

RAZDIOBA GODIŠNJIH KOLIČINA OBORINE U GORSKOM KOTARU

Branka Penzar - Zagreb

S a d r Ź a j - Razdioba godišnjih količina oborine u Gorskom Kotaru i susjednoj obali od Rijeke do Crikvenice prikazana je na temelju srednjih vrijednosti za razdoblje 1947.-1956. na 37 stanica i 2 totalizatora. Osim karte izohijeta, koja je, zbog više podataka detaljnija nego prijasnije takve karte, nacrtani su profili, koji pokazuju ovisnost između godišnje količine oborine, nadmorske visine stanice i njenog položaja. Kako se pokazalo, da postoje znatne razlike između količina oborine na navjetrini i zavjetrini prema glavnom kisonosnom strujanju, određena je granicna linija između ta dva područja i jednadzbe, koje daju promjenu godišnje količine oborine s visinom u svakom od njih. Pokazalo se, da vertikalni oborinski gradijent iznosi u predjelima zaklonjenim od južnog strujanja 156 mm/100 m u izloženim predjelima 184 mm/100 m, a na jakoj navjetrini 221 mm/100 m.

DIE VERTEILUNG DER JÄHRLICHEN NIEDERSCHLAGSMENGE IM GORSKI KOTAR

Z u s a m m e n f a s s u n g - Die Verteilung der jährlichen Niederschlagsmenge im Gorski Kotar und der nebenliegenden Meeresküste von Rijeka bis Crikvenica wird auf Grund der Mittelwerte dargestellt die aus Angaben von 37 Stationen und 2 Totalisatoren für den Zeitraum 1947.-1956. gewonnen wurden. Ausser der Karte der Isohyeten, die infolge einer grösseren Anzahl der zur Verfügung stehenden Daten ausführlicher ist als die älteren Karten, sind noch die Profile beigegeben, die die Abhängigkeit zwischen der jährlichen Niederschlagsmenge, der Meereshöhe der Station sowie ihrer Lage zum Ausdruck bringen. Da sich beträchtliche Differenzen herausstellten zwischen den Niederschlagsmengen an der Luv- und der Leeseite in bezug auf die südliche, den grössten Teil des Niederschlags zuführende Luftströmung, so wurde die Grenzlinie zwischen den beiden Gebieten bestimmt und die Gleichungen, die sich aus der Zunahme des jährlichen Niederschlags von der Höhe abhängig im betreffenden Gebiet ergeben. Es erwies sich, dass der vertikale Niederschlagsgradient in der von südlicher Strömung geschützten Gegend 156 mm/100 m ist, in der exponierten 184 mm/100 m und an der ausgesprochenen Luvseite 221 mm/100 m beträgt.

Gorski Kotar je onaj dio Hrvatske, koji ima najveće količine oborina. U tom gorovitom području, što se prostire na površini od oko 45 km², određeno je granicom prema NR Sloveniji, gornjim tokom Kupe, linijom Ogulin-Crikvenica i Hrvatskim Primorjem, započela su mjerenja oborina još prije šezdesetak i više godina. No stanice su bile rijetke, a prvi i drugi svjetski rat isprekidali su nizove podataka. Danas je razdioba količina oborine u Gorskom Kotaru zanimljiva iz znanstvenih i praktičnih razloga ne samo meteorolozima nego i hidrolozima, biologima, koji se bave proučavanjem krša i stručnjacima za elektroprivredu. Iz tog se razloga posljednjih godina osniva u Gorskom Kotaru relativno gusta mreža meteoroloških stanica i totalizatora tako da danas imamo podatke sa šezdesetak mjesta u tom području. Neke od stanica rade neprekidno od 1946. godine, dok ih veći dio ima na raspolaganju vrijednosti za 5 ili više godina.

Zeljela sam te podatke iskoristiti u što većoj mjeri i pomoću njih prikazati razdiobu srednjih godišnjih količina oborine u horizontalnom i vertikalnom smjeru, to više, što takav detaljni prikaz, koliko je meni poznato, do danas nemamo ni za jedan goroviti predio u našoj državi. U tom cilju reducirani su novi oborinski podaci Gorskog Kotara i susjedne obale od Rijeke do Crikvenice na najdulje moguće razdoblje, a to je 10 godina, od 1947. do 1956. Kao osnova za redukciju služili su podaci 13 stanica, kojensu u tih 10 godina imale neprekinuta i pouzdana motrenja. To su: Crikvenica, Ogulin, Vrbovsko, Brod Moravice, Ravna Gora, Skrad, Zeleni Vir, Lokve, Lic, Trsat, Marcelji i Zabice, isto Babno Polje u L.R.Sloveniji. Pomoću njih određene su srednje godišnje količine oborine za sve one stanice, koje imaju podatke za pet ili više godina, kao i za dva totalizatora, Risnjak (1420 m) i Gornje Jelenje (822 m), koji su tom zahtjevu također zadovoljavali. Na taj način dobivene su srednje godišnje količine za ukupno 39 mjesta na nadmorskim visinama od 4 do 1420 m (tabela 1.). Redukcija je, gdje god je to bilo moguće, vršena pomoću dvije ili čak tri stanice s kompletnim nizom. Na temelju razlika, koje su se pri tom pokazale, može se smatrati, da se srednja godišnja količina oborine dobivena redukcijom razlikuje od prave srednje godišnje količine na dotičnom mjestu (koja, razumije se, nije mjerena) otprilike za 2% ili još i manje, t.j. u većini slučajeva za manje od 40 mm.

Prikazati razdiobu nekog meteorološkog elementa u gorovitom području nije jednostavan posao. Kad se radi o oborini, ne možemo se poslužiti time da vrijednosti reduciramo na jedan zajednički nivo, kao što se obično radi prije izvlačenja izoterma. Ovdje takav postupak nije moguć zato, što stopa, kojom se količina oborine mijenja idući uvis, nije ni toliko stalna kao vertikalni temperaturni gradijent, jer na količinu oborine, osim drugih faktora uvelike utječe lokalni položaj stanice prema glavnom kisonosnom strujanju. I zato na svakom gorskom lancu postoje bar dva vertikalna oborinska gradijenta, na navjetrini i zavjetrini, a i svaki od njih konstantan je samo u izyjesnom intervalu visine. A kad bismo za koje relativno maleno područje i mogli pretpostaviti, da je u njemu promjena oborine s visinom jednolika, i opet ne bi imalo mnogo smisla reducirati količine na jedan nivo.

Zbog toga su ovdje godišnje količine oborine u Gorskom Kotaru prikazane na više načina i to najprije običnom kartom izohijeta (Sl.1.).

Izohijete su vučene za svakih 200 mm oborine, i to samo u onim predjelima, gdje je bilo podataka. One teku najprije paralelno s obalom Jadrana pokazujući sve veće količine oborine, kako se teren diže. Dostigavši otprilike 800 m visine, one se raspadaju u dvije grupe, pa jedna okružuje masiv oko Risnjaka, a druga Veliku Kapelu s tim, da plato oko 700 m nadmorske visine između ta dva masiva ima manje od 2.600 mm oborine godišnje. Stanice Platak i Risnjak pokazuju tolike količine, da je bilo moguće djelomice izvući i izohijetu 3.600 mm, ali zbog nedostatka drugih podataka nije se mogla zatvoriti. Isto tolike količine padaju po svojoj prilici i u predjelima Bištoraja i Visevice, ali kako za to područje nema podataka, nisu izvučene izohijete dalje od 2.800 mm. Blizu rijeci Kupi i Dobri, gdje se teren opet spusta, izohijete ponovo postaju paralelne kao i uz jadransku obalu.

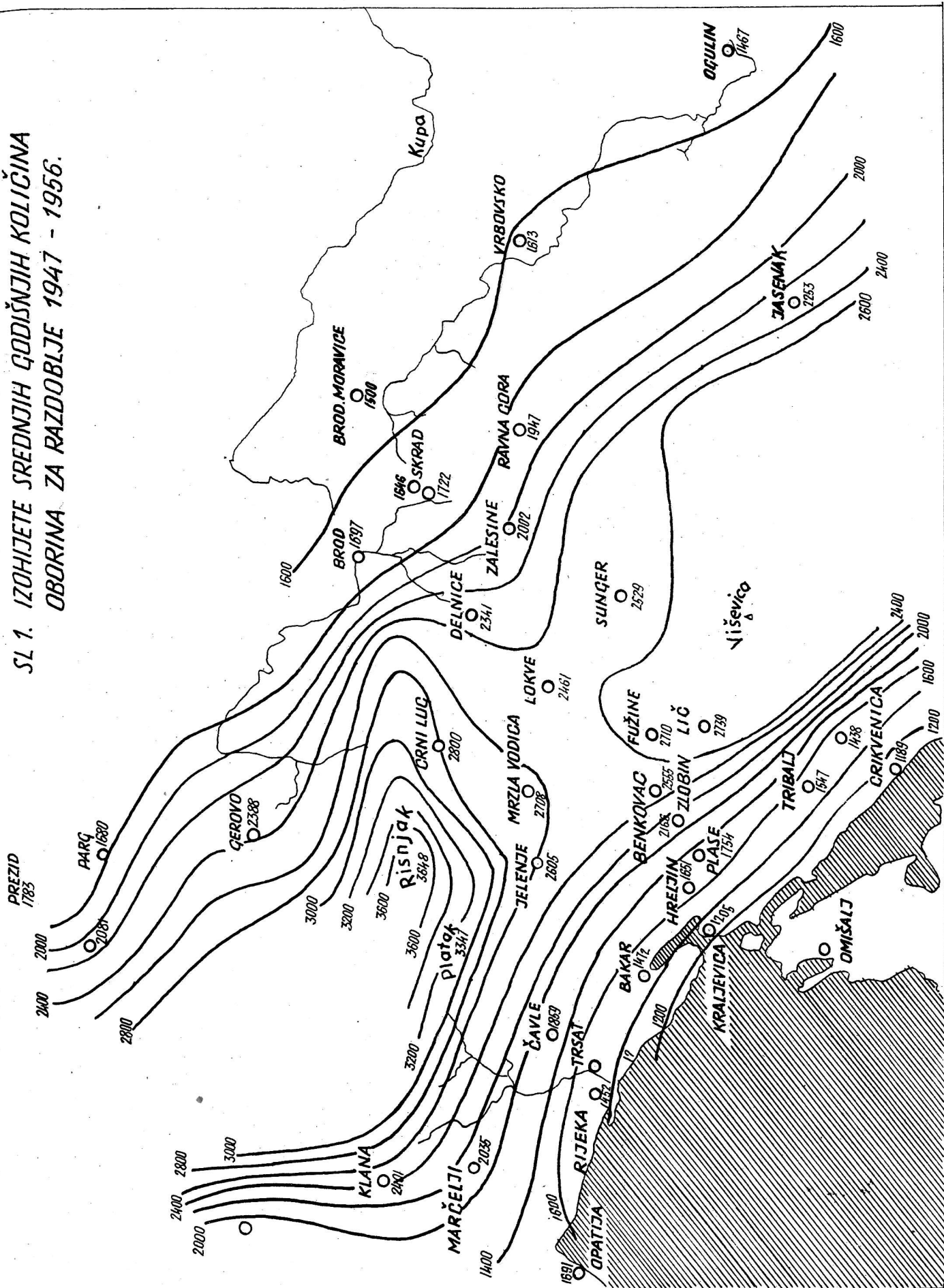
Treba odmah reći, da ove nije prvi prikaz razdiobe oborina u Gorskom Kotaru. Dosad već postoji više karata izohijeta, na kojima je među ostalim obrađen i Gorski Kotar. Takve su karte izdali Knoch i Reichel /3/, Trzebitzky /7/, Renier /5/, Škreb /6/, Ministarstvo građevina Kraljevine Jugoslavije /2/ i Savezna uprava hidrometeorološke službe FNRJ /4/. Veći dio tih karata rađen je za razdoblja od 10 godina. Gorski Kotar i susjedna obala obrađeni su u njima na temelju vrlo malo podataka (3-4 stanice, a u najboljem slučaju 13, od kojih je i opet većina bila baš na obali), pa je zbog toga tok izohijeta mogao biti obrađen prilično grubo. One su vučene samo za svakih 1000 ili 500 mm oborine. Usporedba starijih izohijeta s najnovijima, koje su ovdje prikazane, pokazuje ovo:

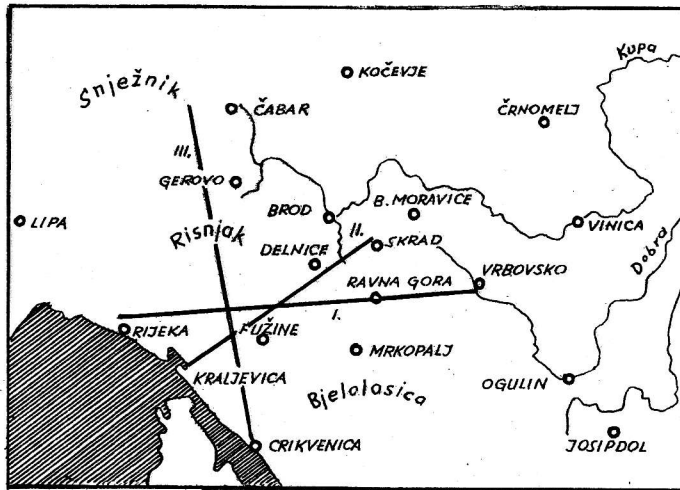
1. Godišnje količine su općenito najmanje u razdoblju 47-56, a čini se, da su bile najveće u razdoblju 25-40.
2. Tok izohijeta u obalnom području i uz rijeke Kupu i Dobru podudara se gotovo na svim kartama.
3. U samoj sredini Gorskog Kotara postoje izvjesne razlike među pojedinim kartama. Na nekima su izohijete oko Risnjaka odnosno Kapele vučene bez točnijeg uzavanja reljefa (3,4), negdje se najviše izohijete uopće ne raspadaju na dvije grupe, nego obuhvaćaju čitav Gorski Kotar iznad 700 m visine (7), a u jednom slučaju čak nizi plato između Risnjaka i Velike Kapele ima više oborine nego vrhunci, koji ga okružuju (2). S najnovijim izohijetama dosta se dobro slažu Škrebove (6) i Renierove (5). One vjerojatno ne bi mnogo drugacije izgledale, ni da je za razdoblja, za koja su rađene, bilo na raspolaganju toliko podataka, kao što ih imamo za posljednjih deset godina.

Tablica 1. Srednje godišnje količine oborine u Gorskom Kotaru i susjednoj oblasti za razdoblje 1947.-1956. Reducirane vrijednosti oznacene su zvijezdicom

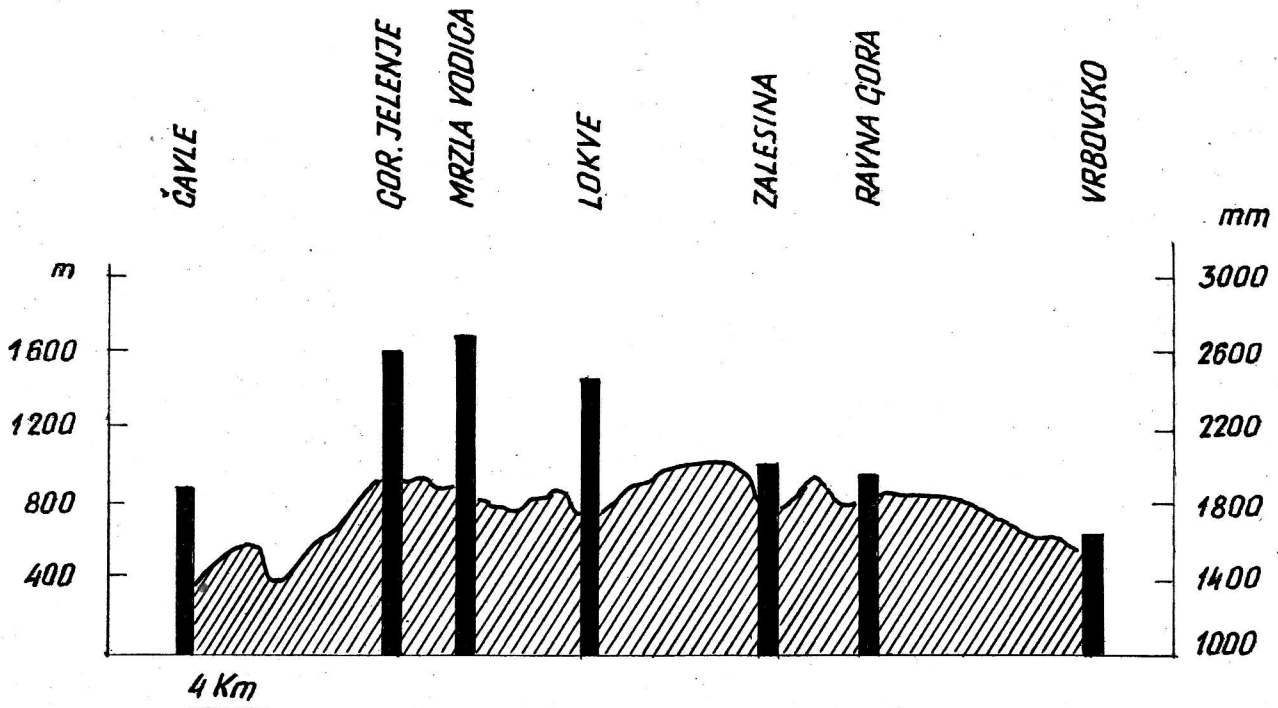
Red. broj	Mjesto	Geograf. koordinate φ , N	λ , E	Nadmor. vis., m	Oborina mm
1.	Bakar	45° 18'	14° 32'	12	1472 *
2.	Benkovac	45 19	14 41	840	2555 *
3.	Bród Moravice	45 28	14 58	604	1500
4.	Brod na Kupu	45 28	14 51	222	1697 *
5.	Crikvenica	45 10	14 42	4	1189
6.	Crni Lug	45 25	14 43	726	2800 *
7.	Čavle	45 22	14 22	316	1859 *
8.	Delnice	45 24	14 48	698	2314 *
9.	Fuzine	45 18	14 43	740	2710 *
10.	Gerovo	45 31	14 39	584	2388 *
11.	Gornje Jelenje	45 22	14 38	882	2605 *
12.	Grizane Dolinci	45 12	14 43	185	1438 *
13.	Hreljin	45 17	14 36	307	1651 *
14.	Jasenak	45 14	15 03	628	2253 *
15.	Klana	45 27	14 23	564	2401 *
16.	Kraljevica	45 16	14 34	20	1205 *
17.	Kuželj	45 29	14 49	240	1784 *
18.	Lic	45 17	14 43	726	2739
19.	Lokve	45 22	14 44	723	2461
20.	Marcelji	45 24	14 23	414	2135
21.	Milanov vrh	45 36	14 34	900	2080 *
22.	Mrzla Vodica	45 22	14 21	771	2708 *
23.	Ogulin	45 16	15 14	325	1467
24.	Parg	45 36	14 38	863	1680 *
25.	Plase Crikvenica	45 17	14 38	600	1754 *
26.	Platak	45 25	14 34	1111	3347 *
27.	Prezid	45 38	14 35	764	1783 *
28.	Ravna Gora	45 23	14 57	793	1947
29.	Rijeka	45 20	14 28	104	1452 *
30.	Rijeka-Trsat	45 20	14 28	130	1487
31.	Risnjak	45 26	14 38	1420	3648 *
32.	Skrad	45 26	14 26	668	1646
33.	Sunger	45 19	14 50	804	2529 *
34.	Susik Tribalj	45 14	14 41	60	1547 *
35.	Vrbovsko	45 23	15 05	506	1613
36.	Zabiće	45 31	14 21	450	1890
37.	Zalesina	45 23	14 53	750	2001 *
38.	Zeleni Vir	45 26	14 54	291	1722
39.	Zlobin	45 18	14 39	772	2166 *

SL 1. IZOHIJETE SREDNJIH GODIŠNJIH KOLIČINA
OBORINA ZA RAZDOBLJE 1947 - 1956.

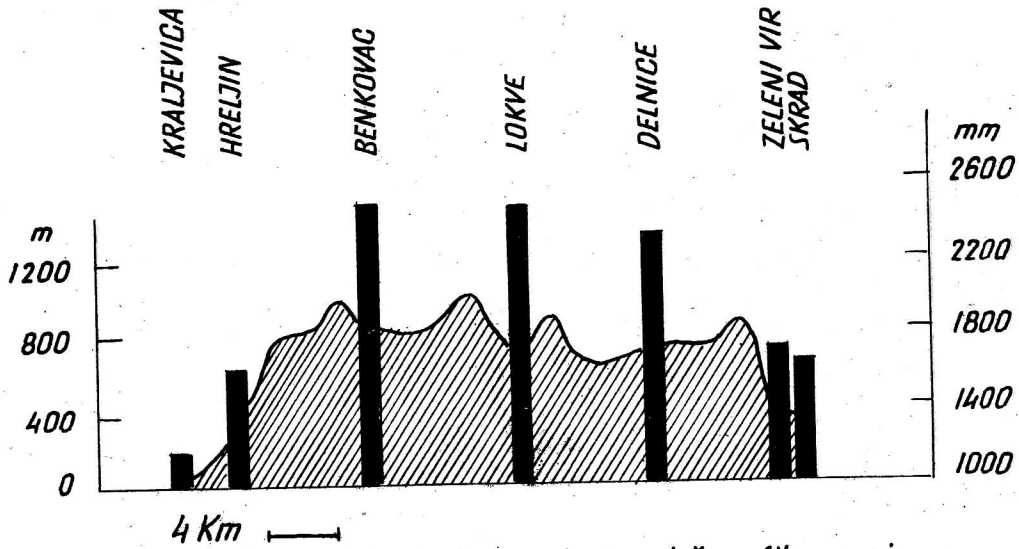




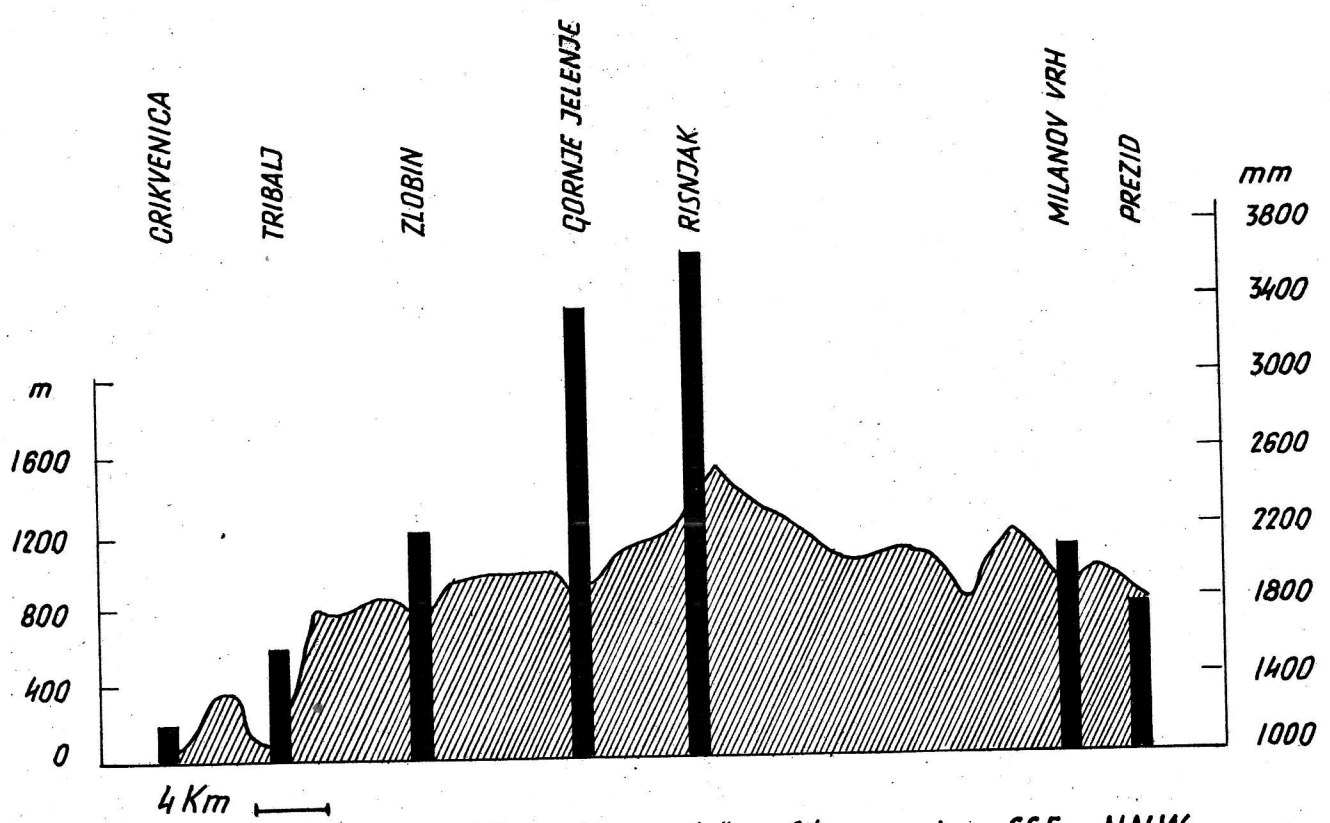
Sl. 2. Smjerovi u kojima su izrađeni oborinski profili kroz Gorski Kotar (I, II, III)



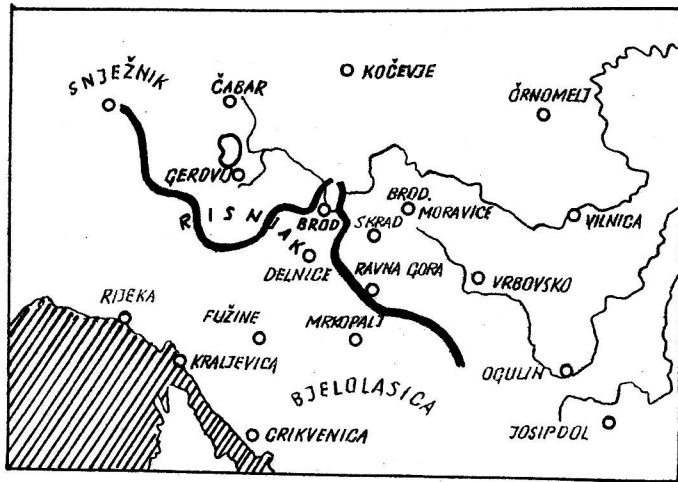
Sl. 3. Srednje godišnje količine oborine duž profila u smjeru W-E



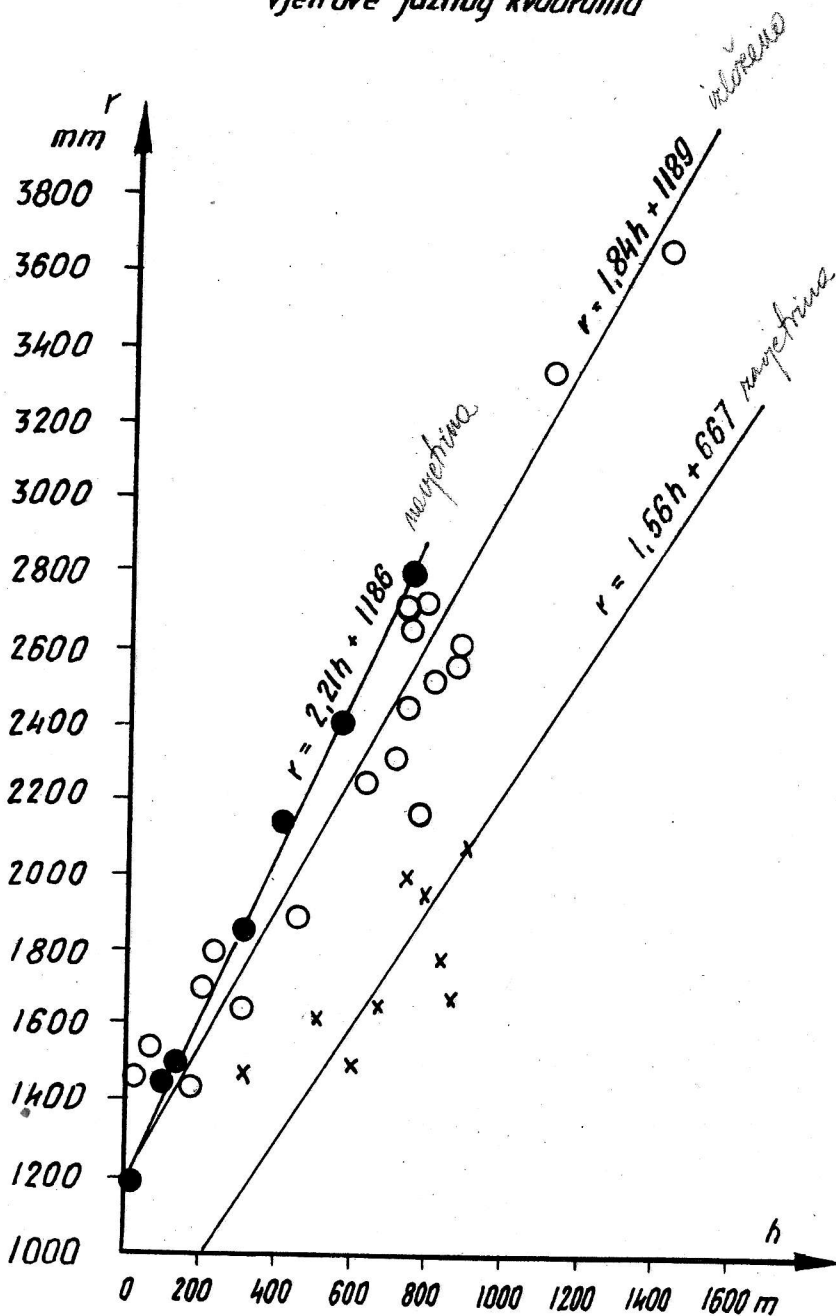
Sl. 4. Srednje godišnje količine oborine duž profila u smjeru SW - NE



Sl. 5. Srednje godišnje količine oborine duž profila u smjeru SSE - NNW



Sl. 6. Granica između navjetrine i zavjetrine za vjetrove južnog kvadranta



Sl. 7. Veza između nadmorskih visina i srednjih godišnjih količina oborine u Gorskom Kotaru i susjednoj oblasti

Razmatrajući razdiobu oborine u Hrvatskom Primorju i Gorskom Kotaru naime treba držati na umu poznatu činjenicu, da ti krajevi dobivaju najviše kiše od ciklona, koje se obično stvaraju u Genovskom zaljevu, zatim putuju preko Jadrana Van Bebberovim stazama Vb, Vc ili Vd. To su situacije, koje na Jadranu uzrokuju Jugo. Registracije anemografa pokazuju, da u Gorskom Kotaru tada pušu vjetrovi južnog kvadranta, a to znači SE do SW, već prema položaju ciklone i najbližim orografskim preprekama, koje mogu donekle modificirati smjer. Tu je činjenicu potvrdilo relativno mnogo podataka iz perioda 1947.-1956. Oni su pokazali, da između toka izohijeta i izohipsa gotovo i nema razlike, dok se nalazimo južno od najvisih vrhunaca, ali da razlike nastaju čim prijedemo na sjevernu stranu gorskog bila.

Te će nam odnose između nadmorske visine, glavnog smjera vjetra i godišnje količine oborine najbolje prikazati nekoliko profila kroz Gorski Kotar(sl.2.).

Prvi profil crtan je u smjeru istok-zapad, od Čavla do Vrbovskog (sl.3.). Nadmorske visine i horizontalne udaljenosti nisu mogle biti prikazane u jednakom mjerilu, pa zato reljef izgleda pretjerano. Godišnje količine oborina prikazane su stupčićima na onim mjestima, gdje postoje podaci. Taj profil ne pokazuje gotovo nikakvo podudaranje između količina oborine i visina, na kojima su one mjerene. Dok u visinama nema velikih razlika(osim krajnje dvije stanice), količine oborina se dosta razlikuju. Idući od obale prema unutrašnjosti opaza se najprije porast zatim naglo smanjenje oborine. Ali treba misliti na to, da smjer tog profila nije ujedno i smjer vjetra, koji nosi kišu. Glavna kisonosna struja dolazi otprilike okomito na ravninu slike, od naprijed prema unutra. Od sedam prikazanih stanica na najjačoj navjetrini prema toj struji nalaze se Gornje Jelenje i Mrzla Vodica, jer se sjeverno od njih uzdiže masiv Risnjaka. Naprotiv istočni dio profila (otprilike dalje od Lokvi) zaklonjen je od glavne struje Velikom Kapelom, i zato Zalesina, Ravna Gora i Vrbovsko pokazuju znatno manje količine oborine.

Slijedeći profil (sl.4.) proteže se u smjeru SW-NE i pokazuje u većem dijelu vrlo lijepo podudaranje između količine oborine i visine. Ta proporcionalnost ne vrijedi samo za Skrad, koji-premda je na gotovo istoj visini kao Delnice - ima od Delnica mnogo manje oborine. Razlog je taj, što se Skrad nalazi duboko u unutrašnjosti Gorskog Kotara, a od juga i jugoistoka zaštićen je lokalnom Skadarskim vrhom (1044 m) i uopće Velikom Kapelom, tako da se dobar dio oborinskih oblaka već ispada prije nego stigne do same stanice. Podudaranje između podataka za Zeleni Vir i Hreljin samo je prividno. Klanac, u kome se nalazi Zeleni Vir, iako je dubok, vrlo je uzak, pa struja zraka ne silazi unj, nego ga samo prelazi. Tu, dakle, nema efekta lokalne zavjetrine, nego mjesto dobiva toliko oborine, kao da se nalazi stotinjak metara više, na vrhu klanca, na pr. u visini Skrada.

Treći profil je najjasniji (sl.5.). Pruža se od Crikvenice preko Risnjaka sve do Prezida na slovenskoj granici, gotovo u smjeru meridijana(SSE-NNW), t.j. u smjeru, u kojem puše vjetar za vri-

jeme ciklonalnih situacija na Jadranu. Taj profil vrlo lijepo pokazuje, da je godišnja količina oborine proporcionalna s nadmorskom visinom, ali da faktor proporcionalnosti nije jednak na navjetrini i zavjetrini, jer su južno od Risnjaka količine oborine znatno veće nego na jednakim visinama sjeverno od njega.

Prije nego se pristupilo izračunavanju stope, po kojoj se godišnja količina oborine mijenja s visinom, ispitana je korelacija između ta dva niza brojeva bez obzira na smjestaj stanice. Račun je pokazao, da faktor korelacije iznosi 0,88, uz vjerojatnu griješku ($0,6745 \frac{1-r^2}{n}$) 0,03, dakle 29 puta manju od samog faktora. Takav rezultat pokazuje, da ima smisla pomoću najmanje sume kvadrata tražiti vezu između oborine i visine. Ta je veza u našem slučaju linearna.

Računana su dva pravca oblika $r = ah + b$, u koordinatnom sustavu, gdje ordinate r oznacuju srednje godišnje količine oborine, a apscise h nadmorske visine stanica. Jedan pravac odnosi se na onaj dio Gorskog Kotara i susjedno Hrvatsko Primorje, do kojega strujanje, što donosi najviše oborine, ima slobodan pristup. Drugi pravac vrijedi za područje zaklonjeno od glavnog smjera strujanja. Granica između ta dva područja, dakle između navjetrine i zavjetrine, određena je uzimajući u obzir reljef i količine oborine, što su ih zabilježile pojedine stanice kod raznih sinoptičkih situacija. Ta granica povezuje Bjelolasicu, Dragomalj, Risnjak, Jelenac, Zatrepi i ide dalje prema Snježniku, kao što se vidi na sl.6. Prema njoj se čitav tok rijeke Dobre nalazi u zavjetrini, dok je okoliša Broda i Kuzlja izložena južnom strujanju, dakle u pojedinim slučajevima Kuzelj dobiva i više oborine, nego što bi bilo normalno, zbog lokalne navjetrine, što je čini Lesnički Dragomalj. Slično tome i Gerovo prima dosta oborine kod ovakvih južnih situacija, jer je za smjerove vjetrova S i SE u prilično izrazitoj navjetrini i samo je od jugozapada dobro zaklonjeno.

Sl.7. prikazuje vezu između godišnjih količina oborine i nadmorskih visina u koordinatnom sustavu. Vrijednosti, koje odgovaraju stanicama u zavjetrini, označene su kržićem, a one za stanice na izloženom području kružićem. Osam stanica nalazi se na izrazitoj navjetrini; to znači ne samo da južna struja ima do njih slobodan pristup, nego se ona u njihovoj blizini mora znatno uzdići, jer je na to prisiljava reljef. To su stanice Crikvenica, Kraljevica, Rijeka, Trsat, Čavle, Marčelji, Klana i Crni Lug. Njihovi podaci označeni su ispunjenim kružićima, i kao što se vidi, padaju gotovo u jedan pravac.

Metodom najmanje sume kvadrata dobiveni su ovi rezultati:

1.) U zaklonjenom, sjeveroistočnom dijelu Gorskog Kotara veza između godišnje količine oborine i nadmorske visine je: $r = 1,56 h + 667$, a to znači, da vertikalni oborinski gradijent iznosi 156 mm na 100 m visine (1558 mm/1 km). Rezultat je dobiven iz podataka 9 stanica na visinama od 325 do 900 m. Znatnija odstupanja od izračunane veze pokazuju Farg na sjeverozapadu, koji ima 330 mm manje i Ogulin na jugoistoku, koji ima 230 mm više, nego što bi mu pripadalo prema navedenoj jednadžbi.

2.) Za onaj dio Gorskog Kotara, koji je izložen južnom strujanju i za susjedno Hrvatsko Primorje, pravac ima jednadžbu $r = 1,84 h + 1189$ t.j. tu se na svakih 100 m visine godišnja količina oborine povećava za 184 mm (1838 mm/1 km). Porast je, dakle, 1,18 puta brži negoli u zavjetrini. Taj pravac dobiven je iz 29 podataka na visinama od 4 do 1420 m.

3.) Na mjestima, koja se nalaze u jakoj navjetrini, t.j. na obroncima okrenutim prema jugu, povećava se godišnja količina oborine na svakih 100 m visine prosječno za 221 mm (2212 mm/1 km). To je pokazalo 8 stanica na nadmorskim visinama od 4 do 726 m. One su dale vezu između oborine i visine oblika: $r = 2,21 h + 1186$. No čini se, da ta veza vrijedi samo do visine od oko 800 m. U većim visinama izgleda da vertikalni oborinski gradijent na jakoj navjetrini postaje manji. To se zasad naslućuje iz podataka totalizatora Risnjak, a za nekoliko godina, kad i ostali totalizatori budu imali dulje nizove mjerenja, vidjet će se, je li ta pretpostavka bila točna.

Na kraju treba još nešto istaći. Deset godina nije dugačak period za računanje srednjih godišnjih količina oborine. I ako se takve srednje količine budu računale iz nekog drugog razdoblja, one će se vjerojatno razlikovati od ovih za godine 1947.-1956. Ali smatram, da se odnosi srednjih godišnjih količina između pojedinih stanica ne će bitno promijeniti, t.j. da će oblik izohijeta i iznos vertikalnog oborinskog gradijenta ostati gotovo isti i u ma kojem drugom razdoblju dotle, dok se klimatske prilike kod nas bitno ne izmijene. A pomoću tih podataka moći ćemo uvijek približno ocijeniti, koliko oborine dobivaju ona mjesta u Gorskom Kotaru, u kojima se ne nalazi ni kisomjer ni totalizator.

L i t e r a t u r a

- (1.) Conrad, Methods in Climatology, 1946.
- (2.) Izvjestaj o vodenim talozima, vodostajima i količinama vode za 1932. Izdanje Ministarstva građevina, Sarajevo 1934.
- (3.) Knoch und Reichel, Verteilung und jährlicher Gang der Niederschläge in den Alpen, Berlin 1930.
- (4.) Prilog poznavanju klime Jugoslavije, 2.Karte izohijeta izdanje HMS FNRJ, Beograd 1953.
- (5.) Renier, Karta godišnje količine kiše u Kraljevini Jugoslaviji, Zbirka karata Geografskog društva, Beograd 1935.
- (6.) Škreb, Oborine u Hrvatskoj i Slavoniji 1901.-1910., Zagreb 1930.
- (7.) Trzebitzky, Studien über die Niederschlagverhältnisse auf der südosteuropäischen Halbinsel, Sarajevo 1911.
- (8.) Lauscher, F.u.M.Roller, Bemerkungen zur Zeichnung der Niederschlagskarten für die Hochwasser-Wetterlagen im Juli 1954. Wetter und Leben, 1956, Heft 12.