

R A Z P R A V E
P A P E R S
XI

VSEBINA — CONTENTS:

- L. Žitnik: Poskus prognoziranja ciklogeneze s kombinacijo nakaterih znanih parametrov
An attempt of forecasting cyclogenesis by means of some known parameters
- M. Trontelj: Redukcija zračnega pritiska na morski nivo in njen vpliv na analizo polja pritiska nad Jugoslavijo
Reduction of air pressure on mean sea level and its influence on the analysis of pressure field above Yugoslavia
- A. Hočevar: Koncept kompleksne meteorološke obdelave z elektronskim računalnikom in
Z. Petkovšek: nekaj rezultatov za meglo na letališču Ljubljana — Brnik
An outline of complex meteorological research by means of computer and some results for fog at the Ljubljana — Brnik airport
- M. Kovač: Nekaj ugotovitev o nastanku radiacijske megle na letališču Ljubljana — Brnik
Some findings about the formation of fog at the Ljubljana — Brnik airport
- Z. Petkovšek: Pogostnost megle v nižinah in kotlinah Slovenije
Frequency of fog in the lowlands of Slovenia

POSKUS PROGNOZIRANJA CIKLOGENEZE S KOMBINACIJO NEKATERIH ZNANIH PARAMETROV
AN ATTEMPT OF FORECASTING CYCLOGENESIS BY MEANS OF SOME KNOWN PARAMETERS

551.509.31

LADO ŽITNIK

Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY:

A method for quick determination of cyclogenesis in North Mediterranean is presented.

Troughs on 500 mb and 850 mb surfaces located over the South part of Great Britain are discussed. The following characteristics are to be observed as important: the axis of the trough and its lowest temperature.

On the basis of the treated examples it could be said that for certain values of a particular parameter N and for the lowest temperature of the trough at 500 mb surface cyclogenesis in the Gulf of Genoa - which is the most probable spot for it - did not occur. Parameter N is obtained as the sum of the following parameters: half of the trough sharpness at the 500 mb surface, half of the temperature difference between air masses at 500 mb surface and temperature factors at 500 mb and 850 mb surfaces.

On a coordinate system: -parameter N versus lowest temperature T of the trough at 500 mb surface - the examples with cyclogenesis and the examples without cyclogenesis can be separated by a curve, which is seen on Fig 1.

V operativni službi so potrebne metode prognoziranja, ki so hkrati preproste hitre in učinkovite. Pričujoči članek je le kratek prispevek, ki naj poka-

že, ali je izbira parametrov za oceno ciklogeneze dobra in ali je njih kombinacija uporabna. Obdelava zajema zimsko obdobje leta 1968 in 1969, zato bodo izsledki le orientacijski.

Najprej naj naštejemo nekaj splošnih ugotovitev, ki veljajo za ciklogenezo v Sredozemlju. Nastanek ciklona v Sredozemlju je posledica vdora hladnega zraka na to področje. Hladen zrak se približuje evropskemu kontinentu v obliki višinske doline. Prva večja deformacija višinske doline na 500 mb ploskvi nastane šele potem, ko prednji del doline doseže evropski kontinent, kar je še posebej značilno za termično izražene doline (Radinović-Lalić 1959). Ko doseže dolina masiv Alp, doživi drugo deformacijo, kar naj bi bilo v neposredni zvezi s ciklogenezo. Ta druga deformacija doline je veliko bolj izrazita, ker alpski masiv deluje v večji meri na zmanjšanje hitrosti doline. Hladni zrak navadno najprej priteka v nižje plasti. Alpe s svojo lego omogočajo gibanje zraka v nižjih plasteh samo v smeri vzhod-zahod na severni strani, ter severjug na zahodni strani. Del hladnega zraka, ki se je razlil v zahodno Sredozemlje, povzroči nastanek nove depresije, ki eksistira toliko časa, dokler traja termična asimetrija. Če termična dolina nima tipične oblike, je deformacija manjša. Jakost ciklonskega razvoja je podana s cirkulacijo okoli centra. Jakost cirkulacije pa se računa s pomočjo Laplaceovega operatorja ∇^2 iz baričnega polja pritiska in karakteristično razdaljo 500 m. Po tem kriteriju so klasificirane depresije na naslednji način; če je pri maksimalno razviti depresiji ena zaključena izobara na razdalji 500 km od centra ciklona, potem je to slabo razvita depresija z vrednostjo $\nabla^2 p \leq 20$. Drugo skupino sestavljajo depresije z največ dvema zaključenima izobarama, med tem ko so pri močnih depresijah (tretja skupina) zaključene več kot dve izobari na razdalji 500 km od centra ciklona (Radinović-Lalić 1959). Pri tem so izobare izvelečene na vsakih 5 milibarov. Desetletna statistika (Radinović-Lalić 1959) je pokazala, da je odstotek novih ciklonov v Sredozemlju naslednji: Genovski zaliv 50%, severna Italija 20% ter severni Jadran 20%.

Dolino, ki se približuje evropskemu kontinentu, lahko opredelimo z nekaterimi parametri. Najprej pa moramo določiti področje, kjer bodo opravili meritve na dolinah na 500 in 850 mb ploskvah. Pokazalo se je, da je najbolj primerno območje južni del Velike Britanije ali severozahodni del Evrope. To območje, kjer določamo karakteristike dolin, lahko zagovarjamo iz naslednjih razlogov; dolina na tem mestu še nima večjih deformacij, ker je relief slabo izražen; mnogokrat so šele na tem mestu doline izražene toliko, da lahko predvidevamo njen večji vpliv na razvoj vremena v Sredozemlju; ne nazadnje pa je prav s tega mesta razdalja do Genovskega zaliva približno 1000 km, kar je pomembno za določitev temperaturne difference, kot bomo to videli iz nadaljnjih izvajanj. Ko doseže os doline zgoraj navedeno področje, je za nas najbolj zanimivo teme doline z najhladnejšim zrakom. Največkrat se najhladnejši zrak zadržuje nekoliko levo od osi doline. Postavimo koordinatni sistem tako, da predstavlja ordinato os doline, absciso pa izvlečemo skozi točko najhladnejšega zraka. V naših primerih se je izkazalo, da so točke najhladnejšega zraka na dolinah 500 mb ploskev nad južnim delom Velike Britanije in nad severozahodnim delom Evrope ali natančneje v kvadratu z naslednjimi mejami: med 45° in 55° geog. širine ter med 10° zahodne in 5° vzhodne geog. dolžine.

Obravnavanje parametrov bo potekalo hkrati z numeričnimi vrednostmi, ki so zbrane v tabeli 1. Prvi parameter je ostrost doline (George 1960), ki je zabeležena v rubriki 1. Ostrost doline je parameter, ki podaja tudi potencialno energijo doline. Določamo ga na naslednji način: 500 km vzhodno in zahodno od koordinatnega začetka določimo višino 500 mb ploskve, hkrati določimo višino koordinatnega središča. Vsota razlik višin na levi in na desni, ali z drugimi besedami, seštevek obeh razlik potenciala je vrednost, ki določa ostrost doline. V rubriki 1. je podana tudi ostrost doline, merjena z razdaljo 1000 km od koordinatnega začetka. Podatki za razdaljo 500 km so se izkazali za boljše, ker doline po večini niso tako razsežne, kajti nekatere točke v sistemu meritev

na razdaljo 1000 km so že zunaj območja dolin in so tedaj v sosednjih valovih polarne fronte.

V rubriki 2. so podane vrednosti temperaturne razlike, merjene na 500 mb ploskvi na razdalji 1000 km v severozahodni smeri od točke najverjetnejšega nastanka nižinskega ciklona. Mesto najverjetnejšega nastanka novega ciklona je Genovski zaliv (Radinović 1959). V večini primerov je razdalja 1000 km v severozahodni smeri od Genovskega zaliva prav tista, ki zajame najhladnejši zrak v temenu doline. Od 15. primerov je 13 takih, da prodira višinska dolina od severozahoda in le v dveh primerih od zahoda je lega najhladnejšega zraka na 500 mb ploskvi bolj južna in doseže 45° geog. širine. V enem primeru je računana temperaturna razlika enaka v Nw in W smeri, v drugem primeru smo vzeli v poštev smer W, ker je bila to smer proti najhladnejšemu zraku na 500 mb ploskvi. S tem smo dobili dejansko temperaturno razliko med zračnima masama na 500 mb ploskvi.

Naslednji pomembni element je temperaturni faktor (George 1960) na 500 mb in 850 mb ploskvi, Dobimo ga na naslednji način: 500 km vzhodno in zahodno od koordinatnega začetka ocenimo temperaturo na 500 mb ploskvi. Razlika temperatur v obeh točkah je že velikost temperaturnega faktorja. Po dogovoru je vrednost pozitivna, če je hladnejši zrak zahodno od osi doline. Velikost temperaturnega faktorja pove tudi fazni premik med izotermami in izobarami, ali z drugimi besedami, podaja razliko med temperaturnim in vetrovnim poljem. Za temperaturni faktor na 500 mb in 850 mb ploskvi so podatki vnešeni v rubriki 3. 850 mb dolina navadno ni tako izrazita kot tista na 500 mb, zato je ocena manj natančna. Znano je namreč (George 1960), da se za določitev ciklogeneze ponekod uporablja vdor hladnega zraka v plasteh pod 850 mb ploskvijo. Obstoj visoka korelacija med vdorom hladnega zraka v nižjih plasteh, ki je viden na 850 mb ploskvi, kadar potekajo izoterme skoraj pravokotno na izohipse, in ciklogenezo. V primerih sredozemske ciklogeneze so taki vdori vidni tudi na

850 mb ploskvi na območju zahodne Evrope, vendar samo pri močnih ciklogenezah. Ta podatek je prekasen in v prognostičnem smislu nima praktične vrednosti, ker to že pomeni ciklogenezo. Pač pa temperaturni faktor na 850 mb ploskvi da neko mero velikosti vdora hladnega zraka v plasteh pod 850 mb ploskvijo na območju zahodne Evrope. V rubriki 4. je še podatek o pritisku v ciklonskem centru, ki se je razvil na novo, ter število izobar novo nastalega ciklona na razdalji 500 km od novega centra.

Spričo kratkega razdobja, ki ga zajema obdelava, in pa majhnega števila primerov, ne pričakujemo natančnih rezultatov, pač pa, kot smo že v začetku omenili, orijentacijske vrednosti. Denimo, da so parametri kot: ostrost doline, temperaturni faktor na 850 mb in 500 mb ploskvi, ter temperaturna diferencja med zračnimi masami na 500 mb ploskvi; enakovredni pri določevanju ciklogeneze. Če osvojimo to postavko, potem se številčne vrednosti posameznih parametrov ne smejo razlikovati v velikostnem redu. Zategadelj smo vzeli polovično vrednost ostrosti doline, določene na razdalji 500 km. Prav tako smo upoštevali samo polovično temperaturno diferenco med zračnima masama na 500 mb ploskvi. Če seštejemo omenjene štiri prirejene parametre, dobimo za vsak primer število N, ki nam podaja temperaturne razmere v frontalni in predfrontalni zoni, prav tako je v številu N zastopana dinamika doline. Število N je v funkcijski odvisnosti od temperature hladnega zraka, ki je v temenu doline na 500 mb ploskvi. Vrednost te temperature smo označili v tabeli 1, rubriki 2, kjer je podana tudi temperaturna razlika med zračnima masama na 500 mb ploskvi. Seveda je ta nižja vrednost.

Diagram 1 nam pokaže prag, ko so v zgoraj omenjenih primerih bili pogoji za ciklogenezo in ko teh pogojev ni bilo. Hkrati nam služi kot prognostični pripomoček.

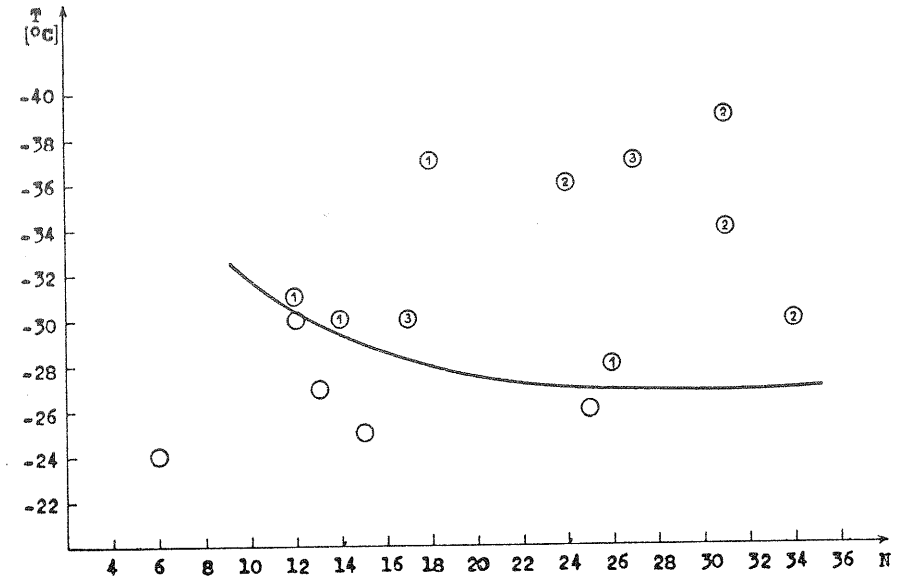
TABLE 1

Synoptic parameters for determinations of cyclogenesis

TABELA 1

Sinoptični parametri za određivanje ciklogeneze

Datum date	ura hour	1		2 temperatura na razlika temperature difference /°C/	3		4 center ciklona center of cyclon /mb/	Število izobar number of izobars
		ostrost doline trough sharpness $\Delta h_1 + \Delta h_2 \sum \Delta h$ /dgnel/			temperaturni faktor temperature factor			
		500 ka	1000 ka		500 mb	950 mb		
17.1.1968	13	10+14 = 24	18+20 = 38	-18-28/10	-24-22/+2	-3+4/+7	1001	1
24.1.1968	01	20+6 = 26	28+6 = 34	-22-30/8	-24-26/+2	-4-2/+2	994	3
28.1.1968	01	6+6 = 12	18+8 = 26	-21-25/4	-25-22/+3	-6-2/+4	-	-
3.2.1968	01	10+4 = 14	28+8 = 36	-26-37/11	-34-32/+2	-6-2/+4	1013	1
14.3.1968	01	11+10 = 21	19+11 = 30	-21-30/9	-22-24/+2	-4-4/0	-	-
15.3.1968	13	8+12 = 20	30+14 = 44	-22-36/14	-32-27/+5	-5-3/+2	998	2
2.11.1968	13	10+6 = 16	26+26 = 52	-15-30/15	-26-18/+8	1+12/+11	994	2
24.11.1968	13	4+14 = 18	20+20 = 40	-14-26/12	-26-21 /+5	-2+3/+5	-	-
15.12.1968	01	0+8 = 8	-2+13 = 11	-27-30/3	-28-26/+2	-6+0/+6	1000	1
21.12.1968	01	4+9 = 13	10+10 = 20	-24-27/3	-28-24/+4	0+1/+1	-	-
16.1.1969	01	4+8 = 12	24+10 = 34	-26-31/5	-29-26/+3	0+0/0	994	1
23.1.1969	01	4+2 = 6	5+0 = 5	-18-24/6	-20-22/+2	1+3/+2	-	-
2.2.1969	13	7+8 = 15	20+30 = 50	-22-37/15	-39-33/+6	-10-3/+7	994	3
7.2.1969	01	18+10 = 28	34+22 = 56	-24-39/15	-33-29/+4	-12-6/+6	1005	2
2.4.1969	01	5+13 = 18	11+31 = 42	-22-34/12	-34-28/+6	-8+2/+10	1009	2



Slika 1 Nomogram za određivanje ciklogeneze - Na ordinati su najniže temperature doline na 500 mb ploskvi na abscisi pa število N (Prazni krogi pomenijo, da ni bilo ciklogeneze; krogi s številkami pa pomenijo ciklogenezo s številom zaključenih izobars).

Fig. 1 Nomogram for determination of cyclogenesis - on the ordinate are the lowest temperatures of the trough on 500 mb surface and on the abscissa are the values of parameter N (Empty cycles - no cyclogenesis, cycles with numbers - cyclogenesis with the number of closed isobars).

LITERATURA

/1/ Radinović D.-Lalić D.: Ciklonska aktivnost u Zapadnom Sredozemlju Beograd 1959

/2/ George J.:

Weather Forecasting for Aeronautics- Academic Press, New York and London 1960

REDUKCIJA ZRAČNEGA PRITISKA NA MORSKI NIVO IN NJEN VPLIV NA ANALIZO POLJA
PRITISKA NAD JUGOSLAVIJO

REDUCTION OF AIR PRESSURE ON MEAN SEA LEVEL AND ITS INFLUENCE ON THE ANALYSIS OF
PRESSURE FIELD ABOVE JUGOSLAVIA

551.547.2

MIRAN TRONTELJ

Hidrometeoroški zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY:

In this paper a comparison is made between various methods of air pressure reduction on mean sea level. It is also a study of their influence on analysis of pressure field above Yugoslavia.

Various methods of reduction were obtained in such a way that different temperatures as well as different temperature gradients in the barometric formula were used. It was found that none of these methods was significantly better than others.

To eliminate the influence of the reduction as much as possible, local peculiarities of the station should be taken into account, such as: position, frequency of low level inversions, humidity and some others. Pressure field obtained in this way would be useful only in studies and analysis of large regions. Small variations of pressure are namely important for mesoscale analysis.

UVOD

Porazdelitev zračnega pritiska pokažemo najbolj praktično z izohipsami standardnih ploskev 850, 700, 500 mb itd. Horizontalna sprememba pritiska je sicer majhna v primerjavi z vertikalno, toda majhna horizontalna spremem-

ba je zelo pomembna pri študiju gibanj v atmosferi. Naše zanimanje za gibanja in porazdelitev pritiska v nivojskih ploskvah zahteva, da meritve zračnega pritiska na postajah reduciramo na primerjalni nivo. Za postaje, nižje od 500 m, uporabljamo za primerjalni nivo morski nivo. Pri redukciji pritiska na morski nivo uporabljamo barometrično formulo. Postopek je v principu podoben določanju višine s sondažo, le da tu ne poznamo temperature namišljenega zračnega stolpca med postajo in morskim nivojem.

Če uporabljamo pri prizemnih kartah dosedanje metode za redukcijo, se po kažejo v praksi pomembne razlike v načinu predstave med prizemnimi in višinskimi kartami. Pa tudi sicer različne države uporabljajo razne aproksimacije in zanemaritve pri hipsometrični enačbi in pride tako do razlik v polju pritiska na nacionalnih mejah.

HIPSOMETRIČNA ENAČBA

Za redukcijo zračnega pritiska na morski nivo uporabljamo več oblik hipsometrične enačbe. Oglejmo si hipsometrično enačbo, ki jo je izpeljal Laplace /1/.

$$z = K(1 + 0,00259 \cos 2\varphi) (1 + \alpha \bar{t}) \left(1 + \frac{z}{a}\right) \left(\frac{1}{1-\beta}\right) \log \frac{p_0}{p} \quad (1)$$

Posamezne oznake pomenijo:

z - nadmorska višina postaje

K - hipsometrična konstanta definirana z izrazom

$$\frac{2,3 \cdot R \cdot 273}{M \cdot g_0} = K$$

φ - geografska širina

\bar{t} - povprečna temperatura namišljenega zračnega stolpca v $^{\circ}\text{C}$.

a - polmer zemlje

p_0 - zračni pritisk na morskem nivoju

p - zračni pritisk na postaji

g_0 - težnostni pospešek na morskem nivoju pri 45° geografske širine

β - korekcija zaradi vlage, definirana z izrazom:

$$0,378 \frac{\bar{e}}{p+p_0} = \beta$$

\bar{e} - srednji parni tlak v zračnem stolpcu

α - temperaturni koeficient prostorskega raztezka za zrak

Angot je napisal enačbo (1) za uporabo pri redukciji zračnega pritiska na morski nivo v obliki (4):

$$\log \frac{p_0}{p} = \frac{z}{(K + 67,53 \varphi + 0,003 z) (1/(1-\beta)) (1 + 0,00259 \cos^2 \varphi)} \quad (2)$$

V primerjavi z enačbo (1) je zanemaril produkt $\bar{t} \cdot z \frac{K\alpha}{a}$

Druga oblika hipsometrične enačbe je barometrična višinska formula:

$$p_0 = p \cdot e^{\frac{gz}{R_s \bar{T}_v}} \quad (3)$$

posamezne oznake pomenijo:

p_0 - zračni pritisk na morskem nivoju

p - zračni pritisk na postaji

g - težnostni pospešek

z - nadmorska višina postaje

R_s - individualna plinska konstanta za suhi zrak

\bar{T}_v - virtualna povprečna temperatura

Težnostni pospešek g je še funkcija nadmorske višine z in geografske širine φ .

Posamezne države zelo različno reducirajo pritisk na morski nivo. Pri re-

dukciji uporabljajo eno od enačb (2) ali (3), vendar zanemarjajo posamezne korekcije in različno določajo povprečno temperaturo namišljenega stolpca zraka, ki je ne moremo meriti, na razne aproksimativne načine.

V Italiji na primer uporabljajo enačbo (2) in ne upoštevajo korekcije zaradi vlage, \bar{t} pa določajo tako:

$$\bar{t} = t + \frac{\gamma z}{2}$$

pri čemer je temperaturni gradient γ različen za posamezne mesece.

V ZDA pa določajo povprečno temperaturo \bar{t} tako, da računajo povpreček med izmerjeno temperaturo in temperaturo pred 12 urami.

Posebni meteorološki pogoji pogosto vodijo do anomalij pri absolutnih vrednostih reduciranega zračnega pritiska in pri horizontalnih gradientih, posebno nad goratim ozemljem ali v bližini širokih strmih pobočij. Med temi pogoji so močni vetrovi, močna radiacijska inverzija, stacionarno anticiklonalno vreme z opaznimi subsidencami, preugretje nad visokimi aridnimi tereni, prehod ostrih front z veliko temperaturno razliko /4/.

REDUKCIJA ZRAČNEGA PRITISKA

Pri redukciji zračnega pritiska na morski nivo je najteže določiti težo fiktivnega zračnega stolpca od morskega nivoja do postaje.

Ta stolpec nam mora predstavljati pristo atmosfero. Kako določiti srednjo virtualno temperaturo tega stolpca?

World Meteorological Organisation /4/ priporoča za redukcijo na morski nivo sledečo enačbo:

$$\ln \frac{p_0}{p} = \frac{g}{R_s} \cdot \frac{z}{(T + \gamma z/2 + e_s C_h)} \quad (4)$$

Če primerjamo enačbi (3) in (4.) vidimo, da je

$$\bar{T}_v = T + \frac{\gamma z}{2} + e_s C_h \quad (5)$$

kar pa je le aproksimacija.

Oglejmo si prispevek posameznih členov enačbe (5).

Temperatura na postaji

Izkušnja kaže, da dobimo prevelike variacije v reduciranem pritisku na morski nivo, če vzamemo za T kar odčitano temperaturo na postaji; posebno na visokih postajah, kjer je velika dnevna sprememba v temperaturi tal. Primerjava pritiskov, ki so reducirani na morski nivo na ta način, z ustreznimi barometričnimi merjenji na obalnih postajah kaže, da je dnevna sprememba v reduciranem pritisku za visoke postaje fizikalno nerealna.

Da bi se izognili temu učinku na visokih postajah, moramo najti funkcijo za temperaturo T , ki izloči dnevne spremembe temperature. Nekateri uporabljajo za temperaturo T povprečno temperaturo med merjeno temperaturo in temperaturo 12 ur prej T_{-12} . To izključi večino dnevnih sprememb.

Če je temperatura T odvisna tudi od drugih parametrov (ne le od odčitka temperature), lahko dopuščamo tudi drugačno izbiro T . Upoštevamo n.pr. dodatno funkcijo F , ki je odvisna od teh parametrov (različne vremenske situacije in geografska lega postaje).

Izbira gradienta

Če vzamemo, da je produkt $e_s C_h$ odvisen le od rosišča in neodvisen od členov T in $\frac{\gamma z}{2}$, imamo na izbiro sledeče možnosti pri izbiri spremenljivk:

1. varirata T in γ
2. γ = konstanten, T varira
3. γ varira, T je konstanten.

Druga metoda bi bila najprimernejša, ker stopnja svobode, ki je v T dovolj dobro kontrolira \bar{T}_v v vseh primerih, tudi če je γ konstanten.

Vlaga

e_s predstavlja srednji tlak vodne pare na postaji, izračunan iz nasičenega parnega tlaka, ki ustreza temperaturi rosišča ob opazovanju in 12 ur prej. Srednji parni tlak e_s je analogen temperaturi T in je torej funkcija T.

ANALIZA ZRAČNEGA PRITISKA REGIONALNIH KART JUGOSLAVIJE

Med meteorološkimi pogoji, ki vodijo do anomalij pri absolutnih vrednostih reduciranega zračnega pritiska nad goratim ozemljem, je najbolj pomembno stacionarno anticiklonalno vreme. Zato sem pri izbiri vremenskega tipa, ki sem ga obdelal, ta pogoj upošteval na prvem mestu. Tako je vladalo 13.1.1965 nad Jugoslavijo mrzlo anticiklonalno vreme, nad Italijo pa ciklonalno, 21.8.1965 pa anticiklonalno vreme z visokimi temperaturami nad vso južno Evropo. Prikazati sem želel tudi posledice dnevnega kolebanja temperature na redukcijo pritiska. Za zgoraj naštetе dneve sem računal redukcijo ob 0300 GMT in ob 1500 GMT. Izobare na prikazanih kartah so označene le s številkami nad 1000 mb.

Iz vremenskih kart za omenjene termine sem dobil podatke za temperaturo in zračni pritisk. Redukcijo sem računal po enačbi (3) s tem, da je \bar{T}_v za posamezne metode različna:

$$\text{Metoda a: } \bar{T}_v = T_1 = 273 + t + \frac{\gamma z}{2}; \quad \gamma = 5^\circ\text{C}/1000\text{m}$$

$$\text{Metoda b: } \bar{T}_v = T_3 = 273 + t + \frac{\gamma z}{2}; \quad \gamma = \text{spremenljiv}$$

$$\text{Metoda c: } \bar{T}_v = T_4 = 288 \text{ st K}$$

$$\text{Metoda d: } \bar{T}_v = T_2 = 273 + \frac{t+t_{-12}}{2} + \frac{\gamma z}{2}; \quad \gamma = 5^\circ\text{C}/1000\text{m}$$

Metoda e: je enaka kot metoda a, le da postaj višjih od 150 m pri analizi nisem upoštevala.

Za računanje vrednosti funkcije $\exp \frac{\gamma z}{R \bar{T}_v}$ iz enačbe (3) sem uporabljal jene Linkejeve tabele /7/. Tabele so izračunane za nadmorsko višino z do 600m za vsakih 10 m in za temperaturo od -20°C do $+30^\circ\text{C}$ za vsaki 2°C . Za določitev vmesnih točk sem uporabil linearno interpolacijo, saj se funkcija $\exp \frac{\gamma z}{R \bar{T}_v}$ v tem območju:

$$(1,00 \leq \exp \frac{\gamma z}{R \bar{T}_v} \leq 1,07) \text{ dovolj dobro približuje premici.}$$

Vlaga nisem mogel upoštevati, ker nisem imel na razpolago primernih podatkov. Pri redukciji pritiska v Jugoslaviji tudi sicer zanemarjamo korekcijo zaradi vlage.

Ostale oznake pomenijo:

$$T_1 = t + \frac{\gamma z}{2}, \quad \gamma = 5^\circ\text{C}/1000 \text{ m}$$

t - temperatura zraka v $^\circ\text{C}$ odčitana v trenutku opazovanja

$$T_2 = \frac{t+t_{-12}}{2} + \frac{\gamma z}{2}, \quad \gamma = 5^\circ\text{C}/1000 \text{ m}$$

t_{-12} - temperatura zraka v $^\circ\text{C}$ odčitana 12 ur pred opazovanjem

$$T_3 = t + \frac{\gamma z}{2}, \quad \gamma = 5,5^\circ\text{C}/1000\text{m} \text{ za januar, } 6,7^\circ\text{C}/1000\text{m} \text{ za marec in } 4,8^\circ\text{C}/1000 \text{ m za avgust.}$$

$$T_4 = 15^\circ\text{C}$$

p - zračni pritisk na postaji v mb reduciran na 0°C .

Korekcija težnostnega pospeška g zaradi geografske širine v Jugoslaviji ne pride v poštev, ker leže vse postaje med 41° in 47° severne širine in korekcija ne preseže napak pri meritvah. Prav tako je tudi korekcija g zaradi nadmorske višine manjša od napak pri meritvah.

Kakor je razvidno iz gornjega, sem pri različnih metodah redukcije spreminjal le \bar{T}_V in temperaturni gradient.

Pri kartah (a) - oznaka karte se ujema z oznako metode - sem upošteval temperaturo T izmerjeno na postaji in konstanten temperaturni gradient $\mathcal{G} = 5^\circ\text{C}/1000 \text{ m}$. Ta način redukcije - enačba (3) in za $\bar{T}_V = 273 + t + \frac{\mathcal{G}z}{2}$ uporabljamo v Jugoslaviji.

Pri kartah (b) je $\bar{T}_V = T + \frac{\mathcal{G}z}{2}$ in je \mathcal{G} spremenljiv. Za januar sem vzel temperaturni gradient $\mathcal{G} = 5,8^\circ\text{C}/1000 \text{ m}$, za avgust pa $\mathcal{G} = 4,8^\circ\text{C}/1000 \text{ m}$. Take temperaturne gradiente uporabljajo pri redukciji v Italiji.

Meteorolog Harrison /3/ predlaga, naj bi prizemne karte po možnosti dale gradiente pritiska na nivoju površine zemlje, da bi tako lahko na karti določali prizemne vetrove. Če postavimo tako zahtevo, moramo uporabiti nad zelo velikim področjem isto redukcijsko temperaturo, morda celo vrednost, ki je popolnoma neodvisna od atmosferskih razmer, kakor je na primer pri določitvi QNH (altimeter setting) v letalski meteorološki službi. Kot osnova je tu vzeta ICAO standardna atmosfera: $p_0 = 1013,25 \text{ mb}$ - pritisk na morskem nivoju in $T_0 = 15^\circ\text{C}$ - temperatura na morskem nivoju /5/. CNH vrednosti dajo nad višjimi področji poleti visok, pozimi pa nizek pritisk. Izrazita primera sta postaji Kriva Palanka in Bitola.

Pri inverzijah in močnih preugretjih nam temperatura na postaji, kot izhodiščna temperatura, da je nezadovoljive rezultate. Dnevno kolebanje temperature se zaradi redukcije prenese na debelo plast zraka, kar vodi k nenaravno velikim kolebanjem pritiska na razgibanih zemeljskih področjih.

Še najbolj primerna se zdi vmesna rešitev med trenutno temperaturo T na postaji in QNH. V Ameriki uporabljajo namesto trenutne temperature na postaji, povprečno vrednost med to temperaturo in temperaturo izmerjeno 12 ur pred opazovalnim terminom T_{-12} . S tem smo dnevno variacijo temperature skoro popolnoma izključili. V zmernih širinah se tako izenačijo jutranje inverzije in popold-

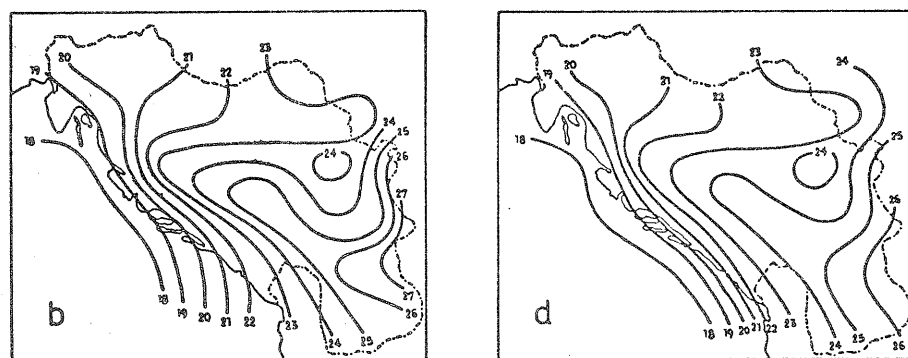
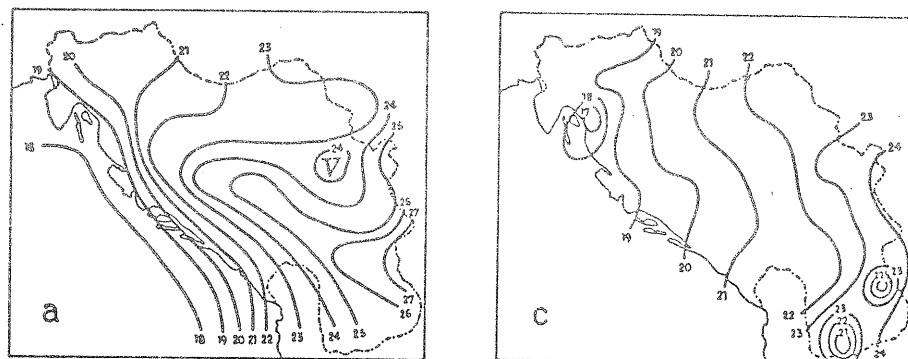
danska preugretja in dobimo dobre srednje vrednosti. (karte d). Le pozimi, ko se nad nekaterimi področji ob stacionarnem anticiklonalnem vremenu zadržujejo talne inverzije prek celega dne, so te srednje vrednosti sistematično prenizke.

Za vsako postajo bi bilo potrebno izračunati kot dodatek $k \frac{T+T_{-12}}{2}$ neko F , ki bi upoštevala posebnosti prizemne plasti (inverzijo ...). Za Nemčijo je Klausner /6/ določil korekcijo zaradi inverzije s pomočjo radiosondnih meritev in jo tabeliral kot negativni dodatek, kar v mb za posamezne temperature.

Kot primerjavo sem izrisal karte (e) tako, da sem upošteval le postaje nižje od 150 m (slika 5). Pri teh postajah redukcija zelo malo vpliva na dejansko porazdelitev pritiska in bi lahko imeli te karte za najboljši približek dejanskemu polju pritiska. Pomanjkljivost, ki tu nastopa, je majhno število nižinskih postaj v Bosni in Hercegovini, Makedoniji in Sloveniji. Seveda pa vplivajo zelo močne jutranje inverzije tudi na nizkih postajah, ki leže v kotlini, na redukcijo pritiska.

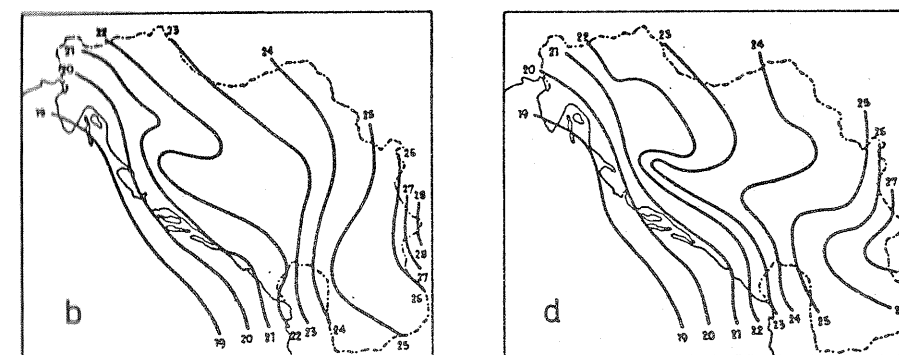
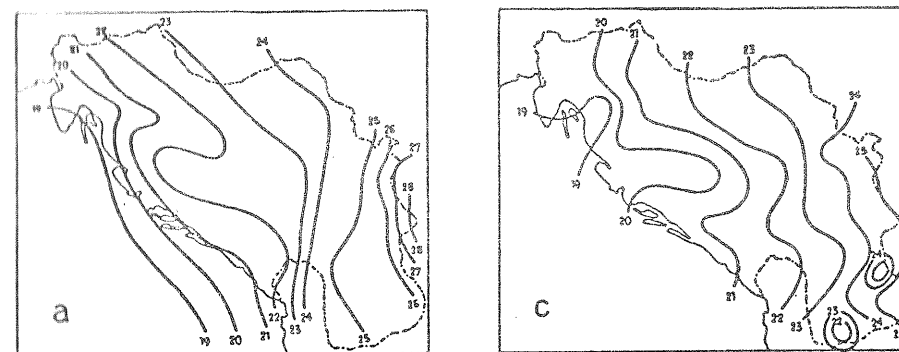
S l i k i 1. in 2.: Karti (a) in (b) se popolnoma ujemata, saj se le pri treh postajah (245, 481, 582) razlikuje velikost redukcije po metodi (a) oziroma (b) za 0,2 mb. Greben visokega zračnega pritiska nad Bosno in Hercegovino, ki je gotovo posledica napak zaradi redukcije, je najbolj izrazit na sliki 1 (karti a, b). To si razlagamo tako, da se je to področje zaradi anticiklonalnega vremena ponoči ohladilo močnejše od drugih predelov. V povprečju so temperature nižje za $4,3^\circ\text{C}$, postaje 242, 245 in 353 pa so zabeležile 8°C , postaja 257 pa celo 10°C nižjo temperaturo od popoldanske.

Karti c (slika 1, 2) nam nasprotno kažeta nad Bosno in Hercegovino neizrazito dolino nizkega zračnega pritiska. Na zelo visokih postajah (582, 492) dobimo globok niz, kar pa je posledica orografije. Centri nizkega zračnega pritiska se pojavijo le nad visokimi področji in ne segajo prek dolin.



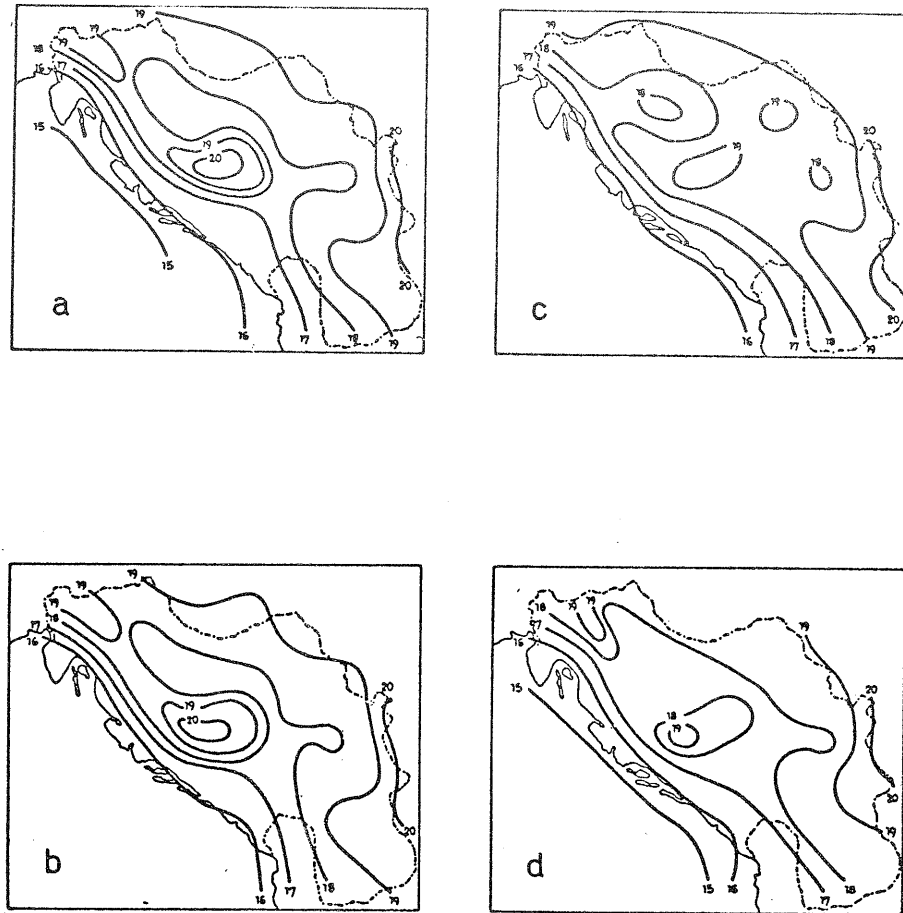
Slika 1 Analiza baričnega polja nad Jugoslavijo za 13. 1. 1965 ob 0300 GMT - Pritisk reduciran po metodah a, b, c in d

Fig. 1 Analysis of pressure field above Yugoslavia on 13 January, 1965, at 0300 GMT - Pressure reduced according to methods: a, b, c and d, respectively



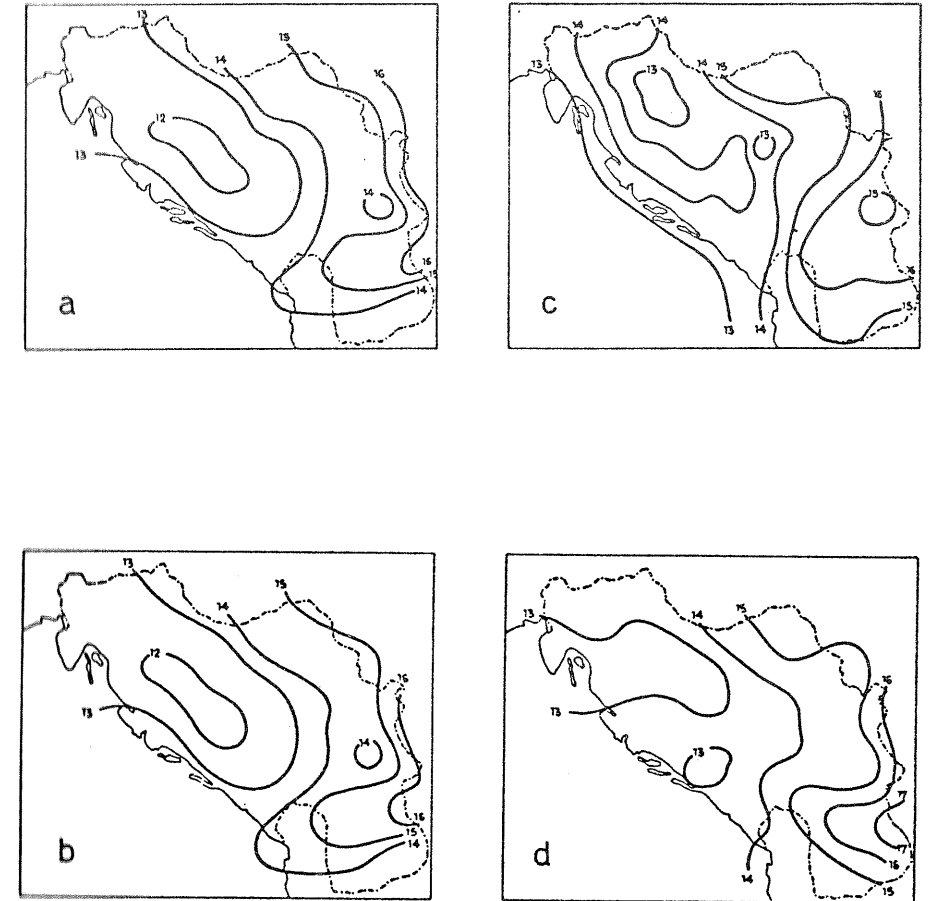
Slika 2 Analiza baričnega polja nad Jugoslavijo za 13. 1. 1965 ob 1500 GMT - Pritisk reduciran po metodah a, b, c in d.

Fig. 2 Analysis of pressure field above Yugoslavia on 13 January, 1965, at 1500 GMT - Pressure reduced according to methods a, b, c and d, respectively



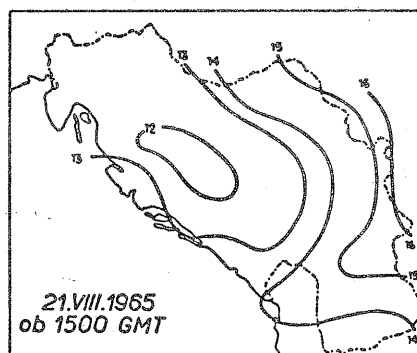
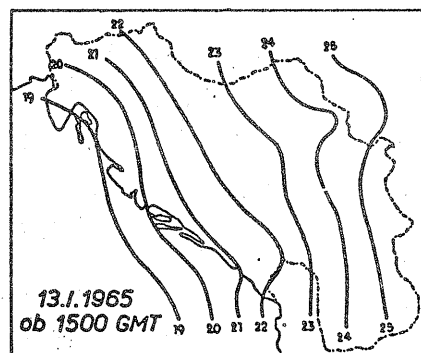
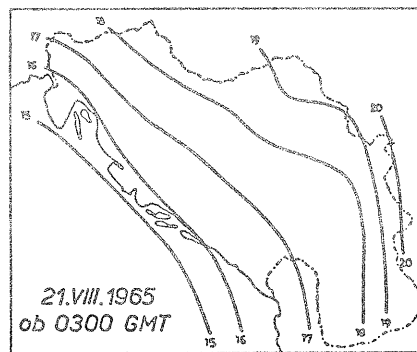
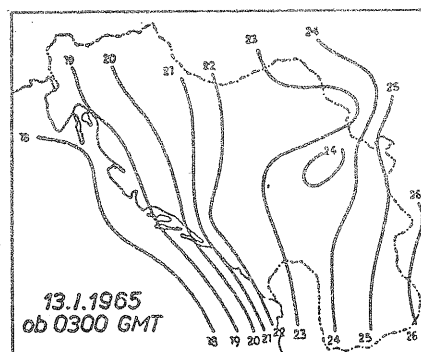
Slika 3 Analiza baričnega polja nad Jugoslavijo za 21. 8. 1965 ob 0300 GMT - pritisk reduciran po metodah a, b, c in d.

Fig. 3 Analysis of pressure field above Yugoslavia on 21 August, 1965, at 0300 GMT - Pressure reduced according to methods a, b, c and d, respectively



Slika 4 Analiza baričnega polja nad Jugoslavijo za 21. 8. 1965 ob 1500 GMT - Pritisk reduciran po metodah a, b, c in d

Fig. 4 Analysis of pressure field above Yugoslavia on 21 August, 1965, at 1500 GMT - Pressure reduced according to methods a, b, c and d, respectively



Slika 5 Analiza baričnega polja nad Jugoslavijo za 13. 1. 1965 ob 0300 in 1500 GMT ter 21. 8. 1965 ob 0300 in 1500 GMT - Pritisk reduciran po metodi e

Fig. 5 Analysis of pressure field above Yugoslavia on 13 January, 1965, at 0300 and 1500 GMT and on 21 August, 1965, at 0300 and 1500 GMT - Pressure reduced according to method e

Na karti d (slika 1) je greben visokega zračnega pritiska nad Bosno in Hercegovino izražen nekoliko šibkeje. Če primerjamo karti d (slika 1, 2), opazimo podobnost. Izključili smo dnevno variacijo temperature in v stacionarnem stanju je ostalo izobarno polje nespremenjeno.

Najbolj izglajene izobare nam kažejo karte e (slika 5). Vprašanje pa je, koliko ustreza to polje pritiska dejanskemu stanju, saj v vsej Bosni in Hercegovini, južni Srbiji in Makedoniji nimamo postaj, ki bi bile niže od 150 m. Postaj višjih od 150 m pa pri analizi teh kart nisem upošteval.

Sliki 3. in 4.: Center visokega zračnega pritiska, ki se pojavlja na kartah (a in b), (slika 3), nad Bosno in Hercegovino, je gotovo posledica napak zaradi redukcije, saj preide na popoldanskih kartah (a in b), (slika 4) celo v center nizkega zračnega pritiska. Če pogledamo temperaturno razporeditev, vidimo, da so se temperature povečale v povprečju za $10,6^{\circ}\text{C}$, nad omenjenim področjem pa od 15°C (242, 245, 257) do 18°C (353). Podobno tudi v Sloveniji.

Karti (b), (slika 3 in 4) se kljub zmanjšanemu temperaturnemu gradientu (v primerjavi z metodo (a), kjer je $\gamma = 5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, sem pri metodi (b) upošteval gradient $\gamma = 4,8^{\circ}\text{C}/100\text{m}$) popolnoma ujemata s kartama (a), (slika 3 in 4), saj se pritisk spremeni le pri dveh postajah in še to le za 0,1 mb.

Ker na porazdelitev pritiska, reduciranega pri konstantni temperaturi - QNH močno vpliva orografija (karti c), (slika 3 in 4), se verjetno rezultati, ki jih dobimo pri redukciji pritiska z metodo (d), (slika 3 in 4) mnogo bolj ujemajo z dejansko porazdelitvijo pritiska. Nad Bosno in Hercegovino dobimo manj izrazit center visokega zračnega pritiska v jutranjih urah (karta d), (slika 3) in dokaj brezgradientno polje popoldne (karta d), (slika 4).

SKLEPI

Vsaka od uporabljenih petih metod redukcije na morski nivo ima kako pomanjkljivost.

1. Pri vremenskih tipih, ki sem jih obdelal, se kaže pri uporabi redukcije, ki je v veljavi v Jugoslaviji, v glavnem sledeč vpliv na analizo regionalnih kart Jugoslavije: področje visokega zračnega pritiska v jutranjih urah, oziroma nizkega zračnega pritiska v popoldanskem času, ki se pojavlja nad goratim predelom Bosne in Hercegovine, ni v skladu z dejansko porazdelitvijo pritiska.
2. Izbira temperaturnega gradienta ne vpliva bistveno na velikost redukcije.
3. QNH vrednosti kažejo premočan vpliv orografije in so primerne le za ravne platoje.
4. Še najboljše rezultate da metoda redukcije, ki izključuje dnevno variacijo temperature.
5. Vpliv redukcije zračnega pritiska na analizo kart bi zmanjšali na minimum, če bi upoštevali pri določitvi T_v povprečje iz trenutne temperature in temperature 12 ur prej, povprečen temperaturni gradient, ki se najbolj ujema z dejanskim gradientom v Jugoslaviji, vlago in dodatno funkcijo, ki bi izključevala vpliv inverzij in orografije. Rezultate bi na ta način lahko hitro obdelovali verjetno samo z računskim strojem.

LITERATURA

- /1/ M.Laplace: *Traité de Mécanique céleste*, Paris 1805
- /2/ M.Čadež: *Uvod u dinamičko meteorologiju*, Beograd 1959
- /3/ M.Schuepp: *Das Problem der Luftdruckreduktion auf das Meeresniveau*, VI. Internationale Tagung für Alpine Meteorologie in Bled, Beograd 1962

- /4/ World Meteorological Organisation, Technical Note N^o 7, WMO - N^o 36 T.P. 12, Geneve 1954
- /5/ Berry, Bollay and Beers: *Handbook of Meteorology*, McGraw-Hill Book Company, Inc. 1945.
- /6/ L.Klauser: *Zur Luftdruckreduktion in deutschen Alpenvorland*. Atti del Sottimo Congresso Internazionale di Meteorologia Alpina. Geofisica e Meteorologia, Vol. XI (1963), Genova.
- /7/ F.Linke: *Meteorologisches Taschenbuch IV.*, Akademische Verlagsgesellschaft M.B.H., Leipzig 1939.

KONCEPT KOMPLEKSNE METEOROLOŠKE OBDELAVE Z ELEKTRONSKIM RAČUNALNIKOM IN NEKAJ
REZULTATOV ZA MEGLO NA LETALIŠČU LJUBLJANA-BRNIK

AN OUTLINE OF COMPLEX METEOROLOGICAL RESEARCH BY MEANS OF COMPUTER AND SOME
RESULTS FOR FOG AT THE LJUBLJANA - BRNIK AIRPORT

551.575.1

ANDREJ HOČEVAR in ZDRAVKO PETKOVŠEK

Univerza v Ljubljani

SUMMARY:

Modern meteorological research should give results and relations between elements useful for generalisation. This can be done through studying all available data, which is made possible by means of computers. The program for such work on the computer has always some main parts. Among them: decoding of values on punch cards, checking of data, initialisation, etc. Because of numerous data, their processing must be done in cycles. Some instructions for such programming are given in the first part of the paper.

In our country is the use of computers for such a work at its beginnings. Therefore only few data are available on punch cards. Results of this work which were obtained from data for a short period will be thus useful more as an example and are not representative.

Data taken at synoptic hours of observations at Ljubljana-Brnik airport during winter months 1968/69 were examined studying the characteristics of fog and some of the results are presented here.

Frequency of fog according to duration was found and is presented on table 1 and fig. 1. It is peculiar that fogs of short durations - less than 3 hours - are the most frequent ones (44% of all examples). Daily courses of frequency of formation of fog and its dissipation are presented, respectively (fig 2).

The relations between fog, wind and relative humidity were treated and are given on table 3. Study of stratus cloud cover was made according to its origin and some results are given.

Means of some meteorological elements and their standard deviations were calculated for hours of observation before and after formation of fog and before and after dissipation of fog, respectively.

From physical point of view differences of means of some of the elements at the formation of fog and its dissipation were expected. The significance of differences was calculated: only few were found. As for example: difference between visibilities at observation hours before and after formation of fog and before and after its dissipation. These values are significantly different on 0,01 level. A significant difference - on 0,05 level - was found for the mean heights of clouds before and after dissipation of fog as well.

UVOD

Elektronski računalniki nam dajejo velike možnosti za razne meteorološke obdelave in študije, vendar jih pri nas doslej v te namene še nismo uporabili. Zato želimo v tem delu podati nekatere osnovne postavke za sestavo programa za širše oziroma celo vsestranske obdelave. Ob podatkih za krajše obdobje in te za en kraj bomo pokazali prve delne rezultate glede na preučevanje pojava megle. Ti rezultati zaradi kratkega zajetega obdobja ne bodo reprezentativni. Ko pa bomo imeli na perforiranih karticah podatke za daljše obdobje, bo mogoče z istimi, ali še boljše, z razširjenimi programi hitro dobiti reprezentativne vrednosti za katerikoli kraj.

1. OSNOVNE POSTAVKE PROGRAMA KOMPLESKEN OBDELAVE

Kompleksne obdelave meteoroloških problemov, ki nimajo za cilj obdelavo le posameznih elementov, ampak streme za tem, da izluščijo fizikalne zakone

in zveze med elementi in pojavi, kar edino omogoča v končni obliki sestavo matematično-fizikalnega modela procesov v atmosferi v danih pogojih, zahtevajo istočasno obravnavo večjega števila elementov in pojavov. Pri takih obdelavah naj bi po možnosti upoštevali vse količine, ki so bile v atmosferi merjene in opazovane.

Zaradi velikega števila takih parametrov so kartice z meteorološkimi podatki terminalnih opazovanj natrpane s šifriranimi in kodiranimi vrednostmi, da je mogoče spraviti na vsako kartico čim več podatkov. Vsako mesto na kartici omogoča le deset (0-9) numeričnih znakov, ki pa so že v kodih navadno polno zasedeni; zato je potrebno vsaj za manjkajoče podatke razširiti znake z alfabetskimi, kar pa zahteva potem poseben prevod v numerične vrednosti, s katerimi računamo. Zato je tak prevod navadno prvo, kar mora po kompilaciji računalnik opraviti, in je navadno kot podprogram na začetku programa. Med te podprograme na začetku spadajo tudi tisti deli programa, ki se večkrat ponavljajo in jih po potrebi pokličemo.

Spomini računalnikov so za večino takih obdelav premajhni da bi lahko vanje sočasno vstavili vse podatke. Zato računamo ciklično in delne rezultate širimo oziroma sumiramo. Že predhodna kontrola podatkov, pa tudi razni računi (kot n.pr. kontinuiteta trajanja pojavov), zahtevajo kontinuiteto pri obdelavi, in s tem vrednosti prejšnjih in poznejših obdobj. Zato vstavljamo v spomin stroja pri takih obdelavah navadno podatke za dva dni (A in B na spodnji shemi), pri čemer pri vsakem računskem ciklu zamenjamo le en dan, prejšnji pa nam služi za kontinuiteto.

Schema pozicij v spominu

za prvi dan A	A_0	A_1	$A_2 \dots$
za drugi dan B	B_0	B_1	$B_2 \dots$

Posamezni ciklus ima navadno te stopnje:

1. Prestavitev podatkov dneva-pozicije B_0 v pozicijo A_0 .
2. Prestavitev delnih rezultatov, kontrolnih količin itd. iz pozicij $B_1, B_2 \dots$ v pozicije $A_1, A_2 \dots$
3. Vstavitve podatkov novega dne v pozicijo B_0
4. Dešifriranje in dimenzioniranje včitanih podatkov in njih vstavitve v iste pozicije
5. Računanje delnih rezultatov, kontrolnih količin in povečanje tekočih vsot (glavni računi)
6. Kontrola za zadnji cikel

Za začetek prvega ciklusa je potrebno postaviti v obe vrsti pozicij manjkajoče vrednosti. Navadno so te podane z velikim negativnim številom, enako kot so manjkajoče vrednosti vključene med dešifriranimi podatki s kartic. Zadnji cikel pa se konča tedaj, ko je zadoščeno kontroli pod točko 6. To je lahko doseči z obliko posebne kartice "podatkov", ali ko je doseženo v naprej predpisano število ciklov.

Ko so ciklični računi skozi vse podatke opravljeni, sledijo končni računi srednjih vrednosti, standardnih deviacij, korelacij, testov itd. ter končno izpis rezultatov. Program za kompleksne obdelave meteoroloških problemov ima navadno torej naslednje glavne dele:

- I. Podprogrami (za dešifriranje, prevode in druge večkratne operacije)
- II. Inicializacija tekočih vsot
- III. Ciklične operacije (vključno z včitavanjem podatkov)
- IV. Zaključni računi
- V. Izpis podatkov (tabele, nove kartice itd.)

Na tak način je sestavljen program, ki je dal rezultate, ki so obravnavani v II. in III. poglavju tega dela. Program je pisan v jeziku FORTRAN IV in je precej obsežen, saj obsega skoraj 500 stavkov (kartic) in ga hrani Katedra za meteorologijo FNT. S pripravo ustreznih podatkov je z njim mogoče dobiti repre-

zentativne rezultate za poljubno dolgo dobo in za katerikoli kraj. Program še ni končan - ni kompleksen, ker ne vključuje vseh razpoložljivih podatkov in ga bo zato za kompleksno obdelavo potrebno še dopolniti in razširiti.

Podatke, s katerimi smo testirali program in dobili delne in grobe rezultate (zaradi sorazmerno kratke zajete dobe), smo prenesli na kartice iz sinoptičnega opazovalnega dnevnika ter zajemajo vse opazovane vrednosti sinoptičnih terminov in večino dodatnih opazovanj in merjenj. Da bi bilo pri prenosu podatkov na formularje za luknanje čim manj napak, je bil vrstni red parametrov prilagojen opazovalnemu dnevniku, šifriranje pa izvedeno le tam, kjer je bilo nujno potrebno in to na čim bolj preprost način ali pa po že utrjenih sinoptičnih kodih.

Glede na izvor podatkov je bila osnova kartice sinoptični opazovalni termin z vsemi opazovalnimi vrednostmi. Tako so bili podani podatki vsakega dne na osmih karticah. Kartica je vsebovala poleg številke postaje, datuma in ure opazovanja meteorološke količine po dnevniku do kartne pozicije 62 za vsak opazovalni termin. Pozicije 63 do 79 so bile rezervirane za dnevne vrednosti, dnevne ekstreme in podatke o trajanju pojavov; zadnja (80), pozicija pa je vsebovala zaporedno številko kartice vsakega dne (1-8). Tako je bilo poleg številke postaje in datuma z uro, za vsak termin zajetih 25 meteoroloških parametrov; v rezerviranem delu pa je bilo prostora za nadaljnjih 5 količin (40 na karticah celega dne), od katerih je bila dobra polovica vnešenih. Pisano v standardni meteorološki simboliki, je bila zgradba kartice naslednja:

iii LL MM DD HH VV N C_H C_M N_M C_L N_L hh dd ff ww W PPP P_o P_o P_o a pp E TTT eee
 UU T_d T_d T_d RRR t_R t_R t_R JJ SON /različni podatki/ N_o

Na osnovnem materialu, ki zajema čas od 1. 11. 1968 do 28. 2. 1969 (920 kartic), smo najprej opravili logično kontrolo. Programi za kontrolo so poseben problem in bodo tudi obravnavani posebej /1/. V celoti je zajemala kontrola

4 skupine: a) po completeness kartic in alfamerični pravilnosti, b) po ekstremnih vrednostih, c) po znani medsebojni odvisnosti količin, d) po dovoljenih časovnih spremembah zaporednih vrednosti. Sumljive-izpisane podatke smo preverili ter po potrebi popravili in tako dobili zanesljiv material za delo z računalnikom.

II. NEKATERE ZNAČILNOSTI MEGLE (NA BRNIKU POZIMI 1968/69)

Iz podatkov, oziroma take obdelave 120 dni zimskih mesecev, lahko napravimo naslednje sklepe. Kot smo že v uvodu poudarili, nimajo ti podatki splošne veljave, ker predstavljajo stanje v eni sami zimi, vendar pa nam dajejo prve detajlnejše orise o megli na Brniku; skupaj smo obravnavali megle z vidnim in nevidnim nebom.

Prvo, kar nas zanima, je pogostnost megle in njeno trajanje. Iz podatkov o časih pričetka in konca vsake megle je stroj izračunal naslednjo tabelo 1.

TABELA 1

Frekvenca megle po intervalih trajanja

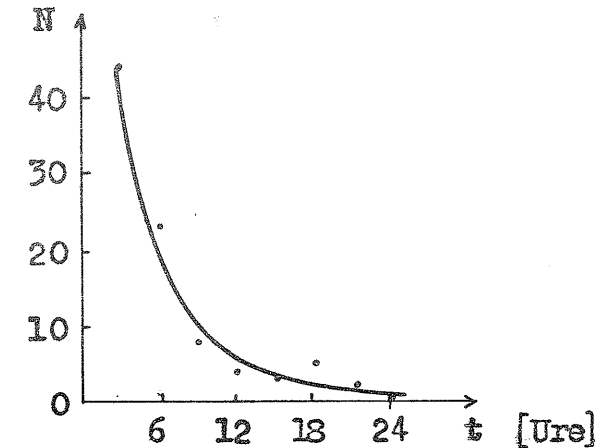
TABLE 1

Frequency of fog according to duration

ure	0-3	3-6	6-9	9-12	12-15	15-18	18-21	21-24	24
F	44	23	9	4	3	5	2	0	10

Iz nje je razvidno, da je od skupnih 2 880 ur, ki jo zajema obravnavana doba, pokrivala Brnik megla 817 ur, kar je 28% vsega časa. Megla se je pojavila ravno stokrat, njeno trajanje v posameznih primerih pa je bilo različno. Frekvenca trajanja megle po časovnih intervalih nam kaže, da po številu močno prevladujejo kratkotrajne megle - krajše kot tri ure, in sicer je teh 44%.

Številke te tabele na prvi pogled niso zanimive, pač pa nam iz njih narejen grafikon, ki ga podaja slika 1 kaže, da ob enakomernem večanju časovnega intervala pogostnost primerov eksponencialno pada.



Slika 1 Frekvenca megle v odvisnosti od trajanja

Fig. 1 Frequency of fog as a function of its duration

Ustrezen program nam iz istih podatkov izračuna dnevno razporeditev začetkov in koncev posameznih megla. Rezultati so razvidni iz tabele 2 in slike 2.

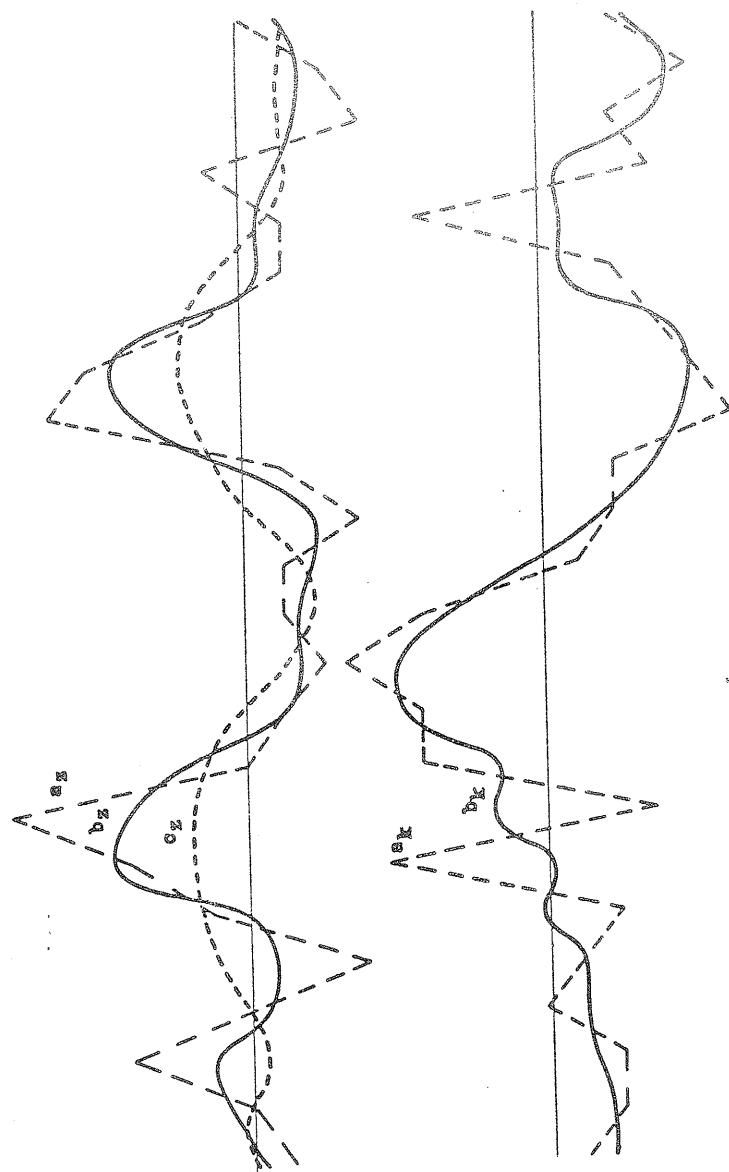
TABELA 2

Frekvenca začetkov in koncev megle po urah

TABLE 2

Frequency of formation and dissipation of fog according to hours of the day

ura	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
zač.	3	4	7	4	1	5	7	10	4	3	2	3	3	1	3	9	8	5	3	3	5	1	2	4
kon.	4	3	3	5	4	3	9	2	8	8	10	8	4	3	3	0	1	2	3	8	2	3	1	3



Slika 2 Frekvenca začetkov in koncev megla po urah

Fig. 2 Frequency of formation and dissipation of fog according to hours of the day

Razdelitev 100 primerov na 24 intervalov (posamezne ure) seveda ne more dati posebno reprezentativne razporeditve, vendar pa menimo, da je glavne poteze dnevne razporeditve pričetkov in koncev meglenih period s primerno izgleditvijo krivulj, vendarle mogoče dobiti. Izgleditev pomeni obenem tudi filtriranje nekaterih vplivov. Ker je to v meteorologiji vse pogostnejši postopek in problem, se bomo ob tem primeru pri njem nekoliko zadržali. Ravne črtkaste črte - zveznice posameznih vrednosti, predstavljajo na sliki 2 neizgledani potek dnevne razporeditve, ki kaže seveda velike fluktuacije. Če izgledujemo to "krivuljo" s poprečkom še dveh sosednjih vrednosti tako, da sloni vsaka vrednost na trikrat večjem številu primerov, računajoč po enačbi

$$F_3(t) = [F(t-1) + F(t) + F(t+1)] / 3$$

dobimo krivuljo b_z kot izgledano obliko zveznice a_z , to je neposrednih frekvenc. Z razširitvijo izgledovanja od dveh na štiri sosednje vrednosti po enačbi

$$F_5(t) = [F(t-2) + F(t-1) + F(t) + F(t+1) + F(t+2)] / 5$$

dobimo krivuljo c_z , ki predstavlja močnejšo izgleditev in kaže zelo značilno obliko z dvema maksima in dvema minima. Obe izgledeni krivulji sta precej simetrični glede na poldne. Največja izgleditev - upoštevanje vseh 24 vrednosti bi nam seveda dala premico s srednjo vrednostjo dveh frekvenc (ki je tu 4,1), ki pa bi glede dnevne razporeditve ne predstavljala ničesar. Iz tega vidimo, da obstoja nekje vmes nek optimum in postavlja se vprašanje, kako močno naj bo izgledovanje, ki pomeni obenem filtriranje kratkotrajnejših vplivov, da bo rezultat smiseln. Če bi razpolagali s podatki in predstavljali dnevni potek nastanka in razkroja megle za celo leto, bi bila krivulja c_z verjetno reprezentativnejša od b_z ; ker pa smo omejeni le na zimsko dobo, ko je čas vzhoda in zahoda sonca (ki ima pri tem vsekakor zelo važno vlogo) le za dobro uro različen, pa bi s premočno filtriranjem ta vpliv izločili ter tako dobili slabšo

predstavo. Zato menimo, da je krivulja b_z reprezentativnejša in dobro predstavlja dnevni potek začetkov megle na Brniku v zimski dobi.

Analogna krivulja dnevne razporeditve pogostnosti razkrajanja megle b_p je podana spodaj skupaj z zveznico posameznih frekvenc a_p .

Iz izglajene krivulje vidimo, da pogostnost razkroja megle narašča nekako do 11 ure, kjer doseže izrazit maksimum, nato pa strmo pada proti minimumu ob 16 uri. Drugače povedano - pozimi se megla navadno pozno razkrajja, toda če se do 12 ure ne razkroji, ostane pogosto kar ves dan. Minimum okrog 16^h in sekundarni maksimum pogostnosti razkroja zvečer je brez temeljitejših preučitev težko razložiti, verjetno pa sta posledica lokalne ciklucije zraka. Ta je glede na topografijo širše okolice Brnika gotovo precej specifična, za nastanek in razkroj radiacijske megle pa seveda zelo važna.

Če zanemarimo eventualne primere zmanjšanja vidnosti pod 1 km zaradi sneženja, lahko v skladu z definicijo megle preprosto izločimo termine z njo in dobimo vrednosti, ki jih podaja tabela 3.

TABELA 3

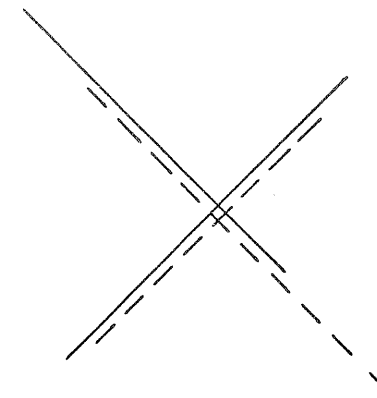
Veter in vlaga po razredih; ko je megla in ko je ni (frekvenca)

TABLE 3

Wind and relative humidity according to classes; occurrence of fog and nonoccurrence of fog, respectively (frequency)

Veter iz kvadranta-Wind from quadrant	1.	2.	3.	4.	
je megla fog	38	17	46	59	
ni megle no fog	90	172	120	122	
Hitrost vetra (vozli)-Wind velocity (kts)	0	1-6	7-12	nad 12	
je megla fog	57	159	1	0	
ni megle no fog	239	486	18	0	
Relativna vlaga-Relative humidity (%)	pod 80	81-85	86-90	91-95	96-100
je megla fog	1	4	4	24	185
ni megle no fog	93	60	93	219	278

Ker je terminov z meglo znatno manj kot drugih, nam pravilno primerjavo, kjer gre za frekvence in ne srednje vrednosti, omogočajo šele relativne vrednosti. V taki skali je narisana "vetrovna roža" na osnovi prvega dela tabele 3 - na sliki 3.



Slika 3 Pogostnost vetrov iz štirih kvadrantov (_____ ko je megla, _____ ko ni megle)

Fig. 3 Frequency of wind from four quadrants (_____ with fog, _____ without fog)

Iz nje je razvidno, da pozimi na Brniku v megli prevladuje NW komponenta vetra, pri čemer se verjetno hladen zrak spušča po Savski dolini proti dnu Ljubljanske kotline. Nasproten veter pa je ob megli očitno zelo redek. V tem pogledu bi dala več podlage za razlago preučitev dnevnega poteka vetrov, kar pa bo mogoče šele ob večjem številu podatkov na karticah. Nasprotno pa v terminih, ko ni megle, prevladujejo vetrovi iz jugovzhodnega kvadranta (črtkana roža).

Odvisnost, ki je precej očitna, a jo bo mogoče detajlirati šele ob večjem številu podatkov, bo gotovo lahko služila kot ena izmed komponent pri sestavi modela za prognozo megle na Brniku.

Vrednosti srednjega dela tabele 3, ki predstavljajo pogostnosti terminov glede na razrede jakosti vetra, ko je megla in ko je ni, kažejo, da na Brniku pozimi (če smemo te podatke ene zime toliko posplošiti) prevladuje gibanje zraka s hitrostjo med 0,5 in 3 m/s. Ko megle ni, je calm (brezvetrja) polovico manj kot primerov s šibkimi vetrovi; razmerje v ustreznih terminih z meglo pa je 3:1, kar potrjuje O'Connerjeva spoznanja [2], da za nastanek radiacijske megle ni najbolj ugodno popolno brezvetrje. Pri večjih hitrostih vetra, kar je tudi na Brniku ob megli izjemno, se v skladu z vspostavitvijo odiatnega temperaturnega gradienta zaradi turbulence, megla dvigne v stratusno oblačnost [3]. Te pa, kot bomo videli, na Brniku pozimi tudi ni malo.

V zvezi z relativno vlago (spodnji del tabele 3) je zanimivo, da lahko pade vidnost na Brniku pod 1 km tudi pri relativni vlagi pod 80% (če lahko verjamemo meritvam pri -22°C), v celoti pa je le malo primerov z vidnostjo pod 1 km in relativno vlago pod 90%. Sicer pa je pozimi relativna vlaga tu v celoti visoka in je kar v 90% od vseh opazovanih terminov večja od 80%.

Stratusne oblačnosti je pozimi na Brniku očitno precej in sicer jo najdemo skoraj v tretjini (natančneje v 29%) opazovanih terminov. Glede na to bi lahko stanje zimskega neba na Brniku v tej zimi na grobo karakterizirali takole: Tretjina časa je tam megla, tretjina časa je nizka stratusna oblačnost in le v ostali tretjini je nebo pokrito z višjimi oblaki ali pa je jasno.

Ločimo stratusno oblačnost, ko ni padavin (kar naj bi bila dvignjena megla), in stratusno oblačnost ob padavinah (ki nastane zaradi prenasičenosti zraka ob izhlapevanju padajočih kapljic). S temi pogoji v programu izračunani podatki kažejo, da od omenjenih 29% stratusne oblačnosti pade 12% med prve primere (meglo) in 17% med druge. Če k prej ugotovljenim 28% časa z meglo dodamo še

teh 12% "dvignjene megle" vidimo, da v 40% vsega časa vladajo na Brniku pogoji za nastanek radiacijske megle; od tega pa jo turbolenca v četrtini primerov dvigne oziroma ustvari šele nekoliko više nad tlemi.

III. METEOROLOŠKI ELEMENTI OB ZAČETKU IN KONCU MEGLE

Pri pojavu megle so posebno zanimivi začetki in konci. Zlasti nas zanima, če se vrednosti meteoroloških elementov pred in po začetku oziroma pred in po koncu megle signifikantno razlikujejo. Zato smo izračunali srednje vrednosti posameznih elementov in njihove standardne deviacije ob terminih pred in po začetku oziroma pred in po koncu megle in ugotovili, če obstojajo med njimi kakšne signifikantne razlike glede na tekst, saj so nedvomno številne od njih fizikalno pogojene. Če bomo imeli na razpolago dolgo obdelano obdobje in zanesljivo prognozo nastanka oziroma konca megle, bomo tako lahko prognoziralih vrednosti nekaterih meteoroloških elementov z večjo ali manjšo verjetnostjo. Časovna registracija meteoroloških elementov je tu precej groba (opazovanja samo vsake tri ure) manj kot tri ure trajajočih megla pa veliko (44%). Ker želimo obravnavati čim več megla, si izberemo take kriterije, da upoštevamo pri obdelavi vsaj del manj kot tri ure trajajočih megla. Megle, ki se pojavijo in izginejo med dvema zaporednima terminoma, ne obravnavamo. Obravnavamo megle, ki sicer trajajo manj kot tri ure, vendar zajema megla en opazovalni termin; takih je 20% od vseh.

Program, s katerim smo izračunali srednje vrednosti posameznih meteoroloških elementov in njihove standardne deviacije, je bil sestavljen tako, da je upošteval kriterije za manj kot tri ure trajajoče megle na naslednji način: ob terminih po začetku oziroma pred koncem megle je morala biti vidnost manjša od 1000 m. Rezultati so zbrani v tabeli 4, kjer najdemo poleg srednje vrednosti in standardne deviacije tudi podatek o številu primerov. To je pred in po začetku megle enako in prav tako pred in po koncu megle. Ni pa enako število

koncev in začetkov megle. Ta paradoks izvira iz raznih zaporedij megla in postavljenih kriterijev. Tako ima na primer megla, ki se je pojavila in izginila med dvema zaporednima terminoma ter je sledila megli, ki je ob prvem terminu še trajala, le konec in ne začetka. Če pa je taki megli sledila megla z začetkom pred drugim terminom, ima le začetek in ne konca. Če je megla med dvema terminoma sama in ni druge megle niti ob prvem niti ob drugem terminu, pa nima niti začetka niti konca.

TABELA 4

Razni parametri elementov ob začetku in koncu megle (srednja vrednost, standardna deviacija, število primerov in računana vrednost t) Razlika signifikantna na nivoju 0,01 označena z ++, in na nivoju 0,05 z +

TABLE 4

Various parameters of elements at hours of observations before and after formation of fog and before and after dissipation of it (Mean value, standard deviation, size of the sample and computed t value) difference significant on 0,01 level marked with ++ and on 0,05 level with +

		Začetek		Konec	
		pred	po	pred	po
Vidnost	(km)	3,2	0,4	0,4	2,5
Visibility	(km)	5,9	0,2	0,2	2,4
		77	77	81	81
		4,16++		7,84++	
Skupna oblačnost	(osmine)	6,5	6,9	7,1	6,5
Cloudiness	(in oktas)	2,3	2,3	2,1	2,5
		77	77	81	81
		1,05		1,64	
Višina oblakov	(hm)	5,5	3,9	2,8	6,1
Height of clouds	(hm)	9,4	11,1	8,2	10,3
		73	71	76	74
		0,92		2,10+	

		Začetek		Konec	
		pred	po	pred	po
Hitrost vetra	(m/sec)	1,5	1,6	1,4	1,5
Wind velocity	(mps)	1,2	1,1	1,1	1,1
		77	77	81	81
		0,54		0,58	
Postajni pritisk	(mb)	725,8	726,1	726,3	726,4
Station pressure	(mb)	6,8	6,7	7,0	7,0
		77	77	81	81
		0,27		0,12	
Tendencja pritiska (ni enot, glj tekst!)		0,0	0,3	0,2	0,0
Barometric tendency parameter		0,9	0,9	0,9	0,9
(no units!)		77	77	81	81
Temperatura	(°C)	-1,6	-2,1	-2,4	-1,8
Temperature	(°C)	5,9	5,5	5,5	5,4
		77	77	81	81
		0,54		0,70	
Parni pritisk	(mm)	4,1	4,0	3,9	4,1
Vapor pressure	(mm)	1,5	1,3	1,3	1,3
		77	77	81	81
		0,49		0,98	
Relativna vlaga	(%)	95,2	96,6	96,6	95,6
		5,7	4,2	4,2	5,6
		77	77	81	81
		1,74		1,29	

Srednja vidnost pred začetkom megle je razmeroma velika (3200 m) in močno niha, saj je standardna deviacija (5900 m) znatno večja od te vrednosti. Po začetku megle pade srednja vidnost na 400 m. Po koncu megle se vidnost počasneje veča kot se manjša ob začetku. Pred koncem megle je 400 m in po koncu 2500 m. Srednji vidnosti ob terminih pred in po začetku oziroma pred in po koncu megle sta signifikantno različni na nivoju 0,01 glede na t-test. Tudi po

koncu megle je kot pred začetkom megle standardna deviacija velika (2400 m), saj je skoro enaka srednji vidnosti.

Skupna oblačnost se ob nastanku megle poveča z vrednosti 6,5 osmin na 6,9, ob koncu megle pa se z vrednosti 7,1 osmin spet zmanjša na 6,5. Skupna oblačnost v megli ni 8,0 osmin zato, ker so upoštevane tudi megle z vidnim nebom. Srednji vrednosti skupne oblačnosti pred in po koncu megle se ne razlikujejo signifikantno niti na 0,10 nivoju.

Pri višini oblakov so upoštevani primeri, kadar je ta podatek na razpolago oziroma je podana vertikalna vidnost v megli. Torej takrat, kadar ni niti jasno niti podatek ne manjka. Zato je število primerov ob obravnavanih terminih različno in manjše ali večjemu enako številu začetkov in koncev megla. Podatki, ki smo jih uporabili pri naši obdelavi, so kontrolirani in manjkajočih ni. Razlika med številom začetkov oziroma koncev in številom primerov nam zato predstavlja termine s skupno oblačnostjo 0,0 osmin to je z jasnim nebom.

Srednja višina oblakov se zmanjša ob nastanku megle z vrednosti 5,5 hm na 3,9 hm, je pred koncem megle 2,8 hm in se po koncu megle poveča na 6,1 hm. Standardne deviacije teh srednjih vrednosti so zelo velike (dva do trikrat večje od srednjih vrednosti), kar kaže na zelo veliko sipanje podatkov. Torej so ob megli z vidnim nebom pogosti visoki oblaki! Srednji vrednosti višine oblakov pred in po začetku megle se ne razlikujeta signifikantno, pred in po koncu megle pa signifikantno na nivoju 0,05.

Srednja hitrost vetra je pred in po začetku oziroma pred in po koncu megle majhna (1,4 do 1,6 m/sec), standardna deviacija pa enakega velikostnega reda. Med srednjimi vrednostmi ni signifikantnih razlik niti na nivoju 0,10.

Srednji postajni pritisk je pred začetkom megle 725,8 mm, po začetku poraste za 0,3 mm, pred koncem je 726,3 mm in poraste po koncu za 0,1 mm. Dnevni hod pritiska moti te rezultate. Dnevni hod začetkov megla, ki ima dva izrazita maksimuma (enega blizu dnevnega maksimuma pritiska ob 8 uri in drugega

v času dnevnega minimuma pritiska ob 16 uri), je tak, da se vpliv dnevnega hoda pritiska nevtralizira. Dnevni hod koncev megla z enim samim izrazitim maksimumom ob 11 uri se ujema s časom velikega dnevnega padca pritiska in je zato porast minimalen. Postajna pritiska pred in po začetku oziroma pred in po koncu megle nista signifikantno različna niti na nivoju 0,10. Ta rezultat bi lahko pričakovali, saj je res malo verjetno, da bi se zaradi dejstva - je megla ali ni - signifikantno spremenil postajni pritisk, čeprav je pojav megle navadno združen z ohlajanjem, torej s povečanjem gostote zraka.

Tendenco pritiska smo obravnavali poenostavljeno. Vse šifre nad 4 smo šteli za padec 1 in vse pod 4 za rast 1. Šifra 4 je imela vrednost 0. Srednja vrednost tendence pritiska je torej v intervalu -1 do +1. Srednja tendenca izražena na ta način je pred začetkom megle 0,0 po njem pa 0,3, kar kaže, da prevladuje tedaj porast pritiska. Tudi pred in po koncu megle prevladuje porast pritiska in to izraziteje pred koncem megle. Ker razporeditev tendence pritiska tako, kot smo jo obravnavali ni normalna, ne moremo uporabiti naše statistične metode za signifikantnost.

Srednja temperatura ob terminu pred začetkom megle je bila $-1,6^{\circ}\text{C}$ in po začetku $-2,1^{\circ}\text{C}$, pred koncem megle je bila $-2,4^{\circ}\text{C}$ in po koncu $-1,8^{\circ}\text{C}$. Standardna deviacija teh vrednosti je bila nekajkrat večja od njih. Srednje vrednosti se ne razlikujejo signifikantno niti na nivoju 0,10. Te rezultate pa seveda moti dnevni hod temperature.

Srednji parni pritisk niha med 3,9 in 4,1 mm, standardne deviacije teh vrednosti pa so približno trikrat manjše. Kljub temu razlike srednjih vrednosti niso signifikantne niti na 0,10 nivoju, kar kaže, da kondenzacija ob tvorbi megle in izhlapevanje ob razpadu megle ne spreneni bistveno parnega pritiska.

Srednja vrednost relativne vlage raste od 95,2% pred na 96,6% po začetku megle in pade s te vrednosti po koncu megle na 95,6%. Standardne deviacije so

okrog 20-krat manjše od teh vrednosti. Srednje vrednosti pa se kljub temu ne razlikujejo signifikantno. To se pravi, da se ob kondenzaciji ob nastanku megle oziroma ob izhlapevanju ob razpadu megle relativna vlaga bistveno ne spremeni. Podobno pa smo ugotovili tudi glede parnega pritiska.

SKLEP

Z elektronskim računskim strojem IBM 1130 smo obdelali podatke o megli za obdobje od 1.XI.1968 do 28.II.1969. Obdelava je dala zanimive rezultate o dnevni razporeditvi začetkov in koncev megla, trajanju megle ter vrednosti meteoroloških elementov pred in po začetkih oziroma pred in po koncih megla, ki zaradi kratkega obdelanega obdobja niso preveč reprezentativni, dala pa je tudi programe, ki jih lahko v prihodnje uporabimo za obdelave poljubno dolgega obdobja. To pa je bil poleg parcialnih rezultatov pravzaprav glavni namen dela.

Delo je del raziskovalne naloge "Razvoj in razkrajanje megle v kotlinah Slovenije" in je bilo opravljeno na Katedri za meteorologijo FNT s sredstvi te fakultete.

LITERATURA

1. Hočevar A.: Kontrola meteoroloških podatkov pri obdelavah z računalniki, Zbornik meteoroloških i hidroloških radova, Beograd 1970.
2. O'Connor J.F.: Fog and fog forecasting, Handbook of Meteorology, New York 1945 727-736
3. Pettersen S.: Weather Analysis and Forecasting II., New York 1956, Ch.24

NEKAJ UGOTOVITEV O NASTANKU RADIACIJSKE MEGLE NA LETALIŠČU LJUBLJANA-BRNIK
SOME FINDINGS ABOUT THE FORMATION OF FOG AT THE LJUBLJANA-BRNIK AIRPORT

551.575.2

MIRKO KOVAČ

Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY:

In the first part of the paper the relative frequency of visibility less than 1000 m in 24 hours of a day and 12 months of a year is presented for Ljubljana-Brnik airport during the period 1964 to 1968.

Some suggestions for forecasting the formation of radiation fog a few hours ahead are given as well. They are based on measurements of temperature and relative humidity in the weather shelter (2m) and on the control tower of the airport (25 m). Formation of fog can be predicted a few hours in advance regarding temperature differences and relative humidity differences between the values in the weather shelter and on the control tower of the airport.

An important result is also the following one: fog with sky not discernible will not be formed for some hours as long as the two conditions are fulfilled viz. If the relative humidity on the control tower is less than 90% and the temperature difference between the control tower and the weather shelter greater than 5°C .

V letalskem prometu je megla skoraj nepremostljiva ovira. Do sedaj še ne poznamo ekonomskega sredstva za preprečevanje megle, zato jo moramo čim natančneje prognozirati. V veliki meri je radiacijska megla pogojena s stanjem tal in topografijo /1/. Radiacijska megla pogosto nastane v kotlinah. Letali-

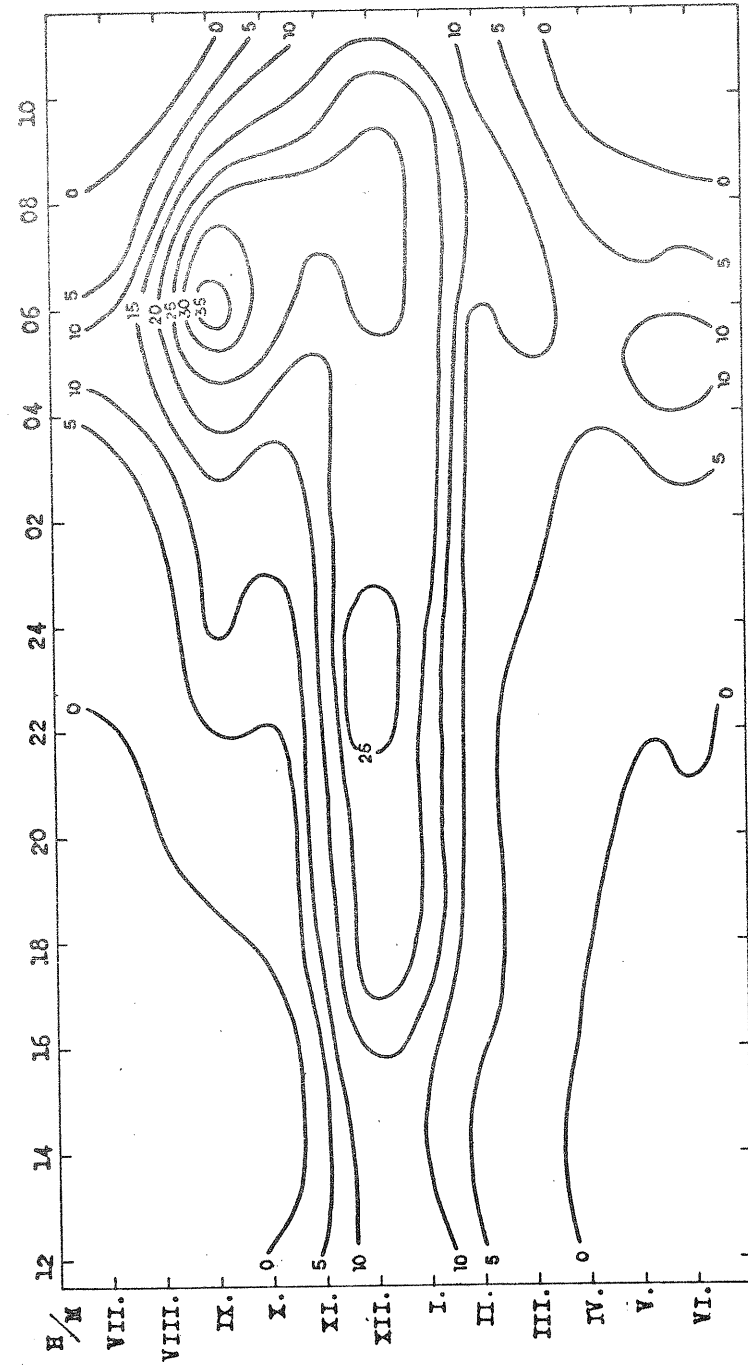
šče Brnik je v ljubljanski kotlini, zato ima predvsem radiacijsko meglo, ki so jo že preučevali razni avtorji /2,3,4/.

V tem prvem odstavku bomo statistično prikazali pogostost vidnosti/manjše od 1000 m za dobo petih let. Nekaj primerov vidnosti pod 1000 m je bilo zaradi padavin, kar pa je v vseh takih primerih vidnosti opazovalec zabeležil meglo, je naknadno težko ugotoviti, zakaj je bila tako majhna vidnost. V statističnem prikazu vidnosti pod 1000 m bomo govorili kar o megli, ker je na Brniku vzrok majhne vidnosti predvsem megla. Upamo, da je doba petih let zadostna za pravilno sliko o pogostnosti megle. Vse pojave megle po urah in mescih smo sešteli in delili s številom dni petih let, tako da je pogostnost megle na sliki 1 podana v odstotkih.

Po priloženi sliki letalska družba lahko planira svoje lete na letališču Brnik, da se zagotovo ali pa z manjšim odstotkom tveganja izogne megli. Na sliki zasledimo najugodnejši čas, ko se megla sploh ni pojavila, med začetkom aprila in koncem avgusta med 10 in 20 uro. Tudi ostale ure v tem razdobju imajo zelo redko meglo, med 4 in 6 uro največkrat 3-krat na mesec, ostale ure pa še toliko ne. Največji odstotek pojava megle v celem letu je septembra med 4. in 8. uro zjutraj in to več kot 10 dni v mesecu.

V septembru je ob drugih urah megle zelo malo, popoldne in zvečer megle ni. Drugi, nekoliko manjši, sekundarni maksimum megle je v zimskih mesecih: november, december in januar in to v nočnem in dopoldanskem času. V omenjenih treh mesecih se pogosto megla zadržuje po ves dan ali celo nekaj dni skupaj. Na sliki zasledimo meglo opoldne tudi še v februarju in marcu, vendar nastopa v teh dveh mesecih megla v zvezi s padavinami, ko skozi hladne zrak padajo relativno toplejše deževne kaplje.

Pogostnost megle smo prikazali tako, da smo po vertikali začeli z julijem in končali z junijem, po horizontali pa od 12 do 11 ure. Tako podana megla nam ponazarja na sliki nekak križ megle z največjo pogostnostjo v jutranjih urah in zimskih mesecih.



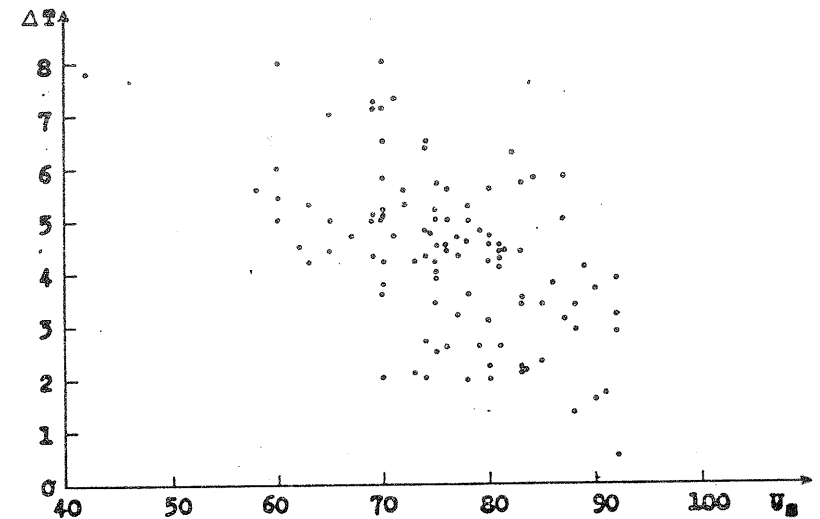
Slika 1 Relativna pogostnost vidnosti pod 1000 m na letališču Ljubljana-Brnik za obdobje 1964 - 1968

Fig. 1 Relative frequency of visibility less than 1000 m at Ljubljana-Brnik airport during the period 1964-1968

Samo s statističnim prikazom pogostnosti megle ne moremo biti povsem zadovoljni. Pogostnost megle se od leta do leta zelo menja. V letu 1965 je bilo samo 10 ur megle v celem februarju, leta 1968 pa kar 111 ur. Leta 1965 je bilo v decembru samo 33 ur z meglo, leta 1966 pa 121 ur. Naš namen je na čim bolj uspešen način natančno prognozirati meglo. V nadaljevanju bomo prikazali meritve, ki jih opravljamo na letališču že tretje leto ter izsledke uspešno uporabljamo pri prognoziranju megle. Zasedili smo, da je v jasnih in mirnih večernih relativna vlaga v hišici kmalu po sončnem zahodu višja od 90%, čeprav je bila ob 16 uri 50%. Opazili smo tudi, da se talna megla pojavi kmalu po sončnem zahodu, ki pa le redko preide v pravo meglo in to šele po polnoči ali proti jutru. Zanimal nas je gradient vlage in temperature v tanjšem prizemnem sloju zraka, zato smo uvedli redna merjenja obeh elementov 25 m nad tlemi, na kontrolnem stolpu letališča Brnik, da bi dobili vsaj približno sliko spreminjanja obeh elementov, ker nismo imeli možnosti za natančnejša gradientna merjenja.

Merjenja so kmalu pokazala zadovoljive rezultate. Absolutne temperaturne razlike v zimskih mesecih so včasih tudi večje od 10° ($10,7^{\circ}$, 11.1.1968). Po enoletnih sistematičnih opazovanjih smo se skušali dokopati do realnih sklepov. Podatek temperature na višini 25 m nam je v veliki meri prikazal, kako se zrak ohlaja od tal v višino po sončnem zahodu. Vzeli smo vse primere enega leta, ko je bila ob 16 uri relativna vlaga 60% ali manj. Ko pa je vlaga v hišici dosegla 95% smo jo primerjali z vlago na stolpu (U_s) in poiskali razliko temperatur ΔT med hišico in stolpom.

Na sliki 2 razberemo odvisnost U_s od ΔT , ko je bila vlaga v hišici 95%. Opozoriti moramo, da smo v hišici in na stolpu merili s klasičnimi instrumenti termografi in higrografi. Gotovo so pri obdelavi trakov nastale manjše napake, če pa trakovi niso bili povsem istočasno nastavljeni in odčitani, so lahko napake precej velike. Točke na sliki 2 so precej razmetane, kljub temu pa je



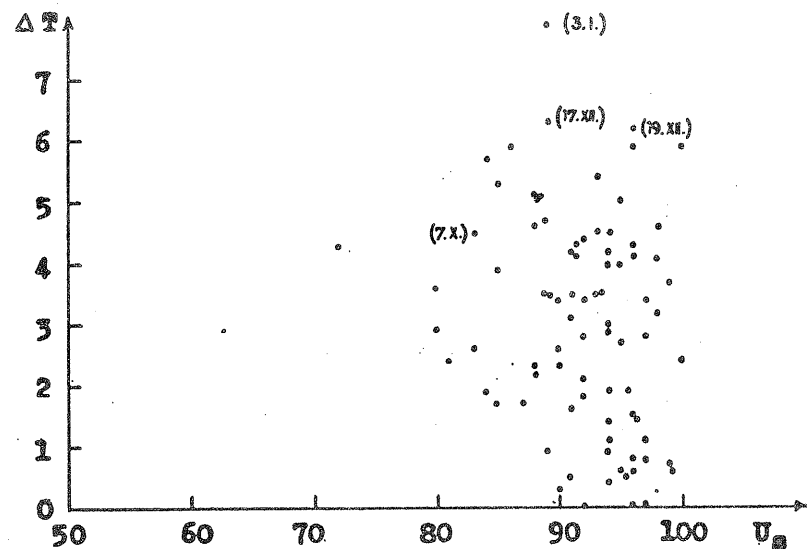
Slika 2 Relativna vlaga na stolpu in razlike temperatur na stolpu in v hišici, ko je bila relativna vlaga v hišici 95% (relativna vlaga v hišici ob 16^h je bila 60% ali manj)

Fig. 2 Relative humidity on control tower and differences of temperatures on control tower and in weather shelter, relative humidity was 95% in weather shelter (at 0400 p.m. in weather shelter relative humidity had been 60% or less)

videti obratno odvisnost razlike temperatur (ΔT) od relativne vlage na stolpu (U_s).

ΔT nam tudi podaja koeficient mešanja zraka z višino. Če je mešanje zraka z višino veliko je ΔT majhen in obratno, če je mešanje malenkostno, je ΔT velik. S pomočjo navedenih podatkov se lahko lotimo prognoze radiacijske megle šele po sončnem zahodu. V dobi reaktivnih letal nam to popolnoma zadostuje, saj so vsa letališča v Evropi oddaljena drug od drugega le za nekaj ur poleta.

V naslednjih dveh slikah 3 in 4 bomo prikazali postopek, po katerem naj se ravna prognostik pri izdajanju nekaj urnih prognoz za letališče Brnik. Za dobo enega leta smo izbrali vrednosti U_s in ΔT dve uri pred nastankom megle z vidnim nebom (slika 3) in dve uri pred nastankom megle z nevidnim nebom (slika 4). Točke na sliki 3 so zelo gosto posejane med U_s 90% in 95%, znatno manj pa med 80% in 90% ter med 95% in 100%. Vsekakor je tako razpotegnjeno točkovno polje premalo natančno.

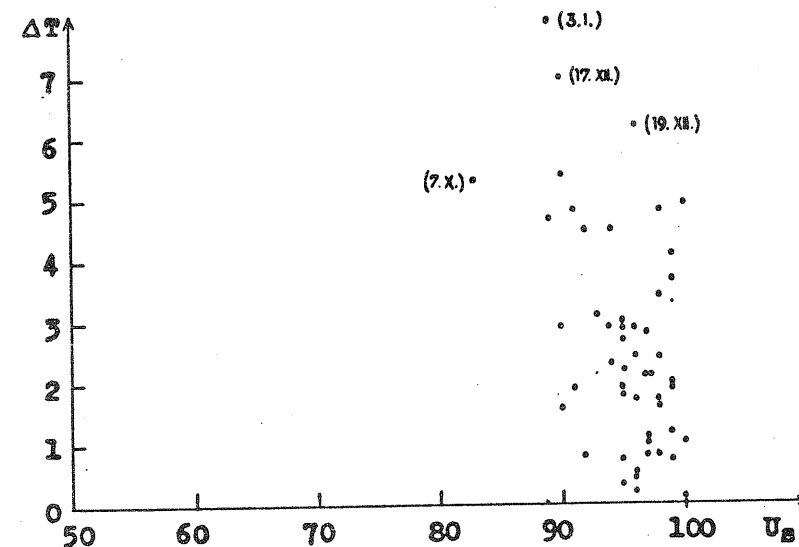


Slika 3 Relativna vlaga na stolpu in razlike temperatur v hišici in na stolpu dve uri pred nastankom megle z vidnim nebom

Fig. 3 Relative humidity on control tower and differences of temperatures in weather shelter and on control tower two hours before formation of fog with discernible sky

Opozoriti moramo, da so tla pri stolpu 18 m višja kot pri hišici, stolp in hišica sta še 2 km vsak sebi. Megla z vidnim nebom se pogosto zadržuje le

okoli hišice, stolp oziroma pol pristajalne steze je zunaj območja megle. Pri taki megli je pristajanje letal možno, ker so svetlobna telesa na stezi dovolj močna, da prebijejo tako meglo. Žal ne moremo postreči s statističnimi podatki, kolikokrat je v megli samo polovica steze, ker pri stolpu ne opravljamo rednih opazovanj. Potrebno pa bi bilo začeti s takimi opazovanji, da bi lahko ugotovili, kakšne razsežnosti ima takrat megla. Letališče je v gozdni jasi in je od zahoda proti vzhodu nagnjeno, na vzhodni strani je umetna kotlina. Če bi gozd proti vzhodu izsekali, bi tako "kotlini" izginila in bi zrak lahko odtekel. Preden bi tak načrt uresničili bi morali izvesti natančna geodetska in meteorološka merjenja. Vrednosti U_s in ΔT dve uri preden je bila pri hišici megla z nevidnim nebom so podane na sliki 4. Tukaj so točke mnogo bolj skupaj in osredotočene na ozek pas med 90% in 100% ter ΔT med 0 in 3°. Točke, ki so



Slika 4 Relativna vlaga na stolpu in razlike temperatur v hišici in na stolpu dve uri pred nastankom megle z nevidnim nebom

Fig. 4 Relative humidity on control tower and differences of temperatures in weather shelter and on control tower two hours before formation of fog with sky not discernible

višje od 6° , padejo v zimske mesece, pri tako visokih razlikah megla ni trajala dolgo. V sliki 2 je prikazanih 106 primerov, ko je bila vlaga v hišici 95%, niti en primer nima istočasno tako visoke U_s in komaj 7 jih ima U_s 90% do 92%. Iz slike 4 pa razberemo, da mora biti dve uri pred nastankom megle z nevidnim nebom U_s vsaj 90%, zato lahko trdimo, da so meritve, ki smo jih uvedli na stolpu, v veliko pomoč pri prognozi megle.

V tabeli 1 prikazujemo v ilustracijo podatke o relativni vlagi na stolpu, temperaturni razliki med stolpom in hišico, parni pritisk v hišici in potek megle med 16 in 10 uro. Vsi podatki so izbrani za tri zaporedne dneve.

TABELA 1

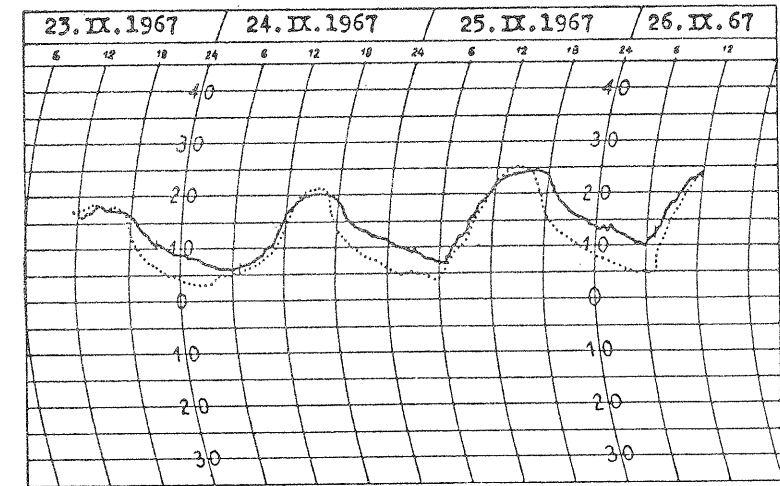
Relativna vlaga na stolpu (U_s), razlike temperatur na stolpu in v vremenski hišici (T), pritisk vodne pare in pojavi megle

TABLE 1

Relative humidity on control tower (U_s), differences of temperatures on control tower and in weather shelter (T), vapor pressure (e) and types of fog

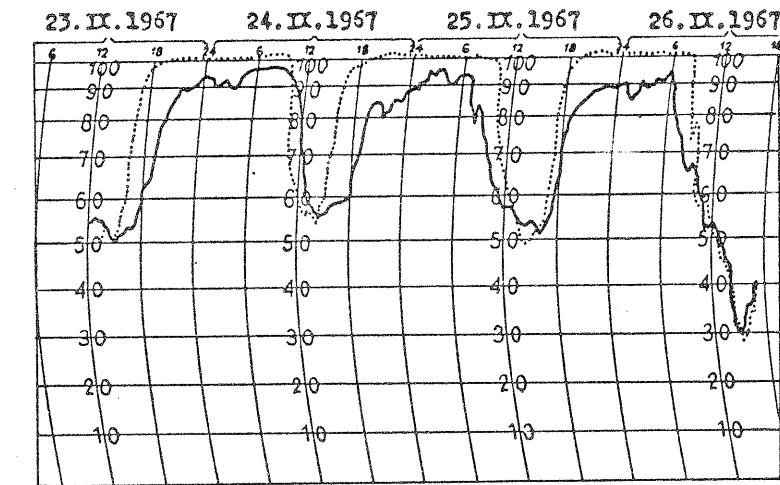
23. in 24. IX. 1967																			
URA	16	17	18	19	20	21	22	23	24	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Ust	72	71	77	90	91	96	95	98	97	94	92	93	98	100	99	99	99	97	92
ΔT	-3,0	-1,8	1,8	3,5	4,0	4,1	4,2	3,6	3,8	3,9	4,0	3,7	1,6	1,1	0,8	0,5	0,6	0,9	1,7
e	8,5			9,8			7,1			6,2			6,4			7,0			8,4
24. in 25. IX. 1967																			
Ust	58	59	67	79	87	83	86	88	93	93	98	96	95	94	96	97	92	77	74
ΔT	-1,0	-0,1	2,8	4,8	4,5	4,2	4,6	4,7	4,9	5,5	4,6	4,0	3,8	3,3	3,8	1,0	2,9	1,2	0,4
e	10,8			9,9			8,6			7,1			6,5			6,7			10,1
25. in 26. IX. 1967																			
Ust	54	53	63	79	84	84	88	88	90	85	87	89	93	93	98	82	72	68	62
ΔT	-0,1	0,9	5,3	5,4	4,0	3,3	3,5	4,0	4,2	4,9	5,2	5,1	4,6	4,6	4,7	3,8	2,7	2,3	1,8
e	13,6			12,5			9,7			8,3			7,1			7,0			

- = meglica = light fog
- = tačna megla = shallow fog
- = megla z vidnim nebom = fog, sky discernible
- = megla z nevidnim nebom = fog, sky, not discernible



Slika 5 Poteka temperatur na stolpu in v hišici v času od 23. do 26. septembra 1967

Fig. 5 Courses of temperatures on control tower and in weather shelter between 23 - 26 September 1967 (dotted curve - temperature in weather shelter)



Slika 6 Poteka relativnih vlag na stolpu in v hišici v času od 23. do 26. septembra 1967

Fig. 6 Courses of relative humidities on control tower and in weather shelter between 23 - 26 September 1967 (dotted curve - relative humidity in weather shelter)

Prvo noč se je razvila najprej talna megla, nato megla z vidnim nebom in končno megla z nevidnim nebom. Drugo noč je bila talna megla in megla z vidnim nebom, tretjo noč pa le talna megla. Za iste tri dni so priloženi tudi termogrami in higrogrami za vrednosti v hišici in na stolpu (sliki 5 in 6).

LITERATURA

- /1/ Handbook of Aviation Meteorology, Her Majesty's Stationary Office, London 1960
- /2/ Kovač M.: Obdelava megle v zvezi z letališčem Brnik, Kidričev sklad 1968 v rokopisu.
- /3/ Žitnik V.: Prognoza megle na letališču Ljubljana na osnovi razporeditve pritiska pri tleh in cirkulacije na višini 700 mb ploskve, Društvo meteorologov Slovenije, Razprave-Papers VIII, Ljubljana 1967
- /4/ Kovač M.: Temperatura 300 metrske plasti zraka v Ljubljanski kotlini, Društvo meteorologov Slovenije, Razprave-Papers X, Ljubljana 1968

POGOSTNOST MEGLE V NIŽINAH IN KOTLINAH SLOVENIJE

FREQUENCY OF FOG IN THE LOWLANDS OF SLOVENIA

551.575.36

ZDRAVKO PETKOVŠEK

Katedra za meteorologijo FNT, Ljubljana

SUMMARY:

On the monthly fog frequency data for 12 years (1956-1967) and for 50 stations situated in lowlands (valleys and basins) of Slovenia many statistic examinations were made by the means of computer IBM-1130. If only lowland stations are considered all stratus and other cloudgenerated fogs are excluded, and mostly radiation fogs compose the number of fog days.

Annual distribution, total frequency, mean values and standard deviations for each station are given on table 2 and Fig.1. Some general conclusions about annual distributions are drawn from the distribution of extreme's frequencies (table 3), the others from the average distribution curve (Fig.2), accuracy and significance of which is proved.

Comparisons of distributions for all pairs of stations were made by computing correlation coefficients and their extreme values are given on table 4. The pairs of stations with maximal correlation were used for completion of missing data by linear regression. The stations with minimal correlation, which appear more often, show their peculiarities.

Although the lowlands are divided with high ridges, the geographical distribution of average fog frequencies in the lowlands enables a rather uniform scalar analysis- Fig. 4. The highest frequency of fog days is to be found in the central valleys and basins of Slovenia that cover the Alpine foreground;

many times lower frequencies are on the boundaries toward the Adriatic coast, in the Alpine highlands and on the margin of the Pannonia plane. All differences greater than 1 are significant.

In chapter 3 the influences of topographic characteristics of the lowlands and of their altitude on the fog frequency are examined and discussed and the results are given on tables 5 and 6 and in Fig. 8. In the last chapter the fog frequencies and their average yearly distributions are examined for each year of the period. Although the differences among the years are generally small and insignificant, a trend to a slight increment of fog frequency appears in this twelve years' period.

UVOD

Sami podatki o pogostnosti megle omogočajo le statistično obdelavo, vendar pa popolna izraba njenih možnosti privede do sklepov in rezultatov, ki so klimatološko pomembni in nujno potrebni pri gospodarskem načrtovanju in v sami operativi. Predvsem velja to za vse vrste prometa, njegovih sredstev in objektov, ki so lahko optimalno angažirani le ob upoštevanju pogostnosti megle in njene razporeditve v prostoru in času. Posebej velja to za tista področja Slovenije, kjer je megla pogost pojav. Kako pogost pa bomo spoznali prav v tem delu.

Megla je pogostna tudi na mnogih naših vrhovih, prelazih in planotah, vendar pa je genetično bistveno drugačna (pobočnari ali pa so oblaki) in je zato, če naj bo ta obdelava podlaga kompleksnejši, ne kaže mešati z meglo v nižinah in kotlinah, ki je predvsem radiacijskega tipa.

Pogostnost pojava megle je podatek, ki ga je mogoče dobiti že z navadnih dežemerskih postaj, saj ne zahteva niti instrumentov niti posebnega strokovnega znanja opazovalca. Kljub temu pa lahko vestnost opazovalca-prostovoljca precej vpliva na zapisane vrednosti in je zato s tega vidika nekaj izbire

potrebno. Naslednji kriterij za izbiro postaj je bil ta, da bi kolikor mogoče enakomerno zajeli vse nižinske in kotlinske predele Slovenije. Tretji kriterij je bil čim boljša kompletnost podatkov za zajeto 12-letno dobo 1956 do 1967, ki je, kot smo v tem delu tudi statistično dokazali, dovolj dolga, da so dobljeni sklepi signifikantni oziroma pravilni in splošni. Po navedenih kriterijih smo izbrali v nižinah Slovenije 50 postaj, ki so z zaporedno označevalno številko, karekteristiko topografije okoljain nadmorsko višino podane v tabeli 1; njihova geografska razporeditev pa je razvidna na sliki 3.

TABELA 1

Seznam postaj in njihovih karakteristik

TABLE 1

Register of stations, their characteristics and heights above MSL

1 Ajdovščina 1, 110	26 Gornji grad 3, 428
2 Ambrus 3, 346	27 Nova vas/Bloke 3, 722
3 Babno polje 3, 756	28 Novo mesto 2, 208
4 Bovec 3, 425	29 Planina/Rakek 3, 456
5 Celje 2, 245	30 Šempeter-Bilje 1, 50
6 Črnomelj 2, 156	31 Gornja Radgona 1, 205
7 Ilirska Bistrica 3, 414	32 Gornji Lenart 1, 150
8 Kočevje 2, 461	33 Kostanjevica 1, 158
9 Koper 1, 33	34 Lipe na Barju 2, 290
10 Ljubljana 2, 299	35 Mozirje 3, 347
11 Maribor 1, 275	36 Grbin/Litija 4, 242
12 Murska Sobota 1, 191	37 Radeče 4, 230
13 Pragersko 1, 251	38 Starše 1, 240
14 Radlje ob Dravi 4, 216	39 Idrija 3, 333

15 Rateče 4, 864	40 Mojstrana 4, 650
16 Ravne na Koroškem 4, 410	41 Ormož 1, 220
17 Rogaška Slatina 3, 232	42 Plave 4, 90
18 Slovenske Konjice 3, 332	43 Poljane 4, 388
19 Šmarje/Sežana 1, 311	44 Sevnica 4, 256
20 Šmartno/Slovenj Gradec 4, 452	45 Soteska/Nomenj 4, 483
21 Tolmin 4, 180	46 Stara Fužina 3, 547
22 Velenje 3, 420	47 Trbovlje 3, 300
23 Veliki Dolenci 1, 308	48 Tržič 3, 480
24 Vrhnika 2, 293	49 Volčji potok 2, 360
25 Brnik 2, 380	50 Podbrezje 4, 460

Uporaba sodobnih elektronskih računalnikov, ki se je v meteorologiji pri nas pričela prav v tem letu, je omogočila način obdelave in sklepe, ki bi bili sicer nedosegljivi. To velja posebno za korelacije, ki zahtevajo stotisoče računov in jih doslej v takem obsegu ni bilo mogoče računati. Zato so se redka dosedanja preučevanja megle pri nas omejevala na posamezne kraje, a še ta so bila brez statističnih oziroma računsko zahtevnejših posegov in vrednotenj.

Osnova preučevanja so podatki o mesečnem številu dni z meglo za 50 krajev v nižinah in kotlinah Slovenije /1/. Ti podatki so bili skupaj s številko postaje, šifro njene topografske karakteristike in nadmorsko višino preneseni na perforirane kartice, ki so služile kot osnovni material za obdelavo. Manjkajoči podatki, ki jih je bilo manj kot 5% (352 od skupnih 7 200), so bili zaradi kontrol vpisani kot negativna vrednost ter so bili pozneje po korelacijsko-regresijski metodi kompletirani; to pa je obravnavano posebej /2/.

1. POGOSTNOST MEGLE NA POSTAJAH

Iz podatkov na karticah je po ustreznem programu računalnik izračunal in

napisal tabelo 2. V njej vidimo (od leve na desno):

TABELA 2

Poprečki in standardne deviacije frekvence megle po postajah

TABLE 2

Means and standard deviations of fog frequency for individual stations

K	M E S E C I												SUMA VSEH VR.	N	POPREČJE VSEH VR.	SIGMA
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D				
1	3.8	3.1	0.9	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	1.0	2.8	1.9	3.6	216.	144	1.50	2.28
2	2.76	3.05	0.95	0.46	0.00	0.00	0.00	0.37	0.86	2.99	1.32	2.68	818.	144	5.68	4.82
3	5.3	3.0	3.5	3.3	2.6	2.7	3.4	6.3	8.0	9.5	12.6	7.4	557.	144	3.86	3.32
4	3.96	2.84	2.28	3.47	2.13	2.77	2.21	3.70	3.82	4.27	6.40	4.62	263.	144	1.82	2.23
5	2.6	2.7	3.1	2.9	1.2	1.2	2.0	4.0	9.1	8.2	5.5	3.2	1438.	144	9.98	5.62
6	1.64	2.55	2.03	1.70	1.08	1.47	1.70	2.32	3.55	2.52	2.95	2.24	627.	144	4.35	4.37
7	3.5	2.7	2.5	1.5	0.2	0.5	0.5	1.1	1.09	1.55	2.09	1.86	1026.	144	7.12	4.24
8	2.05	2.45	2.98	3.04	0.59	1.11	1.11	1.09	1.55	2.09	1.86	1.79	1044.	142	7.35	4.06
9	12.8	6.8	6.5	6.2	6.5	4.2	8.0	12.1	15.6	16.6	11.4	11.7	263.	144	1.82	2.23
10	4.94	3.57	1.80	2.55	2.95	2.27	5.65	4.61	4.04	4.92	4.34	3.72	1724.	144	11.97	6.07
11	8.3	4.4	2.9	1.7	0.8	0.3	0.1	1.4	4.5	8.2	7.9	11.3	509.	144	3.53	3.57
12	3.14	2.13	1.55	1.78	0.89	0.62	0.37	1.55	3.42	2.41	4.15	3.85	642.	144	4.45	3.62
13	4.5	4.6	3.1	3.6	5.7	5.1	7.2	9.9	12.1	12.7	8.0	6.4	498.	142	3.50	3.88
14	2.56	2.59	1.62	2.77	2.08	2.57	3.78	3.79	3.38	3.65	2.82	1.84	1330.	143	9.30	4.94
15	7.0	6.1	3.5	4.7	5.4	4.7	7.4	10.7	12.2	11.8	6.3	8.3	284.	144	1.97	2.28
16	3.82	2.70	2.02	2.71	2.69	2.48	2.87	2.89	3.44	4.04	3.08	2.74	1148.	139	8.25	5.59
17	5.5	6.0	2.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	1.7	1.9	3.5	784.	134	5.85	5.57
18	3.40	5.45	1.79	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	2.45	1.65	2.49	272.	140	1.94	2.57
19	18.9	12.8	8.8	5.8	5.5	5.5	8.3	12.2	16.3	17.0	14.4	17.9	127.	144	0.88	1.98
20	5.36	3.48	2.76	2.76	2.78	2.95	2.59	4.60	3.00	3.95	4.82	3.90	1322.	144	7.18	4.82
21	6.2	4.2	2.3	0.5	0.4	0.8	0.2	1.5	4.3	6.7	6.8	8.0				
22	2.97	2.86	2.13	0.75	0.64	0.79	0.59	1.25	2.46	3.58	3.53	2.30				
23	6.6	4.1	2.0	1.3	1.5	1.7	1.5	3.4	6.5	9.4	6.5	8.6				
24	3.06	2.47	1.35	1.37	1.44	1.36	1.50	1.65	1.55	3.59	3.09	2.62				
25	5.6	4.7	2.3	1.0	0.5	0.0	0.2	1.2	4.5	7.1	7.3	6.7				
26	2.95	3.03	1.54	1.92	0.95	0.27	0.43	1.71	2.56	4.68	3.65	4.52				
27	7.1	8.1	6.8	8.2	8.1	6.8	9.3	14.0	16.0	14.5	6.8	5.3				
28	5.09	3.38	3.46	2.17	4.21	2.57	4.12	2.67	3.05	5.39	2.70	2.39				
29	2.5	1.9	2.0	0.4	0.2	0.2	0.5	0.8	2.5	2.4	5.0	4.9				
30	1.65	1.18	1.52	0.64	0.59	0.43	0.76	0.98	1.84	1.65	3.32	2.36				
31	6.7	7.0	7.6	7.6	4.5	4.0	5.2	9.9	14.0	16.4	8.9	6.7				
32	5.34	4.07	5.34	3.85	2.98	3.75	3.56	3.06	5.05	4.65	4.67	4.97				
33	6.1	3.9	3.5	2.2	2.8	1.7	2.4	6.0	11.6	12.5	6.4	9.2				
34	4.21	2.99	2.18	2.04	2.18	3.76	3.95	4.92	6.26	6.30	4.09	3.97				
35	3.5	2.5	1.5	0.6	0.0	0.2	0.2	0.1	0.6	2.3	7.0	4.3				
36	1.44	1.75	1.70	0.89	0.27	0.59	0.43	0.38	0.48	1.69	3.38	2.59				
37	3.6	3.6	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.7	2.1				
38	2.35	3.98	0.86	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.23	1.16	2.15				
39	9.1	5.6	5.9	5.5	6.0	7.4	9.0	12.4	15.6	16.0	9.5	7.7				
40	2.96	4.04	2.05	1.70	3.14	2.05	3.31	3.40	2.28	5.64	3.54	3.26				

TABELA 2 (nadaljevanje)

TABLE 2 (continuation)

21	8.8	7.6	5.4	6.5	5.6	6.1	7.5	10.6	14.4	13.3	7.7	9.1	1218.	143	8.51	5.57
22	5.9	4.7	4.5	2.7	1.0	0.5	1.9	4.1	9.7	10.2	7.0	6.1	705.	144	4.89	4.10
23	4.3	3.2	2.2	1.1	1.0	1.5	0.8	1.7	3.6	7.0	7.4	6.1	482.	142	3.39	3.15
24	13.7	9.2	4.5	3.0	2.4	1.3	2.6	5.4	9.1	12.0	10.3	14.3	1055.	144	7.39	5.80
25	11.6	7.0	6.1	4.4	3.8	5.2	4.5	10.0	14.0	13.6	11.1	16.0	673.	77	8.74	6.04
26	6.3	4.3	5.0	3.0	2.7	1.7	1.3	2.4	4.1	6.5	9.6	7.3	621.	137	4.53	4.48
27	6.2	3.8	3.5	2.2	1.1	0.8	1.4	3.0	6.6	6.1	7.5	6.2	589.	144	4.08	3.16
28	11.8	6.7	5.9	4.7	5.4	4.4	6.5	9.3	13.8	15.0	11.5	13.0	1300.	144	9.02	4.92
29	3.8	3.0	2.9	4.4	4.0	3.9	4.5	5.3	7.2	7.3	3.6	3.0	633.	142	4.45	3.12
30	3.8	3.3	1.1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.3	0.6	4.0	3.0	2.8	181.	114	1.58	2.30
31	12.0	8.8	8.0	3.1	2.8	1.9	3.3	6.0	9.4	13.2	14.2	12.6	1150.	144	7.98	5.64
32	6.5	2.8	1.3	1.0	1.2	0.6	1.9	5.3	7.5	9.9	5.7	8.1	622.	142	4.38	3.99
33	12.0	7.6	6.0	3.9	2.9	2.3	3.7	6.3	12.1	14.5	12.5	12.0	1118.	139	8.04	5.57
34	11.4	7.8	6.1	5.8	3.7	2.8	7.1	13.4	15.7	15.4	9.8	11.7	1227.	130	9.43	5.68
35	4.5	2.5	2.9	1.1	0.7	0.3	0.2	1.0	4.2	6.7	5.3	3.9	404.	143	2.92	2.99
36	13.0	13.0	12.3	9.8	11.0	9.9	14.8	20.1	20.1	21.3	14.5	15.0	1968.	133	14.79	6.34
37	5.7	4.6	3.3	2.1	1.5	1.0	1.6	3.1	8.7	11.7	7.5	8.6	719.	144	4.99	4.19
38	5.8	4.5	2.0	1.8	1.1	0.7	2.9	3.9	6.8	7.0	7.5	5.3	560.	137	4.08	4.27
39	4.8	3.9	2.8	3.4	3.8	5.1	8.0	9.7	12.5	10.7	5.5	5.2	809.	141	6.30	4.86
40	2.7	1.0	1.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	1.2	1.0	3.5	3.4	156.	116	1.36	2.04
41	3.2	1.3	0.9	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	6.6	6.6	7.2	5.3	328.	121	2.71	4.63
42	2.3	2.5	1.6	0.5	0.3	0.2	0.2	0.4	1.2	2.1	3.0	3.2	214.	130	1.55	2.38
43	4.2	3.3	2.9	7.3	7.9	9.6	13.0	14.4	18.5	14.9	7.1	6.1	1204.	131	9.19	6.12
44	15.5	16.3	16.0	13.6	14.1	11.2	15.3	18.1	22.4	23.2	15.5	17.3	2343.	142	16.50	7.27
45	1.4	1.8	1.4	1.2	0.8	1.0	1.7	3.8	12.3	7.7	3.6	2.5	253.	78	3.24	3.68

TABELA 2 (nadaljevanje)

TABLE 2 (continuation)

46	6.6	5.0	3.8	2.4	2.4	1.5	2.9	6.8	11.1	10.9	5.3	7.4	702.	142	5.50	4.04
47	5.5	5.8	3.0	2.5	2.9	2.5	5.7	9.0	10.0	13.2	5.6	8.1	702.	130	6.01	5.72
48	1.3	0.4	1.4	3.0	3.1	0.1	0.0	0.3	1.2	1.9	3.5	3.9	167.	128	1.30	1.91
49	13.6	11.1	11.3	8.5	7.3	6.1	8.9	12.2	18.1	17.6	14.3	14.0	1711.	144	11.88	5.79
50	4.3	3.0	3.6	1.0	3.0	0.3	3.4	0.4	2.6	3.7	6.5	6.3	400.	138	2.89	3.40

številke postaje, dvanjast poprečnih frekvenc za posamezne mesece in takoj pod njimi ustrezne standardne deviacije, ki so računane po enačbi

$$G = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n}} - (\bar{x})^2$$

kjer je X posamezni podatek, n število podatkov in X srednja vrednost ali popreček. V štirinajstem stolpcu je vsota vseh pogostnosti (števila dni z meglo), nato število podatkov = mesecev, ki je za kompletna opazovanja 144, nato pa so v 16. in 17. stolpcu poprečki vseh vrednosti in njihove standardne deviacije. Če si približe ogledamo npr. Ljubljano (postaja št. 10), vidimo, da ima ta januarja v poprečju obravnavanih 12 let skoraj 19 dni z meglo, standardna deviacija (5,36) pa pove, da je, če predpostavimo normalno razporeditev, 68% januarskih vrednosti nekako med 14 in 24 dni z meglo in torej disperzija (sipanje) ni posebno veliko. Analogne presoje je mogoče narediti za vse druge mesece, a to pustimo tistemu, ki bo to neposredno potreboval. Primerjava z drugimi meseci nam takoj pokaže, da je v Ljubljani januar najbolj meglen mesec, medtem ko si delita mesto najmanj meglenega meseca maj in junij s poprečno vrednostjo 5,5 meglenih dni na mesec, pri čemer pa ima najmanjšo disperzijo julij, čeprav poprečno s tremi meglenimi dnevi več. Skupno je imela v teh letih Ljubljana

torej 1 724 dni, v katerih se je pojavila megla, opazovanja so kompletna (144) in celotno poprečje je 11,97 ali praktično 12 na mesec s standardno deviacijo 6.

Vrednosti stolpcev 2. do 13. nam omogočajo predstaviti letnih razporeditev pogostnosti megle; te razporeditve pa po ustreznem programu stroj sam v nekaj minutah nariše za vseh 50 postaj, kot je prikazano na sliki 1, kjer pa so upoštevani že kompletirani podatki. Iz teh grafikonov vidimo, da so si letne razporeditve na posameznih postajah precej podobne, vendar pa obstajajo med njimi tudi bistvene razlike. Ena možnost za presojo tega je, če si n.pr. pogledamo podatke o ekstremih teh razporeditev. Ker so podatki na grafikonih zaokroženi na cela števila, vzemimo vrednosti s tabele 2 in sestavimo tabelo 3.

TABELA 3

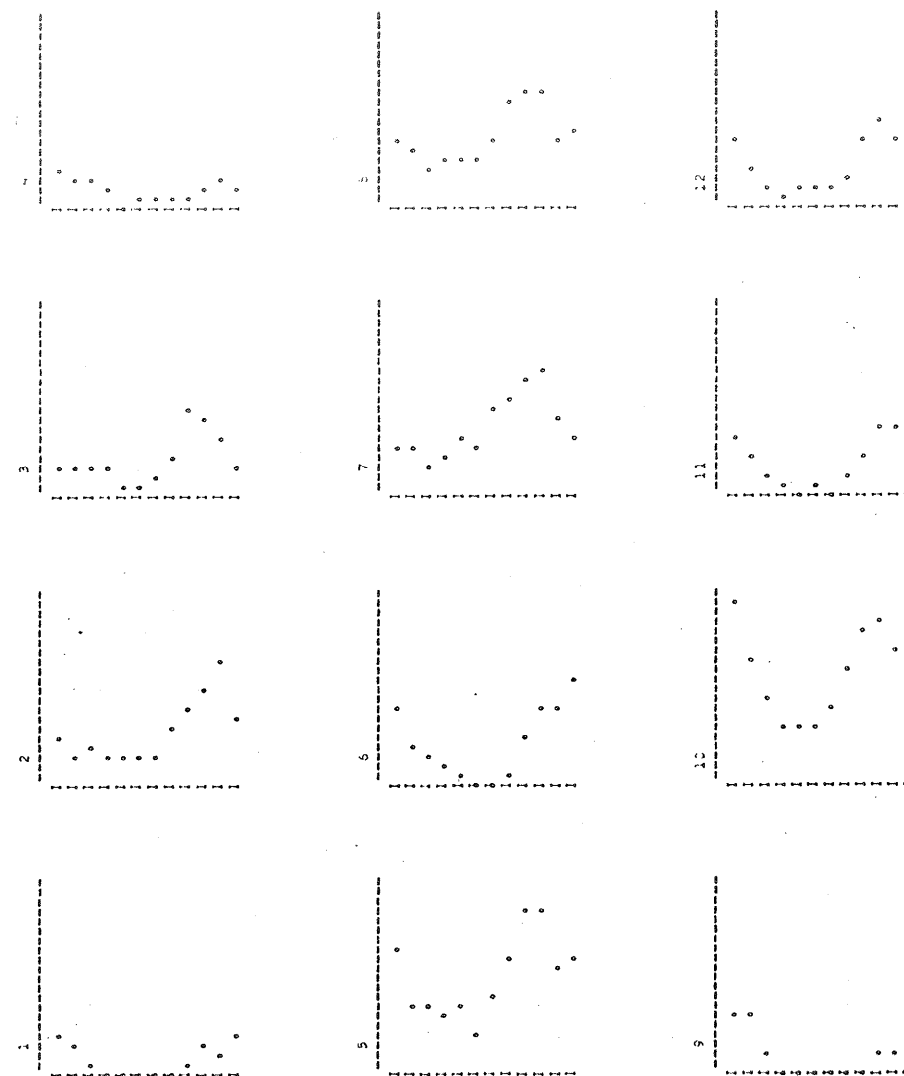
Pogostnost maksimalnih in minimalnih frekvenc po mesecih

TABLE 3

Frequency of maximal and minimal frequencies of fog with regard to the months of the year

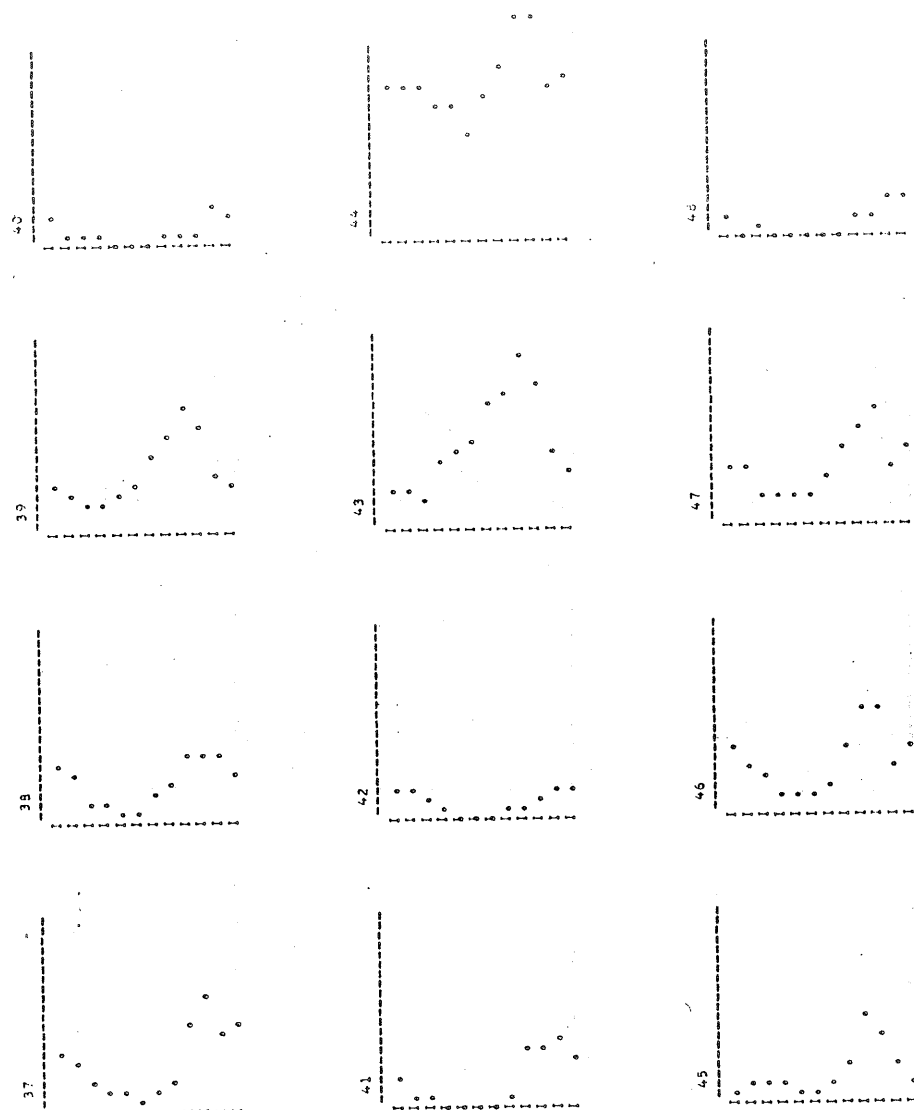
Mesec:	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
F_{max}	4	1	0	0	0	0	0	0	10	17	12	6
G_{max}	7	3	1	1	1	0	0	1	1	18	12	4
F_{min}	0	0	6	4	8	21	6	0	0	0	0	0
G_{min}	0	0	5	5	9	15	7	0	1	0	0	1

Iz prve vrste vidimo, da nastopi maksimum v letni razporeditvi pogostnosti megle na največ (17) postajah v oktobru, nato pa v sosednjih dveh mesecih; medtem ko ni kraja, ki bi imel maksimum med marcem in avgustom. Edini maksimum



Slika 1 Grafikoni letne razporeditve pogostnosti megle po postajah

Fig. 1 Graphs of yearly course of fog frequency for individual stations



v februarju velja za postajo Šmarje pri Sežani, ki ima od vseh upoštevanih krajev najmanjkrat meglo (komaj 127-krat, kar je res malo v primerjavi z najbolj megleno postajo Sevnico, kjer je bila megla 2343-krat). Svojevrstno dopolnilo nam daje analogen pregled maksimov sipanja (☉). Pri tem je posebno zanimivo, to, da je septembra, ko je precej megle in ko imajo mnoge postaje maksimum frekvence, sipanje le pri eni postaji maksimalno. To pomeni, da je septembra megle vedno povsod precej.

Minimi v letnih razporeditvah pogostnosti nastopajo izrazito največkrat junija. To znova potrjuje veliko povezanost megle v naših kotlinah z dolžino dneva oziroma višino sonca. Sorazmerno precej postaj pa ima najmanj megle marca. Najmanjše sipanje na največ postajah je junija, kar je razumljivo, in se tudi sicer ujema s frekvenco.

Različnost oziroma podobnost grafikonov letnih razporeditev megle na sliki 1 je vizualno težko presojati, tiste, ki so si med seboj najbolj ali najmanj podobni, pa bi na ta način praktično ne mogli najti. Z matematičnimi metodami je to mogoče doseči, toda mi smo bili natančnejši in smo ugotavljali podobnost celotnega niza podatkov vseh postaj z določitvijo korelacij po enačbi

$$r = \frac{\overline{X_1 \cdot X_2} - \overline{X_1} \cdot \overline{X_2}}{\sqrt{X_1^2 - (\overline{X_1})^2} \cdot \sqrt{X_2^2 - (\overline{X_2})^2}}$$

za vseh 2 450 kombinacij med postajami. Tako smo za vsako postajo določili postajo z njej najboljšo in njej najslabšo podobnostjo - z njeno maksimalno in minimalno korelacijo; rezultati so prikazani v tabeli 4.

Leva polovica tabele 4 nam daje k številki vsake postaje (prvi stolpec), katera od ostalih 49 postaj (2. stolpec) ima v celotnem nizu njej najbolj podobno razporeditev. V tretjem stolpcu je sam korelacijski koeficient, v 4. in 5. stolpcu pa sta regresijska koeficienta za linije regresije $X_2 = b_{2,1}X_1 + a$ ter sta določena z enačbama

$$b_{2,1} = \frac{\overline{X_1 \cdot X_2} - \overline{X_1} \cdot \overline{X_2}}{\overline{X_1^2} - \overline{X_1}^2} \quad \text{in} \quad a = \overline{X_2} - b_{2,1} \cdot \overline{X_1}$$

Desna polovica tabele je analogna za minimalne korelacije.

TABELA 4

Maksimalne in minimalne korelacije med postajami

TABLE 4

Maximal and minimal correlations between stations

	\bar{r}	b	a		\bar{r}	b	a
1 19	0.79	0.91	0.68	1 43	-0.08	-0.03	1.78
2 28	0.58	0.57	0.51	2 9	0.05	0.08	5.53
3 45	0.80	0.84	1.29	3 19	-0.05	-0.08	3.94
4 40	0.68	0.76	0.74	4 43	-0.31	-0.11	2.89
5 34	0.71	0.72	3.27	5 4	-0.00	-0.00	9.99
6 25	0.88	0.68	-1.72	6 14	-0.04	-0.04	4.76
7 39	0.64	0.57	3.51	7 9	-0.08	-0.11	7.33
8 20	0.68	0.57	2.14	8 4	-0.11	-0.20	7.75
9 19	0.84	1.30	0.67	9 43	-0.25	-0.13	3.01
10 28	0.76	0.94	3.41	10 43	0.19	0.19	10.20
11 12	0.79	0.78	0.02	11 43	-0.01	-0.00	3.61
12 11	0.79	0.80	1.59	12 21	0.13	0.08	3.69
13 11	0.79	0.86	0.42	13 43	0.03	0.02	3.23
14 20	0.63	0.65	3.31	14 4	-0.27	-0.61	10.41
15 48	0.67	0.83	0.92	15 14	-0.17	-0.08	2.74
16 21	0.67	0.67	2.57	16 40	-0.05	-0.15	8.52
17 32	0.64	0.98	1.88	17 4	0.03	0.09	5.62
18 31	0.64	0.25	-0.38	18 43	-0.28	-0.12	3.06
19 9	0.84	0.54	-0.11	19 43	-0.19	-0.06	1.47
20 8	0.68	0.81	3.19	20 40	-0.06	-0.15	9.39
21 16	0.67	0.68	2.84	21 18	-0.13	-0.29	9.06
22 12	0.68	0.77	1.43	22 19	0.03	0.08	4.82
23 12	0.74	0.64	0.47	23 29	0.05	0.05	3.14
24 12	0.68	1.09	2.51	24 43	-0.09	-0.08	8.20
25 6	0.88	1.13	3.88	25 14	0.03	0.04	8.43
26 13	0.55	0.43	2.30	26 39	-0.19	-0.17	5.63
27 11	0.64	0.56	2.07	27 43	0.07	0.04	3.70
28 32	0.80	0.99	4.65	28 4	0.13	0.30	8.47
29 8	0.52	0.40	1.48	29 15	-0.11	-0.15	4.76
30 1	0.72	0.67	0.60	30 43	-0.17	-0.06	2.19
31 33	0.73	0.75	1.94	31 43	-0.01	-0.01	8.13
32 28	0.80	0.64	-1.41	32 9	0.15	0.19	4.03
33 31	0.73	0.71	2.25	33 43	0.10	0.09	7.14
34 5	0.71	0.70	2.28	34 19	0.02	0.07	9.21
35 22	0.66	0.48	0.43	35 43	-0.00	-0.00	2.84
36 34	0.62	0.70	8.28	36 9	-0.02	-0.04	14.93
37 32	0.77	0.82	1.37	37 4	0.19	0.36	4.32
38 16	0.50	0.38	0.92	38 4	-0.04	-0.08	4.27
39 7	0.64	0.73	1.06	39 26	-0.19	-0.21	7.29
40 4	0.68	0.61	0.29	40 43	-0.28	-0.09	2.28
41 12	0.66	0.79	-1.00	41 19	0.03	0.06	2.48
42 1	0.53	0.54	0.71	42 43	-0.11	-0.04	1.94
43 20	0.66	0.81	1.63	43 4	-0.31	-0.83	10.64
44 16	0.49	0.64	11.24	44 40	-0.14	-0.54	17.41
45 3	0.80	0.76	0.10	45 19	-0.03	-0.05	3.09
46 34	0.67	0.58	0.07	46 19	0.05	0.12	5.41
47 28	0.56	0.62	0.29	47 26	-0.09	-0.12	6.52
48 50	0.69	0.38	0.16	48 14	-0.08	-0.03	1.53
49 10	0.64	0.61	4.49	49 19	0.02	0.06	11.82
50 48	0.69	1.26	1.26	50 43	-0.20	-0.11	3.91

Analiza tabele 4 nas privede do zanimivih sklepov. Tako nam npr. pove, da je razporeditev pogostnosti megle v Ljubljani najbolj podobna tisti v Novem mestu ob korelaciji 0,76, pri čemer pa leži celotna ljubljanska razporeditev za 3,4 (koeficient a) više - v poprečju je torej v Ljubljani tri dni z meglo več, kar je sicer razvidno že iz tabele 2. Maksimalno korelacijo 0,88 kaže sta postaji 6 in 25 to sta Črnomelj in Brnik, vendar je visoka korelacija lahko posledica kompletiranja brniških podatkov. Pri teh in še pri 11 parih postaj velja maksimalna korelacija tudi v obratni smeri. Postaja z najmanjšo maksimalno korelacijo komaj 0,49 je Sevnica, kar daje misliti, da morda z njo nekaj ni v redu; ta postaja ima daleč največ meglenih dni, kar bi lahko izhajalo iz sistematične napake v opazovanju (npr. upoštevanje talne megle v daljavi).

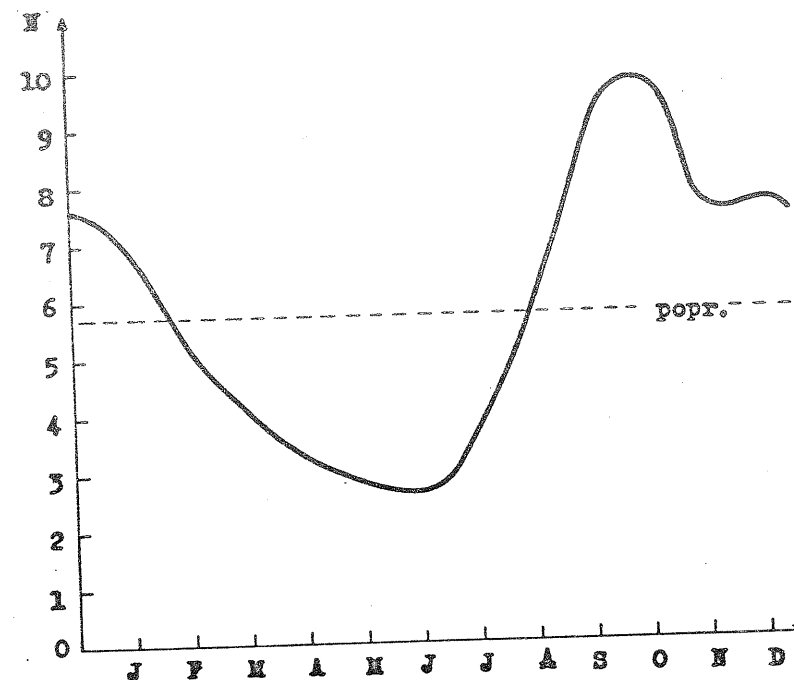
Minimalno korelacijo z Ljubljano kaže postaja št. 43, to so Poljane nad Škofjo Loko in sicer +0,19. Čeprav je to največja vrednost od vseh minimalnih korelacij, nas vseeno preseneča, saj gre gotovo večinoma za isto meglo Ljubljanske kotline, ki sega navzgor po Poljanski dolini. Če pa pogledamo drugi vertikalni stolpec te desne polovice tabele 4 natančneje, vidimo, da nastopajo Poljane kot partner z minimalno korelacijo kar 17-krat. To pomeni, da ima pogostnost megle v Poljanah najbolj samosvojo razporeditev - bolj samosvojo kot npr. Koper (št. 9), ki ima posebne pogoje za nastanek megle /3/, a se pojavlja v tem stolpcu le 3-krat. Podatki s Poljan so zato sumljivi in silijo k detajlnejši preučitvi; ta razporeditev (slika 1 št. 43) je res v nasprotju z ostalimi, saj kaže v zimskih mesecih malo megle, poleti in v jeseni pa znatno več. Večkrat se v tem stolpcu pojavljata še postaji Bovec (9-krat) in Šmarje pri Sežani (7-krat), ki imata torej tudi bolj svojevrstni letni razporeditvi frekvence. Vendar pa Bovec nima podobne razporeditve kot Poljane, saj ima prav z njimi najmanjšo minimalno korelacijo -0,31, in torej že prav nasprotno razporeditev (ko so vrednosti enega visoke, so vrednosti drugega nizke in obratno.

Med partnerji pri maksimalnih korelacijah ne najdemo postaj, ki bi pogosto nastopale. Največkrat (5-krat) se tu pojavi Murska Sobota, kar lahko pomeni, da ima ta letno razporeditev, ki je najbolj blizu poprečni razporeditvi megle v nižinah Slovenije.

Z majhnimi spremembami v programu smo dobili dve analogni tabeli, pri čemer pa so te količine določane posebej za pomladno in jesensko polovico leta. Pričakovali smo višje korelacije, ker se dve razporeditvi za pol leta lažje ujemata kot za celo leto. V posameznih primerih smo res dobili boljše korelacije, v poprečju pa ne, ker se je z delitvijo primerov število vrednosti zmanjšalo na polovico. Poprečje maksimalnih korelacij v tretjem stolpcu tabele 4 je 0,71, medtem ko je poprečje za jesensko polovico leta 0,68, za pomladno, ko je megle manj in je sipanje relativno večje pa le 0,65. To kaže med drugim tudi to, da so Poljane svojevrsne predvsem v pomladni dobi, ko nastopajo kot partner z minimalno korelacijo kar 33-krat, medtem ko nastopajo jeseni le 19-krat. Jesenska razporeditev je precej svojevrsna tudi v Slovenskih Konjicah (7-krat) in Mojstrani (5-krat). Nadaljnja preučevanja bodo potrebna, da bomo lahko ugotovili, ali so te posebnosti nastale zaradi napak pri opazovanjih ali pa so tam pogoji za nastanek megle zares specifični.

11. SKUPNA RAZPOREDITEV IN KARTE MEGLE

Ko gledamo različne diagrame slike 1, se nam vsiljuje vprašanje, kakšna je skupna oziroma poprečna letna razporeditev megle za vse te postaje skupaj. Tak grafikon dobimo iz predzadnje horizontalne vrste tabele 2 in je v izglajeni obliki prikazan na sliki 2. Ta predstavlja torej poprečno letno razporeditev pogostnosti megle v nižinah Slovenije. Iz nje vidimo, da pri nas pogostnost megle od junija, ko nastopa minimum, naglo narašča in že avgusta preseže celotni popreček (5,7) ter doseže maksimum v začetku oktobra, v zimskih mesecih ima precej enako vrednost, po januarju pa prične po eksponencialni krivulji padati proti junijskemu minimumu.



Slika 2 Skupna letna razporeditev za 50 postaj Slovenije

Fig. 2 Yearly course of fog frequency for all 50 stations in Slovenia

Važnost te krivulje terja še nekaj statistične analize njenih lastnosti. Ker zajema vse postaje s tako različnimi pogostnostmi in razporeditvami je razumljivo, da je sipanje veliko in za posamezne mesece podano v zadnji vrsti tabele 2. Določimo zato natančnost vsake točke te krivulje, to je tako imenovano natančnost poprečja oziroma njegovo napako na nivoju 0,05 po enačbi

$$\sigma_{\bar{x}} = 2,0 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

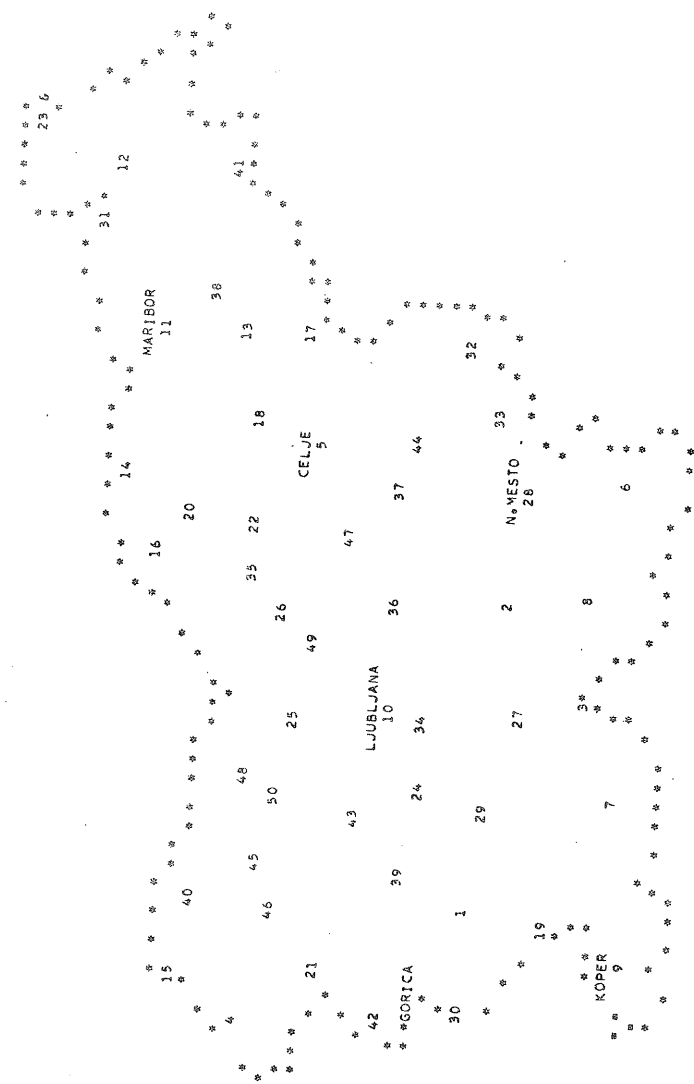
Ker predstavlja vsaka točka dejansko 600 vrednosti, je $\sigma_{\bar{x}}$ nekako med 0,3 in

0,5. To pa pomeni, da obstaja samo 5% verjetnosti, da bi lahko padla kakšna srednja vrednost izven $\pm 1/2$ centimetra širokega pasu ob tej krivulji, ki je torej močno reprezentativna.

Z ustreznim dodatkom programu, ki je zahteval nekaj več tehničnega in programskega dela, je stroj napisal podatke v geografski razporeditvi skupaj z mejami Slovenije v merilu približno 1:900.000 (slike 3 do 6, ki so tu pomanjšane na 1:1,800.000). Program je splošen in je na ustrezna mesta mogoče vstavljati različne vrednosti. Karta na sliki 3 nam daje geografsko razporeditev postaj v skladu s tabelo 1, vrednosti na sliki 4 so zaokrožena poprečna mesečna števila dni z meglo, na sliki 5 so standardne deviacije teh poprečkov (brez decimalne vejice, ki bi morala stati za prvo številko) in na sliki 6 so koeficienti variabilnosti mesečnih poprečkov.

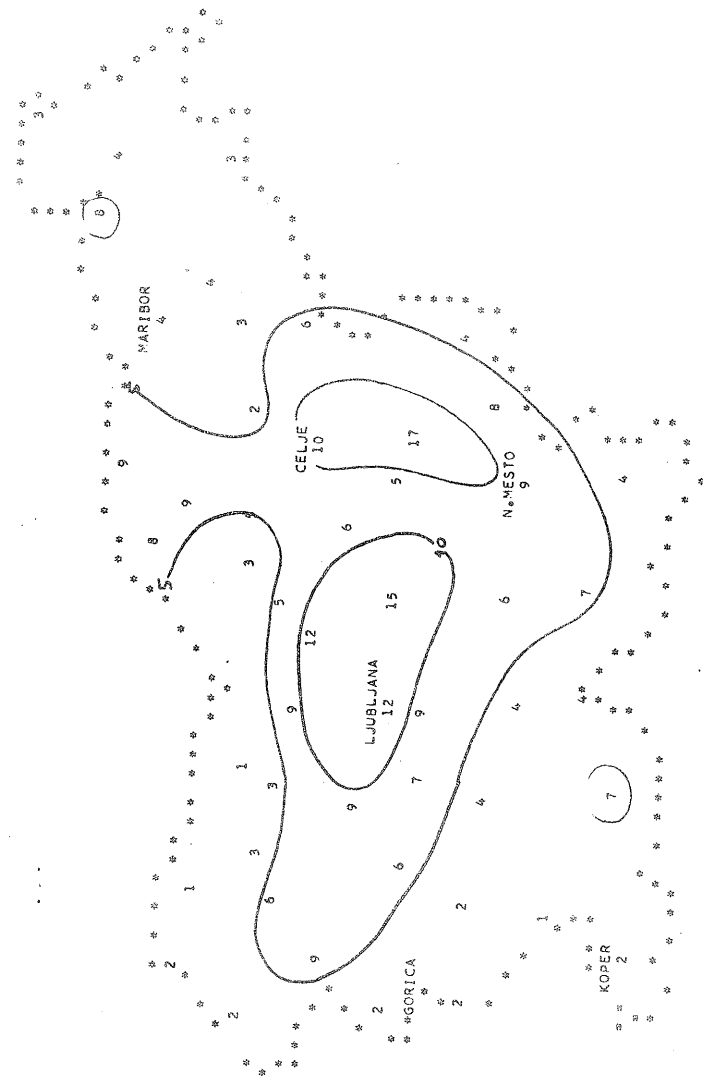
Karta na sliki 4 je torej karta poprečne pogostnosti megle v nižinah in kotlinah Slovenije. Med posameznimi nižinami so grebeni in vrhovi, ki imajo seveda glede megle povsem drugačne pogoje in vrednosti. Zavedajoč se tega, pa jih abstrahiramo in poskusimo izveleči po dobljenih podatkih navadno skalarno analizo. Ta nam je dela, kot je razvidno s slike 4, nepričakovano preprosto geografsko razporeditev z dvema zaključenima izopletema frekvence 10, ki ju dokaj enotno obkroža področje znotraj izoplete frekvence 5. Zunaj tega področja sta le še dva kraja (Ilirska Bistrica in Gornja Radgona). Ne glede na veliko razgibanost terena, ki obdaja nižine, je torej očitno, da je na območju osrednjé Slovenije v nižinah megle nekajkrat več, kot v nižinah na njenem obrobju. Vzroke za manjšo pogostnost na obrobjih pa lahko ločimo v tri skupine: na jugozahodu vpliva bližina morja, na severozahodu gorski svet Julijskih in Kamniških Alp, odkoder se zrak po razmeroma ozkih dolinah spušča v večjo osrednjo kotlino ali v nižine, pri čemer se meša in adiabatno ogreva; na vzhodu pa je vzrok široka Panonska nižina, ki omogoča podobne efekte, kakršni so v gorskem svetu. V kotlinah osrednje Slovenije z zmerno razgibanim okolišnjim tere-

nom in v dnu velikih kotlin so torej očitno najugodnejši pogoji za pogosten nastop radiacijske megle, ki tu prevladuje.

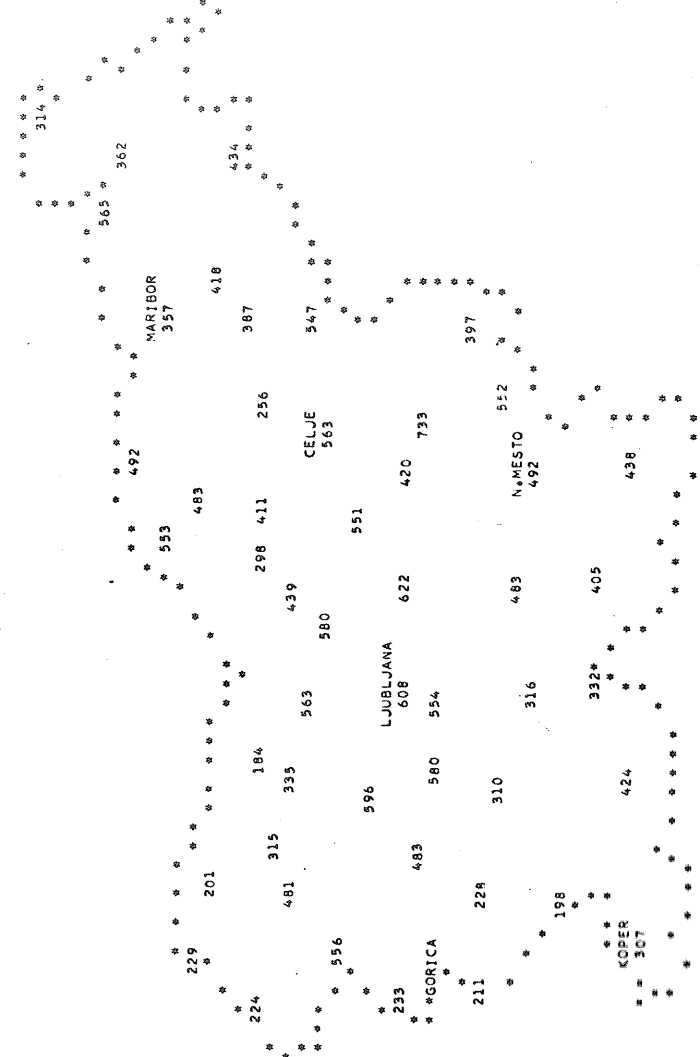


Slika 3 Karta - razporeditev postaj

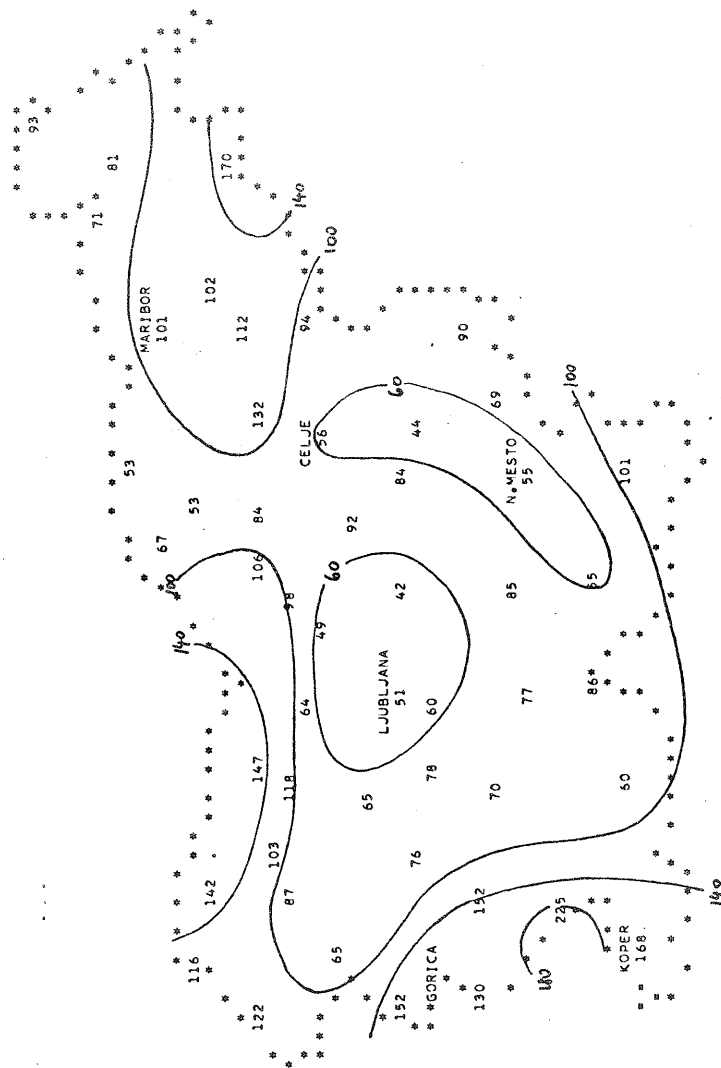
Fig. 3 Geographical positions of stations



Slika 4 Karta mesečnih poprečkov pogostnosti megle
 Fig. 4 Map of monthly means of fog frequencies



Slika 5 Karta standardnih deviacij mesečne pogostnosti
 Fig. 5 Map of standard deviations of monthly fog frequencies



Slika 6 Karta koeficientov variabilnosti
 Fig. 6 Map of variability coefficients

Kljub muhavosti pojava in razgibanosti terena je bilo karto megle v nižinah Slovenije torej mogoče narisati in obrazložiti. Gotovo pa je posebno glede geneze megle ta karta pomanjkljiva, ker ne vsebuje dvignjene megle - nizke stratusne oblačnosti; glede pogostnosti pojava samega in s tem njegovega vpliva na gospodarstvo, pa je njena vrednost nedvomna.

Frekvenca megle v nekem kraju, zlasti pa kadar je ta nizka, nima normalne (Gaussove) razporeditve ker negativnih primerov ni in je frekvenčna razporeditev nagnjena, to pa tem bolj, čim manjša je srednja vrednost. Zato standardna deviacija vsake srednje vrednosti narašča z njo in je tudi geografska razporeditev disperzije (slika 5) podobna pogostnosti. Nekoliko boljše sliko nam dajo koeficienti variabilnosti

$$KV = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100$$

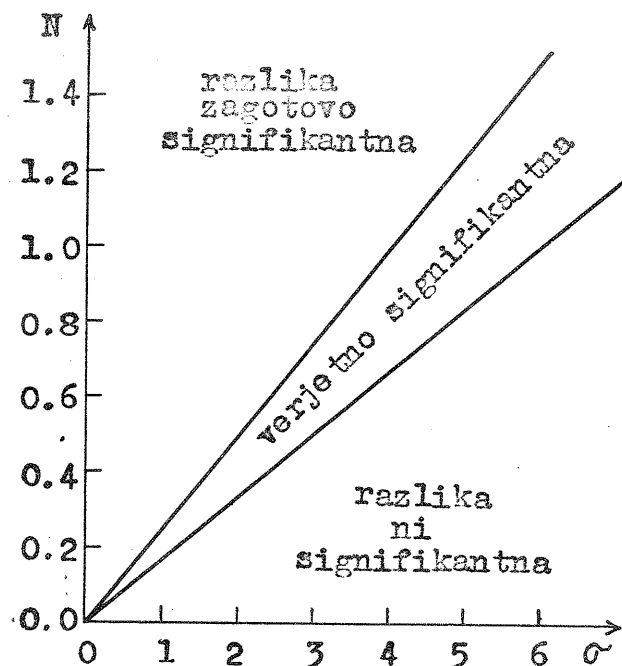
ki predstavljajo relativno sipanje. Ti koeficienti so podani na sliki 6 in analizirani. Iz izoplet na tej sliki vidimo, da je to polje podobno tistemu na sliki 4, čeprav je sedaj v sredini minimum, kar je rezumljivo. Ugotovimo lahko nekaj posebnosti kot npr. veliko relativno sipanje v zahodni Sloveniji, sorazmerno majhno v Kočevju itd.

Radi bi vsekakor ugotovili, katere postaje se po poprečni pogostnosti megle med seboj bistveno razlikujejo in katere ne. Pri tem si pomagamo s statistično količino, imenovano standardna napaka razlike dve poprečnih (SE), ki jo dobimo po enačbi

$$SE = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}$$

in je uporabna za $n > 25$ (pri nas je okrog 140). Pravilo pravi /4/, da je razlika dveh poprečij verjetno signifikantna (značilna in bistvena), če je njena

absolutna vrednost večja od 2SE in zagotovo signifikantna, če velja $|x_1 - x_2| > 3SE$. Čeprav imamo standardne deviacije že izračunane in podane v tabeli 2, bi bilo preveč, če bi tu hoteli podati signifikantnost razlik za vse možnosti med temi postajami, ker jih je 1225. Natančen izračun si za poljubni dve postaji lahko naredi vsak, ki ga to zanima. Za hitrejšo in približno primerjavo signifikantnosti razlik pa si pomagamo s sliko 7, ki smo jo dobili po naslednjem preudarku:



Slika 7 Nomogram signifikantnosti razlik poprečij

Fig. 7 Nomogram for determination of significance of differences between means

Pri kompletiranih podatkih je število primerov enako $n_1 = n_2 = 144$ in ker se tudi standardne deviacije pri problematičnih primerih mnogo ne razlikujejo,

se gornja enačba poenostavi v naslednjo

$$SE = \frac{\sigma_v}{k}$$

kjer je $k = 12$ in σ_v standardna deviacija, in sicer tista od obeh, ki je večja. Vidimo, da so glede na dovolj dolgo dobo opazovanj (144 mesecev) in s tem dovoljno število podatkov, skoraj vse razlike srednjih vrednosti, ki so večje od 1 signifikantne. To za grobe primerjave po karti slike 4 zadostuje. Za primerjavo z večjo potrebno natančnostjo pa bi bili potrebni izračuni s podatki tabele 2.

III. POGOSTNOST MEGLE V ODVISNOSTI OD TOPOGRAFIJE IN NADMORSKE VIŠINE

Nižinske predele Slovenije lahko razdelimo oziroma karakteriziramo glede na njihovo topografijo na naslednje štiri razrede

1. odprta nižina (13)
2. velika kotlina (9)
3. majhna kotlina (15)
4. ozka dolina (13)

Če zvrstimo vse naše postaje glede na njihovo lego v katerega izmed gornjih razredov, lahko za vsak razred izvedemo podobno analizo, kot smo jo prej za vsako postajo ter tako ocenimo vpliv topografije na pogostnost megle. Koliko postaj je v vsakem razredu, nam povedo gornje številke v oklepajih, katere postaje so to, pa ugotovimo po tabeli 1.

Rezultati, ki jih je v tej zvezi dal računalnik, so razvidni z zgornje polovice tabele 5 in levega dela slike 8. Iz tabele, ki vsebuje natančnejše vrednosti vidimo, da v letnih razporeditvah v vseh štirih razredih nastopi minimum junija, maksimum pa oktobra, vendar pa glede letne amplitude močno izstopa 2. razred (velika kotlina) z 10,2, medtem ko je v ostalih treh razredih

amplituda med 6,1 in 6,9. Kraji v velikih dolinah dajejo tudi najvišje poprečje, čeprav je disperzija najmočnejša v ozkih dolinah. Najmanjšo poprečno pogostnost megle imajo odprte nižine, sipanje pa je najmanjše v majhnih kotlinah. Izbira partnerske postaje za kompletiranje podatkov po topografskih karakteristikah bi lahko torej dala tudi zelo slabe rezultate.

TABELA 5

Poprečki in standardne deviacije po razredih karakteristik topografije in nadmorske višine

TABLE 5

Means and standard deviations according to the topographic characteristics and heights above MSL

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	SUMA SRED.VR.	N	POPREČJE	SIGMA
1	5,0 2,85	4,4 2,32	2,5 2,08	1,2 1,11	0,9 0,97	0,7 0,81	1,1 1,38	2,3 2,20	4,3 3,54	5,8 4,00	5,2 3,79	5,5 3,11	519.	13	3,66	2,15
2	12,2 3,23	8,1 2,45	5,2 2,45	5,2 2,03	4,5 1,90	3,9 1,74	5,7 2,51	9,3 3,71	13,1 4,16	14,1 2,58	10,9 2,33	13,1 2,55	1041.	9	8,89	7,23
3	4,7 1,36	3,5 1,25	3,1 0,94	2,4 1,12	2,1 1,33	1,3 1,53	2,9 2,59	4,5 3,19	7,3 3,93	3,0 3,56	5,3 2,37	5,5 2,04	837.	15	4,39	1,71
4	5,5 4,51	5,3 4,33	3,5 2,22	5,0 4,11	4,7 4,42	4,5 4,05	5,1 5,51	3,3 5,79	11,3 7,29	11,4 7,10	7,7 3,59	7,3 4,22	1191.	13	7,04	4,77

LETNA RAZPoredITEV MEGLE PO NADMORSKI VIŠINI KRAJEV

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	SUMA SRED.VR.	N	POPREČJE	SIGMA
1	5,4 2,75	4,5 1,97	2,5 1,76	1,7 1,74	1,4 1,74	1,2 1,39	1,7 2,39	3,1 3,43	3,4 4,98	7,2 4,63	5,5 3,34	5,3 3,33	470.	9	4,01	2,57
2	8,5 4,55	5,4 3,59	5,0 3,75	4,1 3,44	3,8 3,36	3,4 3,20	5,0 4,54	7,5 5,55	10,7 6,11	11,8 5,39	9,1 3,69	9,4 4,49	2308.	25	7,10	3,95
3	5,0 2,15	4,0 1,82	3,8 1,64	3,1 2,03	2,5 2,15	2,5 2,27	3,7 3,17	5,5 4,11	3,4 4,77	8,8 4,64	5,3 2,35	5,6 2,07	733.	12	5,02	2,45
4	3,5 1,55	2,4 0,95	2,5 0,97	1,6 1,01	0,7 0,90	0,5 0,44	1,0 0,70	2,1 1,50	4,3 3,13	4,5 2,77	5,4 1,40	4,4 1,22	147.	4	2,62	1,15

Med temi štirimi skupinami oziroma razredi je možnih 6 različnih razlik poprečkov, ki so podani v levi polovici tabele 6.

TABELA 6

Razlike poprečkov in njihove signifikance med razredi topografskih karakteristik in nadmorskih višin.

TABLE 6

Differences of mean values and their significancies between classes of topographic characteristics and Heights above MSL

TOPOGRAFSKIH KARAKTERISTIK			NADMORSKIH VIŠIN		
Razreda	$\Delta \bar{X}$	Sign.	Razreda	$\Delta \bar{X}$	Sign.
1 - 2	5,23	0,01	1 - 2	3,09	0,05
1 - 3	0,73	ni	1 - 3	1,01	ni
1 - 4	3,38	0,05	1 - 4	1,19	ni
2 - 3	4,50	0,01	2 - 3	2,08	0,05
2 - 4	1,85	ni	2 - 4	4,28	0,01
3 - 4	2,65	0,1 (ni)	3 - 4	2,20	0,05

Tu vidimo, da imata najbolj različna poprečka razreda 1 in 2 (na levi), medtem ko sta si v pogostnosti megle odprta nižina in majhna kotlina najbolj podobni! To nas vsekakor preseneča, vendar pa je treba pred kakršnimi koli sklepanji ugotoviti signifikanco.

Ker je primerov (postaj), ki določajo prostostne stopnje v posameznih razredih premalo, da bi veljala normalna razporeditev, moramo določiti signifikanco po Studentovem t - testu

$$t = \frac{\Delta \bar{X}}{SE}$$

nakar primerjamo t z vrednostmi v Studentovi tabeli glede na prostostne stopnje ($n_1 + n_2 - 2$). Po tem postopku ugotovimo, da ima velika kotlina bistveno

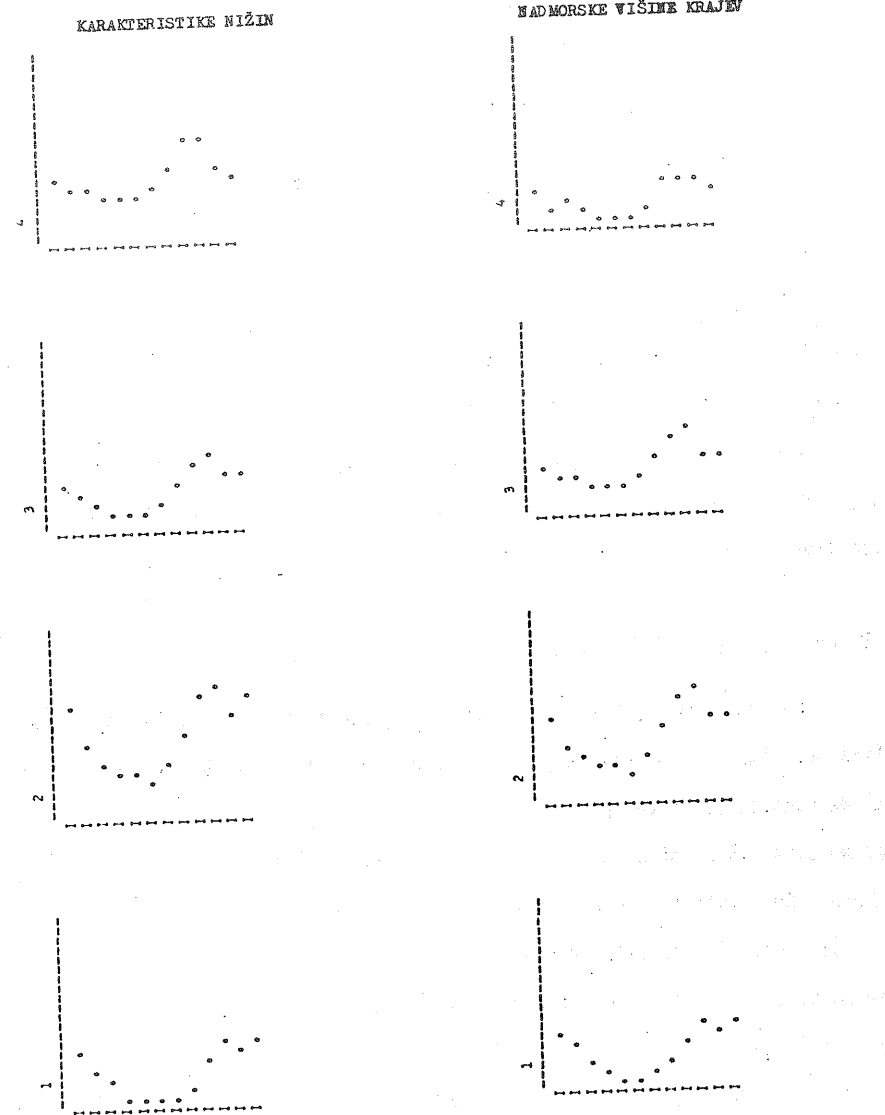
več megle kot odprta nižina (1-2) ali majhna kotlina (2-3), saj so razlike močno signifikantne na nivoju pod 0,01. To pomeni, da je verjetnost, da bi nastopila ta razlika zgolj naključno, manjša od 1%. Razlika med 1 in 4 je signifikantna na nivoju 0,05; medtem ko razlike med odprto nižino in majhno kotlino (1-3), med veliko kotlino in ozko dolino (2-4) ter med majhno kotlino in ozko dolino (3-4) niso signifikantne. To pa pomeni, da samo tako določena topografska podobnost okolice dveh krajev ne daje dovolj osnove za domnevo, da je v teh dveh krajih podobna tudi pogostnost nastopa megle.

Iz grafikonov na sliki 8 levo je videti, da v obliki letnega poteka pogostnosti pri prvih treh razredih ni videti bistvene razlike, medtem ko je v ozkih dolinah megle pomladi, poleti in pozimi skoraj enako.

Da bi preučili vpliv nadmorske višine na pogostnost megle ne glede na ostale vplive, smo naredili majhno spremembo v programu in stroj nam je sortiral podatke po razredih nadmorske višine krajev in sicer za 200 meterske intervale, da bi bilo v posameznih razredih dovolj primerov; njih število je podano v oklepaju:

1. do 200 m (9)
2. 201 - 400 m (25)
3. 401 - 600 m (12)
4. nad 600 m (4)

Iz rezultatov v spodnji polovici tabele 5 vidimo, da imajo v Sloveniji največkrat meglo nižinski in kotlinski kraji v nadmorski višini med 200 in 400 m, medtem ko imajo niže in višje ležeče nižine in kotline v poprečju megle manj. Da je ta ugotovitev utemeljena, nam povedo signifikance (tabela 6), ki so za razlike poprečij zaporednih točk (z naraščajočo nadmorsko višino) 1-2, 2-3 in 3-4) na nivoju 0,05, razlika 2-4 pa je celo na nivoju 0,01. Velja torej, da imajo v Sloveniji od 400 m nadmorske višine navzgor kotline in doline tem manj megle, čim večja je njihova nadmorska višina.



Slika 8 Letne razporeditve megle za različne topografske karakteristike in različne nadmorske višine

Fig. 8 Yearly courses of fog frequency for various topographic characteristics and different heights above MSL

Po tabeli 5 lahko že na pogled ocenimo, da je koeficient variabilnosti za vse razrede višin približno enak (med 50 in 65) in torej ni razlik v relativni disperziji, vendar pa je sipanje tolikšno, da nadmorska višina doline ne pove mnogo o dejanski pogostnosti megle v njej. Oba kriterija lahko kombiniramo v grobo ugotovitev, da imajo v poprečju največ megle velike kotline z nadmorsko višino krajev med 200 in 400 m.

Tudi grafikoni na desni polovici slike 8 ne kažejo posebnih razlik v letnem poteku ter je tudi razlika v amplitudah signifikantna le med razredoma 2 in 4. To pa le nakazuje domnevo, da se sezonske razlike v pogostnosti megle z nadmorsko višino manjšajo. To bi veljalo seveda le za nižine in kotline; kraji na pobočjih in grebenih imajo gotovo precej drugačne pogostnosti in razporeditve, ker se včasih, ali pa pogostno, v oblakih in je tam megla genetično povsem druge vrste.

IV. PREGLED POGOSTNOSTI MEGLE PO LETIH

Končno nas zanima, kako se spreminja pogostnost megle v naših krajih od leta do leta, oziroma kakšne so razlike med leti. Ne da bi šli v podrobnosti glede tega za posamezne postaje ali za razrede topografskih karakteristik ali nadmorskih višin, si bomo ogledali razporeditve po letih kar za vse postaje skupaj. Rezultati so podani v tabeli 7 in na sliki 9.

Iz poprečij v tabeli 7 vidimo, da so razlike med posameznimi leti sorazmerno majhne, saj leže poprečne mesečne pogostnosti megle med 5,03 in 6,29 ter je torej največja razlika komaj 20%. Po približni enačbi za napako razlik poprečij, ker je $k = \sqrt{600} = 24,5$ in standardnih deviacij, ki so za vsa leta skoraj enake kot poprečki sami, vidimo, da so verjetno signifikantne vse razlike, ki so večje od 0,5 in zagotovo signifikantne tiste, ki so večje od 0,75. Razlike pa se gibljejo prav okrog teh vrednosti, zato lahko brez natančnega izračuna ugotovimo npr. da sta leti 1956 in 1966 signifikantno različni oziroma,

da je bilo leta 1966 bistveno več megle kot leta 1956. Nasprotno pa ugotovimo, da so razlike med leti 1957, 1959, 1961 in 1964 majhne in neznatne. Natančne izračune za vseh možnih 66 razlik med temi 12 leti je po potrebi mogoče hitro dobiti, a se tu vanje ne bi spuščali, ker za splošen pregled, ki ga želimo podati, niso zanimive.

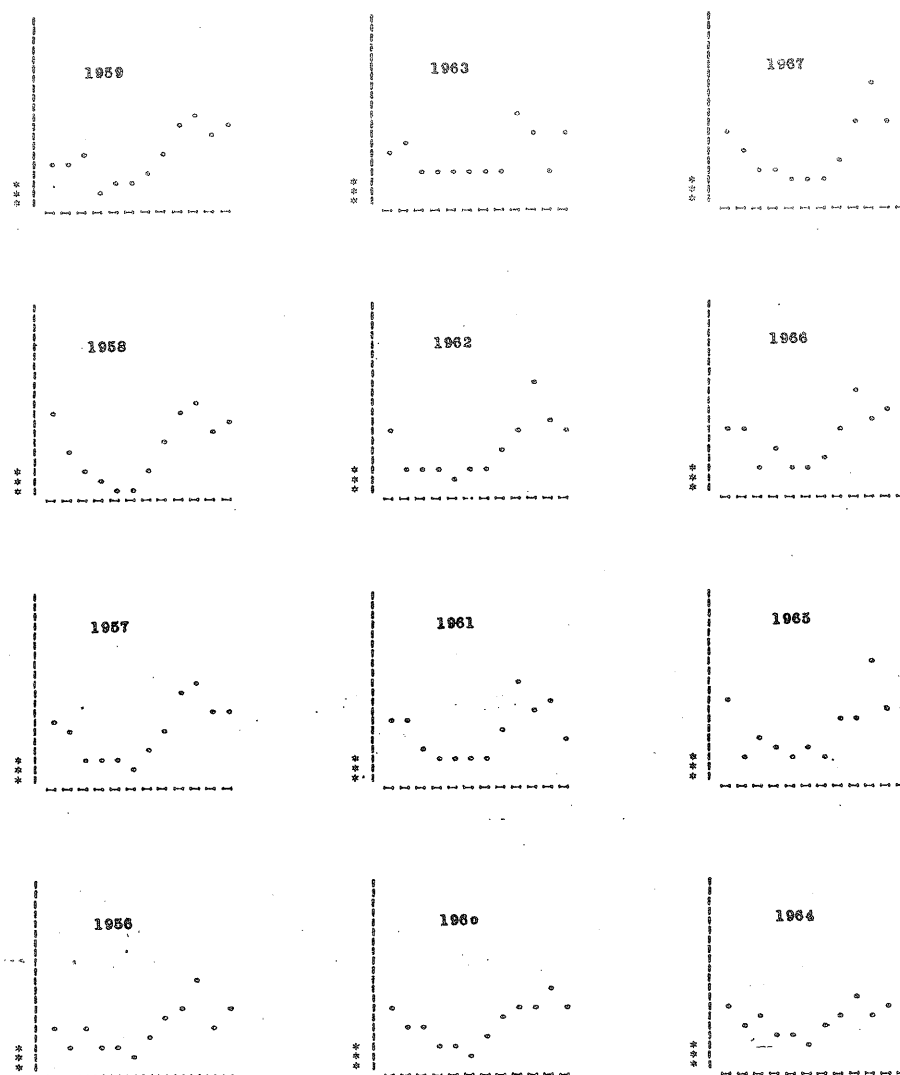
TABELA 7

Pogostnost megle v nižinah Slovenije po posameznih letih (K = 1 = 1956)

TABLE 7

Frequency of fog in lowlands of Slovenia for individual years

K	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	SUMA VSEH VR.	N	POPREČJE VSEH VR.	SIGMA
1	5.2 3.90	3.0 3.92	4.6 3.13	2.9 2.65	2.7 3.04	2.0 2.82	4.4 4.85	5.6 5.09	7.3 6.39	10.1 6.25	4.8 4.08	7.3 4.57	3021.	600	5.03	4.93
2	6.5 4.98	5.5 3.89	3.2 2.46	3.1 3.36	3.2 3.83	2.0 2.54	3.9 4.43	5.7 5.19	10.0 6.16	11.0 6.73	7.5 4.67	7.5 4.61	3428.	600	5.61	5.33
3	8.8 6.57	4.8 3.01	2.7 2.35	1.8 1.87	1.3 1.91	1.4 1.82	3.3 3.76	6.2 6.21	9.4 6.56	10.1 5.20	6.9 5.96	8.3 6.15	3268.	600	5.44	5.73
4	5.3 4.05	3.2 4.45	5.6 3.87	1.6 2.18	3.1 4.19	2.6 3.56	4.1 5.16	6.4 6.33	8.5 7.13	10.0 7.44	8.1 5.03	8.8 5.55	3490.	600	5.61	5.72
5	6.9 4.62	5.3 4.35	5.4 4.53	3.4 3.56	2.9 2.92	2.0 2.69	4.2 4.87	5.5 5.18	7.0 5.95	7.2 5.70	9.0 6.26	7.1 4.89	3322.	600	5.53	5.14
6	6.5 6.43	6.7 6.13	3.5 5.38	3.0 3.53	3.1 3.78	2.5 3.52	3.3 3.92	6.0 6.63	10.6 8.41	7.6 5.08	9.3 5.53	5.4 3.88	3405.	600	5.67	5.97
7	7.0 5.03	2.9 3.28	2.9 3.76	3.2 4.33	2.3 3.09	3.2 3.80	3.3 5.10	4.6 6.00	7.4 6.06	11.7 7.39	7.8 5.95	7.1 5.90	3184.	600	5.20	5.83
8	5.9 5.61	6.8 5.20	3.6 3.00	3.9 4.53	3.8 4.85	3.7 4.86	4.2 6.01	4.0 4.57	10.2 6.46	8.3 6.08	4.4 3.34	7.6 4.87	3348.	600	5.58	5.47
9	6.6 6.15	5.4 4.35	5.9 4.85	3.5 4.17	4.0 4.97	2.8 3.93	4.6 6.32	6.2 6.10	7.8 6.44	5.9 4.47	7.0 4.79	10.2 5.84	3515.	600	5.85	5.61
10	8.2 7.10	2.6 3.32	5.0 5.14	4.1 4.75	2.5 3.48	3.5 4.83	3.4 4.80	7.4 6.89	7.0 5.55	12.7 7.80	7.6 4.14	8.3 5.58	3662.	600	6.10	6.21
11	7.4 4.75	7.4 5.39	3.2 3.81	4.8 4.80	3.2 3.87	2.5 3.51	3.5 4.54	6.7 5.94	10.9 7.13	8.4 6.84	8.8 5.78	8.2 7.02	3779.	600	6.29	6.03
12	7.9 5.07	6.4 4.70	3.8 3.97	3.7 4.13	2.8 4.27	3.2 3.84	3.0 4.58	5.2 5.72	8.7 6.45	13.0 7.28	8.6 5.05	6.0 5.31	3639.	600	6.06	5.92



Slika 9 Letne razporeditve megle v Sloveniji po posameznih letih

Fig. 9 Yearly courses of fog frequencies in Slovenia for individual years

Grafično prikazane letne razporeditve pogostnosti megle po posameznih letih na sliki 9 nam kažejo nekaj več razlik. Posebno svojevrstna letna razporeditev je bila leta 1963, ko je bilo od marca do avgusta enako meglenih dni kot novembra. Skupnemu letnemu poteku s slike 2 najbolj podobna razporeditev pa je bila očitno leta 1958. V celoti lahko torej ugotovimo, da je megle pri nas vsa leta približno enako, čeprav je opaziti rahel trend k porastu njene pogostnosti v zadnjih 12 letih, kar pa je prav lahko tudi posledica vestnejših opazovanj.

Delo je del raziskovalne naloge "Razvoj in razkrajanje megle v kotlinah Slovenije" in je bilo opravljeno na Katedri za meteorologijo FNT s sredstvi te fakultete.

LITERATURA

- /1/ Letna poročila in arhiv Hidrometeorološkega zavoda SRS, Ljubljana 1956-1967
- /2/ Petkovšek Z.: Sodobno kompletiranje meteoroloških podatkov, Zbornik radova SHMZ, Beograd (v tisku)
- /3/ Petkovšek Z.: Megla ob Slovenski obali, 10-let Hidrometeorološke službe, Ljubljana 1957
- /4/ Reynolds G.: Cooking the data - a weatherman's guide to statistics, Weather, May 1967.