Margetić, F., *Oborine*, Pomorska enciklopedija Leksikografskog zavoda, sv. 5, Zagreb, 1958, str. 592—603.
- Oppitz, O., *Raspored padalina na Balkanskem poluotoku po godišnjim dobima u postocima*, Glasnik Geografskog društva, sv. XXII, Beograd, 1936, str. 50—57.
- Penzar, B., *Schulzeovi koeficijenti godišnjeg hoda oborine u FNRJ*, Vesnik hidromet. službe FNRJ, Beograd, 8 (1959), 1—2, str. 32—38.
- Penzar, B., *Neki podaci o tipovima vremena uz istočnu obalu Jadrana*, Hidrografski godišnjak za 1963., Split, 1963, str. 111—157.
- Penzar, B., *Neke osobine tipova vremena na Jadranu*, Hidrografski godišnjak za 1967., Split, 1968, str. 99—124.

- Penzar, B., I. Penzar, Prilog objašnjenju godišnjeg hoda oborine, Savjetovanje o vremenu i klimi u brdsko-planinskim područjima Jugoslavije, Kopaonik, 23. i 24. VI 1980, Rep. hidrometeor. zavod SR Srbije, sv. II, str. 36 — 46.
- Peti, D., Neka termodinamička svojstva zraka uz frontalne plohe nad SR Hrvatskom, diplomatska radnja na Priir.—mat. fakultetu, Zagreb, 1981.
- Pleško, N., Maximum Daily Precipitation in Gorski Kotar and Lika (Yugoslavia) in Relation to the Overflying Air-Stream, Distribution of Precipitation in Mountainous Areas, Geiko Symposium, Norway 1972, WMO No 326, Geneva, 1972, str. 186—197.
- Poje, D., Sehr starke Winde über Jugoslawien und Niederschläge in Gorski Kotar, La Météorologie, No 10 — 11/1969, str. 299 — 305.
- Potočnjak, L., Nauka o podneblju i zračnih pojavih, Zagreb, 1878, str. 140—149.
- Ranković, S., Globalna analiza nekih karakterističnih osobina raspodele padavina u Jugoslaviji, IX. savjetovanje klimatologa Jugoslavije, Sarajevo 1973., SHMZ, Beograd, 1974, str. 133—144.
- Raulin, V., Ueber die Regenvertheilung auf der Balkan-Halbinsel, Zschr. d. Oesterr. Ges. f. Meteorologie, 1874, str. 28 — 232.
- Raulin, V., Die Regenvertheilung auf der Balkanhalbinsel 1871—1890, Meteor. Zschr., 1895, str. 426—431.
- Rein, F., Zeitdauer der Hälfte der jährlichen Niederschlagsmenge in Jugoslawien, Zbornik met. i hidr. radova, br. 5, SHMZ, Beograd, 1974, str. 159—161.
- Reja, O., Odnosaji med padavinami in cikloni v Jugoslaviji, Geografski vestnik, sv. 9, Ljubljana, 1933, str. 165—180.
- Republički hidrometeorološki zavod SR Hrvatske, Atlas klime SR Hrvatske, Zagreb, 1977.
- Savezni hidrometeorološki zavod, Padavine u Jugoslaviji. Rezultati osmatranja za period 1925—1940. Prilozi ponavanju klime Jugoslavije 2, Beograd, 1957.
- Savezni hidrometeorološki zavod, Atlas klime SFR Jugoslavije, Beograd, 1969.—
- Sonklar, C., Grundzüge einer Hyetographie des österreichischen Kaiserstaates, Mittheilungen der k. k. Geographischen Gesellschaft in Wien, 1860.
- Skreb, S., Dnevni i godišnji period kiše u Zagrebu, »Rad« JAZU, knj. 236, Zagreb, 1929, str. 1—44.
- Skreb, S., Oborine u Hrvatskoj i Slavoniji 1901.—1910. Rezultati opažanja i karte izohijeta, Zagreb, 1930.
- Trzebitzky, F., Studien über die Niederschlagsverhältnisse auf der südosteuropäischen Halbinsel, Zur Kunde der Balkanhalbinsel, Sarajevo, 1911.
- Vajel, J., Raspodjela padavina na istočnoj obali Jadrana, Hidrografski godišnjak za 1955., Split 1956, str. 115—134.
- Vemić, M., O jednom novom kriterijumu za procenu kontinentalnosti pluviometrijskog režima i kontinentalnosti mesta, Geografski pregled, god. 3, Sarajevo, 1959, str. 5—26.
- Vujević, P., O geografskoj podeli i režimu kiša u našoj državi, Glasnik Ministarstva poljoprivrede i voda, god. V. br. 20, Beograd, 1927, str. 33.
- Vujević, P., Podneblje FNR Jugoslavije, Prirodno-matematički fakultet, Beograd, 1953, str. 1—46.
- Vujević, P., Razlika u visini letnjih i jesenjih padavina kao merilo njihovog maritimiteta odnosno kontinentaliteta, Zbornik radova SAN, Beograd, 1955, knj. 16, Geografski institut, knj. 10, str. 1 — 18.

## Summary

## ON THE POSITION AND THE CAUSES OF THE EXTREMES IN THE ANNUAL COURSE OF PRECIPITATION IN CROATIA

## PART II

by

Branka Penzar, Ivan Penzar

In the second part of the study, it has been tried to explain the existence of primary and secondary extremes in annual precipitation courses in Croatia. In all-not numerous-previous studies the annual maxima were connected to the cyclones with relatively high frequency in the month concerned, according to Van Bebber or Weickmann. In this study efforts have been made to find a cause for every particular precipitation event during 14 year time interval. In spite of the fact that there were cases for which it has been impossible to define a single cause for precipitation (so-called mixed type disturbances) — it came out that there exist considerable differences among the types of disturbances causing precipitation in various parts of a year. It came out also that in addition to cyclones on the Van Bebber pathway No V, the air fronts without a cyclonic activity near or on the territory of Croatia have an important role in precipitation regime. The results presented in tab. I, II, 3 and 4 can be summarized as follows:

The main precipitation maximum over the larger part of Croatia, falling in **November**, is caused as much by the Mediterranean or Adriatic cyclones as by the cyclones passing from the Adriatic into the continent and by the atmospheric fronts with no cyclone in the neighbourhood (Fig. 14).

The maximum in **June** in the continental area is also the result of various atmospheric disturbances. The most important are the fronts without a cyclone in the neighbourhood, then the lows passing from Adriatic to the continent as well as the ones coming from Atlantic and moving over Central Europe (Fig. 17).

The secondary maximum in **April**, appearing in mountain part of the country, should be due to increasing number of cyclones on the pathway from Adriatic into the continent and to the cyclonless fronts (Fig. 15 and 16).

In **July**, when the northernmost part of Croatia has the precipitation maximum, and when at the same time on the Adriatic and closest hinterland the minimum appears, the precipitation originates mostly from the cold air penetrations from Atlantic, formed as cold fronts. As the subtropical high and the cyclone activity belt at the time has its most northern position, the majority of disturbances influences only the weather of northern Croatia, not being able to reach Adriatic (Fig. 18 and 19).

The continental minimum in **March** results from relatively small differences between maritime and continental air masses at the part of a year, when the land is still cold and the sea is not warm yet.

The new minimum in **October** is due to same change in general atmospheric circulation. In the second half of this century the number of the weather types incapable to produce a rain over the continental Croatia (especially the type HM according to Baur) increased in October and decreased in November.

The boundary between two basic types of precipitation regimes in Croatia can be determined according to the summer extremes. At the time, the northern Croatia is under the influence of middle latitude circulation belt, and the southern part of the country enters into subtropical circulation belt. Following the previously described criteria the boundary should be the line No 5 or 6 on Fig. 3 or line 1 on Fig. 1.