

**LOKALNA ANALIZA PRODORA HLADNOG ZRAKA 12. – 13.1.1982.
GODINE**

**LOCAL ANALYSIS OF THE COLD AIR INVASTON ON 12th – 13 th
JANUARY 1982.**

Milan SIJERKOVIĆ, Vlasta ŠVAST
Republički hidrometeorološki zavod SR Hrvatske, Zagreb

UDK 551.515.8

SUMMARY

The objective of this paper is to present research on the weather characteristics of the cold air invasion in Croatia on 12th – 13th January, 1982. The local analysis method used in this investigation included the station time–sections, the local changes of equivalent–potential temperature and the wind at short intervals.

It is shown that this invasion was from the North and very strong, representing cold air advection on the Eastern and South–eastern side of an anticyclone that was moving from Western Europe to the East. In conditions of stable stratification of the cold air mass, the front was accompanied by strong cloudiness. The precipitations were mostly postfrontal and only partly present. The impact of orography on their appearance, durability and quantity was significant.

The passing of the cold front caused a general decrease of temperature, especially in the mountainous regions, except in the Northern lowland areas, where the inversion caused by cooling in the lower layers was broken, so that the temperature was slightly increased at first. On the Adriatic sea-coast, the passing of the cold front was accompanied by wind direction changes to the local wind, the bora. The directional change was rapid and the velocity changes were considerable, especially in the coastal area. The invasion of cold air caused a rapid, large and general pressure increase that was the smallest in the Southern-most parts of Croatia, i.e. the Southern Adriatic and the outer Dalmatian islands.

POVZETEK

Naredili smo sinoptično in lokalno analizo prodora hladnega zraka na področju Hrvatske za 12. in 13.1.1982. Prodor je bil izrazit in glede na smer gibanja prek naše države severni. Značilnosti vremenskih razmer ob prehodu hladne fronte in v času prodora smo določili iz časovnih presekov na postajah in s potekom psevdopotencialne temperature. Pokazalo se je, da prodor niso spremljale povsod istosmerne spremembe meteoroloških elementov niti niso bile enako intenzivne, kar je posledica delno tudi lokalnih – topografskih in orografskih vplivov.

UVOD

Dosadašnja istraživanja hladnih fronta i prodora hladnog zraka u nas provedena su, prije svega, sa sinoptičkog i aerološkog stanovišta i metodama sinoptičke klimatologije. U tom su smislu zanimljivi radovi Pristova (1957) i Petkovšeka (1962). U radu Čadeža (1964) provedena je tipizacija prodora hladnog zraka i dati su opisi i tumačenja pripadnih vremenskih prilika sa stanovišta dinamike i termodinamike.

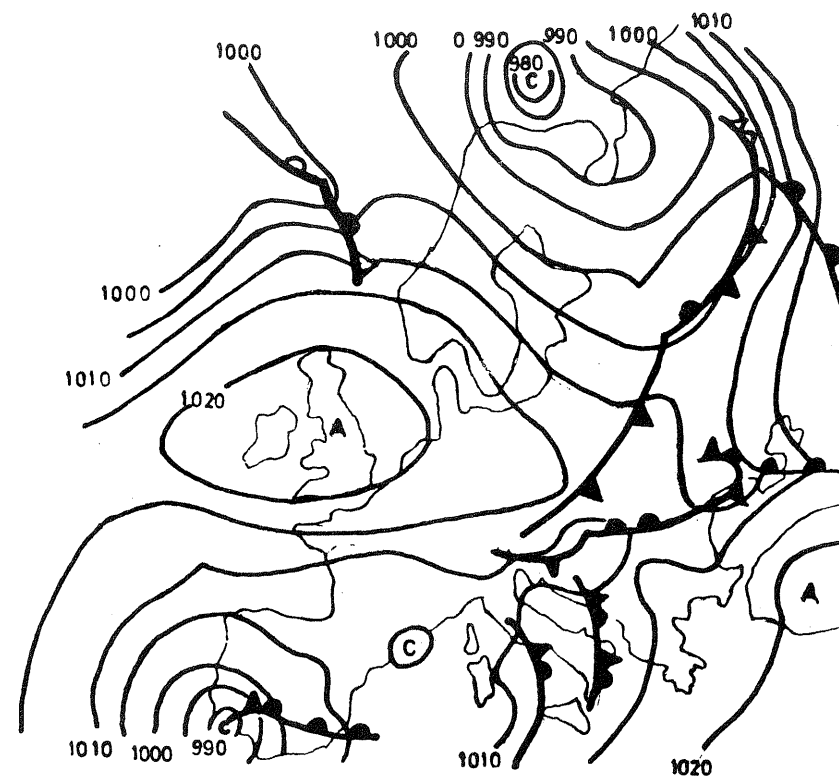
Više pojedinosti o karakteristikama vremenskih prilika u toku hladnih prodora moguće je dobiti pomoću metoda mezoanalize i lokalne analize. U tom smislu veliko značenje imaju mezokarte i kombinirani grafički prikazi toka meteoroloških elemenata i vremenskih pojava. Takve su elemente analize koristili Fujita, Newstein i Tepper (1956), a u nas Čadež (1954) i Sijerković (1976).

Osnovni je cilj ovog rada bio detaljna analiza vremenskih prilika prigodom sjevernog prodora hladnog zraka u naše krajeve 12 – 13.1.1982. godine. Taj je prodor u mnogome bio tipičan, a napose je bio karakterističan po naglom, velikom i općem porastu tlaka zraka, nakon čega je uspostavljena jaka anticiklona s izraženim temperaturnim inverzijama, što je bilo praćeno vrlo velikom zagađenošću zraka.

Istraživanje karakteristika vremenskih prilika u toku prodora provedeno je metodama mezoanalize i lokalne analize vremena.

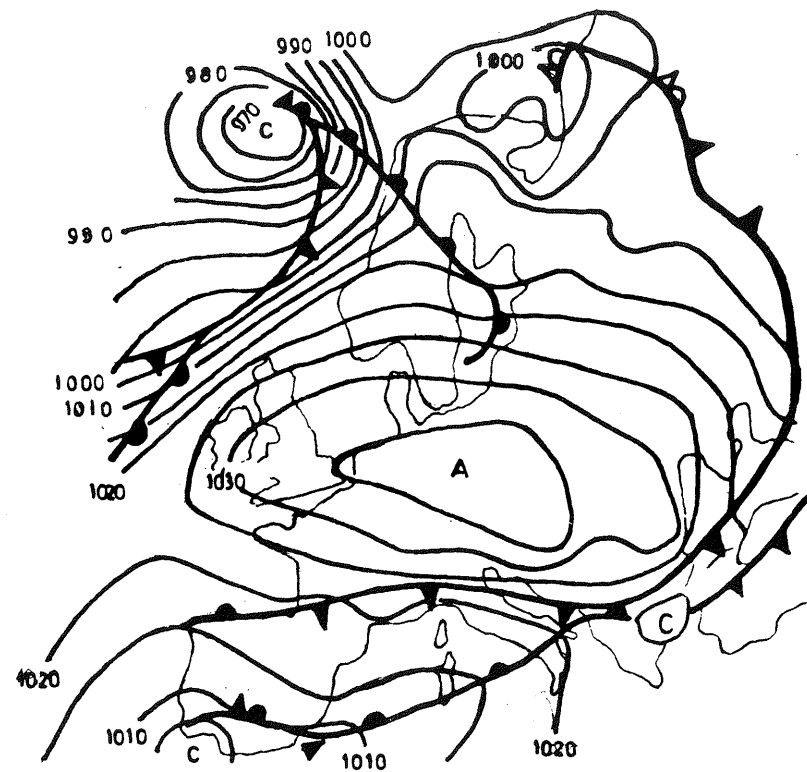
MAKROVREMENSKA SITUACIJA

Osnovne karakteristike makrovremenske situacije prije prodora hladnog zraka mogu se uočiti na prizemnoj sinoptičkoj karti (sl. 1). Frontalna je zona sjevernije od naših krajeva, povezana s prodorom arktičke zračne mase, bila vrlo izražena u temperaturnom polju. Iznad južnog dijela Evrope postojala je općenita advekcija toplih zračnih masa, a frontalna je zona bila termički slabije izražena od arktičke.



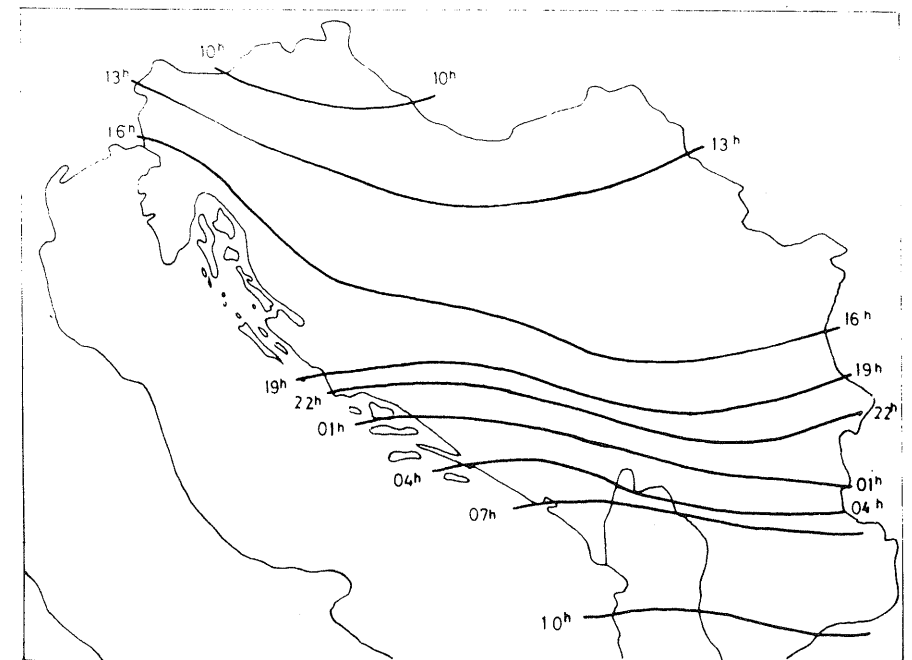
Slika 1 Prizemna sinoptička karta, 12.1.1982, 06^h GMT
Fig. 1 Surface synoptic map, 12.1.1982, 06^h GMT

Nova advekcija hladnog zraka dovela je do spajanja frontalnih zona i intenzifikacije fronte, a zatim do njezinog brzog premještanja na jugoistok (sl. 2), uz istodobno kretanje zapadnoevropske anticiklone na istok.



Slika 2 Prizemna sinoptička karta, 13.1.1982, 06^h GMT
 Fig. 2 Surface synoptic map, 13.1.1982, 06^h GMT

Na temelju sinoptičkih karata za područje naše zemlje određene su izohrone prodora hladnog zraka (sl. 3), koje pokazuju da je prodor u razdoblju od 06^h GMT 12.1. do 06^h GMT 13.1.1982. zahvatio sve krajeve naše zemlje, osim krajnjeg jugoistočnog dijela, i da je prema smjeru kretanja bio sjeverni.



Slika 3 Izohrone prodora hladnog zraka, 12. – 13. 1. 1982.
 Fig. 3 The isochrones of the cold air invasion, 12. – 13. 1. 1982.

LOKALNA ANALIZA POMOĆU STANIČNOG GRAFIKONA VREMENA

Za potrebe analize vremenskih prilika u toku prodora hladnog zraka 12 – 13. 1.1982. izrađeni su stanični grafikoni vremena za sve glavne meteorološke stanice u Hrvatskoj, od kojih su na sl. 4. prikazana četiri karakteristična za meteorološke stanice: Osijek, Ogulin, Senj i Lastovo.

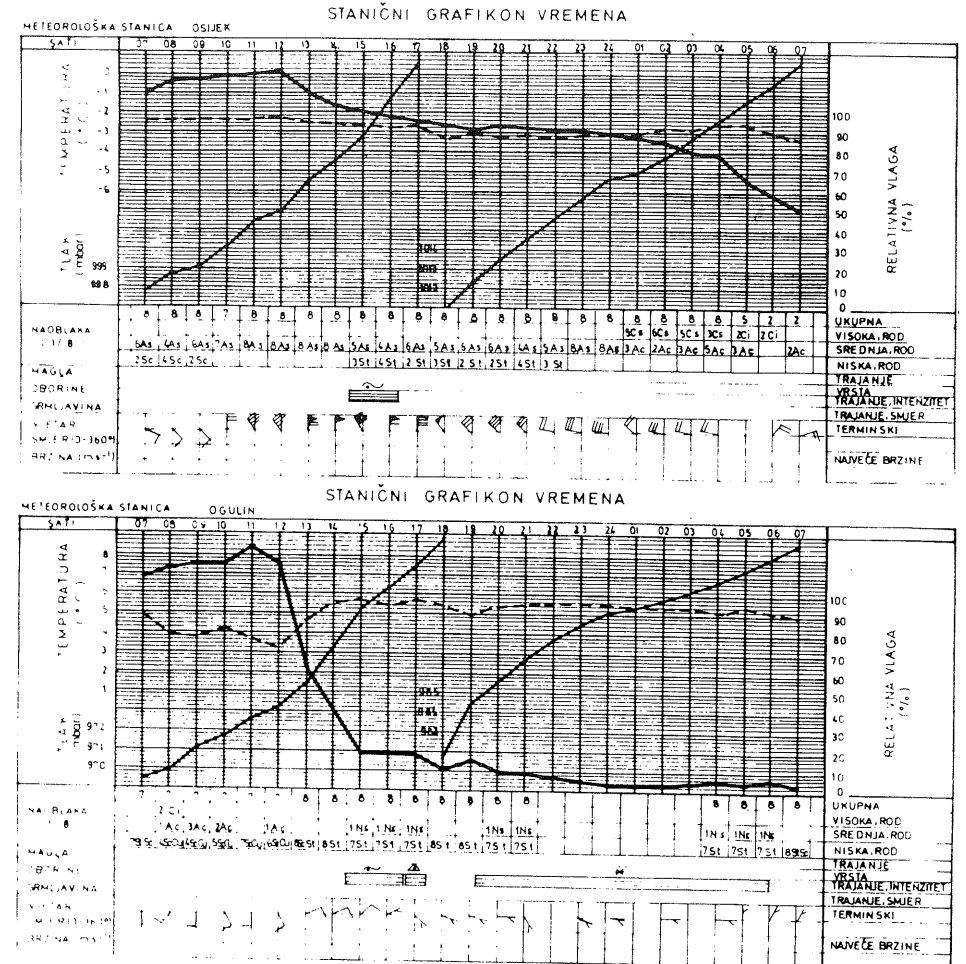
Stanični grafikoni vremena predstavljaju kombinirani grafički prikaz meteoroloških elemenata i vremenskih pojava na meteorološkoj stanici u toku razdoblja analize (Sijerković, 1976).

Na grafikonima je predočeno vremensko razdoblje od 07^h SEV 12.1. do 07^h 13.1.1982, u kojem je prodor hladnog zraka zahvatio sve krajeve Hrvatske. Tlak je označen tanjom crtom, temperatura debljom crtom, a relativna vlaga crtkanom linijom. Zbog velikih promjena tlaka u toku prodora na nekim je meteorološkim stanicama krivulja koja prikazuje njegov tok data u dva dijela. Za brzinu vjetera korištene su slijedeće oznake: ∇ $-0,5 \text{ ms}^{-1}$, ∇ -1 ms^{-1} , ∇ -5 ms^{-1} .

Identifikacija prolaza hladne fronte iznad nekog mjesta provođena je na temelju subjektivne procjene promjene vremenskih prilika – meteoroloških elemenata i vremenskih pojava sadržanih na staničnom grafikonu vremena.

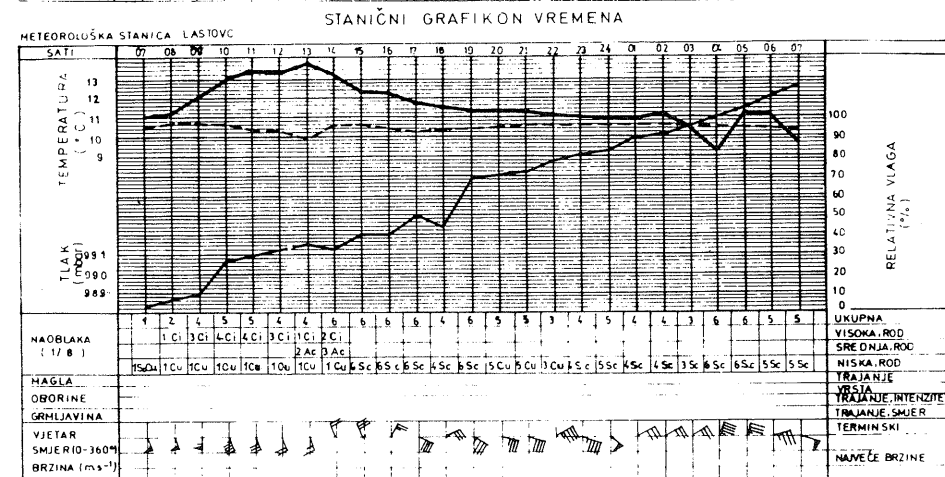
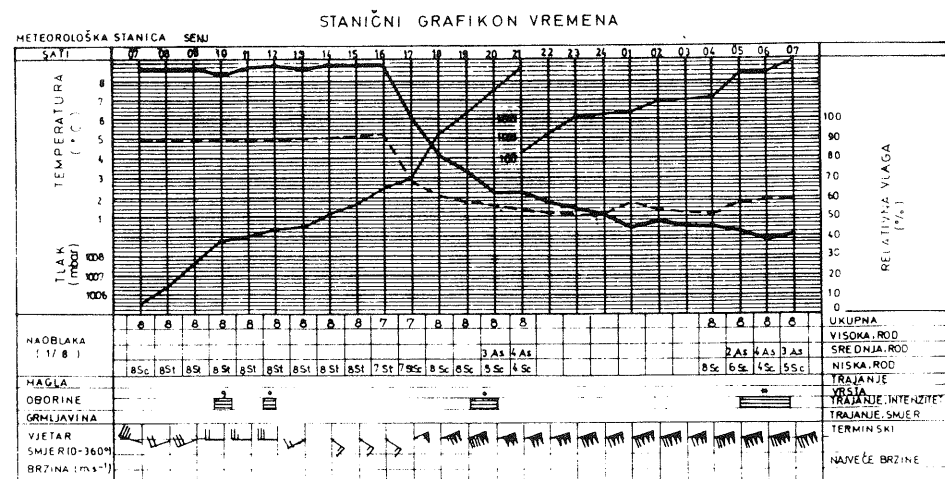
T l a k z r a k a. Tlak zraka bio je meteorološki element koji je najprilije patio prolaz hladne fronte, pa je korišten kao temeljni indikator u te svrhe.

Prilikom prolaza fronte svagdje je uočen karakterističan porast tlaka (Zverev, 1977) premda nije bio ujednačen na cijelom području Hrvatske. Najveći je bio u unutrašnjosti, između 2 i 2,5 mbara u toku jednog sata, pri čemu se zamjećuje njegovo smanjivanje s porastom nadmorske visine. Promjene tlaka na Jadranu su bile manje, uz njihovo općenito smanjivanje prema južnom dijelu Jadrana i od obale prema otvorenom. Na obali je najveći porast tlaka bio ispod planinskih prijevoja, gdje je prodiranje hladnih zraka bilo najizraženije i praćeno jakim burom.



Slika 4 Stanični grafikoni vremena, 12. – 13. 1.1982.

Fig. 4 The station time section, 12. – 13.1.1982



Slika 4 (nastavak) Stanični grafikoni vremena, 12. – 13.1.1982.
 Fig. 4 (continuation) The station time section, 12. – 13.1.1982.

Porast tlaka u toku cijelog prodora hladnog zraka bio je vrlo velik i u Zagrebu je, na primjer, iznosio 25,2 mbara u toku 24 sata.

Osim karakterističnog porasta tlaka prilikom prolaza hladne fronte, u sjevernim nizinskim krajevima unutrašnjosti uočava se i drugi maksimum porasta tlaka koji je nastupio kasnije u toku prodora i vremenski se podudara s najizraženijim padom temperature zraka. U mnogim se krajevima zamjećuje i povećani porast tlaka u razdobljima intenzivnijih oborina, što je vjerojatno posljedica dinamičkog učinka spuštanja zraka u oborinskom području (Čadež, 1964).

Temperatura zraka. Promjene temperature prilikom prolaza hladne fronte nisu na svim meteorološkim stanicama bile istog znaka, a i intenzitet promjene je bio prilično neujednačen. Međutim, ako se promatra prodor kao cjelina, on je svugdje prouzročio pad temperature.

U većini je krajeva i prolaz hladne fronte bio praćen padom temperature. Najveće je zahlađenje bilo u planinskim krajevima. Na Zavižanu, na sjevernom Velebitu, temperatura je u toku jednog sata pala 8°C. Zamjećuje se i razmjerno veliki pad temperature i u onim područjima Jadrana gdje je prodiranje hladnog zraka preko planinskih prijevoja bilo najizraženije i praćeno jakom burom, što je u suglasju s drugim analizama (Lukšić, 1969; Sijerković, 1976).

Najmanje je zahlađenje pri prolazu fronte bilo na južnom Jadranu i na dalmatinskim otocima, što je posljedica uobičajene transformacije hladne zračne mase na njezinu putu prema jugu i iznad toplog Jadranskog mora.

U sjevernim nizinskim krajevima unutrašnjosti prilikom prolaza hladne fronte je došlo do porasta temperature, kako se to često događa (Zverev, 1977) u situacijama kad prolaz fronte narušava prizemni inverzioni sloj, što je i ovaj put bio slučaj. Kasnije je i u tim krajevima došlo do pada temperature, ali manjeg nego drugdje u unutrašnjosti.

Relativna vlaga. Lokalne promjene relativne vlage prilikom prolaza hladne fronte, a i u toku cijelog prodora, nisu bile istoznačne, a znatno su se razlikovale i u intenzitetu.

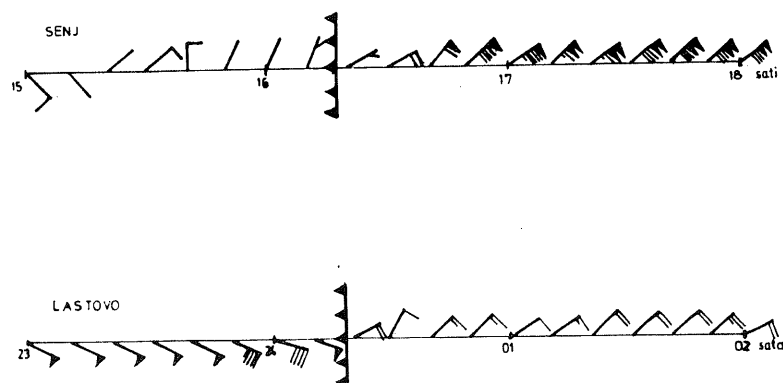
U onim krajevima unutrašnjosti gdje je fronta narušila prizemni sloj temperature inverzije, relativna vlaga je općenito malo pala. U drugim krajevima unutrašnjosti prolaz je fronte bio praćen porastom relativne vlage. Na Jadranu je posvuda nastupio pad relativne vlage, što je posebno bilo izraženo u onim krajevima na obali gdje je prolaz hladne fronte bio praćen odsustvom oborina i jačom burom.

Promjene relativne vlage u daljnjem toku hladnog prodora uvelike su ovisile o vremenskoj razdiobi oborinskih razdoblja, jer je pri njihovoj pojavi dolazilo do porasta relativne vlage.

V j e t a r. Analiza staničnih grafikona vremena, s terminskim satnim podacima o vjetru, pokazuje da je u toku prodora vjetar skrenuo na sjeverne smjerove, dok je na Jadranu zupuhala bura, što je uobičajeno za sjeverne prodore hladnog zraka (Čadež, 1964).

Međutim, neposredno pri prolazu hladne fronte uobičajeno skretanje vjetra u smjeru kretanja kazaljke na satu (Zverev, 1977) bilo je prisutno samo na planinskim stanicama. U nizinama unutrašnjosti uočava se protusatno skretanje vjetra. I promjene brzine pokazuju karakteristične razlike. U planinskim krajevima vjetar je neposredno pri prolazu fronte bio oslabljen, a kasnije je brzina porasla. U nizinskim krajevima unutrašnjosti vjetar je ojačao pri prolazu fronte, a postfrontalna je brzina bila veća od predfrontalne.

Na Jadranu se uočava protusatno skretanje smjera vjetra i osjetan porast brzine vjetra pri prolazu hladne fronte i nakon toga.



Slika 5 Desetminutne promjene vjetra na Jadranu, 12.–13. 1. 1982.
Fig. 5 Wind changes at 10-minute intervals over the Adriatic

Na sl. 5 predočene su desetminutne promjene vjetra za Senj i Lastovo. Zamjećuje se nagli prijelaz vjetra na buru, uz protusatnu promjenu smjera, a posebno je uočljiv nagli i veliki porast brzine u obalnom području ispod planinskih prijevoja, kao što je to pokazano i u nekim drugim analizama (Sijerković, 1980).

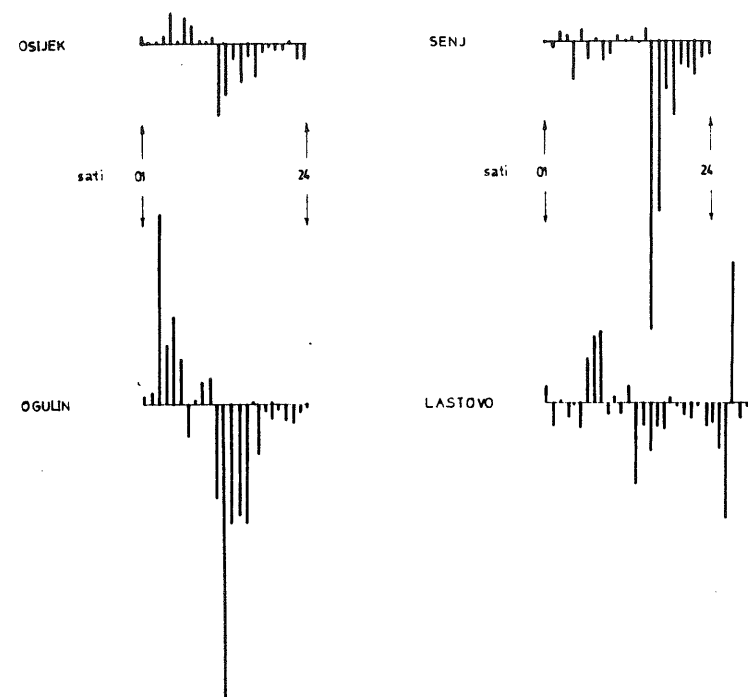
N a o b l a k a i o b o r i n e. Približavanje fronte bilo je praćeno naoblačenjem, a oblačno je vrijeme potrajalo i nekoliko sati poslije prolaza fronte. Skretanje vjetra na buru na Jadranu općenito nije bilo praćeno razbijanjem naoblake. Prolaz fronte bio je praćen kontinuiranim oblačnim sistemom As, Sc, St, a u oborinskim područjima i oblacima Ns, dok su na južnom Jadranu i na otvorenom dijelu srednjeg Jadrana, gdje je naoblačenje bilo slabije nego drugdje, prolaz hladne fronte pratili oblaci Sc i Ac.

U većem dijelu Hrvatske prolaz fronte nije bio praćen oborinama, ali ih je bilo kasnije, čak nekoliko sati nakon prolaza fronte. Oborine su uglavnom bile slabe, a ponegdje su izostale u toku cijelog prodora. Dugotrajnije i jače oborine zamijećene su u Lici i Gorskom kotaru, kao posljedica orografskog utjecaja na zračne struje i procese kondenzacije u zraku (Čadež, 1964). Izraženije oborine u nekim jadranskim područjima posljedica su intenzifikacije prisutnog plitkog ciklonalnog polja, uz stvaranje i premještanje ciklonalnih sistema subsinoptičkih razmjera (Sijerković, 1976).

LOKALNA ANALIZA PSEUDOPOTENCIJALNE TEMPERATURE ZRAKA

U cilju dobivanja kvantitativnog indikatora za određivanje prolaza hladne fronte korištena je pseudopotencijalna temperatura, koja predstavlja kompleksni pokazatelj vremenskih prilika, jer sadrži temperaturu, tlak i vlagu zraka.

U praktičnom radu korištena je ekvivalentno-potencijalna temperatura θ_e , koja je približno jednaka pseudopotencijalnoj temperaturi θ_{ps} . Za sve glavne meteorološke stanice u Hrvatskoj izračunate su vrijednosti pseudopotencijalne temperature za svaki sat u toku prodora hladnog zraka, kao i uzastopne međusatne razlike.



Slika 6 Uzastopne satne razlike θ_{ps} za Osijek, Ogulin, Senj i Lastovo, 12.–13. 1. 1982 ($1^{\circ}\text{C} - 0,75 \text{ cm}$)

Fig. 6 θ_{ps} – interhourly differences for Osijek, Ogulin, Senj and Lastovo, 12.–13. 1. 1982 ($1^{\circ}\text{C} - 0,75 \text{ cm}$)

Na sl. 6 predočen je hod uzastopnih satnih razlika pseudopotencijalne temperature za četiri meteorološke stanice u Hrvatskoj u toku prodora hladnog zraka.

Prolaz fronte je bio svagdje praćen izraženim padom pseudopotencijalne temperature, uz maksimalne vrijednosti satnih razlika. Promjene pseudopotencijalne temperature bile su najmanje u sjevernim nizinskim krajevima unutrašnjosti, a najveće u planinskom području. Na Jadranu su bile najveće uz obalu sjevernog dijela, a prema jugu i dalje od obale bile su zamjetno manje. To je u suglasju s prethodnim kvalitativnim zaključcima.

ZAKLJUČAK

Analizirani prodor hladnog zraka na području Hrvatske pokazuje karakteristične razlike u vremenskim prilikama pojedinih krajeva, u čemu se očituju i lokalni utjecaji, prije svega topografske i orografske naravi. Pokazalo se da je u lokalnoj analizi za tačno određivanje vremena prelaska fronte korisno kombinirati metode staničnih grafikona vremena, lokalnih promjena pseudopotencijalne temperature i vjetra u kratkim vremenskim intervalima.

LITERATURA

- Čadež, M., 1954: Analiza vremena u FNR Jugoslaviji u 1951 godini. Izdanje SUHMS Jugoslavije, Rasprave i studije 5, Beograd, 39
- Čadež, M., 1964: Vreme u Jugoslaviji. PMF u Beogradu – Meteorološki zavod, Rasprave 4, 80
- Fujita, T., Newstein, H. and Tepper, M., 1956: Mesoanalysis- An Important Scale in the Analysis of Weather Data. U. S. Weather Bureau, Research Paper, 39, 83
- Lukšić, I., 1969: Interesantan slučaj bure u Senju 9. XII 1968. „Vijesti” Hidromet. služba SRH, 3–4, Zagreb, 19–24
- Petkovšek, Z., 1962: Prehod hladnih front preko Alp in njihov vpliv na vreme v Sloveniji. Doktorska disertacija, Ljubljana
- Pristov, J., 1957: Vremenska dogajanja v zvezi s prodorom hladnega zraka. Meteorološki zbornik I DMS, Ljubljana
- Sijerković, M., 1976: Istraživanje lokalnih vjetrova u Hrvatskoj metodom mezoanalize. Magistarski rad, Zagreb
- Sijerković, M., 1980: Istraživanje nastupa lokalnog vjetra bure metodom mezoanalize. Razprave DMS, Letnik 24, št. 1, Ljubljana, 15–25
- Zverev, A., S., 1977: Sinoptičeskaja meteorologija. Gidrometeoizdat, Lenjingrad