

VELIKE KOLIČINE OBORINA NA JUŽNOM JADRANU PRI SJEVEROZAPADNOM HLADNOM PRODORU

Large Precipitation Amount on the Southern Adriatic at Northwest Cold Air Outbreak

ZORAN REBAC i MILAN SIJERKOVIĆ

Republički hidrometeorološki zavod SR Hrvatske, Zagreb

Primljeno 6. svibnja 1986, u konačnom obliku 1. rujna 1986.

Sažetak: Istražena je prostorna i vremenska raspodjela velikih količina oborina na srednjem i južnom Jadranu u vezi sa sjeverozapadnim prodorom hladnog zraka dana 7. srpnja 1982. Uz opće smanjivanje količina oborina od kontinentalnog područja prema obali i otvorenom moru uočeno je povećanje količine oborine prema južnom Jadranu, što nije uobičajeno u ljetnom dijelu godine. Pomoću metode mezoanalize, uz korištenje satnih mezokarata, utvrđeno je da je takva raspodjela oborina posljedica stvaranja „mezociklone“ na hladnoj fronti uz obalu srednjeg Jadrana i njezinog premještanja prema jugoistoku, što je dovelo do intenzifikacije oborinskih procesa na hladnoj fronti.

Key words: oborine, prostorna raspodjela količine oborina, hladna fronta, sjeverozapadni prodor hladnog zraka, mezoanaliza, satne mezokarte, mezociklona.

Abstract: Space and time distribution of heavy precipitation which occur on 7 July 1982, over the middle and south part of the Adriatic, were studied. This rainfall was followed by intensive thunderstorm activities caused by the northwest cold air outbreak. Unusual increase of total precipitation amount from inland to the coast and islands was observed, which is a rare case in the summer period. Using the mesoscale analysis method (hourly charts), it is estimated that such a distribution of precipitation amounts is a consequence of a mesoscale cyclone which developed on the cold front near the middle part of the Adriatic coast, while moving southward, resulting in an intensification of local processes in the area of cold front.

Key words: precipitation, space distribution of rainfall amounts, cold air outbreak, mesoscale analysis, mesoscale cyclone, weather in the Adriatic area.

1. UVOD

Brojna istraživanja raspodjele količine oborina u našim krajevima (Škreb i suradnici, 1942; Vujević, 1953; Ranković, 1974; Penzar, B. i Penzar, I., 1980) pokazala su da je na južnom dijelu Jadrana minimum količine oborina u godišnjem hodu u jednom od ljetnih mjeseci, srpnju ili kolovozu, ali većinom u srpnju. Prema B. Penzar (1969) uzrok pojave ljetnog minimuma je u karakteristikama opće cirkulacije atmosfere iznad naših krajeva, jer se subtropski pojas visokog tlaka pomiče sjevernije, te zahvaća Sredozemlje i rubna mora, čime sprečava mnoge frontalne poremećaje da uđu u to područje.

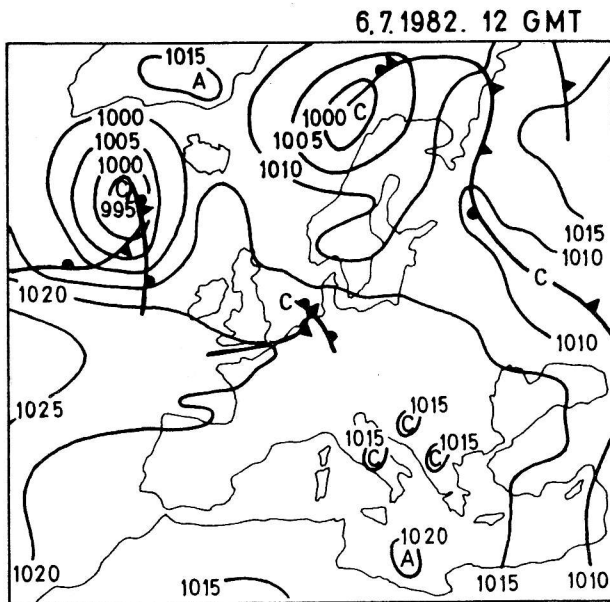
Međutim, prema Margetiću (Škreb i suradnici, 1942) u tome dijelu naše zemlje, upravo u razdoblju minimuma oborina, pojavljuje se veliko relativno kolebanje mjesečne količine oborina. To se, prema Penzar, B. i Penzar, I. (1981), pripisuje jačim prodorima hladnog zraka, pri čemu glavni doprinos srpanjskoj količini oborina potječe od atmosferskih fronti, unatoč tome što se,

prema Čadežu (1964), Laliću (1979) i Brebrić (1981), broj fronti koje daju oborinu i prosječna količina oborina po fronti u srpnju smanjuju od sjeverozapada naše zemlje prema jugoistoku.

Cilj je ovog rada da istraži uzroke pojave velikih količina oborina na južnom Jadranu dana 7. srpnja 1982. kojih je dnevna količina bila veća od prosječne količine za cijeli srpanj, tako da su ponegdje (solana u Ulcinju, na primjer) prouzročile velike štete.

2. KARAKTERISTIKE SINOPTIČKE SITUACIJE

Jedan dan prije nego što su izmjerene velike količine oborine (sl. 1) iznad središnjeg i južnog dijela Evrope, uključujući i naše krajeve, nalazilo se bezgradijentno područje visokog tlaka s malim izoliranim ciklonama termičkog porijekla. U području Sjevernog mora bila je plitka i slaba ciklona s frontalnim poremećajem što su se u sjeverozapadnoj visinskoj struji (sl. 1) brzo premještali na jugoistok, tako da je na početku 7. srpnja

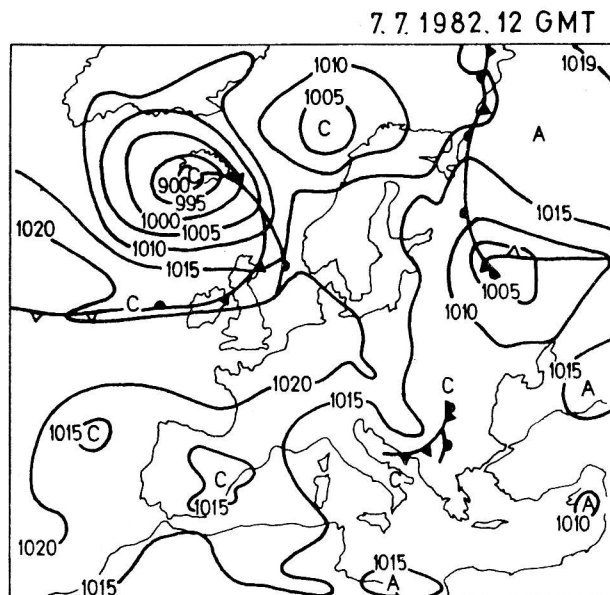


Sl. 1. Prizemna sinoptička karta: 6. 7. 1982, 12 GMT

Fig. 1. Surface synoptic chart 6 July 1982, 12 GMT

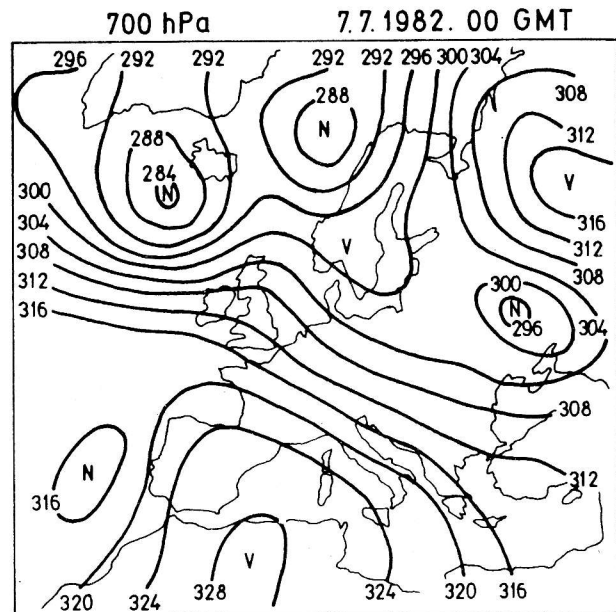
(sl. 2) frontalni sustav bio u području Alpa, a sredinom dana (sl. 2) središte ciklone se nalazilo iznad Karpata, dok je frontalni sustav bio u istočnom dijelu naše zemlje, što se dobro uočava i na satelitskoj slici naoblake (sl. 5). Iza fronte, sa sjeverozapada se iznad kontinentalnog dijela naše zemlje pružao greben azorske anticiklone.

Analiza 24-satnih promjena tlaka i visina relativne topografije od 1000 do 500 hPa, prema Europäischer Wetterbericht-u (sl. 6) u razdoblju kada su izmjerene velike količine oborina, ukazuje na to da je hladna zračna masa zahvaćala donju polovicu troposfere i da se premještala sa sjeverozapada na jugoistok. Dakle, sinoptička analiza na širem području pokazuje da je posrijedi razmjerno plitak prodor maritimne zračne



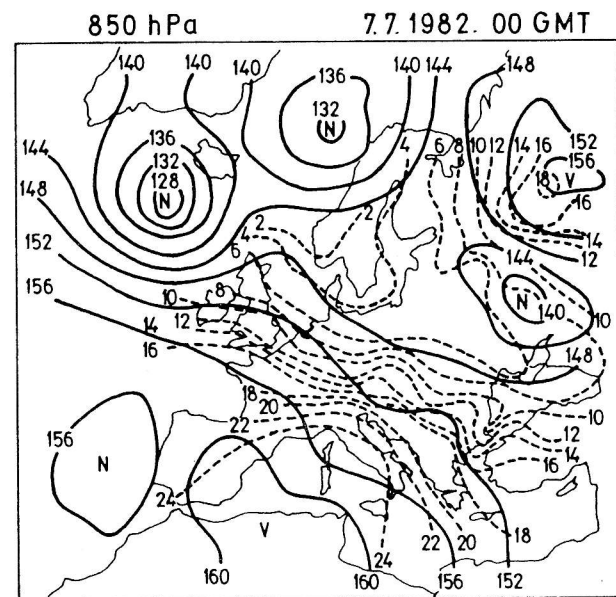
Sl. 2. Prizemna sinoptička karta: 7. 7. 1982, 12 GMT

Fig. 2. Surface synoptic chart 7 July 1982, 12 GMT



Sl. 3. Visinska sinoptička karta: AT 700 hPa, 7. 7. 1982, 00 GMT

Fig. 3. Upper level synoptic chart AT 700 hPa, 7 July 1982, 00 GMT



Sl. 4. Visinska sinoptička karta: AT 850 hPa, 7. 7. 1982, 00 GMT

Fig. 4. Upper level synoptic chart AT 850 hPa 7 July 1982, 00 GMT

mase, bez izražene termobaričke doline u meridionalnom smjeru, kakvi su ljeti česti i, prema Penzar, B. i Penzar, I. (1981), vođeni su obično zapadnom visinskom strujom na sjevernoj granici subtropskog pojasa. Te se karakteristike prodora, „plitkost“ po visini i izražajnost u prizemnim slojevima, uočavaju i na vremenskom vertikalnom presjeku za Zagreb (sl. 7).

Premještanje hladnog zraka iznad našeg područja (sl. 8) pokazuje slijedeće karakteristike: 1) hladna se fronta premještala sa sjeverozapada na jugoistok;

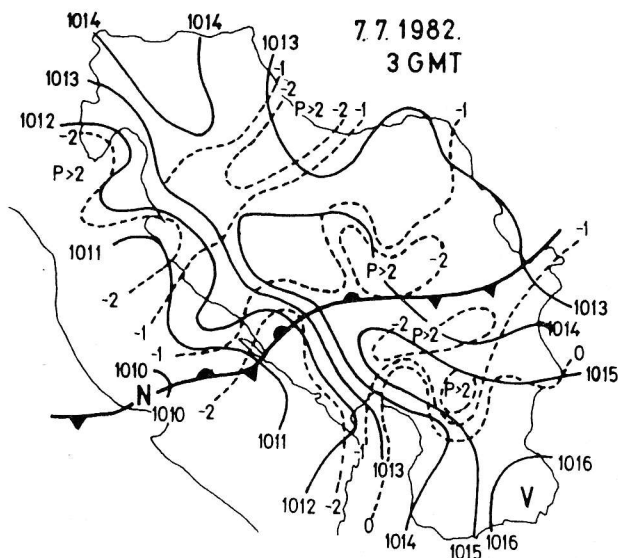


Sl. 5. Satelitski snimak naoblake, NOAA 7, 7. 7. 1982, 11.49–12.02 SEV

Fig. 5. Satellite cloud picture, NOAA 7, 7 July 1982, 11.49–12.02 MET

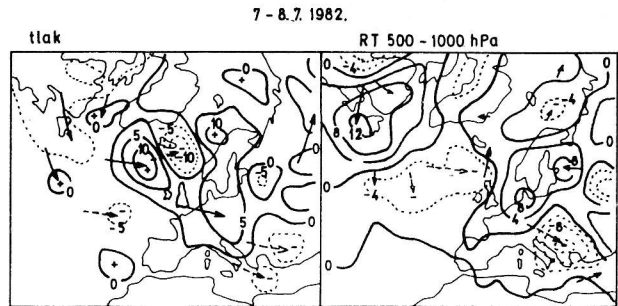
2) fronta se brzo gibala; 3) njezino je premještanje bilo zamjetno brže u noćnim nego u prijedopodnevima; 4) hladna fronta iznad naših krajeva je imala valovit oblik, s dvije sekundarne ciklone, jednom koja se zadržavala u području Jadrana i drugom koja se premještala preko jugoistočnih kontinentalnih krajeva.

Prve tri navedene činjenice pokazuju, prema Čadežu (1964), da se prodor hladnog zraka može okarakterisati



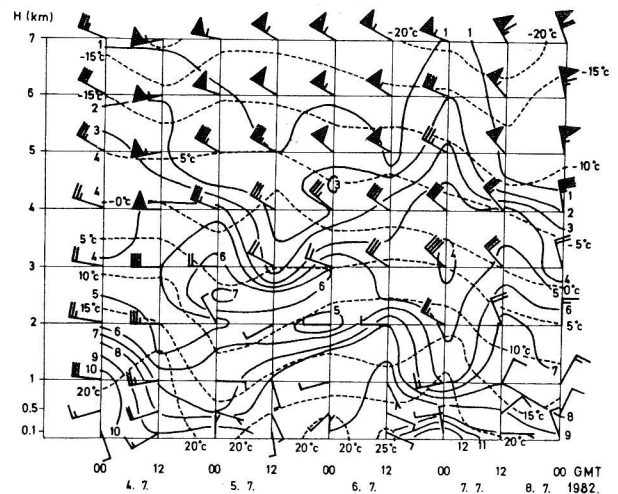
Sl. 8. Prizemne sinoptičke karte SFRJ: 7. 7. 1982: (lijevo) 03 GMT, (desno) 06 GMT

Fig. 8. Surface synoptic charts of Yugoslavia, 7 July 1982, 03 GMT and 06 GMT.



Sl. 6. 24-satne promjene (8.7.1982. 00 GMT): a) tlaka u prizemlju; b) RT 500–1000 hPa (Europäischer Wetterberichte).

Fig. 6. 24-hourly changes (7–8 July 1982. 00 GMT) of surface pressure (left) and thickness 500–1000 hPa (according to Europäischer Wetterberichte).



Sl. 7. Vremenski vertikalni presjek za Zagreb (crtkane linije – temperatura u °C; pune linije – omjer miješanja u gr/kg; vjetar u ms⁻¹, dulja crta 5 ms⁻¹, zastavica 25 ms⁻¹).

Fig. 7. Vertical time-cross section for Zagreb: temperature (dashed lines, °C; mixing ratio (solid lines, q/kg), wind (m s⁻¹, longer line 5 m s⁻¹, flag 25 m s⁻¹).

zirati kao „sjeverozapadni“, što je najčešći smjer prodiranja hladnog zraka u mjesecu srpnju, da spada u „brze hladne prodore“ (od Maribora do Beograda za vrijeme kraće od 4 sata), pri čemu je njegovo usporavanje u prijedopodnevni satima posljedica grijanja hladnog zraka od razmjerno vrlo toplog tla.

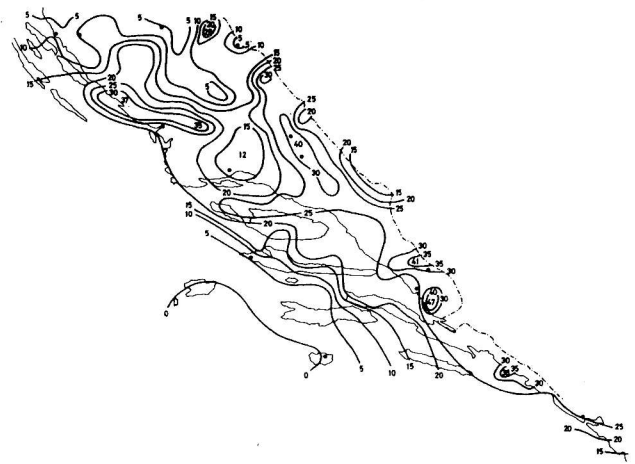
Sekundarne ciklone stvorene na hladnoj fronti spadaju u sisteme malih razmjera, čija je pojava, prema Radinoviću (1981), često povezana s orografskim utjecajima, pri čemu se u toku ljeta sistemi niskog tlaka malih i srednjih razmjera češće stvaraju iznad kopna nego iznad mora, što upućuje na to da u njihovu stvaranju dominantnu ulogu ima toplinsko stanje zemljine površine. U promatranom slučaju temperaturne razlike su bile potencirane prisutnošću hladne fronte. Ciklona na Jadranu nastala je aktiviranjem već otprije prisutne doline niskog tlaka prilikom prodora hladnog zraka.

3. RASPODJELA OBORINA

Neke od navedenih karakteristika promatranog hladnog prodora, kao što su brzo premještanje u noći i usporavanje njegova kretanja prije podne, mogu se potvrditi i raspodjelom količine oborina.

U razdoblju od 18 GMT 6. 7. do 06 GMT 7. 7., koje sadrži vrijeme u kojemu je hladna fronta prevalila put od krajnjeg sjeverozapada do južnog Jadrana, oborine su zahvatile gotovo cijelo područje naše zemlje (sl. 9), a u razdoblju usporavanja i stanovitog zadržavanja fronte iznad istočnog dijela zemlje, oborine su zahvaćale samo te krajeve, dok su drugdje prestale ili ih je bilo samo mjestimično u vezi s lokalnim nestabilnostima atmosfere (sl. 9).

Uočava se da je brzo noćno kretanje fronte bilo praćeno u većini zahvaćenih krajeva nekontinuiranim područjem oborina male količine, osim na području

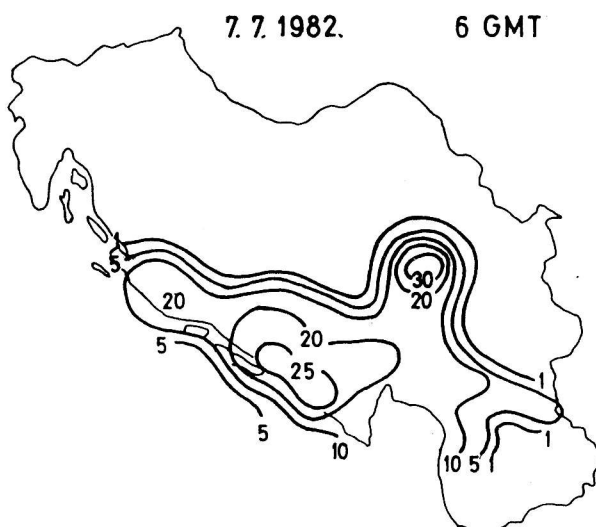


Sl. 10. Raspodjela 24-satnih količina oborina u Dalmaciji i na Crnogorskom primorju od 6. 7. u 07 h do 7. 7. u 07 h SEV 1982.

Fig. 10. Distribution of 24-hr precipitation amount in Dalmatia and Montenegro coast from 6 July at 07 h to 7 July at 07 h MET 1982.

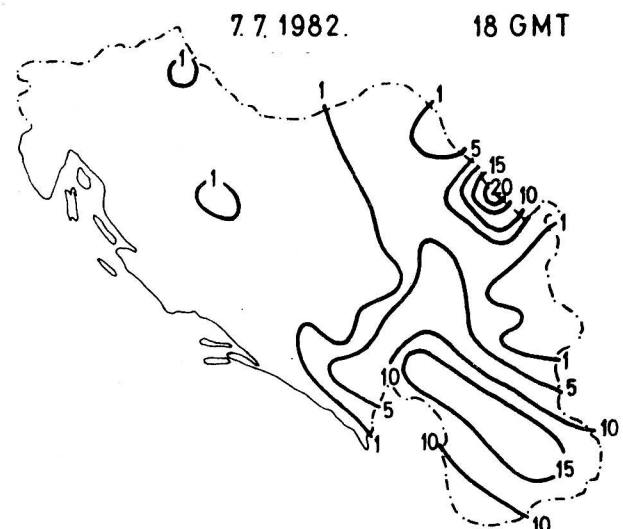
srednjeg i južnog Jadrana, južnih dijelova Bosne i Hercegovine i u kopnenom dijelu Crne Gore. Najveće količine oborina bile su na južnom Jadranu i općenito u jugoistočnim krajevima zemlje, što nije u suglasju s prosječnom razdiobom oborina pri sjeverozapadnim prodorima, kako to navode Čadež (1964), Lalić (1979) i Brebrić (1981).

U noćnom 12-satnom razdoblju najveće su količine oborina izmjerene, šire gledano, na južnom Jadranu. Međutim, potanija analiza 24-satnih količina oborina u Dalmaciji i na Crnogorskom primorju, uz pomoć podataka oborinskih stanica, koje su stvarno 12-satne, jer u prethodnom 12-satnom razdoblju nije bilo oborina, pokazuje da je raspodjela količina oborina na tom području (sl. 10) bila drukčija i općenito složenija nego što je daje razmjerno rijetka mreža sinoptičkih stanica.



Sl. 9. Raspodjela 12-satnih količina oborina na području SFRJ: (lijevo) razdoblje 6. 7. 1982. 18 GMT – 7. 7. 1982. 06 GMT; (desno) razdoblje 7. 7. 1982. 06 GMT – 7. 7. 1982. 18 GMT.

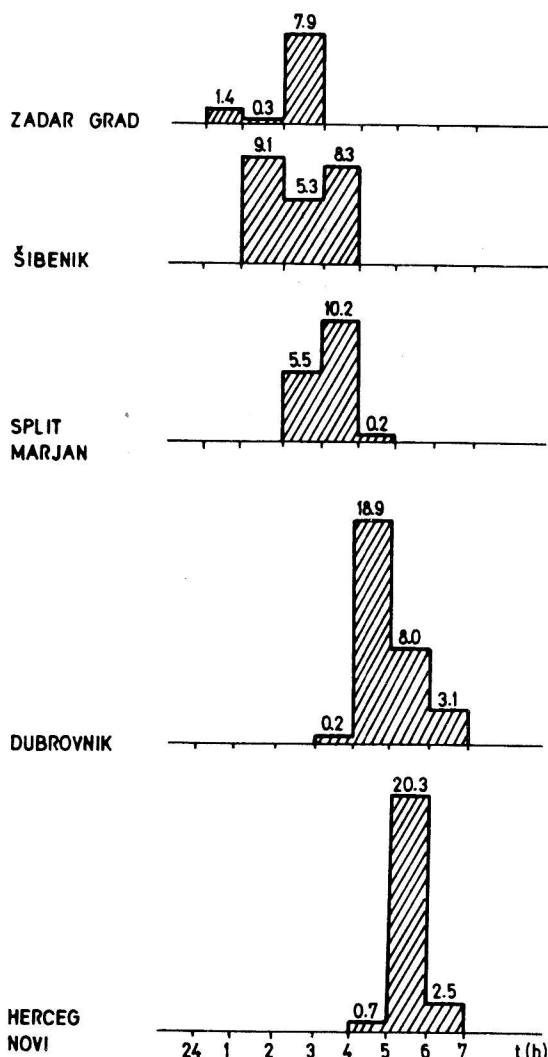
Fig. 9. Distribution of 12-hr precipitation amounts over Yugoslavia for the period 6 July 1982 18 GMT – 7 July 1982, 06 GMT (left) and 7 July 1982 06 GMT – 7 July 1982 18 GMT (right)



Osim već prije spomenute činjenice da se količine oborina na Jadranu općenito smanjuju prema njegovom sjeverozapadnom dijelu, uočava se i druga općenita činjenica da se količina oborina smanjuje od kontinentalnih krajeva prema otvorenom području Jadrana. Ovo potonje je opća karakteristika raspodjele oborina u toku ljeta i posljedica je, prije svega, orografskog utjecaja na frontalne sustave koji se iz kontinentalnih krajeva premještaju na Jadran (Margetić, u radu Škreb i suradnici, 1942). Pojava izdvojenih maksimuma količine oborina (Opuzen 46,2 mm, Trilj 40,1 mm, Sinj 38,8 mm, Metković 36,5 mm), koja je karakteristična za hladne fronte, i to svih u kontinentalnim krajevima, može se također pripisati utjecaju orografije, ali i povećanoj nestabilnosti zračne mase što je rezultiralo pljuskovitim oborinama u sklopu grmljavinske aktivnosti, kako će se to vidjeti u slijedećem poglavlju.

Vremenska raspodjela oborina istražena je uz pomoć histograma satnih količina oborina i satnih mezokarata oborina, a u cilju utvrđivanja njihova uzroka.

HISTOGRAM
SATNIH KOLIČINA OBORINA l/m^2



Sl. 11. Histogram satnih količina oborina

Fig. 11. Histogram of hourly precipitation amount.

Histogrami satnih količina oborina (sl. 11) pokazuju da su oborine na promatranim meteorološkim stanicama padale u kratkom razdoblju (oko tri sata), da se i unutar tog razdoblja uočava izrazit maksimum koji je u sjeverozapadnim dijelovima područja na (sl. 9) nastupio najprije, a zatim je sustavno zakašnjavao prema jugoistočnim krajevima.

Analiza slijeda uzastopnih satnih mezokarata oborina na području Dalmacije i Crnogorskog primorja (sl. 12), koje su izrađene prema metodi koju je koristio Sijerković (1976), ukazuje na slijedeće činjenice: 1) postojanje izraženog maksimuma u polju oborina, što se brzo premještalo sa sjeverozapada prema jugoistoku u zoni primorskih planina i na uskom obalnom području; 2) prisutnost oborina i sekundarnih maksimuma na nekim dijelovima područja prije ili poslije pojave glavnog maksimuma i neovisno o njemu.

Na osnovi prostorne i vremenske raspodjele oborina moglo bi se zaključiti da su one bile prouzročene sa strane nekog atmosferskog sistema koji se prilično brzo premještalo od sjeverozapada prema jugoistoku promatranog područja.

4. MEZOANALIZA VREMENSKIH PRILIKA

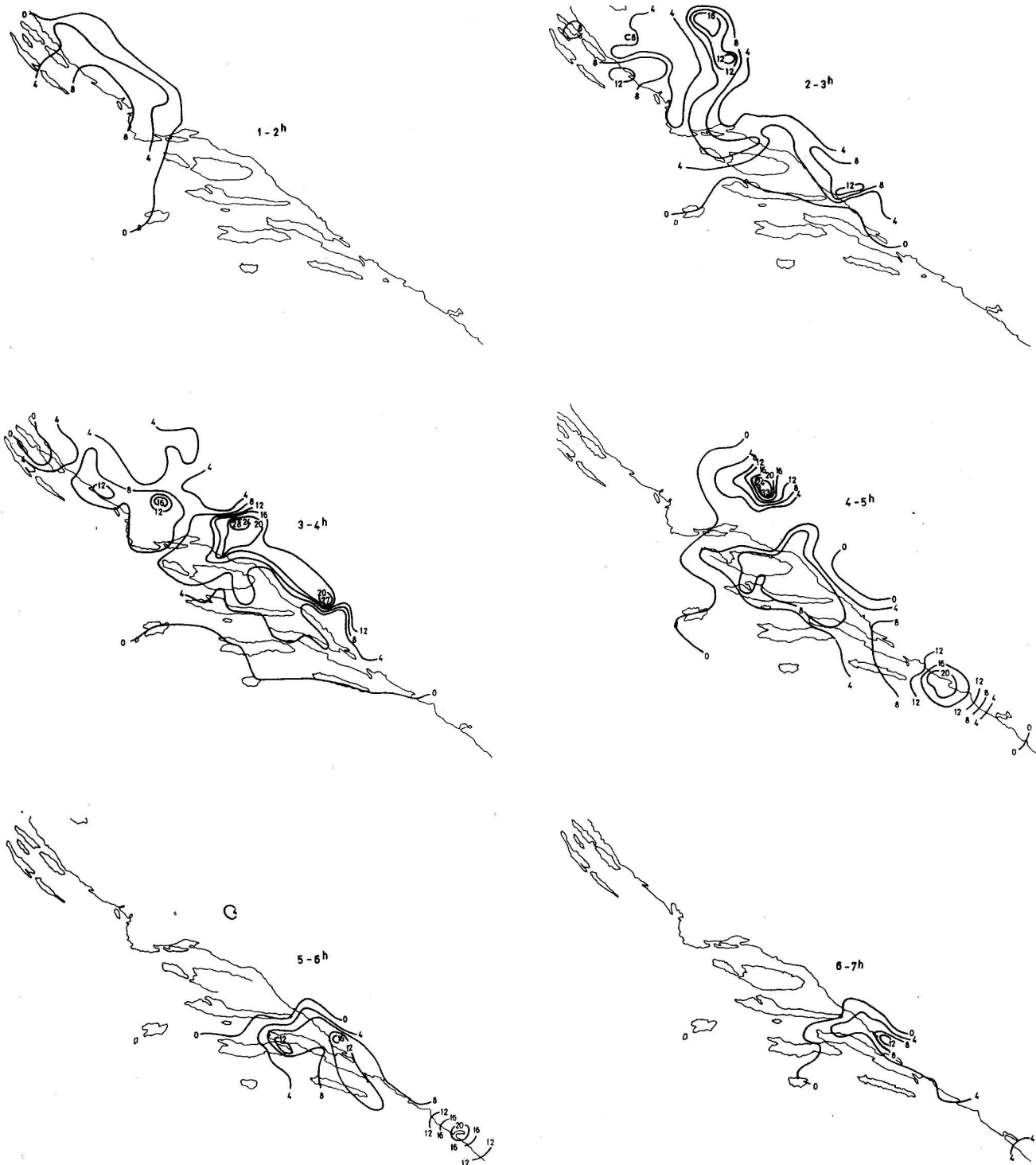
U svrhu istraživanja uzroka velikih količina oborina provedena je mezoanaliza vremenskih prilika na promatranom području. Kao elementi mezoanalize korišteni su, osim satnih mezokarata oborina, stanični grafikoni vremena, definirani u radu Sijerkovića (1976), i satne mezokarte tlaka.

Stanični grafikoni vremena konstruirani su na osnovi dostupnih podataka za meteorološke stanice: Zadar, Split, Lastovo, Dubrovnik, Hercegnovi i Bar (sl. 13).

Analiza staničnih grafikona vremena ukazuje na to da su maksimumi oborina bili povezani s jakim grmljavinama, porastom relativne vlage, izraženim padom temperature i porastom tlaka, nakon čega je slijedilo jačanje vjetera i njegovo skretanje na smjerove iz sjevernog kvadranta (najprije N ili NW, a zatim na buru), uz postupno razvedravanje. Sve to ukazuje (Zverev, 1977) na prolaz hladne fronte II reda, koja je sjeverni dio područja zahvatila između 01 i 02 sata, a najjužnji između 05 i 06 sati, pa se i kretanje glavnog maksimuma u polju oborina može pripisati izravnom utjecaju fronte.

Satne mezokarte tlaka (sl. 14) mogu objasniti pojavu oborine prije i nakon prolaza hladne fronte. Predfrontalne oborine bile su posljedica produbljanja ciklonalnog polja na Jadranu, gdje je stvorena mezociklona. Prodor hladnog zraka aktivirao je tu malu ciklonu, koja se zatim pokrenula u smjeru kretanja hladnog zraka, što je, prema svemu sudeći, pridonijelo velikom intenzitetu oborina uz obalu južnog dijela Jadrana.

U polju tlaka zamjećuje se i druga mezociklona, koja se premještala duž Jadrana u istom smjeru kao i prva, a koja objašnjava pojavu postfrontalnog, sekundarnog maksimuma u polju oborina. Uočeno je i postojanje



Sl. 12. Satne mezokarte oborina u razdoblju 1-7 h SEV, 7. 7. 1982.

Fig. 12. Hourly mesoscale charts of precipitation for the period 00-07 h MET, 7 July 1982.

grebena u polju tlaka, srednjih razmjera, koji je stvoren između mezociklona i zajedno s njima se premještao u naznačenom smjeru.

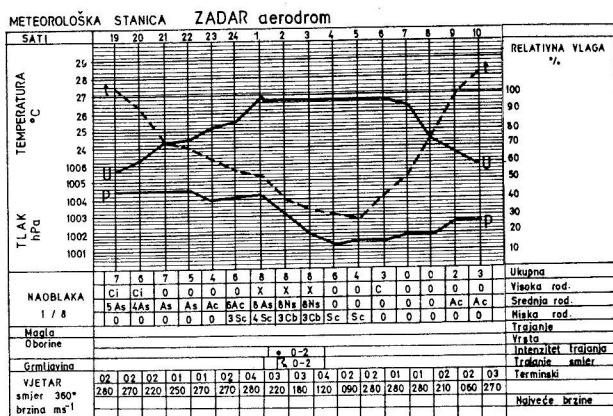
5. ZAKLJUČAK

Velike količine oborina na južnom Jadranu 7. srpnja 1982. godine bile su prouzročene karakterističnim ljetnim prodorom hladnog zraka sa sjeverozapada.

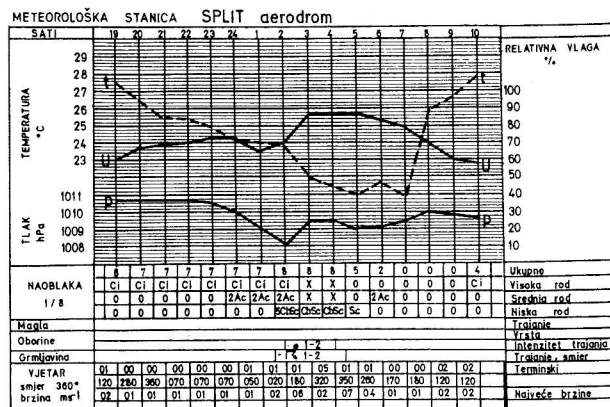
Oborine su bile kratkotrajne, uglavnom pljuskovite naravi i praćene grmljavinskom aktivnosti.

Prostorna razdioba dnevne količine oborina ukazuje na poznatu karakteristiku za ljetne mjeseci, a to je njezino smanjivanje od kontinentalnih krajeva prema otvorenom dijelu Jadrana, kao i na izolirane maksimume u području primorskih planina, što je posljedica utjecaja reljefa i osobito orografije na frontalne sustave. Međutim, mezoanaliza oborina pokazala je postojanje

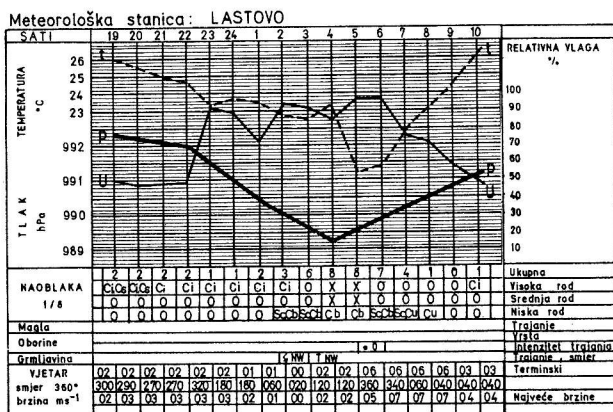
GRAFIKON VREMENA



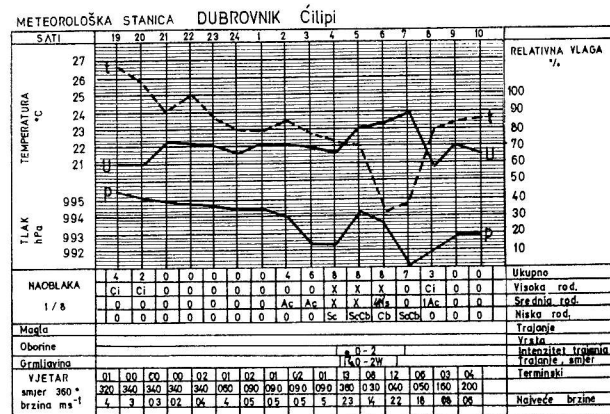
GRAFIKON VREMENA



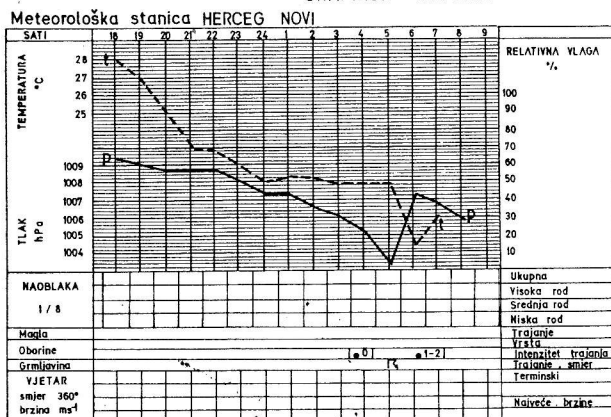
GRAFIKON VREMENA



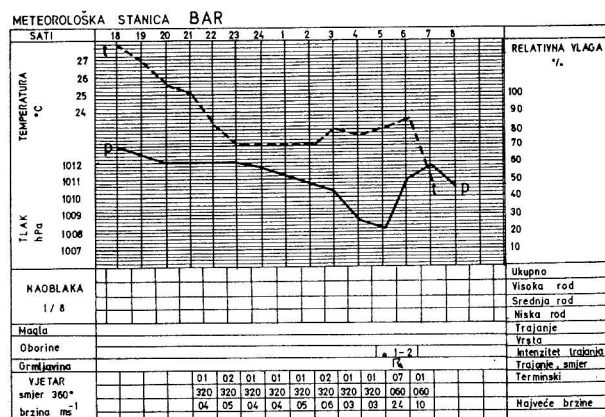
GRAFIKON VREMENA



GRAFIKON VREMENA



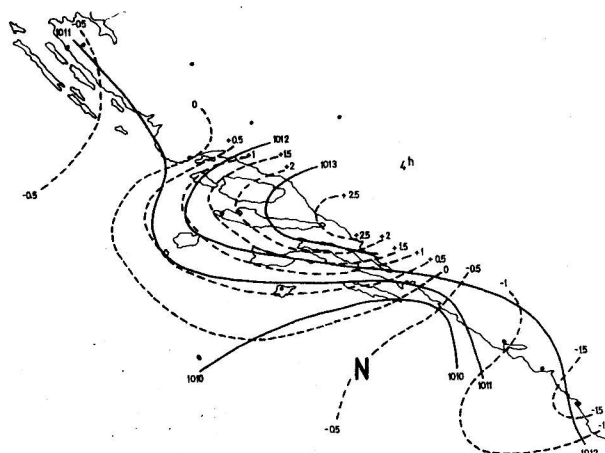
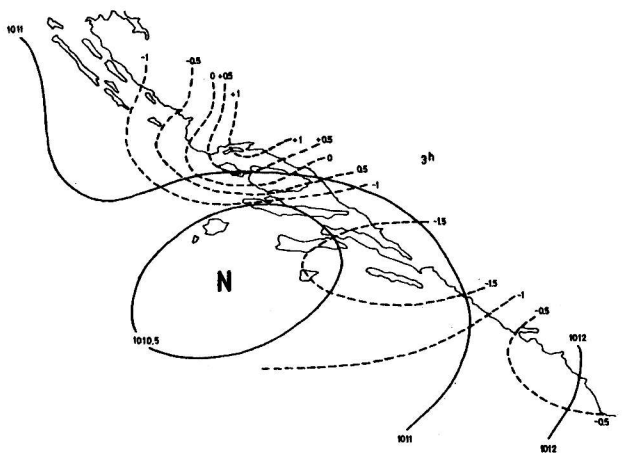
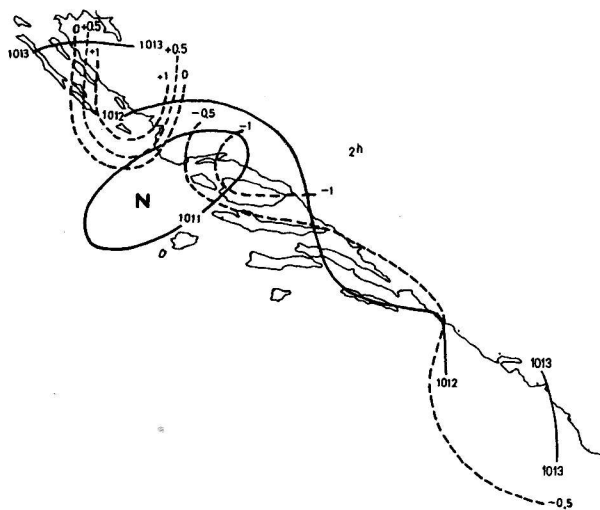
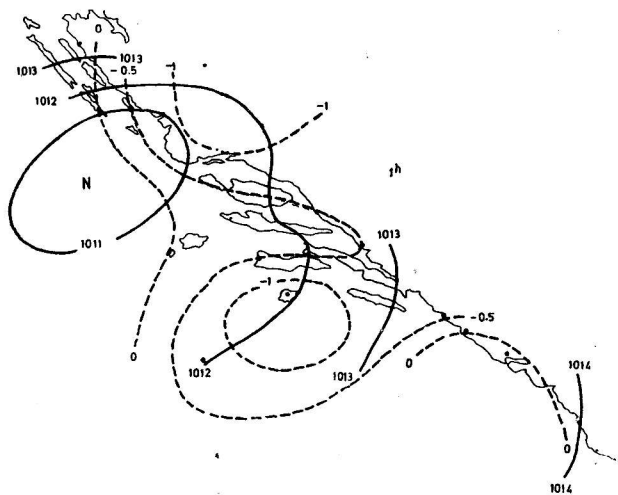
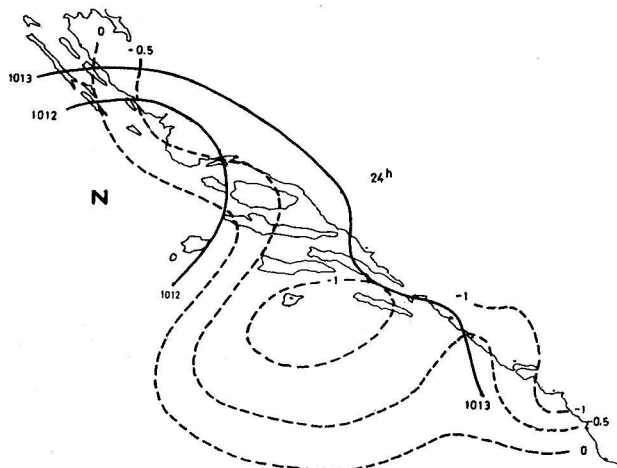
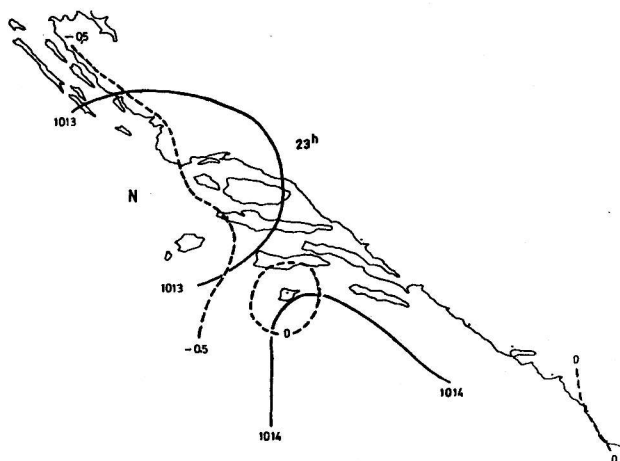
GRAFIKON VREMENA

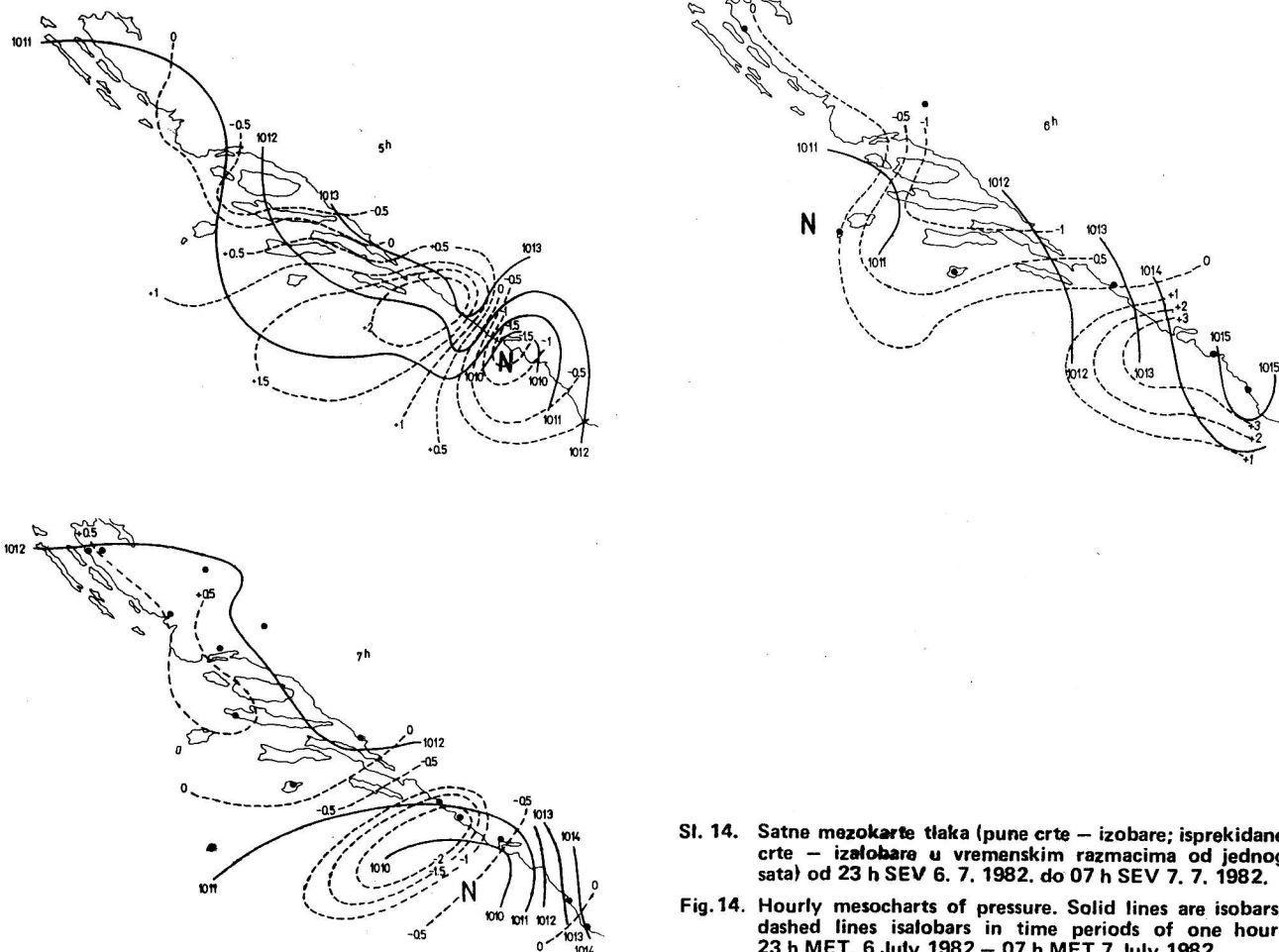


Sl. 13. Stanični grafikoni vremena za Zadar, Split, Lastovo, Dubrovnik, Hercegnovi i Bar
 Fig. 13. Station weather graphs for Zadar, Split, Lastovo, Dubrovnik, Hercegnovi and Bar.

izraženog maksimuma u polju oborina, koji se brzo premještao sa sjeverozapada prema jugoistoku u zoni primorskih planina i uskog obalnog područja. To je bilo povezano sa stvaranjem „mezociklona“ na hladnoj fronti uz obalu srednjeg Jadrana i s njezinim premještanjem uz obalu prema jugoistoku, što je dovelo

do intenzifikacije oborinskih procesa. U hladnoj zračnoj masi stvorena je još jedna, slabija izražena „mezociklona“, koja se također premještala duž obale na jugoistok i prouzročila pojavu postfrontalnog, sekundarnog maksimuma u polju oborina.





Sl. 14. Satne mezokarte tlaka (pune crte – izobare; isprekidane crte – izalobare u vremenskim razmacima od jednog sata) od 23 h SEV 6. 7. 1982. do 07 h SEV 7. 7. 1982.

Fig. 14. Hourly mesocharts of pressure. Solid lines are isobars, dashed lines isalobars in time periods of one hour, 23 h MET, 6 July 1982 – 07 h MET 7 July 1982.

LITERATURA

- Brebrić, V., 1981: Raspodjela oborina pri prolazu hladnih fronta u Hrvatskoj. Diplomski rad na PMF, Zagreb, 93 str.
- Čadež, M., 1964: Vreme u Jugoslaviji. Rasprave, PMF, Beograd, 80 str.
- Lalić, D., 1979: Hladni atmosferski frontovi nad Jugoslavijom. Prilozi poznavanja vremena i klime SFRJ, sv. 6, SHMZ, Beograd.
- Penzar, B., 1969: Mehanizam opće cirkulacije atmosfere ljeti nad Jugoslavijom. Disertacija, Zagreb, 170 str.
- Penzar, B. i Penzar, I., 1980, 1981: O položaju i uzrocima ekstrema u godišnjem hodu oborina u Hrvatskoj (Dio II i III). Geografski glasnik, XLI–XLII–XLIII, Zagreb, str. 27–48.
- Radinović, Đ., 1981: Vreme i klima Jugoslavije. Univerzitet u Beogradu, 423 str.
- Ranković, S., 1974: Globalna analiza nekih karakterističnih osobina raspodjele padavina u Jugoslaviji. IX savjetovanje klimatologa Jugoslavije, Sarajevo 1973, SHMZ Beograd, 133–144 str.
- Sijerković, M., 1976: Istraživanje lokalnih vjetrova u Hrvatskoj metodom mezoanalize. Magistarski rad na PMF, Zagreb, 93 str.
- Škreb, J. i suradnici, 1942: Klima Hrvatske, Zagreb, str. 104–133.
- Vujević, P., 1953: Podneblje FNR Jugoslavije. Originalni radovi Prirodno-matematičkog fakulteta u Beogradu, 46 str.
- Zverev, A. S., 1977: Sinoptičeskaja meteorologija. Gidrometeorizdat, Lenjingrad, str. 210–276.

SUMMARY

Numerous research concerning an annual course of total rainfall amount distribution over the southern Adriatic, are pointing out a minimum in summer seasons (July–August).

This is caused by a characteristic atmospheric circulation, due to a seasonal shift of subtropical high pressure northward, which prevents most of the cold air outbreak from influencing weather conditions over the Southern Adriatic. However in this period of minimum annual precipitation amount, a great relative variation of monthly precipitation occur (Škreb et al, 1942) Penzar and Penzar (1981) attributed this occurrence to strong cold air outbreaks, while most of the total rainfall in July was caused by cold fronts, Mean value of total precipitation amounts in July decreases from northwest to southeast, including the Adriatic coast (Čadež 1964, Brebrić 1981). On the 7 July 1982, a large amount of precipitation was locally observed, some of them greater than the longterm monthly mean. Analysis shows that daily precipitation amounts were greater in the south than in the middle part of the Adriatic coast. It is suggested that this rainfall was caused by a characteristic summer cold air outbreak, crossing the entire country. The cold front was fast moving, especially during the night hours, which is in agreement with the results of Čadež (1964). The short term precipitation was mainly showers followed by thunderstorm activities. Space distribution of daily precipitation amounts pointed out to the well known decrease from inland to the coast and islands, and isolated maximum in the continental mountainous area are a consequence of orographic effects on the cold fronts.

Using the mesoscale analyses method we find a quickly moving (northeast to the southwest) maximum in the field of precipitation. It was connected with a developing mesoscale cyclone on the cold front near the Middle Adriatic coast, and its southeast movement resulted in an intensification of rainfall processes. Another mesoscale cyclone was also found causing a secondary maximum in the precipitation field.