

**O POLOŽAJU I UZROCIMA EKSTREMA U GODIŠNJEM HODU  
OBORINE U HRVATSKOJ  
DIO I**

BRANKA PENZAR, IVAN PENZAR

**Uvod**

Možda se ni o jednom elementu klime u našim krajevima nije toliko pisalo kao o oborini. O samom godišnjem hodu oborine i njegovoj prostornoj raspodjeli u Hrvatskoj, te eventualno o uzrocima te raspodjele naći ćemo podataka u tridesetak rasprava ili prikaza u posljednjih nešto više od sto godina.

Ispočetka je oborina u Hrvatskoj bila obrađivana zajedno s oborinom u ostalim zemljama austrijske odnosno ugarske krune. Prva takva obrada je iz 1860., a izradio ju je Sonklar na temelju mjerenja do 1857. ili 1858., iz čega vidimo da iz Hrvatske nije mogao imati ni jedan dulji niz mjerenja. 1879. izašao je Hannov rad *Untersuchungen über die Regenverhältnisse von Österreich-Ungarn*, u kojem se poslužio i postojećim duljim nizovima mjerenja iz Hrvatske kojih tada još nije bilo mnogo.

Prvi sustavni prikaz oborine u jednom dijelu Hrvatske (banskoj Hrvatskoj) potječe od Franovića iz 1891. Na raspolaganju je imao mjerenja na 40 stanica duljine od 30 do 4 godine. Podaci su savjesno kritički pregledani, interpolirani i reducirani, a neki od njih i prvi puta objavljeni. Rasprava ima 37 stranica i sadrži opširno razmatranje o količinama oborine (uključivši godišnji hod i promjenljivosti), broju dana s oborinom (uključivši i vjerojatnosti) i intenzitetu. Razmatra se utjecaj nekih klimatskih faktora i uspoređuju se rezultati s poznatim podacima za susjedne dijelove Evrope. U svemu se vidi da je rad pisan po uzoru na Hanna i da je autor poznavao svu postojeću važniju meteorološku literaturu. U vezi s godišnjim hodom oborine slijedeća tablica o nastupu ekstrema sažima Franovićeve rezultate (potcrtano) koje je nadopunio onim što je bilo već poznato za susjedne krajeve.

	Maksimum	Minimum	Tip god. hoda
Sredozemna provincija	zima	ljetno	oceanski
Hrv. Primorje i planinski dio	jesen	ljetno	suboceanski
Dalmacija	Jesen	ljetno	
Gorje u zap. Hrvatskoj	jesen	zima	subkontinentalni
Istočnoevropska provincija	ljetno	zima	
Gorje i nizina u ist. Hrv.	ljetno	zima	kontinentalni

Ovaj rad izrađen je u okviru teme Istraživanje higričkih prilika SR Hrvatske i potmognut je od Republičke zajednice za znanstveni rad SR Hrvatske, SIZ III.

Ostali radovi iz prošloga stoljeća polaze od nedostatnih mjerenja, pa ni opisu godišnjih hodova u njima ne bi trebalo pridavati veću težinu.

Kerner je 1908. temeljito i opsežno razmotrio pluviometrijske kvocijente u razdoblju od 35 godina duž jednoga profila koji završava u Trstu, Puli, Hvaru.

Rad Trzebitskog iz 1911. ima opet manu što se temelji na kratkom nizu mjerenja od svega 11 godina, ali je novost u njemu pokušaj tumačenja nekih ekstrema. Za ljetno smanjenje oborine na Balkanskom poluotoku od sjevera prema jugu smatra odgovornim pasatne vjetrove, za jesenski maksimum niski tlak u sjevernom Jadranu, a zimsku raspodjelu oborine pripisuje polju tlaka, ali bez daljnega objašnjenja.

U dvadesetim i početkom tridesetih godina ovoga stoljeća mnogo se pisalo o godišnjem hodu oborine u našim krajevima.

Prvi u toj grupi izašao je 1924. Hellmannov vrlo temeljit i dokumentiran prikaz godišnjega hoda oborine za cijelu Evropu. Hellmann je proučio i opisao raspored oborinskih ekstrema u Evropi te pronašao izvjesne pravilnosti u njemu. Kao i neki prethodnici, Hellmann razlikuje kontinentalni i maritimni tip godišnjeg hoda, a u njihovo tumačenje ulazi toliko koliko je tadašnje stanje meteorologije dopuštalo. Tako npr. kratko piše: Najjužniji dijelovi Evrope čine rub tzv. subtropske oborinske zone sa suhim ljetom i kišovitom zimom. Za rujana, koji nigdje u Evropi nema mnogo oborine, navodi opširnije da tada nastupa prijelaz iz ljetnoga na zimsko polje tlaka i da prema srednjim pentadnim kartama uski jezik visokog tlaka putuje od zapada i širi se prema istoku Evrope, što je uzrok vedrom i mirnom vremenu. Osim toga, za ljetne oborine smatra da su endogenog izvora te da veliki udio u njima dolazi od lokalnog isparavanja u doba jakoga grijanja. To se shvaćanje izriječkom ili prešutno provlači i u kasnijim radovima raznih autora. Ovdje odmah spominjemo da je Furlan 1957/58. ustvrdio da su u Jugoslaviji sve spomena vrijedne oborine frontalnog porijekla.

Gavazzi (Franović) je 1925. u raspravi koja se odnosi na Balkanski poluotok najavio u drugom dijelu tumačenje godišnjeg hoda oborine. Nismo mogli ustanoviti je li taj dio izašao. Ali ubrzo su objavljene dvije rasprave koje tretiraju godišnji hod oborine i to Vujevićeva 1927. (»na našoj državi«) i Gavazzieva 1929. (»na Balkanskom poluotoku«). Obje su vrlo slične po sadržaju i obje pripisuju maksimume u godišnjem hodu oborine depresijama na Van Bebberovim stazama br. V. Tu se autori pozivaju samo na usporedbu godišnjeg hoda čestina depresija na pojedinoj stazi i položaja oborinskog maksimuma u pojedinom. kraju. Gavazzi je uzeo Weickmannove podatke o čestinama, a Vujević je prema četiri autora sam izveo relativne čestine depresija. Vujević još napominje da bi bilo bolje poznavati apsolutni broj ciklona na svakoj stazi, a ne relativne čestine (»jer se može desiti da se jednom putanjom godišnje kretalo nekoliko puta manje depresija nego drugom, pa procentualne vrednosti ne bi odgovarale stvarnosti«).

Zanimljiv je i Rejin rad iz 1933. Tu smo za naše krajeve prvi puta našli da se pokušava na neki način pokazati veza između oborine i baričkog polja. Karte dnevnih izohijeta uspoređene su s kartama izobara za Evropu i nađeno je za svako od tih polja 5 korespondentnih tipova. No zaključci su izvedeni samo iz jedne godine, a polje tlaka promatrano je sasvim statički.

Margetičev prikaz oborine u Klimi Hrvatske (1942.) svakako je važan jer se osniva na dugim i ispitanim nizovima mjerenja, sadrži pregledan opis tipova godišnjeg hoda i tumačenje koje je, premda na prvi pogled vrlo slično Vujevićevom i Gavazzievom, zapravo mnogo bliže stvarnosti. Iz njega naime čitatelj ne stječe dojam da bi ciklone na stazama br. V bile jedini uzrok oborina, niti da bi Van Bebberove staze bile jedini mogući putovi ciklona.

Vujevićevo Podneblje FNR Jugoslavije iz 1953. ne sadrži u pogledu oborine bitnih novosti u odnosu na njegov rad iz 1927.

U zadnje vrijeme bilo je nekoliko radova koji se bave granicom između kontinentalnog i maritimnog oblika godišnjeg hoda oborine. Izašla su također tri rada (B. Penzar, 1967, D. Poje 1969, N. Pleško 1972) koji ne govore o godišnjem hodu oborine, ali se u njima prvi puta konkretna mjerenja oborine u nekom dijelu Hrvatske povezuju s konkretnim tipom strujanja.

Dok se svi prije objavljeni prikazi godišnjeg hoda oborine temelje na mjerenjima u prošlom ili prvoj polovici ovoga stoljeća, 1973. je S. Ranković prikazala položaj glavnih ekstrema u Jugoslaviji i granicu između kontinentalnog i maritimnog oborinskog režima za razdoblje 1931—1960. Iz njezinog prikaza i Atlasa klime SFRJ može se zaključiti — premda to izrijeckom ne piše, jer nije ni bilo predmet istraživanja — da u Hrvatskoj, barem što se tiče položaja jesenskog maksimuma situacija sredinom 20. st. nije ista kao što je bila prije.

Pregled literature treba završiti najnovijim prikazom klime jugoistočne Evrope u Landsbergovoj ediciji *World Survey of Climatology*, vol. 6 (Furlan, 1977). Opis godišnjeg hoda oborine je tu vrlo kratak, budući da je trebalo pisati o svim elementima klime. Međutim, objašnjenje toga, samo u glavnim crtama naznačenog godišnjeg hoda, čini se previše oskudno za današnje stanje klimatologije u nas i u svijetu. To tim više jer se u istom volumenu drugi autori prikazujući dinamički klime u srednjoj Evropi nisu žicali kritički i uz izvjestan oprez upotrijebiti i starije rezultate npr. o jadranskim i sredozemnim ciklonima, tamo gdje novijih nije bilo.

Uzevši u obzir dosad navedeno kao i činjenicu da se u literaturi kao mjesec jesenskog maksimuma oborine u Hrvatskoj navodi listopad, što se ne slaže s novijim zagrebačkim mjerenjima, smatramo da još uvijek ima razloga razmatrati godišnji hod oborine u Hrvatskoj.

Ovo se proučavanje osniva na do sada najgušćoj mreži oborinskih mjerenja. Cilj mu je da se što potpunije upozna i prikaže godišnji hod količina oborine za klimu koja vlada u trećoj četvrtini ovoga stoljeća, te da se pođe korak dalje u dinamičkom tumačenju oborinskog režima u cijeloj Hrvatskoj.

### Podaci i razdoblje

Ovo istraživanje započelo je u okviru znanstvenog zadatka izrade nove karte Köppenovih tipova klime u Hrvatskoj, rađene na Geofizičkom zavodu u dogovoru s Geografskim odjelom Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Za oborinu su upotrebljene mjesečne količine na 208 meteoroloških stanica, kako su objavljene u Meteorološkim godišnjacima Hidrometeorološke službe od 1950. do 1974., te iz arhive Republičkog hidro-

meteorološkog zavoda za 1975., 1976. i 1977. U tom razdoblju od 28 godina potpuna mjerenja oborine imale su 54 stanice. Svima ostalima nedostajala je makar po jedna mjesečna količina oborine.

Manjkavi podaci bili su interpolirani odnosno reducirani na razdoblje 1950—1977 pomoću kvocijenta sinhronih mjesečnih količina na dotičnoj i susjednoj meteorološkoj stanici. Ako »susjedna« stanica, zbog prevelike udaljenosti ili zbog drugačije konfiguracije okolnog terena nije bila prikladna za redukciju ili interpolaciju, što je pokazala grafička metoda akumuliranih suma ili numerička usporedba odgovarajućih varijanaca, onda su za redukciju ili interpolaciju uzete dvije ili tri najbliže stanice. Najkraće nizove mjerenja koji su reducirani na 28-godišnje razdoblje imale su visinske postaje Mosor-Ljuvač (12 godina i 8 mjeseci) i Stipanov Grič (14 godina i 9 mjeseci).

Na taj je način dobiven srednji godišnji hod oborine u Hrvatskoj u razdoblju 1950—1977, koji je bio upotrebljen za izradu klimatske karte, a na kojem se temelji i ovaj prikaz.

Osim toga, za mjesece u kojima se nalaze ekstremi u srednjem godišnjem hodu razmatrane su dnevne količine oborine na odabranim stanicama usporedno s prizemnim i visinskim analizama troposfere nad Evropom. Izvori za te podatke bili su već spomenuti Meteorološki godišnjaci i Täglicher Wetterbericht njemačke meteorološke službe za 14 godina unutar razdoblja 1950—1977.

### Opis srednjeg godišnjeg hoda oborine

Zbog geografskog položaja i oblika SR Hrvatske koja se s jedne strane priključuje Sredozemlju, a s druge srednjoj Evropi, te donekle leži u zavjetrini Alpa, godišnji hod oborine nije jednak u svim njezinim krajevima. Na tom prostoru od klimatskih su faktora osobito promjenljivi nadmorska visina i Zemljino površje. Poznato je da oni silno djeluju na količinu oborine, pa je bilo potrebno ustanoviti da li utječu i na oblik njezinoga godišnjeg hoda.

Tab. 1 Visinska raspodjela meteoroloških stanica kojih su mjerenja upotrebljena u ovom radu

Nadmorska visina, m	Broj stanica
0 — 100	61
100 — 200	60
200 — 300	24
300 — 400	15
400 — 500	9
500 — 600	14
600 — 700	9
700 — 800	7
800 — 900	5
900 — 1000	2
1000 — 1100	0
1100 — 1200	1
-----	
1500 — 1600	1

Utjecaj same nadmorske visine na oblik godišnjega hoda oborine nije se mogao ustanoviti, premda smo raspolagali podacima iz dosta velikog raspona visina (tab. 1). Utjecaj reljefa je posredan i sastoji se prvenstveno u tome što veliki planinski masivi (Alpe, Dinaridi) i oblik obale u ovom dijelu Evrope donekle upravljaju putovima, pa i intenzitetom atmosferskih poremećaja koji donose oborinu. O tome će se nešto vidjeti u 5. poglavlju. Nismo mogli ustanoviti da bi izolirana brda ili gore modificirale oblik godišnjeg hoda u svojoj blizini, npr. na navjetrini ili zavjetrini prema glavnoj kišonosnoj struji.

Srednji godišnji hod oborine u Hrvatskoj prikazan pomoću 12 srednjih mjesečnih količina oborine može imati jedan par ili nekoliko parova ekstrema. U nekim radovima citiranima u literaturi razmatra se samo jedan par ekstrema, najveća i najmanja količina u srednjem godišnjem hodu. U svim radovima takav se par naziva glavnim ekstremima, dok su ostali sporedni ili sekundarni ekstremi.

Imajući na umu da oborina ovisi o mnogim utjecajima, tako da srednje mjesečne količine mogu biti smatrane slučajnom varijablom, nismo se mogli zadovoljiti time da onaj maksimum u godišnjem hodu, koji je možda samo za nekoliko milimetara manji od najveće mjesečne količine, zovemo sporednim maksimumom. Osim toga smatrali smo važnim je li neki ekstrem na krivulji godišnjeg hoda oštro izražen ili je zaobljen. U prvom slučaju može se uzeti da su i u pojedinim godinama ekstremne količine oborine koncentrirane u dotičnom mjesecu, dok u drugom slučaju to neće vrijediti.

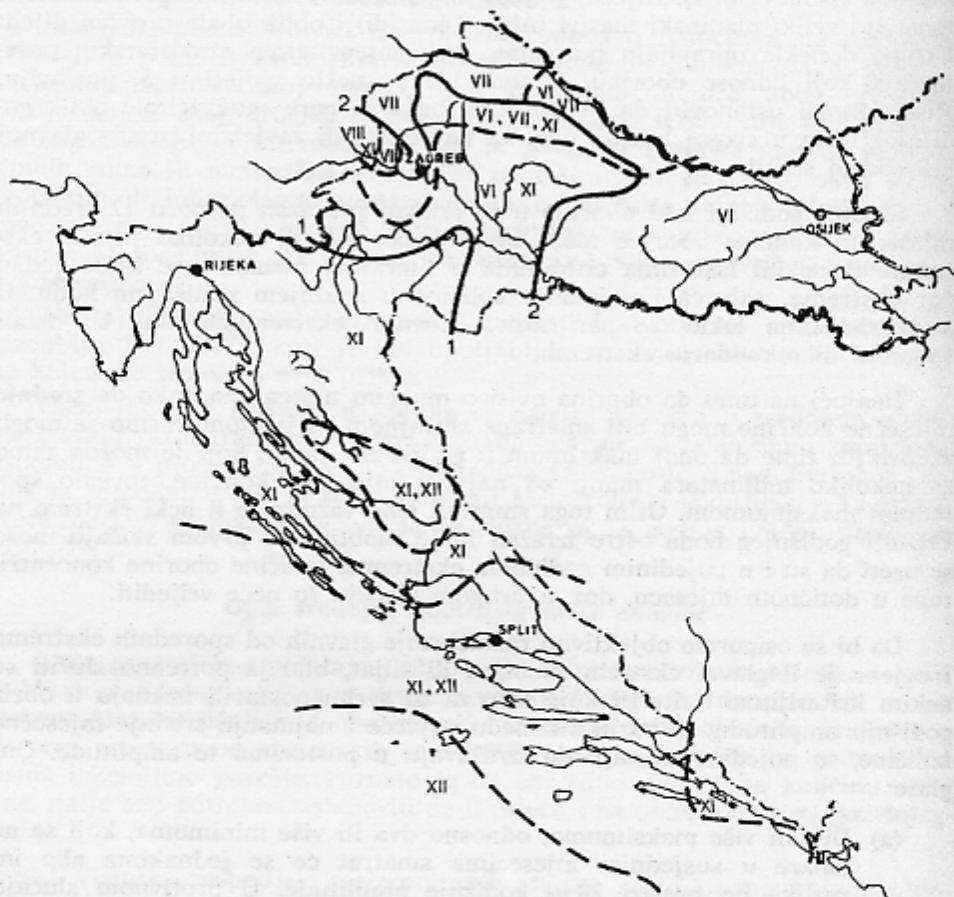
Da bi se osiguralo objektivno razlučivanje glavnih od sporednih ekstrema i ocjena je li glavni ekstrem zaobljen ili šiljat, bilo je potrebno služiti se nekim kriterijima. Kriteriji koje smo za tu svrhu postavili uzimaju u obzir godišnju amplitudu, tj. razliku između najveće i najmanje srednje mjesečne količine, te pojedina odstupanja izražavaju u postocima te amplitude. Oni glase:

- (a) Dva ili više maksimuma, odnosno dva ili više minimuma, koji se ne nalaze u susjednim mjesecima smatrat će se jednakima ako im razlika ne prelazi 20% godišnje amplitude. U protivnom slučaju veći maksimum, odnosno manji minimum, smatrat će se glavnim, a ostali će biti uzeti kao sporedni.
- (b) Glavni ekstrem je zaobljen, tj. pada u 2 ili čak 3 susjedna mjeseca, ako se količine oborine dotičnih mjeseci razlikuju za manje nego što iznosi 10% godišnje amplitude. U protivnom maksimum, odnosno minimum je šiljat i pada samo u jedan mjesec.

Kriterijem (a) razlučeni su glavni od sporednih ekstrema. Na glavne je ekstreme primijenjen zatim kriterij (b). U slučaju sporednih takav se kriterij ne bi mogao dosljedno provesti, jer bi se time izgubila iz vida manja izbočenja i udubljenja na silaznom odnosno uzlaznom dijelu krivulje godišnjeg hoda, koja su ipak karakteristična za neke dijelove Hrvatske.

Položaj glavnih ekstrema prikazan je na slikama 1 i 3, a položaj sporednih na slikama 2 i 4.

Iz sl. 1 vidljiva su tri velika područja s obzirom na položaj glavnog maksimuma.



Sl. 1 — Položaj glavnih maksimuma u godišnjem hodu oborine  
Fig. 1 — Main maxima position in annual course of precipitation

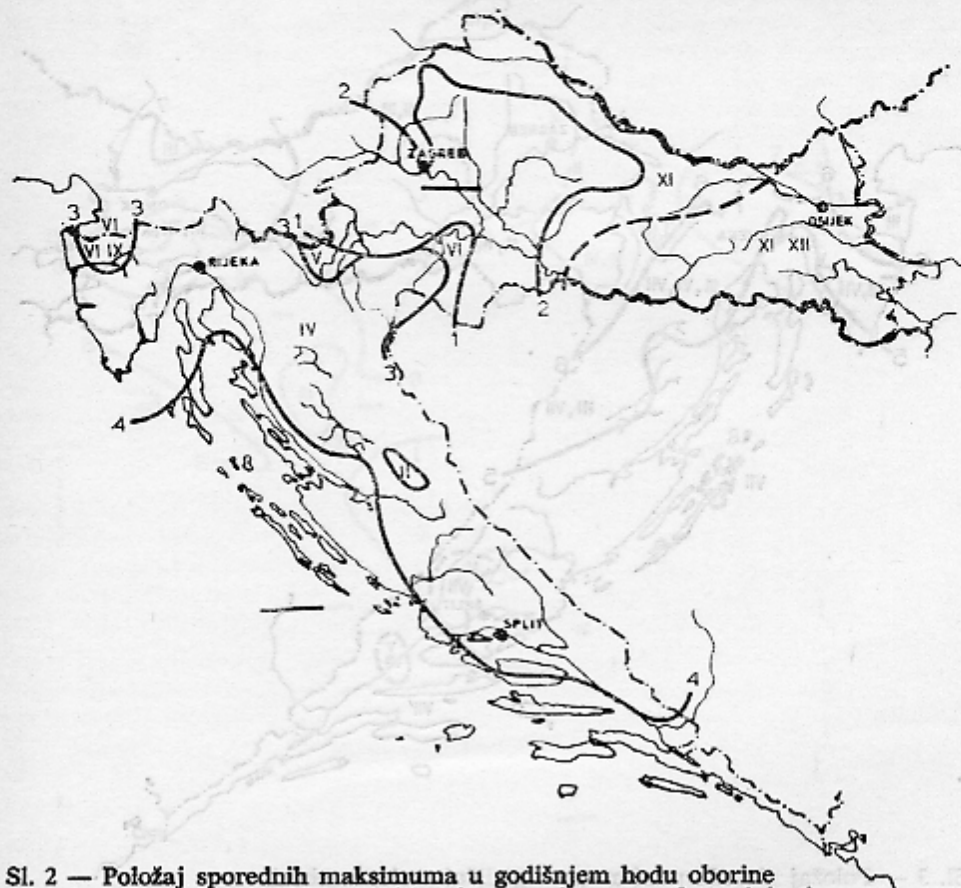
Primorski i planinski dio Hrvatske, tj. njezin južni i jugozapadni dio, omeđen prema ostaloj Hrvatskoj linijom 1—1, ima glavni maksimum oborine na prijelazu iz jeseni u zimu. Unutar toga područja razlikuje se 5 oblika glavnog oborinskog maksimuma s obzirom na to je li šiljat ili je zaobljen i u kojem se mjesecu nalazi. Raspodjelu tih pet oblika u pojedinostima nije moguće prikazati na sitnijoj karti, jer se neki oblici javljaju na jednom ili dva područja veličine manje od tridesetak kvadratnih kilometara. Njihov raspored čini se nepravilnim i teško bi ga bilo opisati, a još teže objasniti. Međutim tri oblika glavnog maksimuma prevladavaju i zauzimaju veće prostore, pa su na slici omeđeni crtkanim linijama. Oni pokazuju da se u promatranom području idući od sjevera prema jugu glavni oborinski maksimum premiješta iz kasne jeseni na ranu zimu. U sjevernom dijelu toga

područja on je pretežno šiljat i pada u studeni, zatim, nešto južnije postaje zaobljen i nalazi se u studenom i prosincu, da bi na otvorenom dijelu srednjeg, a vjerojatno i južnog Jadrana postao opet šiljat i prešao na prosinac.

Pomak maksimuma od jeseni na zimu kako zalazimo dublje u mediteransko područje ustanovili su još Trzebitzky i Hellmann, ali s tom razlikom da su u njihovo doba najsjeverniji dijelovi mediteranskog područja, među njima sjeverna i sjeveroistočna obala Jadrana s dosta dubokim zaleđem imali maksimum u listopadu. U sadašnjoj klimi toga nema. Jedini trag listopadskog maksimuma vidjeli smo na 4 stranice (po jednoj u Istri, Gorskom Kotaru, Lici i Ravnim Kotarima) gdje je maksimum zaobljen tako da uz studeni zahvaća i listopad.

U najkontinentalnijem dijelu Hrvatske, tj. na sjever i istok od linije 2—2 glavni se oborinski maksimum nalazi na početku ljeta. U istočnom dijelu on je u lipnju, na krajnjem sjeverozapadu Hrvatske je u srpnju, a između toga je zaobljen i zahvaća oba mjeseca.

Treće područje predstavlja prijelaz između dva do sada spomenuta i nalazi se između linija 1—1 i 2—2. Tu postoje dva izrazita i podjednaka



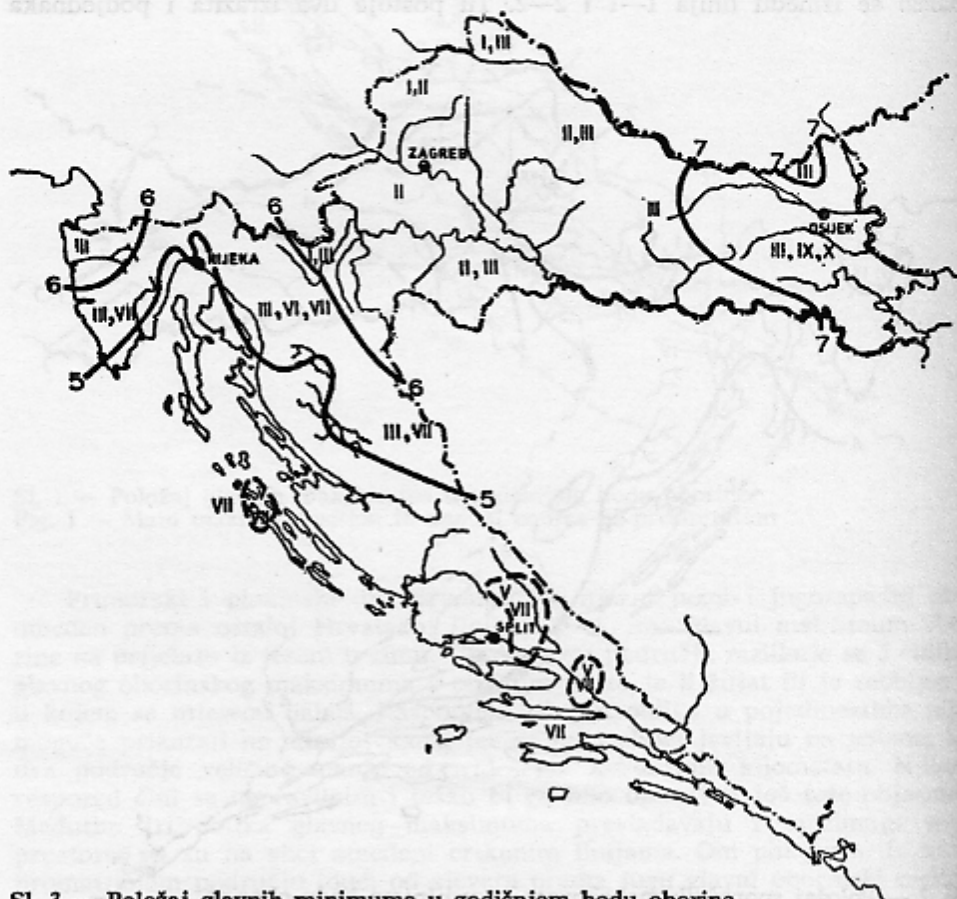
Sl. 2 — Položaj sporednih maksimuma u godišnjem hodu oborine  
Fig. 2 — Secondary maxima position in annual course of precipitation

maksimuma: onaj iz kasne jeseni i onaj iz ranog ljeta. Po položaju i obliku oni su takvi kao u susjednim dijelovima planinskog odnosno kontinentalnog područja, tj. jesenski je oštar i nalazi se u studenom, a ljetni je u lipnju, ali idući prema sjeveru zahvaća i srpanj, pa čak i kolovoz. Ovo posljednje potpuno je u skladu s Hellmannovim rezultatima da Alpe imaju nestalan položaj maksimuma u ljetnim mjesecima i da se inače u kontinentalnoj Evropi idući prema sjeveru maksimum pomiče sve dalje u ljeto.

Sporedni maksimumi nisu tako pravilno raspoređeni. Ipak se iz sl. 2, koja zato jer je sitna ne može taj raspored prikazati u pojedinostima, mogu vidjeti ove značajke.

— Linije 1-1 i 2-2 iste su kao na prethodnoj slici. One omeđuju područje s dva jednaka maksimuma oborine. Sporednih maksimuma u tom području nema.

— Od linije 2-2 na sjever i istok, gdje je glavni maksimum u ljetu, sporedni se nalazi na prijelazu iz jeseni u zimu. Dakle, kasnojesenski maksimum oborine postoji u cijeloj Hrvatskoj, na većem području on je glavni, a u najkontinentalnijem dijelu je sporedni.



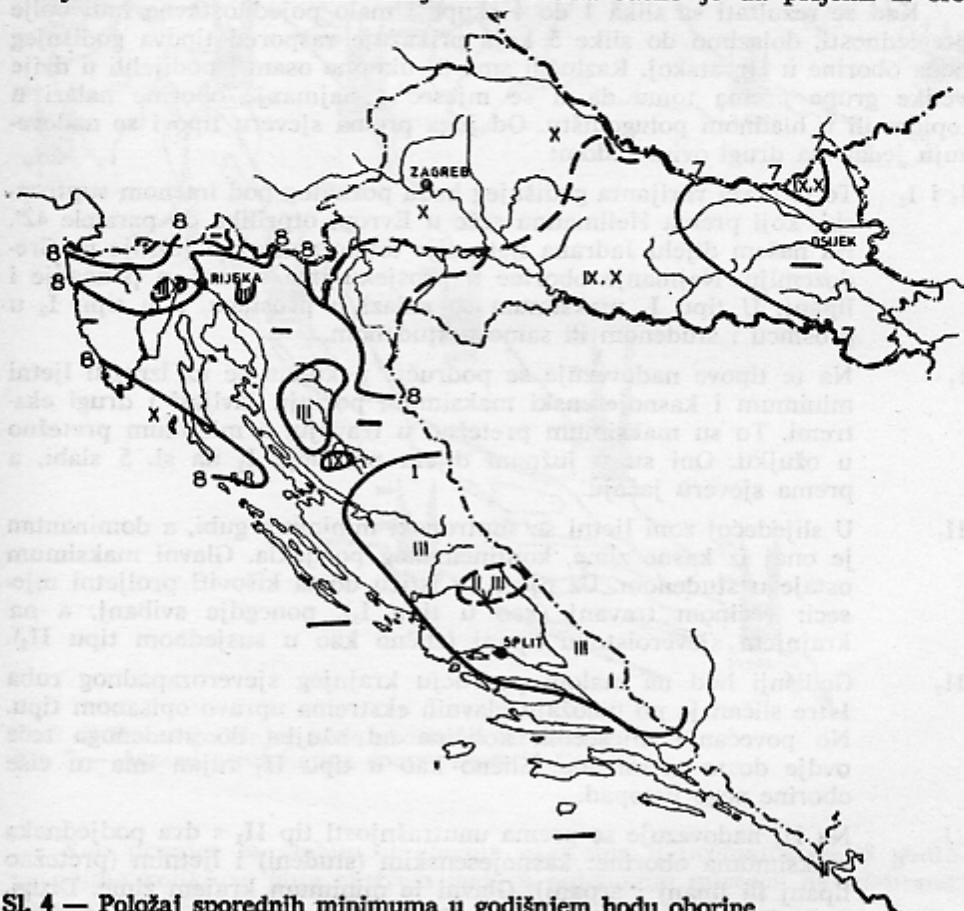
Sl. 3 — Položaj glavnih minimuma u godišnjem hodu oborine  
Fig. 3 — Main minima position in annual course of precipitation



— U planinskom dijelu Hrvatske zajedno s većim dijelom Istre i Kvarnera prevladava sporedni maksimum oborine u travnju, na sl. 2 između linija 3-3 i 4-4. Na nekoliko mjesta unutar toga predjela maksimum u travnju izostaje ili pak postoji u još kojem mjesecu osim travnja. Travanjski sporedni maksimum slabi idući prema jugoistoku. Zanimljivo je da je još 1878. Ivan Potočnjak, rodom Primorac, možda više iz vlastitog iskustva nego prema mjerenjima ovako označio oborinski režim našega krša: U svih kraških zemljah pada najviše oborina u mrtvu jesen (listopad, studeni) i u proljeće (travanj), akoprem ih pada dosta i u zimu.

— Južno od linije 4-4 samo je jedan, glavni maksimum u godišnjem hodu.

U raspodjeli glavnog oborinskog minimuma vrlo se lijepo očituje miješanje karakteristika kontinentalnog i sredozemnog oborinskog režima (slika 3). Južno od linije 5-5 prevladava minimum oborine u srpnju, što je značajno za cijelo Sredozemlje. Sjeverno pak od linije 6-6 glavni se minimum oborine nalazi u sredini ili na kraju zime, tj. ponegdje u siječnju, češće u veljači, a većinom u ožujku. Zna se da je zimski minimum tipičan za godišnji hod na kontinentima umjerenih širina. Jasno je da prijelaz iz sre-



Sl. 4 — Položaj sporednih minimuma u godišnjem hodu oborine  
Fig. 4 — Secondary minima position in annual course of precipitation

dozemnog na kontinentski režim ne može biti nagao. Prelazna zona nalazi se u Hrvatskoj između linija 5-5 i 6-6, gdje postoje dva podjednako jaka minimuma: ljetni i onaj iz kasne zime. Novost koja se pojavila u klimi treće četvrtine ovoga stoljeća je oborinski minimum početkom i sredinom jeseni u kopnenom dijelu Hrvatske. Istočno od linije 7-7 on je po intenzitetu usporediv s minimumom iz ožujka. Na sl. 4 ćemo vidjeti da kao sporedni minimum zahvaća još jedan veliki dio Hrvatske.

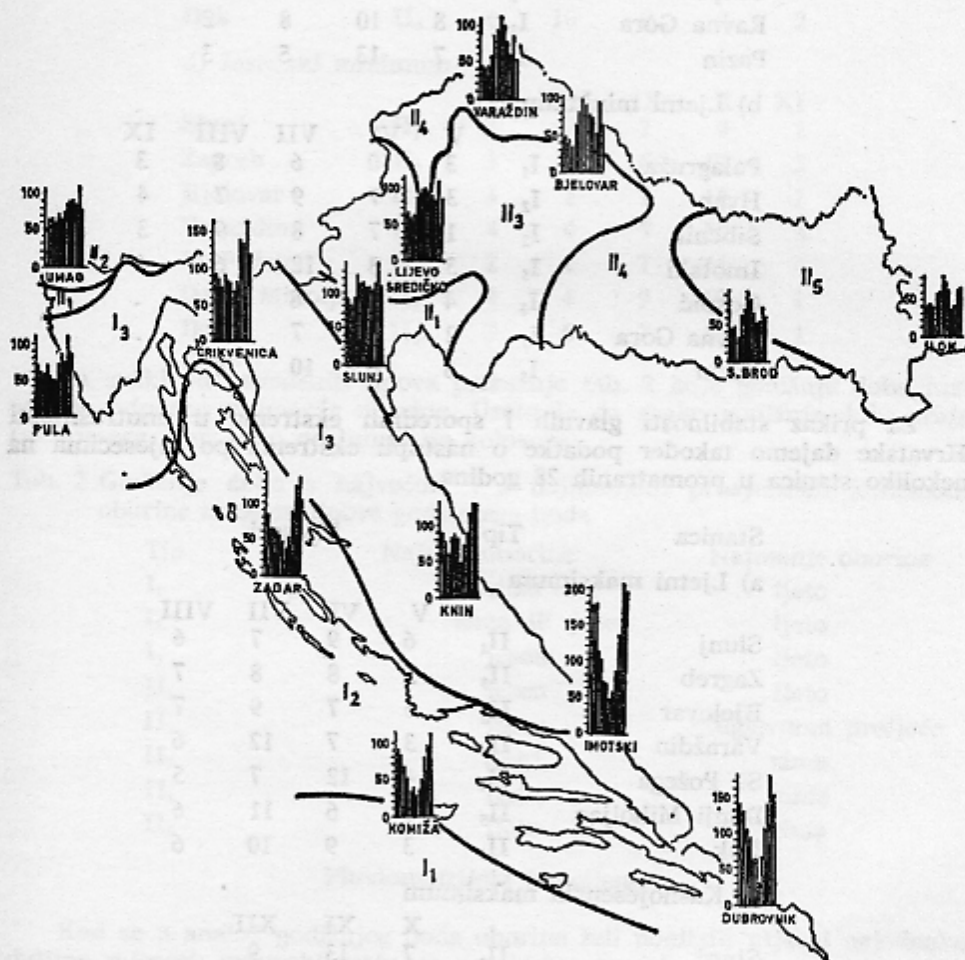
Nijedan od autora koji su opisivali oborinski režim ne spominje jesenski minimum oborine u kontinentalnoj Hrvatskoj, što je i razumljivo, jer je tu još sredinom ovoga stoljeća bio listopad vrlo kišovit. S. Ranković navodi da minimum u kolovozu srpnju i rujnu pripada maritimnom režimu u Jugoslaviji u razdoblju 1931—1960. U Atlasu klime SFRJ našli smo ipak glavni minimum u rujnu u jednom dijelu Vojvodine i Srbije.

Raspored sporednih minimuma (sl. 4) dosta je zamršen. Upozorili bismo ipak da se rujna, a osobito listopad kao mjesec sa sekundarnim minimumom oborine javlja u velikom dijelu sjeverne i zapadne Hrvatske, kako u unutrašnjosti, tako i na moru, između linija 7-7 i 8-8 na sl. 4.

Kad se rezultati sa slika 1 do 4 skupe i malo pojednostavne radi bolje preglednosti, dolazimo do slike 5 koja prikazuje raspored tipova godišnjeg hoda oborine u Hrvatskoj. Razlučili smo ih ukupno osam i podijelili u dvije velike grupe prema tome da li se mjesec s najmanje oborine nalazi u toplom ili u hladnom polugodištu. Od juga prema sjeveru tipovi se nadovezuju jedan na drugi ovim redom:

- $I_1$  i  $I_2$  To je blaža varijanta godišnjeg hoda poznatog pod imenom suprotropski, koji prema Hellmannu seže u Evropi otprilike do paralele  $42^\circ$ . Na našem dijelu Jadrana ljetno nije toliko suho kao južnije na Sredozemlju. Najmanje oborine u prosjeku ima srpanj, a ponegdje i lipanj. U tipu  $I_1$  maksimum se nalazi u prosincu, a u tipu  $I_2$  u prosincu i studenom ili samo u studenom.
- $I_3$  Na te tipove nadovezuje se područje u kojem se uz izraziti ljetni minimum i kasnojesenski maksimum počinju javljati i drugi ekstremi. To su maksimum pretežno u travnju, a minimum pretežno u ožujku. Oni su u južnom dijelu područja  $I_3$  na sl. 5 slabiji, a prema sjeveru jačaju.
- $II_1$  U slijedećoj zoni ljetni se suprotropski minimum gubi, a dominantan je onaj iz kasne zime, kontinentskog porijekla. Glavni maksimum ostaje u studenom. Uz njega se ističu dosta kišoviti proljetni mjeseci: većinom travanj (kao u tipu  $I_3$ ), ponegdje svibanj, a na krajnjem sjeveroistoku lipanj (slično kao u susjednom tipu  $II_3$ ).
- $II_2$  Godišnji hod na malom području krajnjeg sjeverozapadnog ruba Istre sličan je po položaju glavnih ekstrema upravo opisanom tipu. No povećanje mjesečnih količina od ožujka do studenoga teče ovdje dosta nepravilno. Slično kao u tipu  $II_3$  rujna ima tu više oborine nego listopad.
- $II_3$  Na  $II_1$  nadovezuje se prema unutrašnjosti tip  $II_3$  s dva podjednaka maksimuma oborine: kasnojesenskim (studeni) i ljetnim (pretežno lipanj ili lipanj i srpanj). Glavni je minimum krajem zime. Drugi, sporedni minimum je u listopadu.

II<sub>4</sub> i II<sub>5</sub> Još dublje u unutrašnjosti ljetni je maksimum jači od jesenskoga i treba ga smatrati glavnim. Idući od juga prema sjeveru on prelazi iz lipnja u srpanj. Sporedni, jesenski maksimum nalazi se u studenom, a na istoku ovog područja i u prosincu. Minimumi su na kraju zime (pretežno ožujak) i u prvom dijelu jeseni (rujan i listopad) s time da je u II<sub>4</sub> zimski jači od jesenskoga, a u II<sub>5</sub> razlika među njima iznosi manje od 20% godišnje amplitude, pa ih smatramo podjednakima.



Sl. 5 — Tipovi godišnjeg hoda oborine u Hrvatskoj  
Fig. 5 — Annual precipitation course types in Croatia

Kao primjer za stabilnost glavnih ekstrema u promatranih 28 godina navodimo koliko se puta ekstrem javio u pojedinom mjesecu na odabranim stanicama iz tipova I.

Stanica	Tip	Mjeseci				
a) Kasnojesenski odnosno zimski maksimum						
		X	XI	XII	I	
Palagruža	I <sub>1</sub>	4	5	10	9	
Hvar	I <sub>2</sub>	5	10	10	3	
Šibenik	I <sub>2</sub>	4	12	8	4	
Imotski	I <sub>3</sub>	4	10	11	3	
Gospić	I <sub>3</sub>	7	11	8	2	
Ravna Gora	I <sub>3</sub>	8	10	8	2	
Pazin	I <sub>3</sub>	7	13	5	3	
b) Ljetni minimum						
		V	VI	VII	VIII	IX
Palagruža	I <sub>1</sub>	3	10	6	8	3
Hvar	I <sub>2</sub>	3	7	9	7	4
Šibenik	I <sub>2</sub>	1	7	8	9	3
Imotski	I <sub>3</sub>	3	3	12	6	4
Gospić	I <sub>3</sub>	4	9	8	8	.
Ravna Gora	I <sub>3</sub>	2	8	7	11	.
Pazin	I <sub>3</sub>	8	6	10	4	.

Za prikaz stabilnosti glavnih i sporednih ekstrema u unutrašnjosti Hrvatske dajemo također podatke o nastupu ekstrema po mjesecima na nekoliko stanica u promatranih 28 godina.

Stanica	Tip	Mjeseci			
a) Ljetni maksimum					
		V	VI	VII	VIII
Slunj	II <sub>1</sub>	6	9	7	6
Zagreb	II <sub>3</sub>	5	8	8	7
Bjelovar	II <sub>3</sub>	6	7	9	7
Varaždin	II <sub>4</sub>	3	7	12	6
Sl. Požega	II <sub>4</sub>	4	12	7	5
Donji Miholjac	II <sub>5</sub>	5	6	11	6
Ilok	II <sub>5</sub>	3	9	10	6
b) Kasnojesenski maksimum					
		X	XI	XII	
Slunj	II <sub>1</sub>	7	13	9	
Zagreb	II <sub>3</sub>	9	12	7	
Bjelovar	II <sub>3</sub>	5	15	9	
Varaždin	II <sub>4</sub>	9	14	5	
Sl. Požega	II <sub>4</sub>	5	12	11	
Donji Miholjac	II <sub>5</sub>	6	12	10	
Ilok	II <sub>5</sub>	7	10	11	

## c) Zimski odnosno proljetni minimum

		I	II	III	IV	V
Slunj	II <sub>1</sub>	7	7	7	.	7
Zagreb	II <sub>3</sub>	4	9	9	5	2
Bjelovar	II <sub>3</sub>	4	10	10	5	.
Varaždin	II <sub>4</sub>	9	6	6	2	5
Sl. Požega	II <sub>4</sub>	4	9	8	4	3
Donji Miholjac	II <sub>5</sub>	5	10	11	1	1
Ilok	II <sub>5</sub>	6	10	9	2	2

## d) Jesenski minimum

		VII	VIII	IX	X	XI
Slunj	II <sub>1</sub>	3	7	7	9	2
Zagreb	II <sub>3</sub>	3	6	6	10	3
Bjelovar	II <sub>3</sub>	3	2	7	14	2
Varaždin	II <sub>4</sub>	4	4	7	10	4
Sl. Požega	II <sub>4</sub>	2	4	7	11	4
Donji Miholjac	II <sub>5</sub>	4	4	9	10	1
Ilok	II <sub>5</sub>	3	6	7	12	1

Za svaki od navedenih tipova prikazuje tab. 2 koje godišnje doba ima najviše odnosno najmanje oborine. Uzeto je da svako godišnje doba traje tri mjeseca, npr. ljeto od lipnja do kolovoza.

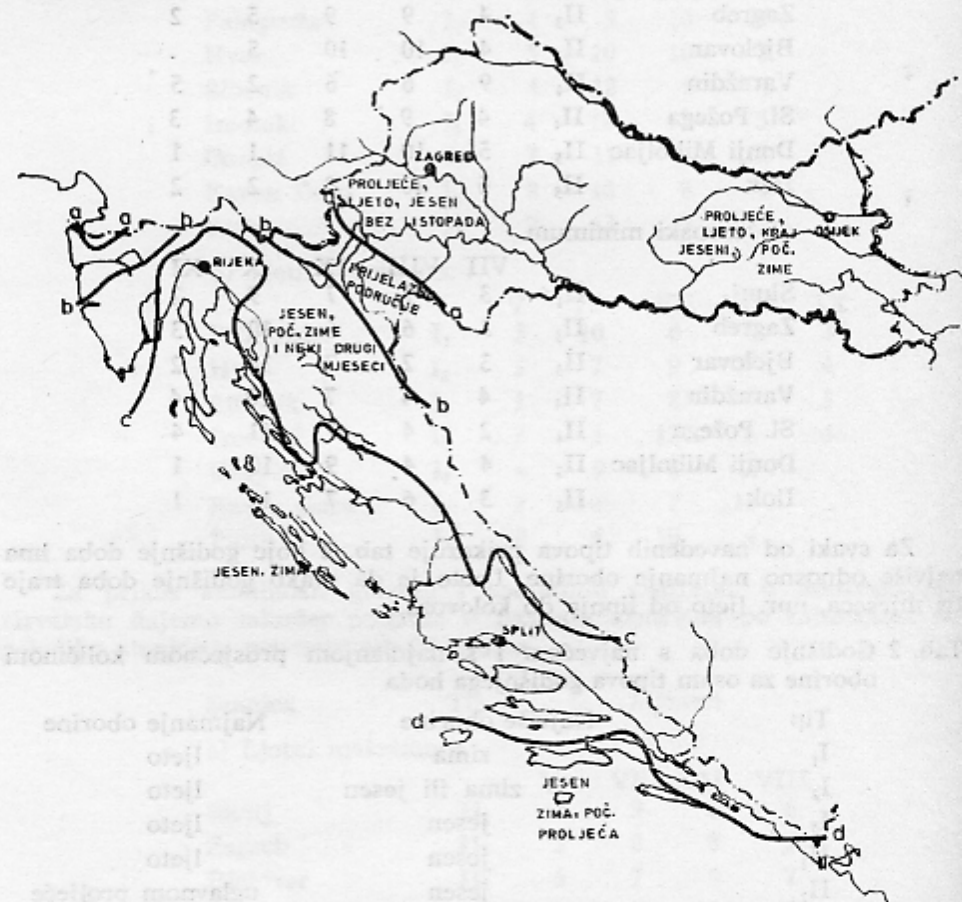
Tab. 2 Godišnje doba s najvećom i s najmanjom prosječnom količinom oborine za osam tipova godišnjega hoda

Tip	Najviše oborine	Najmanje oborine
I <sub>1</sub>	zima	ljeto
I <sub>2</sub>	zima ili jesen	ljeto
I <sub>3</sub>	jesen	ljeto
II <sub>1</sub>	jesen	ljeto
II <sub>2</sub>	jesen	uglavnom proljeće
II <sub>3</sub>	ljeto	zima
II <sub>4</sub>	ljeto	zima
II <sub>5</sub>	ljeto	zima

## Pluviometrijski kvocijenti

Kad se u analizi godišnjeg hoda oborine želi poništiti utjecaj nejednake duljine mjeseci, upotrebljavaju se namjesto stvarnih količina pluviometrijskih kvocijenti ili pluviometrijski ekscesi. Oni izražavaju odnos mjesečne količine oborine prema teoretskoj jednoliko raspodijeljenoj, kad bi čitava godišnja oborina bila jednako razdijeljena na svaki dan u godini. U analizi pluviometrijskih kvocijenata zanimala nas je upravo ta relativna kišovitost odnosno suhoća pojedinih mjeseci, jer s obzirom na našu definiciju ekstrema iz poglavlja 3 (kriterij b) pluviometrijski kvocijenti nisu mogli pokazati ništa nova.

Glavne rezultate analize srednjih pluviometrijskih kvocijenata na 208 stanica za razdoblje 1950—1977 pokazuju slike 6 do 13, a opisat ćemo ih samo ukratko.



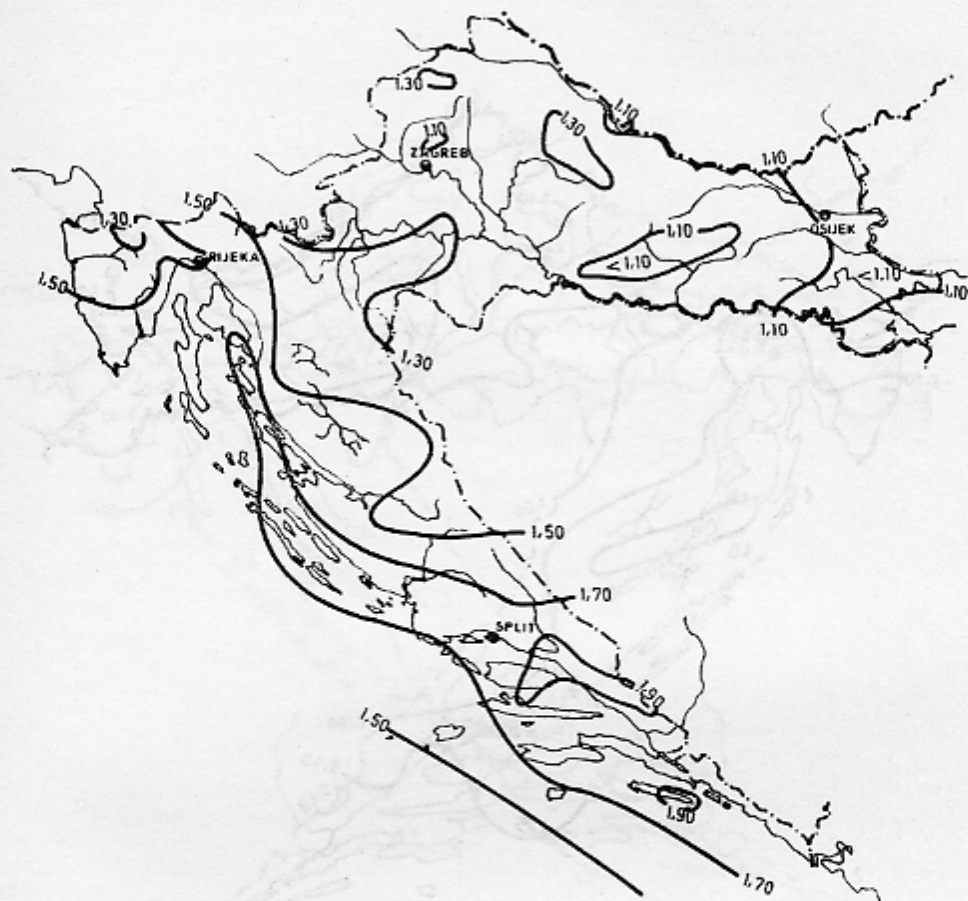
Sl. 6 — Dijelovi godine u kojima su pluviometrijski kvocijenti veći ili jednaki 1.00  
Fig. 6 — Parts of a year in which the pluviometric coefficients are equal or above the unite

Iz slike 6 može se vidjeti u kojim su dijelovima godine pluviometrijski kvocijenti veći od jedinice. Dva su glavna dijela na toj slici:

— Sjeverno od linije a-a višak oborine je u toplom polugodištu (od travnja ili svibnja do srpnja, kolovoza ili rujna), te u studenom, odnosno u istočnom dijelu od travnja ili svibnja do srpnja ili kolovoza, te u studenom i prosincu.

— Južno od linije b-b višak oborine je u hladnom polugodištu: između b-b i c-c od rujna ili listopada do prosinca i eventualno u veljači i travnju; između c-c i d-d od rujna ili listopada do siječnja ili veljače, a južnije od d-d od listopada do ožujka.

Slijedeće slike prikazuju pluviometrijske kvocijente u mjesecima glavnih i sporednih oborinskih ekstrema.

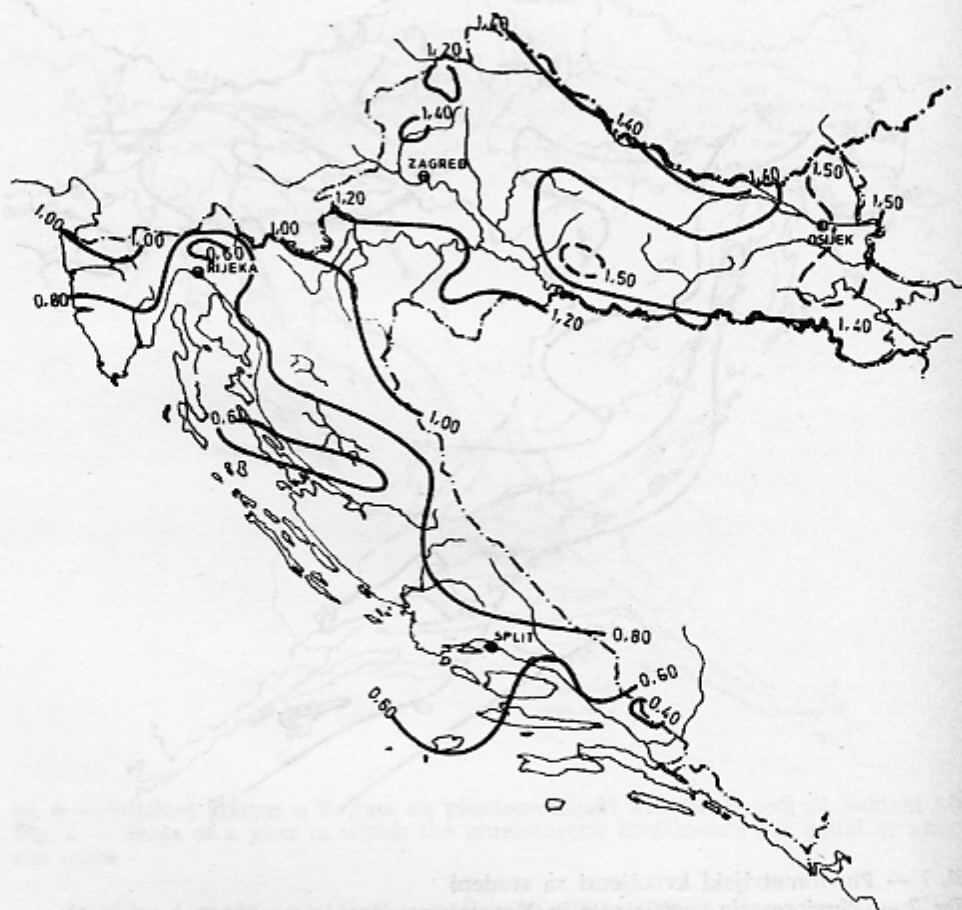


Sl. 7 — Pluviometrijski kvocijenti za studeni

Fig. 7 — Pluviometric coefficients in November

Iz slike 7 vidi se da studeni u cijeloj Hrvatskoj dobiva više oborine nego što bi mu pripadalo kad bi oborina bila jednoliko raspoređena na sve dane u godini. Višak nije velik u sjevernom, kopnenom dijelu, osobito na krajnjem sjeveroistoku republike (Erdut 1,02). Najveći je višak u južnoj Hrvatskoj, na obali (Zadvarje 2,07), očito zbog zajedničkog djelovanja orografije i sredozemnih ciklona.

Slika 8 prikazuje stanje u mjesecu lipnju, kad velik dio unutrašnjosti Hrvatske ima maksimum oborine. Doista pluviometrijski kvocijenti su tu veći od jedinice, ali nisu tako veliki kao na jugu Hrvatske u studenom. Re-

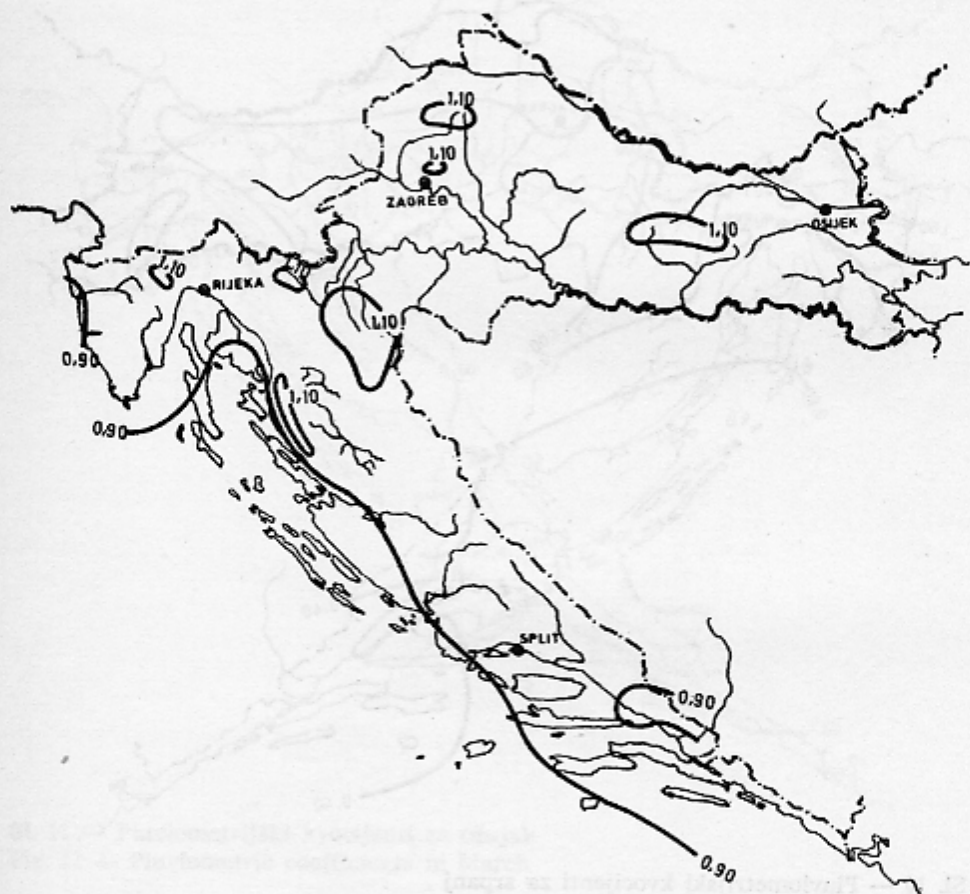


Sl. 8 — Pluviometrijski kvocijenti za lipanj  
Fig. 8 — Pluviometric coefficients in June

lativno najviše oborine s obzirom na jednoliku raspodjelu ima Bolman u Baranji (1,59). Na Jadranu i obali u to vrijeme vlada suhoća, a najmanji kvocijent (0,37) ustanovljen je u Vrgorcu.



Iz slike 9 vidi se da u travnju pada približno toliko oborine koliko bi odgovaralo jednolikoj raspodjeli, premda se u tom mjesecu nalazi sporedni maksimum u planinskom dijelu Hrvatske. Pluviometrijski kvocijenti kreću

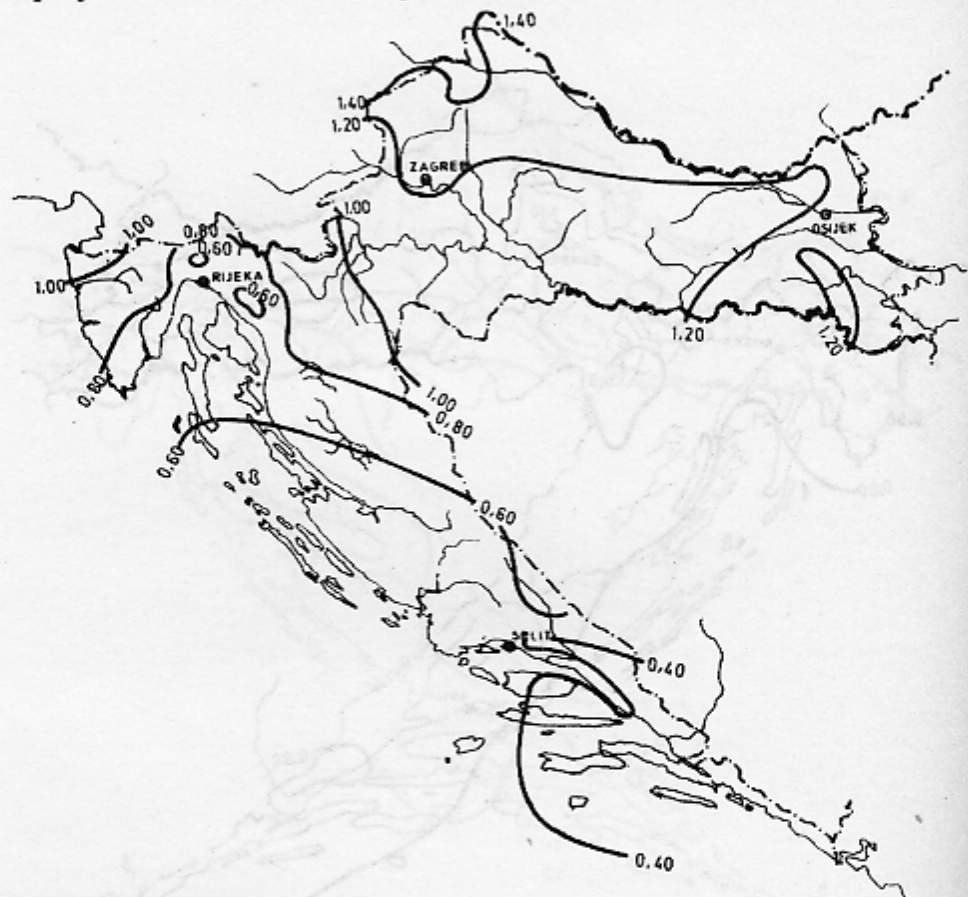


Sl. 9 — Pluviometrijski kvocijenti za travanj  
Fig. 9 — Pluviometric coefficients in April

se u rasponu od 0,77 (Olib) do 1,23 (Kutjevo). Može se uočiti izvjesni manjak oborine na Jadranu, dok je višak najveći u gorovitim predjelima sjeverno od paralele 44°.

Prelazimo sada na mjesece s minimumima oborine.

Za liniju 1,00 na slici 10 može se reći da na neki način predstavlja granicu do koje seže mediteranska suhoća u srpnju. Sjeverno od te linije srpanj dobiva više oborine nego što bi mu uz jednoliku raspodjelu pripa-

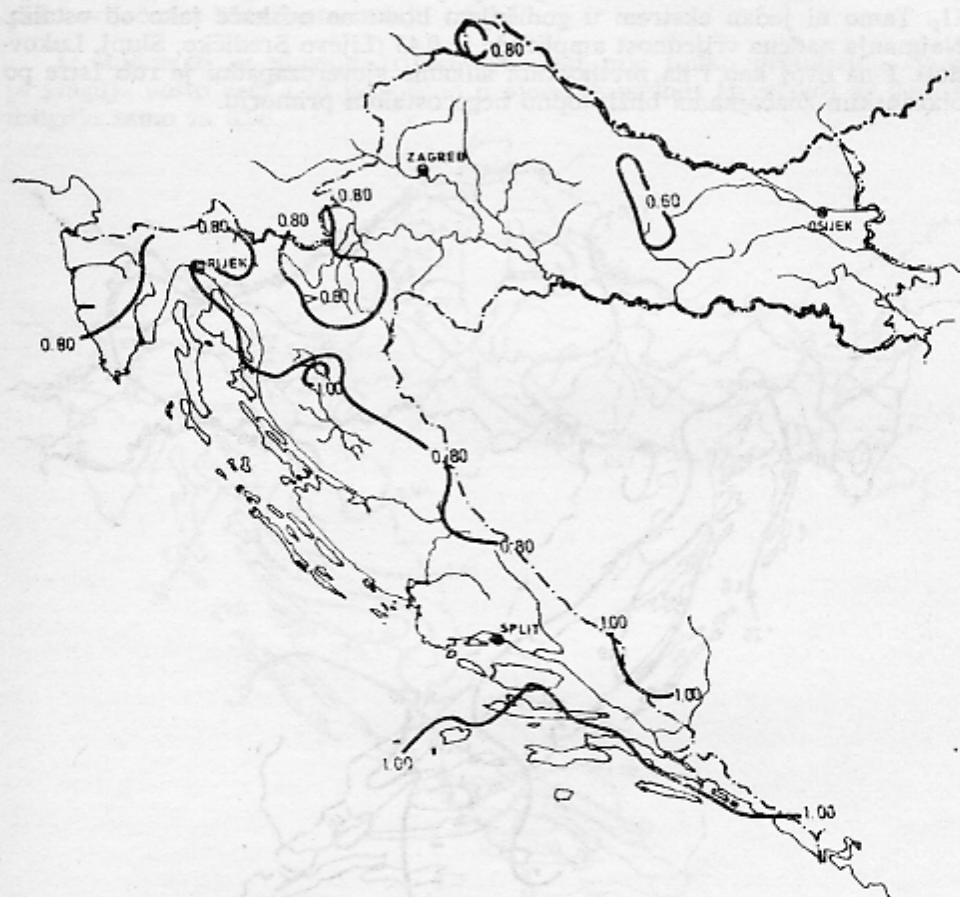


Sl. 10 — Pluviometrijski kvocijenti za srpanj  
Fig. 10 — Pluviometric coefficients in July

dalo. Višak je najveći u najsjevernijem dijelu Republike (Štrigova 1,47), jer se tamo u to vrijeme nalazi glavni oborinski maksimum. Relativno najmanje oborine s obzirom na jednoliku raspodjelu dobiva najjužniji dio obale i bliži otoci: tu se kvocijent mjestimično spušta ispod 0,30 (Vrgorac 0,25).

U ožujku, kad u unutrašnjosti prevladava minimum oborine, raspon pluviometrijskih kvocijenata mnogo je manji. Oni se kreću od 0,59 (Virovitica i Zvečevo) do 1,15 (Lastovo). Inače, u cijeloj Hrvatskoj osim najjužnijeg

dijela postoji tada izvjestan manjak oborine, koji je najjači sjeverno od Save gdje prevladavaju vrijednosti kvocijenata oko 0,70. Slika 11.

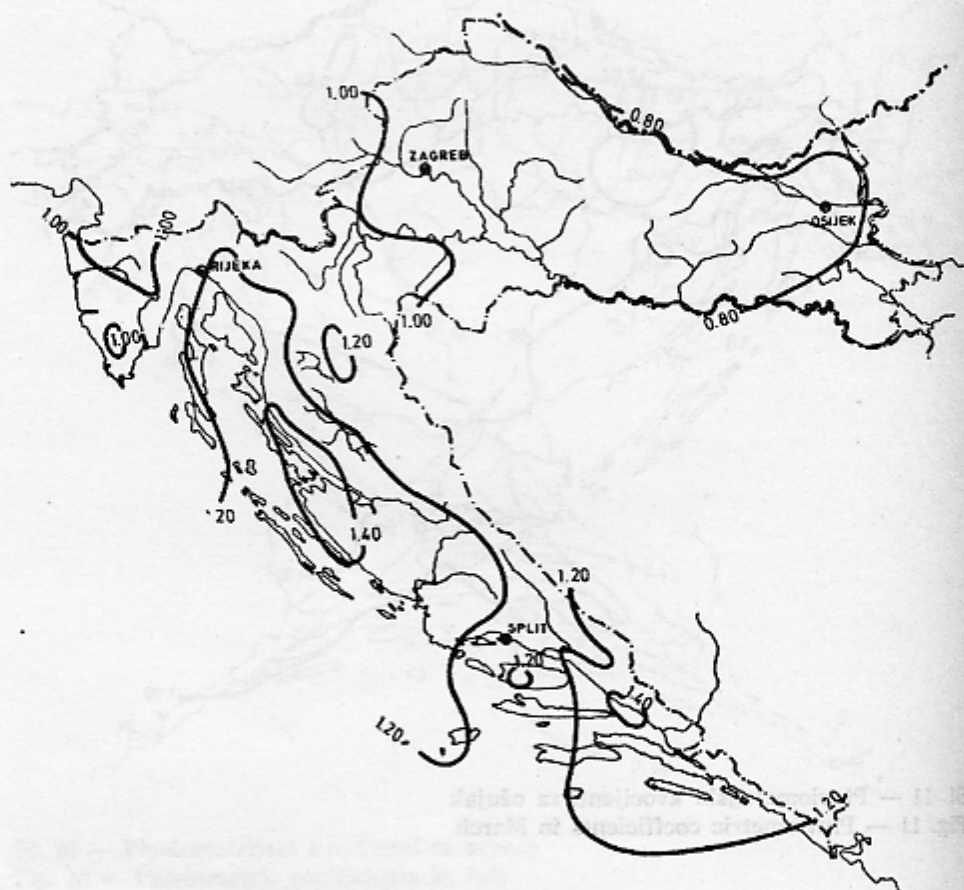


SL 11 — Pluviometrijski kvocijenti za ožujak  
Fig. 11 — Pluviometric coefficients in March

U mjesecu s drugim kontinentalnim minimumom oborine, listopadu (slika 12), nizinski dio Hrvatske, otprilike do Kupe i sjeverna unutrašnjost Istre imaju manjak oborine, a na Jadranu već počinje kišovito razdoblje. Dok Ilok dobiva 3/4 oborinske količine koja bi mu u tom mjesecu pripadala da je jednoliko razdijeljena, u Zadru pluviometrijski kvocijenti iznosi 1,59.

Slično kao obična godišnja amplituda ili neke druge mjere može i amplituda pluviometrijskih kvocijenata pokazati postoji li velika razlika između najsušeg i najmokrijeg mjeseca ili su mjesečne količine međusobno prilično izjednačene. Iz slike 13 se vidi da je amplituda najveća na južnom

dijelu obale i bližim otocima (Zadvarje 1,73). Tome svakako doprinose suprotropska mediteranska suhoća i orografijom pojačane oborine u kasnojesenskim središnjim ciklonama. U sjevernoj Hrvatskoj amplituda nije tako velika (maksimum 0,92 u Bolmanu). Najmanja je u tipovima godišnjeg hoda II<sub>1</sub> i II<sub>2</sub>. Tamo ni jedan ekstrem u godišnjem hodu ne odskoče jako od ostalih. Najmanja nađena vrijednost amplitude je 0,45 (Lijevo Sredičko, Slunj, Lukovdol). I na ovoj kao i na prethodnim slikama sjeverozapadni je rub Istre po oborinskim značajkama bliži kopnu nego ostalom primorju.



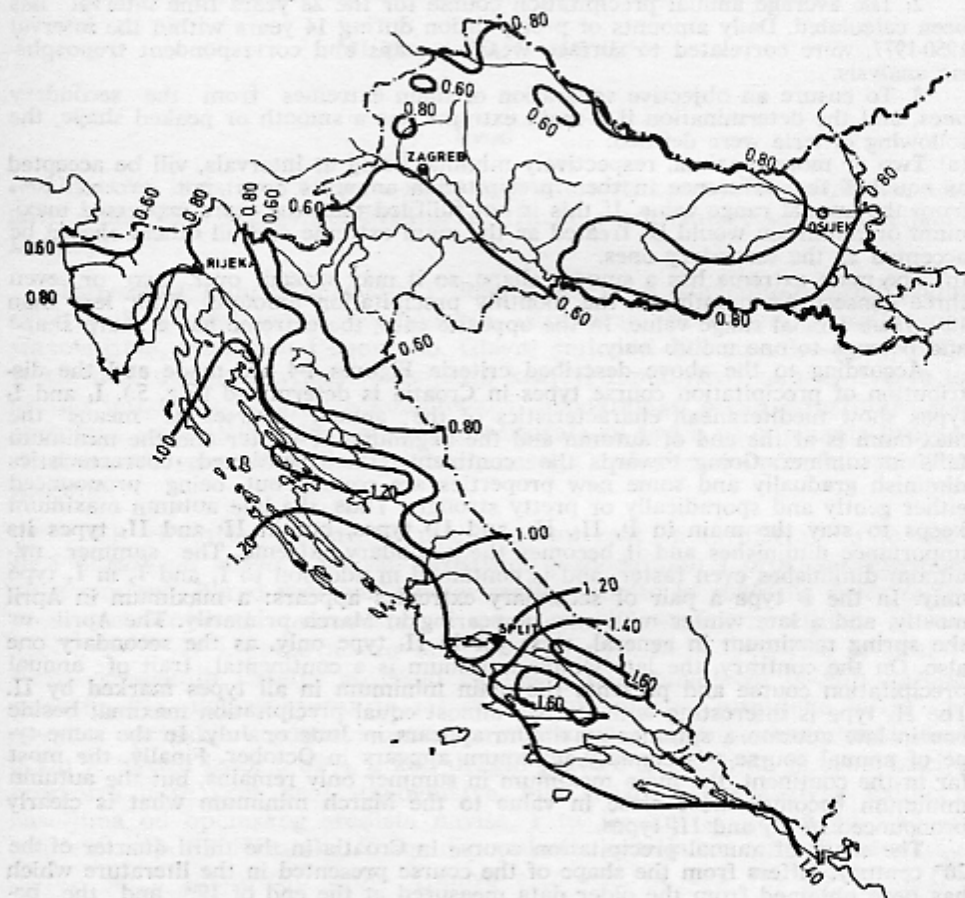
Sl. 12 — Pluviometrijski kvocijenti za listopad  
Fig. 12 — Pluviometric coefficients in October

U prethodnom poglavlju se pokazalo da se sadašnji oborinski režim razlikuje od prijašnjega i to u jesenskim mjesecima. Zato smo računali pluviometrijske kvocijente za Franovićeve podatke (kopnena Hrvatska i obala od Rijeke do Zadra do 1891.) i usporedili ih s današnjima u listopadu i studenom.

U prošlom stoljeću pluviometrijski kvocijenti u listopadu bili su vrlo visoki i kretali su se na obali oko 1,80, u planinskom području oko 1,60, u

nizinskom području na zapadu oko 1,40, a na istoku oko 1,30 ili manje. U usporedbi s današnjim vrijednostima bili su prosječno viši za 0,45. Svagdje je listopad dobivao više oborine nego što bi mu pripadalo uz jednoliku raspodjelu, dok smo na sl. 12 vidjeli da danas velik dio Hrvatske ima u listopadu vrijednost kvocijenta manju od 1.

U studenom se pluviometrijski kvocijent nije toliko promijenio. Sada je svagdje nešto veći i to prosječno u sjeverozapadnoj Hrvatskoj za 0,40, a drugdje samo za 0,06.



Sl. 13 — Amplituda pluviometrijskih kvocijenata  
Fig. 13 — The pluviometric coefficient range

Uspoređujući Franovićeve podatke s našima, a među njima je razmak otprilike 100 godina, moglo bi se izvesti da se jesenski maksimum nije pomaknuo iz listopada na studeni (atmosferski poremećaji kakvi su nastupali prije 100 godina u listopadu nisu se sada premjestili u studeni), nego se je listopadska količina oborine smanjila, pa je tako više došla do izražaja ona za studeni.

## Summary

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

## PART I

by

Branka Penzar, Ivan Penzar

1. The introduction contains the literature review, related to annual course of precipitation in Croatia.

2. The average annual precipitation course for the 28 years time interval has been calculated. Daily amounts of precipitation during 14 years within the interval 1950-1977, were correlated to surface weather maps and correspondent tropospheric analysis.

3. To ensure an objective separation of main extremes from the secondary ones, and the determination if a main extreme has a smooth or peaked shape, the following criteria were defined:

(a) Two or more maxima, respectively minima, lying at intervals, will be accepted as equal if the difference in their precipitation amounts does not exceed 20% from the annual range value. If this is not fulfilled than the more expressed maximum or minimum would be treated as the main extreme and all others should be accepted as the secondary ones.

(b) The main extreme has a smooth shape, so it may spread over two or even three consecutive months, if the monthly precipitation amounts differ less than 10% from annual range value. In the opposite case, the extreme has a sharp shape and belongs to one month only.

According to the above described criteria Figures 1-4 are made and the distribution of precipitation course types in Croatia is determined (Fig. 5). I<sub>1</sub> and I<sub>2</sub> types show mediterranean characteristics of the annual course. It means the maximum is at the end of autumn and the beginning of winter and the minimum falls in summer. Going towards the continent, the mentioned characteristics diminish gradually and some new properties are coming out, being pronounced either gently and sporadically or pretty strongly. Thus, the late autumn maximum keeps to stay the main in I<sub>1</sub>, II<sub>1</sub>, II<sub>2</sub>, and II<sub>3</sub> types, but in II<sub>4</sub> and II<sub>5</sub> types its importance diminishes and it becomes the secondary extreme. The summer minimum diminishes even faster, and is contained in addition to I<sub>1</sub> and I<sub>2</sub> in I<sub>3</sub> type only. In the I<sub>3</sub> type a pair of secondary extremes appears: a maximum in April mostly, and a late winter minimum, appearing in March primarily. The April or the spring maximum in general, exist yet in II<sub>1</sub> type only, as the secondary one also. On the contrary, the late winter minimum is a continental trait of annual precipitation course and presents the main minimum in all types marked by II. The II<sub>3</sub> type is interesting with its two almost equal precipitation maxima: beside one in late autumn a summer maximum appears in June or July. In the same type of annual course a secondary minimum appears in October. Finally, the most far in the continent, the main maximum in summer only remains, but the autumn minimum becomes more close in value to the March minimum what is clearly pronounced in II<sub>4</sub> and II<sub>5</sub> types.

The shape of annual precipitation course in Croatia in the third quarter of the 20<sup>th</sup> century, differs from the shape of the course presented in the literature which has been obtained from the older data measured at the end of 19<sup>th</sup> and the beginning of 20<sup>th</sup> century. The difference is especially pronounced in autumn months. Formerly, October was the most rainy month in Croatia. At the present time, October is characterised by a secondary precipitation minimum or even by one of two main minima, and the autumn maximum occurs in the greatest part of Croatia in November.

4. The pluviometric coefficient maps (Figures 6-13) present a relative importance of a particular extreme. Here they are compared to monthly precipitation amounts assuming annual total equally distributed over all days throughout a year. It is shown that pluviometric coefficients in October are much lower in Croatia at the present time compared to the older data, falling down even below the unite. At the other hand, the pluviometric coefficients in November did not change much.