

STRUKTURA DONJE TROPOSFERE NA OSNOVI OPAŽANJA U ZAGREBU I PULI U ALPEX SOP II DIO: ODABRANE SITUACIJE

Observational Study of Low Tropospheric Structure in Zagreb and Pula during ALPEX SOP Part II: Case Studies

VESNA JURČEC

Republički hidrometeorološki zavod SR Hrvatske, Zagreb
Primljeno 22. lipnja 1987, u konačnom obliku 22. srpnja 1987.

Sažetak: Prikazane su promjene temperature i vjetra u sloju do 3 km prema 6-satnim radiosondažnim podacima u Zagrebu i Puli za dvije situacije: 16-17 ožujka i 2-3 travnja 1982, karakterizirane tranzientnim stanjem atmosfere. U oba slučaja ovakvo stanje je izazvano deformacijom frontalnog sistema s Atlantika, koji je zahvatio Alpe u visinskoj SW struji. Od kratkoperiodičnih oscilacija u prvom slučaju je izražena epizoda južnog fena nad Alpama, a lokalni W-SW vjetar je jači u Zagrebu nego u Puli. U drugom slučaju je opisana epizoda sa sjevernim fenom uz NE lokalni vjetar koji je jači u Puli.

Među fenomenima malih razmjera, koji se javljaju kao posljedice razlika u strujanju iznad i ispod vrhova Alpa, ističe se stvaranje stabilnog sloja na visini od oko 2 km s naglom promjenom smjera vjetra koju slijedi pojava maksimuma brzine. Smjer ovog maksimuma je u skladu sa smjerom vektora otpora nad Alpama, pa analiza ukazuje da je niska mlazna struja posljedica razdvajanja struje oko Alpa, ali lokalni efekti mogu značajno modificirati njezin položaj, intenzitet i trajanje.

Ključne riječi: ALPEX SOP podaci, temperatura donje troposfere u Zagrebu i Puli, vjetar donje troposfere u Zagrebu i Puli, niska mlazna struja.

Abstract: Low tropospheric temperature and wind variations up to 3 km in altitude are considered according to six-hourly radiosounding data from Zagreb and Pula in two selected cases: 16-17 March and 2-3 April 1982. Both cases fall in the transient atmospheric state characterized by the passage and deformation of frontal systems from the Atlantic which reach the Alps in the upper-level SW current. In short-period oscillations the first case is marked by an Alpine south foehn event and local W-SW winds stronger in Zagreb, whereas the second case illustrates the north foehn episode with a stronger NE wind in Pula.

Among local scale phenomena which appear as a consequence of different currents above and below the mountain top level, an outstanding feature is the directional wind shear inside the upper stable layer, succeeded by the formation of low level jet. The analysis emphasizes interaction of local and mesoscale processes, in particular the direction of local wind maxima linked to the direction of pressure drag vectors across the Alps. It is inferred that the low level jet structure is due to flow splitting around the Alps, but the local effects may strongly modify its position, intensity and duration.

Key words: ALPEX case studies, Low tropospheric profiles of wind and temperature in Zagreb and Pula, Low level jet structure.

1. UVOD

U prvom dijelu ovoga rada (Jurčec, 1986; dalje »I«) promatrani srednji profili temperature i vjetra u Specijalnom Periodu Opažanja Alpskog Eksperimenta (SOP ALPEX) ukazali su na izrazitu nestacionarnost ili tranzientnost donje troposfere nad Alpama u ožujku 1982, i nasuprot tome veliku perzistenciju makro- i mezo-procesa u travnju 1982. s karakterističnim profilom vjetra kakav se pojavljuje za vrijeme bure na Jadranu.

Već dugo poznata promjena smjera vjetra s visinom u situacijama s burom, većinom praćena izrazitom inverzijom temperature na visini 2-3 km, pokazala se tipičnom pojavom na području Alpa. Ona je posljedica razlike u sistemu strujanja ispod vrhova Alpa gdje zrak obilazi planinsku prepreku i iznad vrhova gdje je ustanovljen mali

utjecaj orografije na modifikaciju polja vjetra u mezorazmjerima.

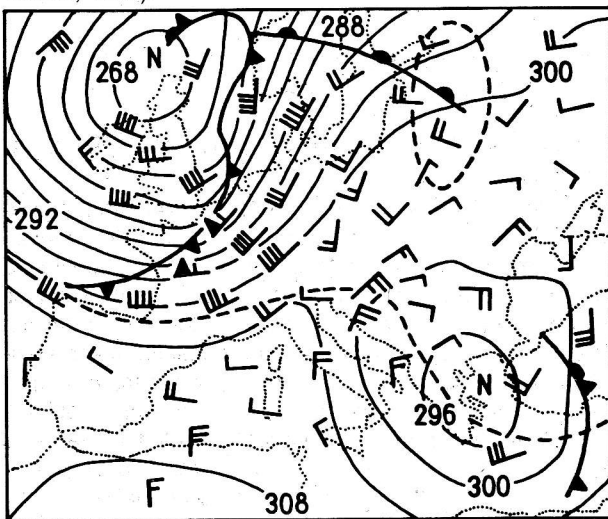
Frontalni i ciklogenetički procesi nad Alpama koji su uvjetovali tranzientnost atmosfere u ožujku očitovali su se u češćim izmjenama smjera strujanja u donjoj troposferi, a to je na obe promatrane lokacije bio razlog maloj stalnosti vjetra. Mala stalnost, kao omjer vektorskog srednjaka prema skalarnom srednjaku vjetra, općenita je karakteristika donje troposfere nad Zagrebom (Jurčec, 1987a), a ožujak 1982. može poslužiti kao dobar primjer za ispitivanje uzroka ovoj pojavi. Usporedba s rezultatima varijabilnosti planinskog otpora tlaka nad Alpama u istom mjesecu (Hafner i Smith, 1985) jasno ukazuje na interakcije lokalnih procesa s mezoprocesima na širem području Alpa.

U I je također naveden teorijski rezultat Bannona (1985) dobiven jednostavnim modelom koji izolira efekt reakcije

akceleracije u generiranju planinskog otpora pri tranzientnom stanju atmosfere, uz osnovnu pretpostavku strujanja oko a ne preko planine. Za razliku od većine mehanizama koji mogu objasniti planinski otpor u stacionarnom stanju, u promatranom slučaju pojavljuje se dodatni mehanizam kao posljedica nestacionarnosti toka. U takvom se toku raspodjela tlaka u određenom momentu razlikuje od odgovarajuće za stacionarnu raspodjelu brzina, s obzirom da je za akceleraciju (ili usporavanje) toka nužna dodatna sila. Ta se dinamička neravnoteža može manifestirati kao otpor tlaka, koji prema procjenama može biti relativno velik za planinske prepreke širine veće od 100 km. Od posebnog interesa za našu analizu je rezultat koji pokazuje da kod periodičnog gibanja otpor akceleracije neće dati direktni doprinos srednjem strujanju u klimatološkom smislu, ali je u danom momentu prisutan i djeluje na tok. To sugerira da vremenska varijabilnost toka može sama po sebi dovesti do formiranja asimetrije visokog-niskog tlaka preko planine, pa time proizvesti planinski otpor.

Na taj način se objašnjava da je mali vektorski srednjak vjetra u Zagrebu u ožujku 1982. upravo rezultat vremenske promjenljivosti vjetra suprotnih (NE i SW) smjerova, koji se u srednjaku pobijaju. Međutim, u toku mjeseca javljaju se periodi s jednim ili drugim smjerom, koji se u mezorazmjerima Alpskog područja očituju kao naizmjenične epizode sa sjevernim i južnim fenom (Hafner i Smith, 1985). Prevladavajuće smjerove iz SW i NE kvadranta na prikazanim ružama vjetra u 1 nalazimo do 2 km visine u ožujku, ali u travnju se uz veliku stalnost do iste visine pojavljuje samo prevladavajući NE smjer.

Ova analiza sugerira da su ruže vjetra u Zagrebu s prevladavajućim smjerovima SW – NE, koje se izrađuju iz 3 dnevna termina, rezultat pretežnih strujanja oko Alpa, a nisu posljedica protezanja Medvednice u istom smjeru čija je visina grebena uglavnom manja od 1 km. Direktna posljedica plitke planinske cirkulacije pod utjecajem Medvednice je noćni vjetar niz obronak, koji se posebno na lokaciji Maksimira pojavljuje s velikom stalnošću (Jurčec, 1985) i kao takav se ističe na prikazanim ružama vjetra u OO GMT u oba promatrana mjeseca. Danja južna komponenta u nestabilnom donjem graničnom sloju je više podložna prevladavajućem smjeru vjetra viših slojeva, što je ustanovljeno i na drugim područjima (Banta, 1984; Banta i Cotton, 1981).



Sl. 1. AT 700 hPa s izohipsama i vjetrom uz prizemne fronte 16.3. (lijevo) i 2.4. (desno) 1982. Crtkane linije označuju izohipse od 300 gpdm sljedećeg dana.

Cilj je ovoga rada da rezultate za srednja stanja i ruže vjetra u istim mjesecima ALPEX-a dopuni diskusijom odabranih sinoptičkih situacija. Posebno želimo ukazati na povezanost vertikalne strukture temperature i vjetra na oba promatrana lokaliteta s asimetričnom raspodjelom tlaka na području Alpa, koja se očituje kao planinski otpor tlaka i za iste termine u odabranim situacijama je izračunat i prikazan u navedenom radu Hafnera i Smitha.

Kod ovih procesa treba uzeti u obzir i poznate razlike u poremećenju polja temperature i vjetra (Ekman, 1905; Ching i Businger, 1968). Razlog je tome činjenica da se devijacije od neke srednje brzine umiruju sporo, obrnuto proporcionalno s kvadratom vremena, što znači da dugo nakon smirivanja sistema tlaka ili njegove advekcije iz promatranog područja inercijalne oscilacije koje je sistem uveo mogu biti još uvijek značajne.

2. ODABRANE SINOPTIČKE SITUACIJE

Za prikaz utjecaja orografije na periodički sistem strujanja, te uzroke i posljedice tranzientnih stanja atmosfere nad područjem Alpa, odabrali smo dvije situacije u kojima frontalni sistem zahvaća zapadnu Evropu u W – SW struji i pri tome je zračna masa u donjoj troposferi zaustavljena, odnosno usporena nad zapadnim (francuskim) Alpama. Lokalne karakteristike koje ćemo pratiti u Zagrebu i u Puli su:

- formiranje visinskog stabilnog sloja uslijed tople advekcije na visini,
- vremenska promjena i vertikalno smicanje smjera vjetra,
- pojava maksimalnog vjetra donje troposfere ili niske mlazne struje,
- 6-satne promjene vertikalnih profila potencijalne temperature i statičke stabilnosti (kao Brunt-Väisälä frekvencije), s posebnim osvrtom na ponašanje prizemnog graničnog sloja pod utjecajem lokalnih faktora.

2.1. Slučaj 16-17 ožujak 1982

Ovu situaciju karakteriziraju dvije ciklone, jedna nad Velikom Britanijom koja je povezana s intenzivnim frontalnim sistemom a druga nad istočnim Sredozemljem koja je bolje izražena na visini (sl. 1).

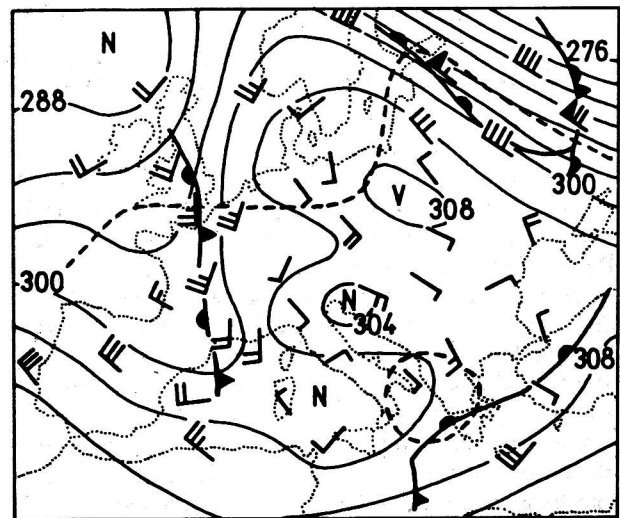


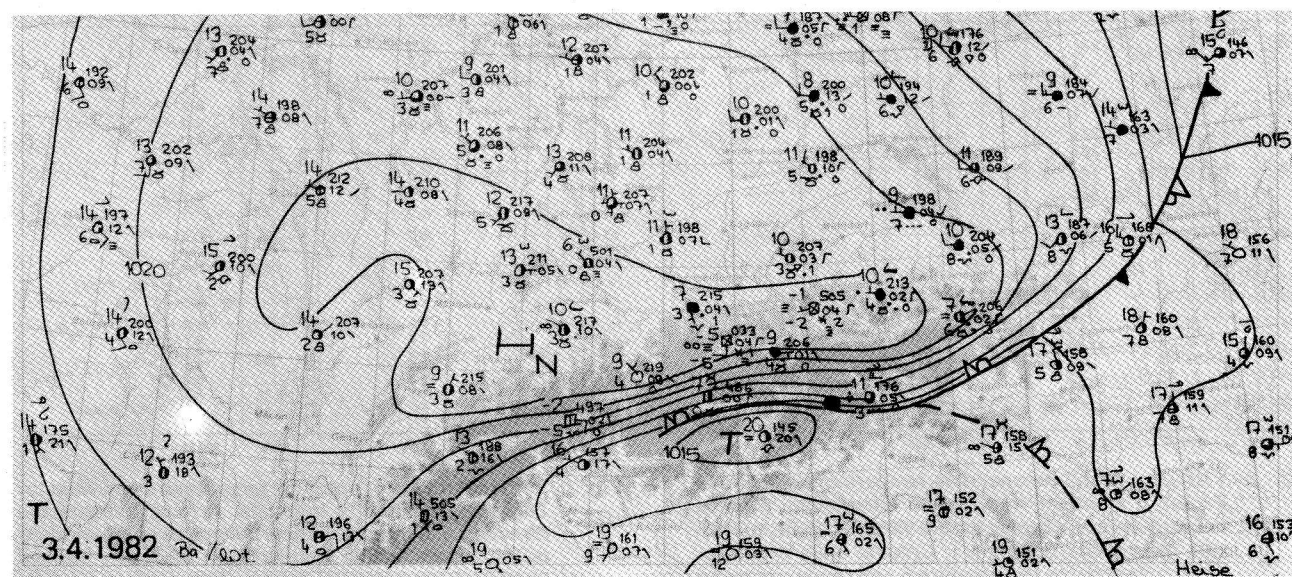
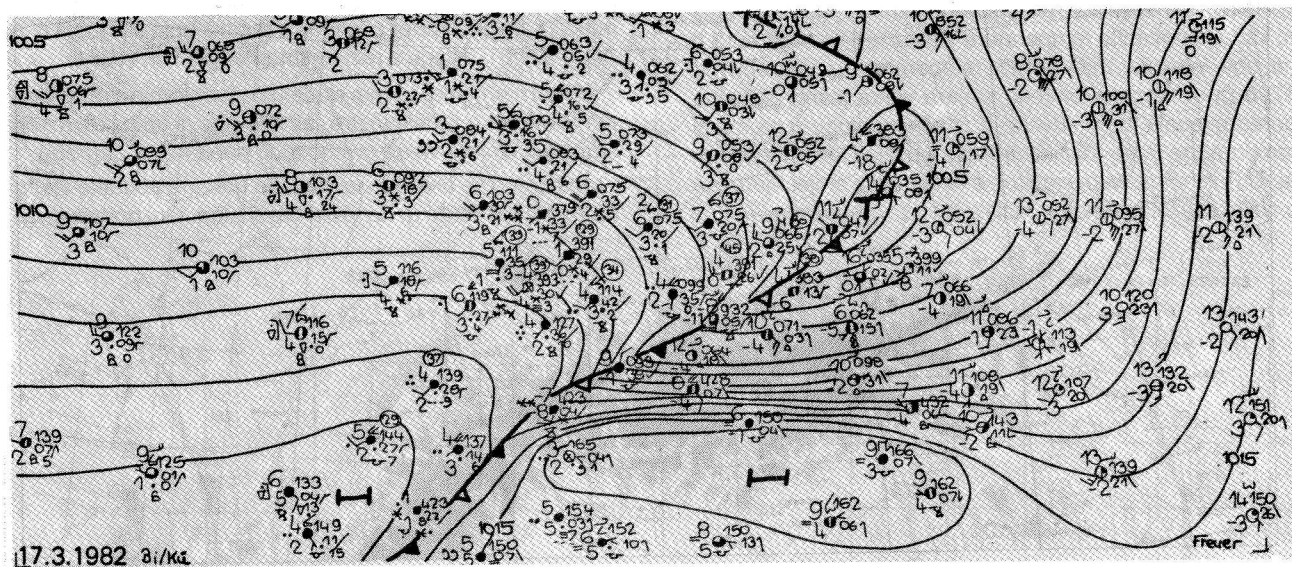
Fig. 1. AT 700 hPa with winds and surface fronts on 16 March (left) and 2 April (right) 1982. Dashed lines indicate isohyps of 300 gpdm for the following day.

Pri tlu se naše područje na početku nalazi u grebenu istočno-evropske anticiklone, a postupno dolazi pod utjecaj južnog strujanja kada se frontalni sistem zaustavi nad Alpama. Na visini je izražen greben nad Alpama, koji uslijed daljnje advekcije toplog zraka jača. Slijedećeg dana se nad sjeveroistočnom Evropom odvaja visinska anticiklona, a ciklona u istočnom Sredozemlju uslijed tople advekcije slabi i popunjava se.

Sjeverno od Alpa uslijed tople advekcije na visini tlak pri tlu pada i na fronti se razvija ciklona koja odmiče na istok, dok je istovremeno dio frontalnog sistema u donjoj troposferi blokiran na području zapadnih Alpa. Relativno visoki

tlak u toplom sektoru južno od Alpa uz niski tlak na sjeveru uvjetuju pojačani meridionalni gradijent tlaka, pa je planinski otpor drugog dana glavna karakteristika mezosistema na području Alpa (sl. 2). Ova situacija predstavlja jednu od ukupno četiri s jakim južnim fenom nad Austrijom za vrijeme SOP ALPEX.

Osnovnu značajku vertikalnih profila potencijalne temperature u Zagrebu i Puli (sl. 3 i 4) predstavlja stabilni sloj na 1.5-2.5 km uzrokovan toplom advekcijom na visini. Baza toga sloja, debljina i intenzitet se kroz promatrani period mijenjaju, a u nekim terminima se pojavljuju kompleksne strukture s nekoliko podslojeva različite stabilno-



Sl. 2. Mezoanaliza nad područjem Alpa s izobarima za svaki 1 hPa, za 17.3. i 3.4. u 13 h (Berliner Wetterkarte).

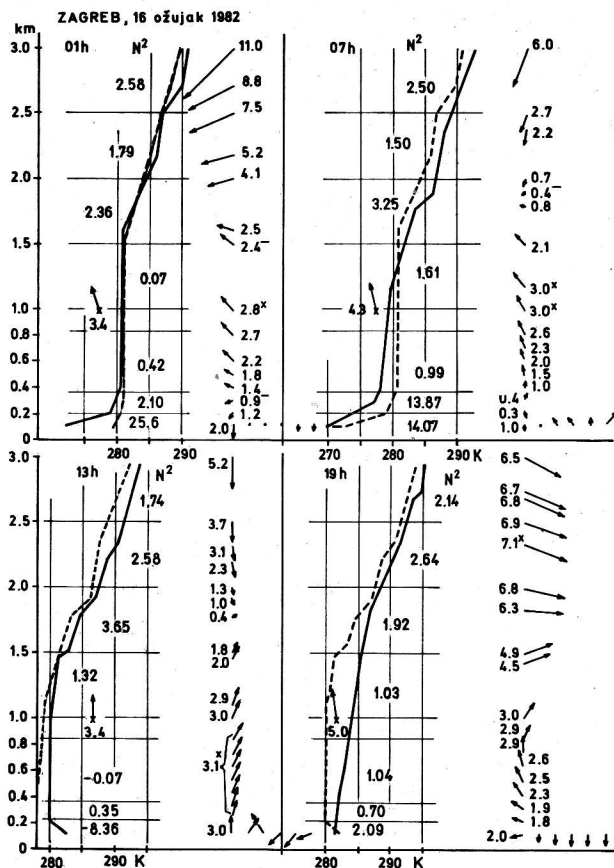
Fig. 2. Mesoscale analysis over the Alpine area with the isobars of 1 hPa distance, for 17 March and 3 April 1982 at 13 h (Berliner Wetterkarte).

sti. Sloj hlađenja donje troposfere od 01 do 07 h prvog dana dosiže u Zagrebu visinu od 1300 m iznad koje unutar stabilnog sloja dolazi do nagle promjene smjera vjetra.

I prizemni noćni sloj inverzije u ovim danima pokazuje mnogo veću stabilnost od mjesečnih prosjeka i normale za Zagreb prikazanim u I. U Puli je prizemna inverzija malo jača u 07 h nego u 01 h, ali je u usporedbi sa Zagrebom vrlo plitka.

Sloj iznad prizemne inverzije u 01 h i iznad plitke konvekcije s nestabilnim zrakom u 13 h do baze visinskog stabilnog sloja ima približno konstantnu potencijalnu temperaturu, koja označava jako miješanje u tom sloju. U Puli prvi dan u 13 h nalazimo SW vjetar samo u plitkom nestabilnom sloju, što pokazuje da je debljina sloja s južnom komponentom vjetra u Zagrebu i u Puli pod jakim utjecajem lokalnih faktora.

Razvoj situacije koji nas posebno zanima započinje u 19 h, kada je općenito temperatura viša iznad tla nego u 13 h na obe lokacije. Jači porast temperature u Zagrebu do 1700 m uz naglu promjenu smjera vjetra jasno ističe da pored utjecaja tople advekcije značajnu ulogu u promjeni temperature ima modifikacija vjetra uslijed lokalnih efekata. U Puli nema tako izrazitog zatopljenja a smjer vjetra se u nižim slojevima znatno razlikuje od zagrebačkog.



Sl. 3. Vertikalni profili potencijalne temperature i vjetra za Zagreb u 6-satnim vremenskim intervalima. Strelice pokazuju smjer, a brojke brzinu vjetra. N^2 je Brunt-Väisälä frekvencija u 10^{-4} s^{-2} . Crtkane linije prikazuju profil potencijalne temperature 6 sati ranije. Na visini od 1 km ucrtan je podatak vjetra na opservatoriju Puntijarka. Strelice pri tlu označuju satne vrijednosti vjetra za Zagreb-Maksimir. Oznake - i x u vertikalnom profilu vjetra označuju ekstreme koji se diskutiraju u tekstu. 16. i 17. ožujak 1982.

Oko 2.5 km visine na obe lokacije u 19 h nalazimo maksimum brzine vjetra koji također jače dolazi od izražaja u Zagrebu slijedećeg dana. Povećanje brzine vjetra i formiranje niske mlazne struje na visini od oko 2 km je pojava iznad Zagreba uočena u mnogim sinoptičkim situacijama. Jurčec (1987b) označuje ovu visinu kao vrh »orografskog graničnog sloja« u mezorazmjerima definiranog razlikom strujanja iznad i ispod planinskih vrhova Alpa. Kako ovom fenomenu prethodi minimum brzine približno na istoj visini uz izrazito smicanje smjera vjetra kao izvora turbulentnog gibanja (Mahrt, 1985), može se pretpostaviti da među interaktivnim procesima koji uvjetuju akceleraciju i pojavu maksimalnog vjetra, važnu ulogu ima i transfer energije od turbulentnih prema većim razmjerima.

S obzirom da je vertikalno smicanje smjera vjetra, a time i pojava maksimuma brzine u donjoj troposferi, direktna posljedica razlike strujanja iznad i ispod vrhova Alpa, ovaj maksimum je također posljedica razdvajanja strujanja oko Alpa, što je u skladu s rezultatima Peagle i dr. (1984).

U Puli nije došlo u ovom slučaju do formiranja izraženijeg maksimuma u profilu vjetra, ali nije bilo ni tako izraženog smicanja smjera vjetra prethodnog dana kao u Zagrebu.

Još ćemo se ukratko osvrnuti na ucrtane podatke vjetra na Puntijarki na sl. 3. na visini blizu 1 km. Oni pokazuju da

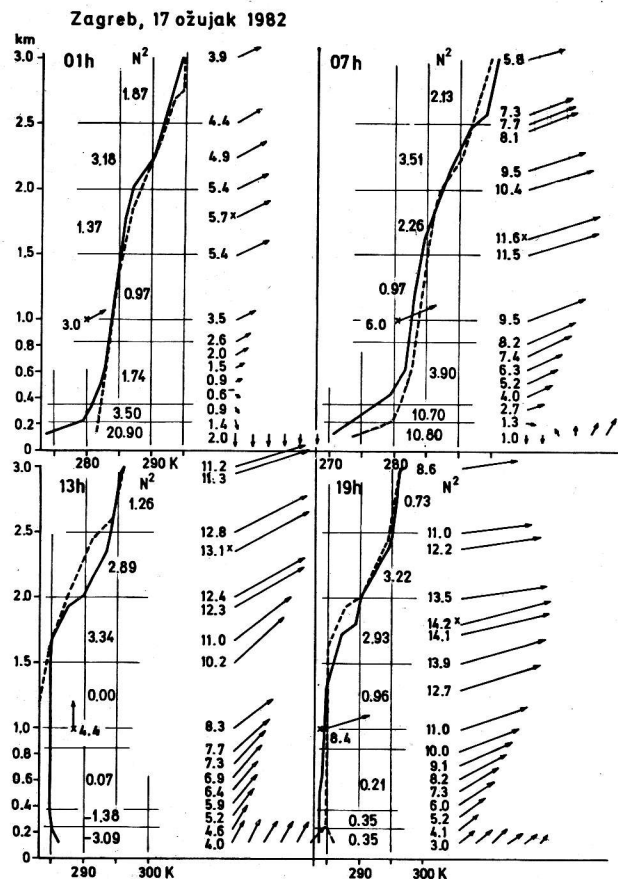
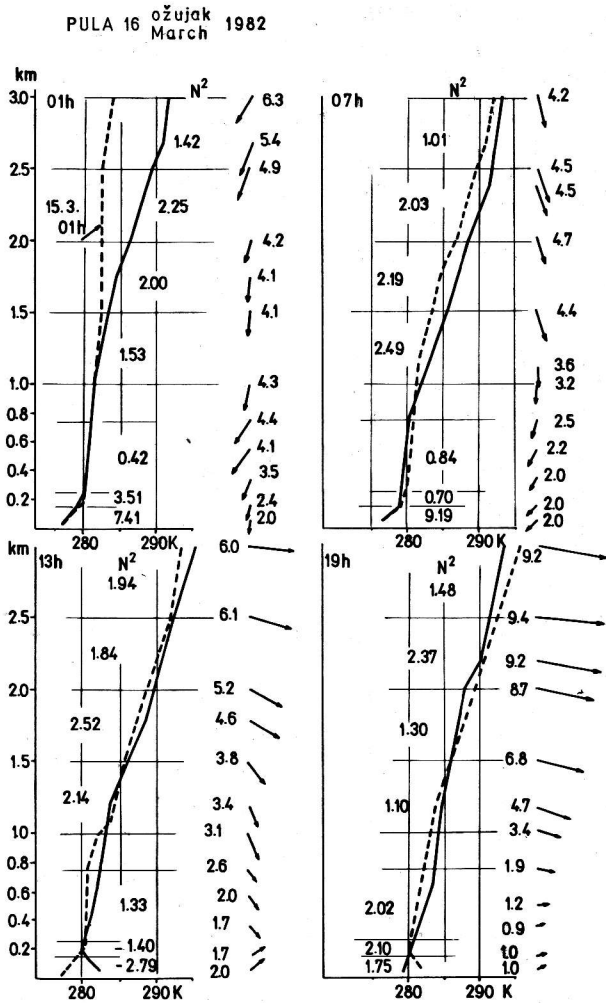


Fig. 3. Vertical profiles of potential temperature and wind for Zagreb in six-hourly intervals. Arrows indicate the direction and numbers show the speed of the wind. N^2 is the Brunt-Väisälä frequency in 10^{-4} s^{-2} . Dashed lines indicate potential temperature profiles 6 hours earlier. At the height of 1 km at the winds at the observatory Puntijarka are plotted. Arrows at the surface show hourly wind values for Zagreb-Maksimir. The symbols - and x in the vertical wind profiles indicate extremes which are discussed in the text. 16 and 17 March 1982.



Sl. 4. Isto kao na Sl. 3, ali za Pulu.

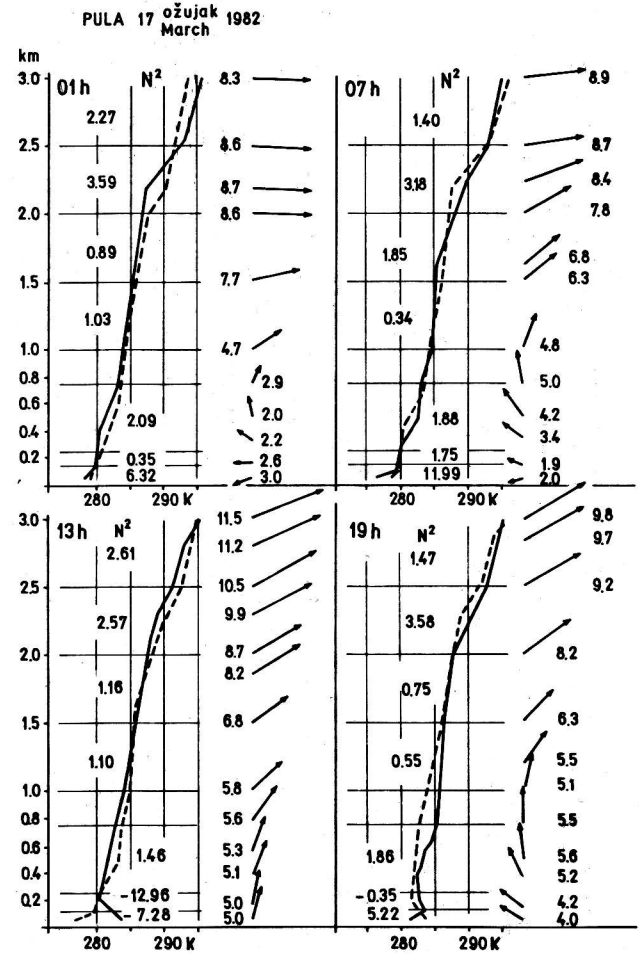


Fig. 4. The same as Fig. 3 but for Pula.

je prvoga dana brzina vjetra bila nešto veća nego u slobodnoj atmosferi, ali je pri akceleraciji slijedećeg dana brzina na Puntijarki bila znatno slabija. Smjer vjetra je dosta dobro pratio promjenu smjera u slobodnoj atmosferi. U drugoj situaciji, koju ćemo sada promatrati, također je brzina vjetra bila manja na Puntijarki, ali se smjer vjetra nije bitno razlikovao od okolnog strujanja.

2.2. Slučaj 2-3 travnja 1982.

Za ovaj slučaj sl. 1. pokazuje nad srednjom i jugoistočnom Evropom područje visokog tlaka, dok jugozapadnu Evropu zahvaća fronta u dolini koja se proteže do srednjeg dijela Sredozemlja. Na prikazanoj karti AT 700 hPa uočavamo mali ciklonalni vrtlog nad našim područjem, koji uzrokuje kratkotrajno pojačanje vjetra, kako ćemo kasnije pratiti na sl. 5. Ovakvi vrtlozi nisu neuobičajena pojava, ali se zbog njihovih malih vremenskih i prostornih dimenzija teško uočavaju na sinoptičkim kartama, pa se o njima malo zna.

Za razliku od prethodne situacije ovdje je razvoj mnogo brži i u nižim slojevima zračna masa obilazi Alpe sa sjeverne i sa južne strane, pa se na taj način nad Alpama formira »orografska okluzija«. Gradijent asimetričnog polja tlaka preko Alpa je manji nego u prethodnoj situaciji i usmjeren je prema jugu, gdje se formirala slaba ciklona u području Alpa. To se vidi na mezoanalizi od 3. travnja u 13 h (sl. 2) prije prelaza slabo izraženog frontalnog sistema

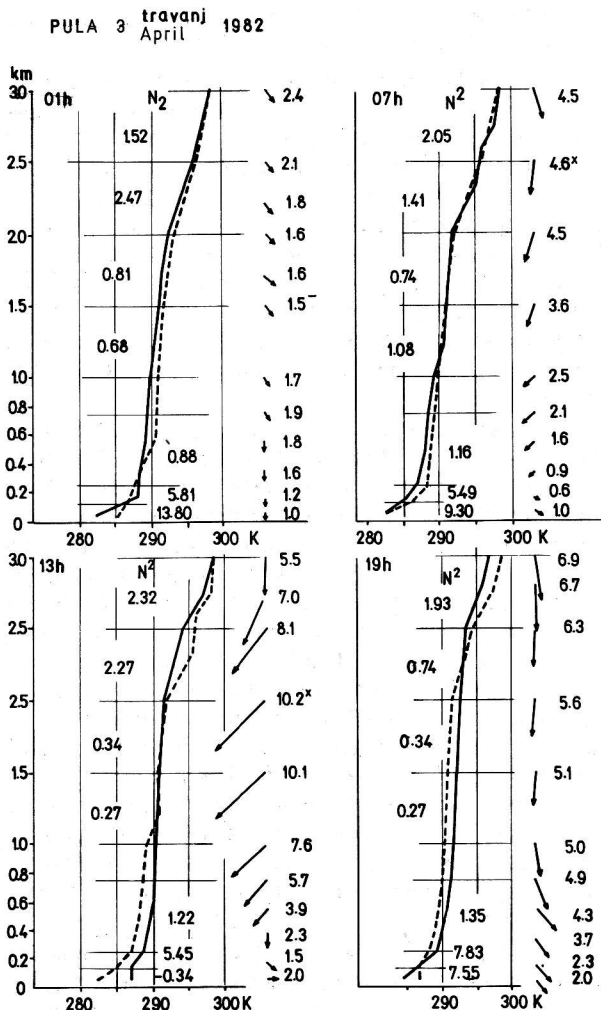
preko našeg područja. Njegov prelaz se očituje u pojačanom NE vjetru u nižoj troposferi, što se može pratiti na vertikalnim profilima vjetra u Zagrebu i Puli.

Na sl. 5 nalazimo u terminu 01 h prvoga dana mnogo manje izražen prizemni sloj inverzije nego u srednjaku ožujka, a sloj ispod tanke visinske inverzije je nestabilan. U tom slučaju sjeverni vjeter obronka u Zagrebu djeluje samo na zakretanje istočnog vjetra na NE smjer.

Najznačajnija pojava toga dana u Zagrebu je inverzija pri vrhu sloja (2781-3000 m, $N^2 = 9.86 \times 10^{-4} s^{-2}$) u 07 h, koja nastaje uz naglo zakretanje vjetra na SW i zatopljenje, a povezana je s prije spomenutim visinskim vrtlogom malih razmjera. Istovremeno u donjem sloju do 1 km nije izostalo normalno hlađenje u to doba dana, iako se primjećuje znatna nepravilnost u vertikalnom profilu temperature.

Dvostruki stabilni sloj koji pratimo na θ -profilu Zagreba u 13 i 19 h iznad 1 km i 2.5 km nije rijedak slučaj i često se pojavljuje u situacijama s burom pri NE strujanju u Zagrebu. Smith (1986, 1987) je na osnovu analize avionskih podataka zaključio da se dio inverzije južno od Zagreba spušta, a dio ostaje kvazihorizontalan. Spuštanje inverzije Smith pripisuje nagibu orografije u navjetrini Dinarida, što naša analiza ne potvrđuje s obzirom da dvostruki stabilni sloj nalazimo već nad područjem Zagreba.

Glavni fenomen kojeg pratimo idućeg dana u Zagrebu je postupno jačanje NE vjetra, a u Puli (sl. 6) skretanje na taj



Sl. 6. Isto kao na Sl. 3 za Pulu, 3. travanj 1982.
Fig. 6. The same as Fig. 4 but for 3. April 1982.

ninskog otpora tlaka, odnosno vektora vjetra suprotnih smjerova kao što smo razmatrali na srednjim profilima u I. Ovi smjerovi vjetra u donjoj troposferi Zagreba su prema tome odrazi strujanja oko planinske prepreke Alpa i uzrok su maloj stalnosti vjetra dugogodišnjih srednjaka u Zagrebu (Jurčec, 1987a). Samo u izuzetnim, vrlo perzistentnim i stabilnim situacijama stalnost vjetra je velika, a smjer vjetra pri tlu u Zagrebu više podliježe promjenama stabilnosti i lokalnoj cirkulaciji pod utjecajem Medvednice, kao što je to bio slučaj u travnju 1982.

U prikazanim situacijama zračna masa ispod vrhova Alpa pokazuje malu stabilnost u odnosu na visinski stabilni sloj, koji nastaje predfrontalnom toplom advekcijom iznad planinskih vrhova. Debljina prizemnog noćnog sloja inverzije i danjega konvektivnog sloja, s odgovarajućim sistemima strujanja, su pod jakim utjecajem lokalnih faktora. Time je u ovim situacijama karakteristična *troslajna struktura donje troposfere na obe lokacije, koja je posljedica interakcija mezoprocesa nad Alpama s lokalnim faktorima*.

Jedna od značajnih karakteristika promatranih vertikalnih profila vjetra je pojava maksimuma brzine vjetra približno na 2 km visine. Odabrani slučajevi pokazuju da je maksimalni vjetar, ili niska mlazna struja, W – SW smjera jači u Zagrebu nego u Puli, dok je NE vjetar većeg intenziteta u Puli. Prema tome, *lokalni faktori modificiraju vertikalnu razdiobu temperature i vjetra u donjoj troposferi, ali*

nisu uzrok pojavi niske mlazne struje. Maksimalnom vjetru oko iste visine prethodi minimum brzine uz izrazito smicanje smjera vjetra kao izvor turbulentnih gibanja, pa se može pretpostaviti da akceleracija koja dovodi do maksimalnog vjetra djelomično potječe i od transfera turbulentne energije. Međutim, i vertikalno smicanje smjera vjetra je posljedica razlike u strujanju iznad i ispod vrhova planine, pa se može zaključiti da *niska mlazna struja nastaje uslijed općeg strujanja oko Alpa*, kako su već predložili Peagle i dr. (1984), ali *lokalni efekti mogu znatno utjecati na njezin položaj, intenzitet i trajanje*.

Ova analiza je općenito ukazala na turbulentna gibanja manjih razmjera, koja se grubom vremenskom razdiobom 12-satnih radiosondažnih podataka i njihovom rijetkom prostornom mrežom ne mogu otkriti. U tome su upravo analize iz ALPEX SOP-a od neprocjenjive važnosti za upoznavanje lokalnih procesa i njihove povezanosti s mezo-procesima na području Alpa. Samo na taj način bit će moguće poboljšanje lokalne prognoze vremena numeričkim modeliranjem i interpretacijom numeričkih produkata.

LITERATURA

- Bannon, P. R., 1985: Flow acceleration and mountain drag. *J. Atmos. Sci.*, 42, 2445-2453.
- Banta, R. M., 1984: Daytime boundary-layer evolution over mountainous terrain. Part I: Observations of the dry circulations. *Mon. Wea. Rev.*, 112, 340-356.
- Banta, R. M., and W. R. Cotton, 1981: An analysis of the structure of local wind systems in a broad mountain basin. *J. Appl. Meteor.*, 20, 1255-1266.
- Berliner Wetterkarte, 1982, Amtsblatt des Instituts für Meteorologie der Freien Universität Berlin, Berlin 33 (Dahlem)
- Ching, J. K. S. and J. A. Businger, 1968: The response of the planetary boundary layer to time varying pressure gradient force. *J. Atmos. Sci.*, 25, 1021-1025.
- Ekman, V. W., 1905: On the influence of the earth's rotation on ocean currents. *Arkiv Mat. Astron. Fysik*, 2, 1-52.
- Hafner, T. A. and R. B. Smith, 1985: Pressure drag on the European Alps in the relation to synoptic events. *J. Atmos. Sci.*, 42, 562-575.
- Jurčec, V., 1985: Lokalni režim vjetra na području Zagreba i planinska cirkulacija. *Geofizika*, 2, 121-140.
- Jurčec, V., 1986: Struktura donje troposfere na osnovi opažanja u Zagrebu i Puli u ALPEX SOP. I DIO: Srednji profili temperature i vjetra, *Rasprave*, 21, RHMZ SRH, 39-46.
- Jurčec, 1987a: Mean monthly wind hodographs in the lower troposphere in Zagreb, *Geofizika*,
- Jurčec, V., 1987b: Orographic boundary layer wind profile. XIII Conference for Carpathian Meteorology, Romania, I, 47-54.
- Mahrt, L., 1985: Vertical structure and turbulence in the very stable boundary layer. *J. Atmos. Sci.*, 42, 2333-2349.
- Paegle, J., J. N. Paegle, M. McCorcle, C. O'Brien, 1984: The dynamical basis of a low-level jet during ALPEX. *Riv. Meteor. Aero.*, 44, 127-143.
- Smith, R. B., 1985: Mesoscale mountain meteorology. Conference on the results of the Alpine experiment (ALPEX), Venice, 28 October- 1 November 1985. WMO/ICSU, GARP Publ. series No 27, 407-423.
- WMO/ICSU, 1982: ALPEX – Preliminary scientific results. Geneva, GARP – ALPEX No. 7.

SUMMARY

In part I of this study (Jurčec, 1986) mean wind vectors of the lower troposphere in March 1982 for both Zagreb and Pula appeared with a low steadiness attributed to the frequent changes of opposite wind direction which cancel in the mean. Since the long term mean wind profile in Zagreb shows the same characteristics (Jurčec, 1987a) the first half of SOP ALPEX with 6-hourly observation was ideal for close examination of atmospheric processes responsible for this feature.

The period of March and beginning of April 1982 was characterized by a transient atmospheric state reflecting the sequence of passing frontal systems from the Atlantic across the Alps in upper-level W-SW currents. *The blocking effects*, by which the low tropospheric air mass slow-down on the western (French) Alps influenced the flow causing its splitting on the barrier and a decoupling of the currents above and below the mountain-top level. Aside from deformation and weakening of the low-level frontal zone, the surface mesoscale temperature and pressure fields show asymmetry across the Alps.

The most characteristic mesoscale feature over the Alps is the mountain pressure drag calculated for the entire SOP at three-hourly time series by Hafner and Smith (1985). They have described the sequence of weather episodes in such an atmospheric state, emphasizing the opposite changes of the drag vector direction during south and north foehn episodes.

The objective of this paper was to demonstrate how the local temperature and wind distribution in the low troposphere follows the direction of splitting currents around the Alps within these episodic changes over the Alps.

The first selected case study concerns the south foehn episode which at both localities starts with a *warm air advection above the mountain-top level, causing the formation of upper layer temperature inversion there*. Between the basis of this inversion and the top of surface nocturnal inversion, or the diurnal shallow convective layer, there is a neutral layer with strong mixing. Thus, the low troposphere is characterized by three layer structure at both localities, but the analysis shows that local effects influencing that structure are more expressed in Zagreb than in Pula.

In the second case in which the mountain drag vector is in the opposite direction (Fig. 2) presenting a north-foehn episode over the Alps, the local NE winds are stronger in Pula.

The low level jets in both cases appear around 2 km altitude and their onset and disappearance could be clearly followed by the general development of the synoptic situation over the Alps, in particular the deformation of the frontal system. In the second case maximum wind speed

occurs at noon term which in the mean Zagreb profile (shown in I) did not indicate the speed maxima.

An outstanding local feature preceding the wind maximum is the directional wind shear across the upper stable layer, which originates from different currents direction and decoupling of the flow above and below the mountain top level. The best example is on March 16 when at 13 h the wind changes from the SW in the low levels to the N direction above the stable upper layer (Fig. 3). Low tropospheric SW wind generally agrees with the same direction of the surface pressure gradient across the Alps as shown on Fig. 2. Both the pressure gradient (on the same Figure) and the local winds (Fig. 5 and 6) are weaker and in the opposite direction on April 3.

A noticeable example of wind acceleration and formation of low level jet is on 17 March. The jet has SW-WSW direction and it is much more expressed in Zagreb than in Pula. It appears (Fig. 3) inside the upper stable layer characterized on the previous day by directional wind shear. Since such a shear is considered an important turbulence source, this would mean that the energy transfer from turbulent to larger scale flow could be essential for wind profile modification on a local scale. Thus, the local processes which influence the lowest layer tropospheric structure to which the diurnal oscillation of turbulent transport, the buoyancy fluctuations and stronger nocturnal stratification, also belong, may modify the wind profiles but they are not responsible for the low level jet formation presented by these cases. *The jet results from the splitting topographic currents and the evolution of mesosystems over the Alps, but its intensity, position and duration strongly depend on local factors.*

This analysis, therefore, supports the role of flow splitting for the Alpine low level jet dynamics advanced by Peagle et al. (1984) emphasizing at the same time a need for proper theory, increased accuracy of observational data and a good knowledge of local factors, before one can fully explain and predict the mechanism for flow acceleration and real data behaviour. For the presented cases this analysis points to likely significance of acceleration reaction and the effects of flow unsteadiness on mountain drag such as discussed by Bannon (1985), which may affect the time evolution of a particular synoptic event and associated weather phenomena on various scales.