

R A Z P R A V E

P A P E R S

XV

VSEBINA - CONTENTS:

	Stran
F. Bernot: Smeri gibanja nevihtne aktivnosti na področju SR Slovenije Directions of thunderstorm activity movements across the region of Republic Slovenia	3
B. Weissbacher: Ocena vpliva srebrovega jodida na nevihtne oblake Estimation of silver iodide influence on thunderstorm clouds	15
J. Pristov: Poizkusna obramba pred točo v Sloveniji Experimental hail protection in Slovenia	27
J. Rakovec, A. Hočevar: Primerjava meritev cirkumglobalnega in globalnega obsevanja v Ljubljani (1971-1973) Comparison between circumglobal and global radiation data measured at Ljubljana (1971-1973)	39
D. Furlan: Okvirne vrednosti sončnega obsevanja na Balkanskem polotoku Rough values of radiation at Balkanian peninsula	53
Z. Petkovšek: Ugotovitve ob maršrutnih temperaturnih meritvah v Sloveniji Statements on traverse temperature measurements in Slovenia	63

SMERI GIBANJA NEVIHTNE AKTIVNOSTI NA PODROČJU SR SLOVENIJE
DIRECTIONS OF THUNDERSTORM ACTIVITY MOVEMENTS ACROSS THE
REGION OF REPUBLIC SLOVENIA

551.589.14

FRANCE BERNOT

Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY:

Observations of thunderstorms made during the warm half of the year (1 May - 30 September) in the years 1969, 1971 and 1972 were studied. A review of thunderstorm activity arrival is presented according to 4 main directions of the sky. Daily maps showing isobronts of thunderstorm beginnings are given together with dominant trajectories of thunderstorm activity movement. These trajectories were transferred to appropriate summarising maps according to different directions: these maps show the concentrations of trajectories (Figs. 1 - 8). At least three trajectories are defining a belt of ways of thunderstorm activity movement. The numeral in the head of the arrow denotes the number of trajectories. The broadness of the belt is limited by the farthest side trajectories and its length by the length of trajectories.

Reviewing figs. 9 - 12 we may conclude that the movements of thunderstorm activity are canalized over certain regions. Belts of ways of thunderstorm activity movement are crossing Slovenia: three from north, three from northwest and three from west. Two belts are crossing Slovenia from southwest, south, east and northeast direction, respectively. From the southeast only one belt was found.

In figs. 9 - 12 opposite directions of thunderstorm activity movements were compared. At some types they overleap (partly or completely) and at some they do not.

At the end we reason in the following way: The more trajectories represent the way of thunderstorm activity movement at the narrowest region, the more probable this way is.

Zaradi obrambe pred točo določenih vinorodnih področij Slovenije, smo začeli temeljiteje raziskovati nevihte. V domači literaturi je že več prispevkov slovenskih avtorjev (1 - 8, 10 - 11). Iskali so metode za prognoziranje neviht in toče ter preiskovali njihovo zanesljivost v praksi.

Na osnovi opazovanj, opravljenih med 1. majem in 30. septembrom v letih 1969, 1971 in 1972, smo - podobno kot V. Žitnik in B. Weissbacher /8,9/ - izdelali dnevne karte neviht in vrisali izobronte začetka neviht (z 2-urnimi intervali). Iz poteka izobront ter njihovih medsebojnih razdalj smo sklepali na smer in hitrost pomikanja nevihtne aktivnosti. Upoštevali smo samo tiste nevihte, ki so trajale vsaj štiri ure, t.j. nevihte, pri katerih smo začetek in konec aktivnosti omejili vsaj s tremi izobrontami. Posamezne tipe pomikanja nevihtne aktivnosti smo opredelili po Žitnik-Weissbacherjevi klasifikaciji gibanja nevihtne aktivnosti /9/. Obravnavana obdobja med 1. majem in 30. septembrom v letih 1969, 1971 in 1972 so štela skupno 459 dni. Leto 1970 v našem presojanju ni upoštevano.

Tabela:

Razvrstitev nevihtne aktivnosti po smereh v letih 1969, 1971 in 1972 med 1. majem in 30. septembrom.

Table:

Distribution of thunderstorm activity according to main directions of the sky between 1 May and 30 Sept. in the years 1969, 1971, 1972.

Smer gibanja nevihtne aktivnosti v letih				skupno	v %
	1969	1971	1972	neviht	
od severa - tip "D"	7	8	2	17	3,7
od severozahoda - tip "E"	1	11	8	20	4,6
od zahoda - tip "F"	10	4	15	29	6,3
od jugozahoda - tip "G"	7	5	11	23	5,0
od juga - tip "H"	12	3	4	19	4,2
od vzhoda - tip "I"	6	2	5	13	2,8
od severovzhoda - tip "J"	2	6	3	11	2,4
od jugovzhoda - tip "K"	3	7	2	12	2,6
neopredeljiva - tip "C"	36	46	64	146	31,6
število dni brez neviht	69	61	39	169	36,8

Brez neviht je bilo v obravnavanih obdobjih skupno samo 169 dni (ali 36,8% dni). Razmeroma visoko je bilo število neviht, ki jim ni bilo možno ugotoviti smeri pomikanja (146 neviht ali 31,6%). Pogostost nastopanja ali približevanja neviht iz posameznih smeri prikazuje tabela.

Naša namera je bila, izdelati karto nevihtnih poti na področju SR Slovenije po podatkih iz let 1969, 1971 in 1972. Ker smo bili brez tovrstnih

skušenj, pa tudi brez literature, smo iskali ustrezno metodo. Najprej smo za vsako dominantno nevihto ugotovili smer njenega pomikanja in vrisali trajektorijo, ki pomeni smer pomikanja aktivnosti obravnavane nevihte, v osnovno karto izobront. Nato smo potnice vseh neviht istega tipa pomikanja nevihtne aktivnosti prenesli na posebno zbirno karto. Tako smo razvrstili (krajevno in časovno) posamezne tipe pomikanja nevihtne aktivnosti širom Slovenije in dobili področja koncentracije potnic nevihtne aktivnosti.

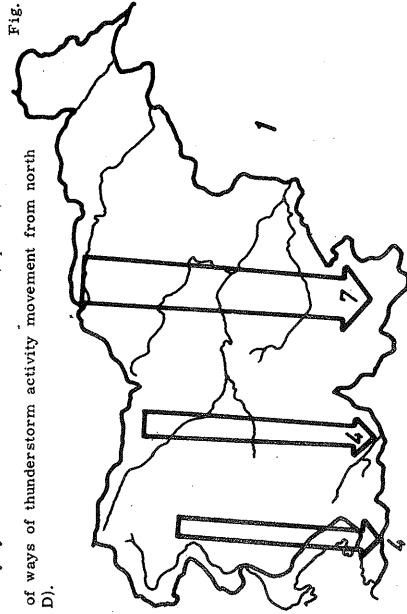
Pri obravnavanju nevihtne aktivnosti v letu 1972 smo primerjali smer pomikanja vsake nevihte s podatki o vetrovih na 850, 700 in 500 mb ploskvi najbližje radiosondažne postaje (Zagreb, Videm, Dunaj, Budimpešta) ob najbližjem terminu opazovanja (01 ali 13 ura). Ta primerjava ni dala pričakovanih rezultatov (enoletna doba je prekratka), bila je tudi zelo zamudna. Zato je nismo razširili na preostali obravnavani leti, niti vključili v pričujoča presojanja. V nadaljnjem bomo obravnavali samo smer pomikanja nevihtne aktivnosti ter na osnovi koncentracije trajektorij ugotavljali smeri gibanja nevihtne aktivnosti na področju SR Slovenije. Koncentracija najmanj treh potnic je na kartah vidna kot pas širjenja nevihtne aktivnosti. Številka v glavi puščice pomeni število potnic in na njihovi osnovi je bil konstruiran obravnavani pas gibanja nevihtne aktivnosti. Širino pasu gibanja nevihtne aktivnosti omejujeta stranski trajektoriji, dolžino pa sama dolžina trajektorij.

Od severa se je v obravnavanem obdobju gibalo 17 neviht (3,7%), katerih trajektorije so se zgostile v treh pasovih (sl. 1). Najobsežnejša je zona, ki teče v širokem pasu (med Celjem in Mozirjem) od Drave do Krke ter sega deloma še prek Gorjancev v Belo krajino. Na tem področju se je pomikalo 7 neviht tega tipa. Druga zona koncentracije trajektorij sega na severu od Storžiča do Snežnika in Ilirske Bistrice na jugu ter prečka jugozahodni del Ljubljanske kotline. Tretje področje zgostitve trajektorij gibanja nevihtne aktivnosti od severa pa sega od Komne prek Tolmina in Ajdovščine do Kopra.

Od severozahoda se je v letih 1969, 1971 in 1972 približevalo dvajset neviht. Širile so se na področju, ki ga na vzhodu omejuje črta Dravograd - Celje - Brežice, na zahodu pa črta Lig - Ajdovščina - Ilirska Bistrica. Kljub razmeroma visoki pogostosti neviht tega tipa ne opazimo izrazite koncentracije potnic (sl. 2), vendar izluščimo tri ali štiri v dinarski smeri potekajoče pasove pomikanja nevihtne aktivnosti. Najvzhodnejši pas poteka od Menine planine proti Kumu, najzahodnejši pa s Komne prek Trnovskega gozda in Hrušice na Javornik. Centralni pas premikanja nevihtne aktivnosti sega od Golnika do Ljubljane ter od Višnje gore prek Muljave v dolino Krke ter na pobočja Kočevskega Roga. Centralni pas je na naši karti pomikanja nevihtne aktivnosti tipa "E" sestavljen iz dveh pasov pomikanja nevihtne aktivnosti. Vprašanje, ali je do-

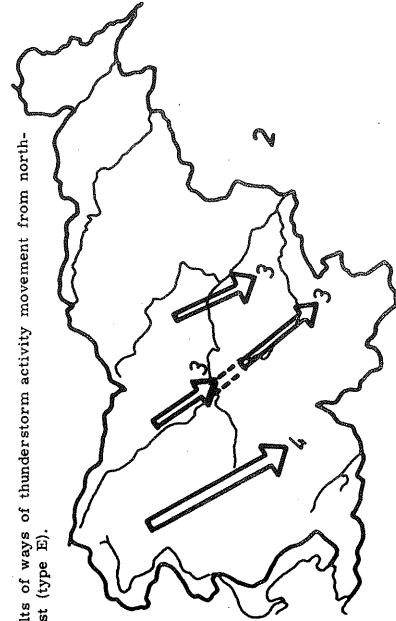
Slika 1 Pasovi širjenja nevihtne aktivnosti od severa (tip "D").

Fig. 1 Belts of ways of thunderstorm activity movement from north (type D).



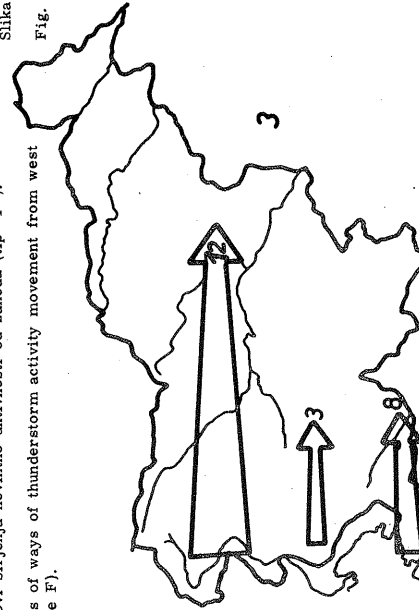
Slika 2 Pasovi širjenja nevihtne aktivnosti od severozahoda (tip "E").

Fig. 2 Belts of ways of thunderstorm activity movement from north-west (type E).



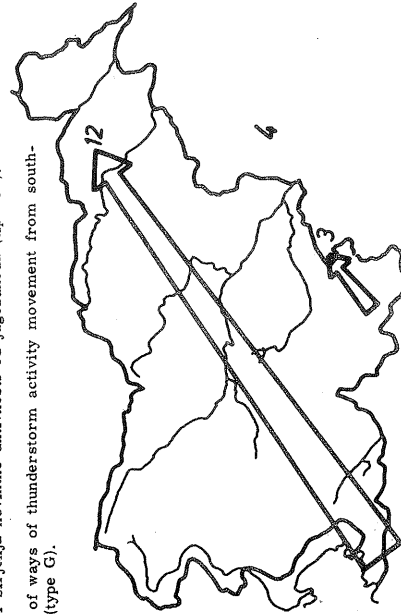
Slika 3 Pasovi širjenja nevihtne aktivnosti od zahoda (tip "F").

Fig. 3 Belts of ways of thunderstorm activity movement from west (type F).



Slika 4 Pasovi širjenja nevihtne aktivnosti od jugozahoda (tip "G").

Fig. 4 Belts of ways of thunderstorm activity movement from south-west (type G).



lenjski pas pomikanja nevihtne aktivnosti (Višnja gora - Rog) nadaljevanje gorenjskega (Golnik - Ljubljana), mora zaenkrat ostati še odprto.

Primeri od zahoda pomikajoče se nevihtne aktivnosti so bili v obravnavanem obdobju najštevilnejši (sl. 3). Našteli so kar 29 neviht (6,3%). Pretežni del teh neviht, 12 po številu, se je gibalo prek Slovenije v pasu, ki ga na severu omejuje črta Bovec - Celje, na jugu pa Lig - Laško. Nevihte so nastajale nad zahodnim delom tega pasu, še na teritoriju SR Slovenije, ali pa prihajale iz Italije pred državne meje. Njihova aktivnost je v glavnem ugašala na področju med Ljubljano in Laškim. Če je katera izmed 12 neviht, ki so se gibale po tej zoni dosegla in prestopila Sotlo, ne moremo ugotoviti iz naših podatkov.

Naslednja, številčno močna skupina neviht (8) se je pomikala od obale med Koprom in Piranom proti vzhodu in je v predelu med Brkini (na severu) in Čičarijo (na jugu) segala v podolje Reke pri Ilirski Bistrici.

Tretje področje gibanja neviht tega tipa nakazuje koncentracija potnic (3) na področju od Nove Gorice prek Ajdovščine in naprej proti Javorniku.

Preostale nevihte tega tipa so nastopile posamično (Suha krajina, Pohorje), zato na teh področjih ni koncentracije potnic, ki bi iz njih lahko sklepali na "pasove pomikanja nevihtne aktivnosti".

Iz razporeditve potnic neviht, ki so se pomikale od jugozahoda (sl. 4) sklepamo, da se je glavnina aktivnosti (12) neviht pomikala v razmeroma ozkem pasu od obale med Koprom in Piranom prek Postojne, Višnje gore in Celja proti Mariboru in še naprej nad Slovenske Gorice, kamor so dospele že zelo oslABLJENE.

Manjšo koncentracijo potnic (3) pomikanja nevihtne aktivnosti od jugozahoda opazamo na vzhodnem obrobju Gorjancev, na trikotniku med Mirno goro, Črnomljem in Suhorjem.

Gibanje nevihtne aktivnosti tega tipa ne zasledimo na Gorenjskem in v Prekmurju.

Primerov pomikanja nevihtne aktivnosti z juga (sl. 5) je bilo v obravnavanih letih skupno 19. Večjo koncentracijo trajektorij aktivnosti teh neviht opazamo v primorskem delu Slovenije. Nevihtna aktivnost, ki se je - tako domnevamo - približevala iz zahodnega dela hrvaške Istre prek republiške meje, se je v širokem pasu (med Koprom in Ilirsko Bistrico) pomikala naprej proti severu (sl. 5). Segala je nekako do črte Ajdovščina - Postojna, t.j. na južne obronke Trnovskega gozda in Nanosa, kjer je njena aktivnost ugašala. Od tod je segal ozek pas prek Hrušice daleč proti severu, skoraj do Jelovice. Po tej poti se je pomikala aktivnost

treh neviht.

Med Mozirjem in Ravnami ali Dravogradom je manjša koncentracija potnic (3) nevihtne aktivnosti tega tipa.

Posamično so se sicer pojavljale še drugod nevihte, katerih aktivnost se je pomikala proti severu (Vinica, Višnja gora, Bohor, Rogaška Slatina), vendar je bilo pojavljanje aktivnosti teh neviht preredko (samo po enkrat v obravnavanem obdobju), da bi lahko sklepali na "nevihtno pot".

Neviht, katerih aktivnost je bila usmerjena proti zahodu (sl. 6), smo v obravnavanem obdobju ugotovili trinajst. Samo ena se je pomikala od Slovenskih Goric prek Maribora in Pohorja proti zahodu. Druge so bile razporejene brez izrazite koncentracije potnic v zahodnem delu Slovenije (razen v Primorju).

Med Ilirsko Bistrico in Koprom so se gibale štiri nevihte. Njihove potnice potekajo po istem pasu kot trajektorije neviht tipa "F", t.j. neviht, katerih aktivnost je usmerjena proti vzhodu. Razlika je samo v pogostosti pojavljanja nevihtne aktivnosti posameznih tipov.

Preostale nevihte tega tipa (6) so se pomikale v širokem pasu med Bovcem in Ajdovščino. Nastajale so ob pobočjih Komne, Krna, Banjščice, Trnovskega gozda in Nanosa ter se pomikale prek Soče. Kje je njihova aktivnost ugašala, nam naši podatki ne povejo.

V dominantni smeri gibanja nevihtne aktivnosti od severovzhoda (sl. 7) je bilo ugotovljenih vsega 11 neviht. Po številu neviht je ta tip najskromnejši. Posamezne nevihte so se pojavljale skoraj po vsej Sloveniji. Vendar zaradi majhnega števila neviht tega tipa ni nikjer izrazite koncentracije potnic.

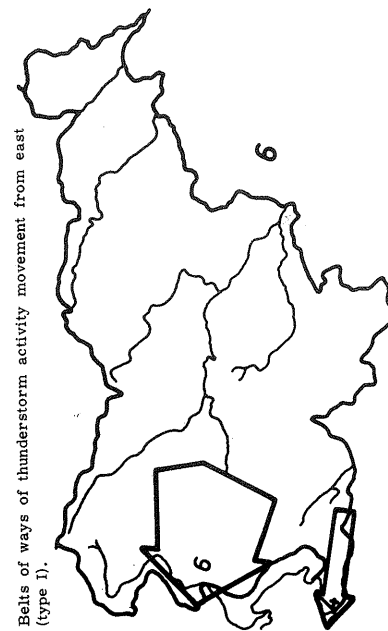
Za neizrazito smer pomikanje nevihtne aktivnosti lahko velja ca. 20 km širok pas med Dravogradom in Ajdovščino. Po njem so se gibale štiri nevihte.

Drugo še skromnejše področje nevihtne aktivnosti je med Mursko Soboto in Ptujem. Po njem so se gibale tri nevihte, ki so nastale v okolici Murske Sobote in se pomikale proti jugozahodu, vendar ne po strogo isti poti. Njih trajektorije so se pahljačasto razhajale, tako da je področje prenehanja nevihtne aktivnosti segalo od Maribora do Halož.

Za obravnavanje nam preostane še gibanje nevihtne aktivnosti od jugovzhoda (sl. 8). Skupno je bilo ugotovljenih 12 primerov tega tipa. Od tega so se štiri pomikale po področju, ki ga omejuje Sava med Zidanim mostom in Brežicami ter tok Drave na teritoriju SR Slovenije. Preostalih osem pa se je gibalo po ca. 30 km širokem pasu od Ilirske Bistrice in Babnega polja, prek Postojne in Ajdovščine do Bovca. V tem pasu so

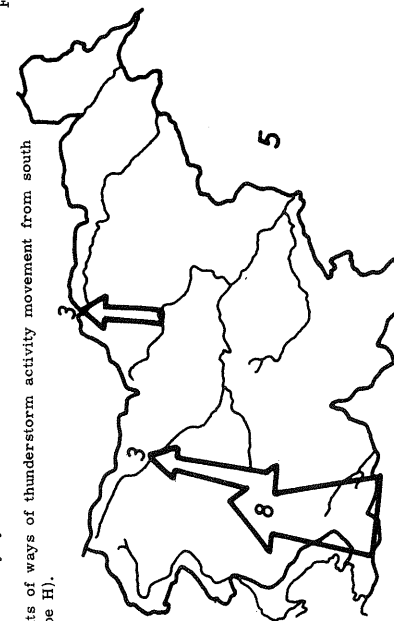
Slika 6 Pasovi širjenja nevihtne aktivnosti od vzhoda (tip "I").

Fig. 6 Belts of ways of thunderstorm activity movement from east (type I).



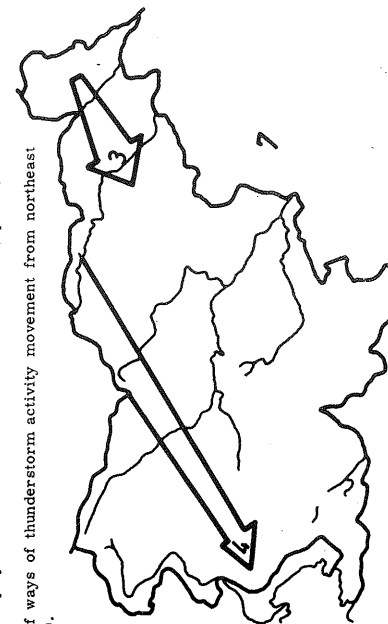
Slika 5 Pasovi širjenja nevihtne aktivnosti od juga (tip "H").

Fig. 5 Belts of ways of thunderstorm activity movement from south (type H).



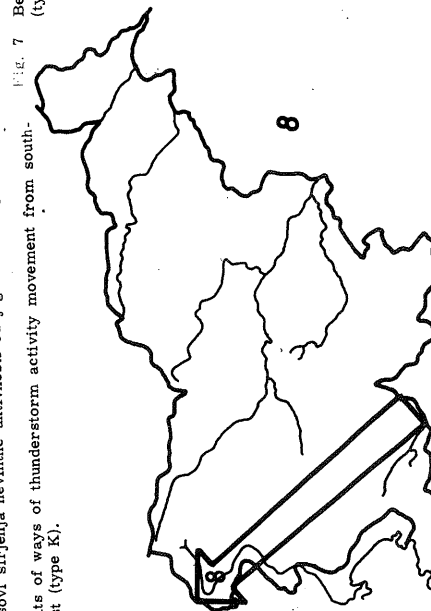
Slika 7 Pasovi širjenja nevihtne aktivnosti od severovzhoda (tip "J").

Fig. 7 Belts of ways of thunderstorm activity movement from northeast (type J).



Slika 8 Pasovi širjenja nevihtne aktivnosti od jugovzhoda (tip "K").

Fig. 8 Belts of ways of thunderstorm activity movement from south-east (type K).



nevihte nastajale, se pomikale in slabele (sl. 8).

Če bi vse rezultante potnic širjenja nevihtne aktivnosti, ki smo jih prikazali v slikah 1 - 8, vnesli v eno karto, lahko bi jo imenovali karto rezultatant potnic gibanja nevihtne aktivnosti, bi dobili docela nepregledno sliko. Rezultante potnic gibanja nevihtne aktivnosti se med seboj prekrivajo ter sekajo in si nasprotujejo v smeri pomikanja. Zato si oglejmo pasove nasprotno usmerjenih pomikanj nevihtne aktivnosti. Med seboj bomo primerjali naslednje pare tipov gibanja nevihtne aktivnosti:

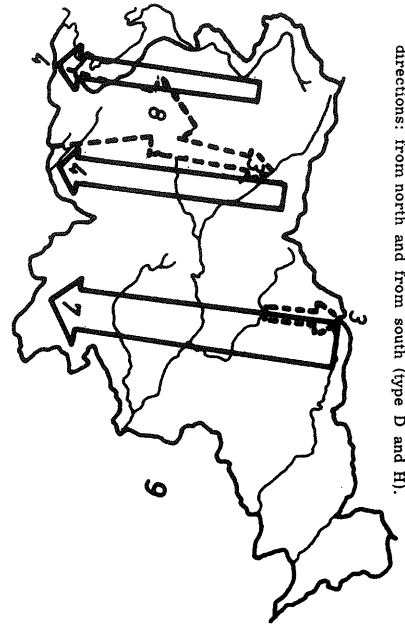
- tipa "D": "H" (sl. 9)
- tipa "E": "K" (sl. 10)
- tipa "F": "I" (sl. 11)
- tipa "G": "J" (sl. 12)

Če primerjamo para tipa pomikanja nevihtne aktivnosti "D" in "H" (sl. 9), - po prvem se približuje nevihtna aktivnost od severa, po drugem od juga - ugotovimo, da se na področju med Mozirjem in Dravogradom oba tipa delno prekrivata. Podobno delno prekrivanje imamo v zahodnem delu Slovenije na področju med Kopro in Ajdovščino. Tamkaj se prekrivata pasova gibanja nevihtne aktivnosti, ki prihaja od severa, od Trnovskega gozda s tistim, ki se giblje od hrvaškega dela zahodne Istre (sl. 9).

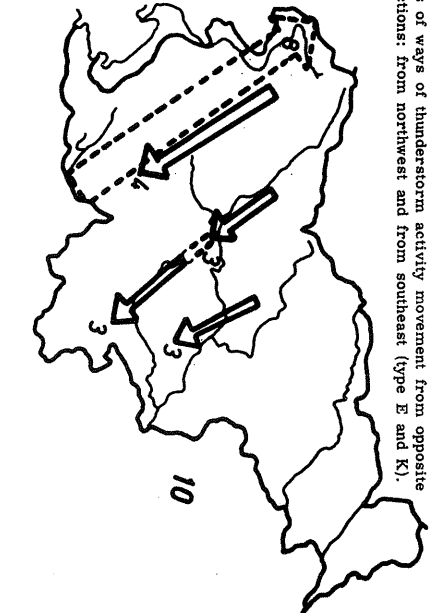
Pri primerjanju rezultatant pomikanja nevihtne aktivnosti od severozahoda (tip "E") in jugovzhoda (tip "K") ugotovimo, da se v zahodnem delu Slovenije, nad Banjščico, Trnovskim gozdom, Nanosom in Brkini oba tipa gibanja nevihtne aktivnosti prekrivata. Drugod po Sloveniji je nastopal samo en tip "E", zato ni prekrivanja.

Primerjava pasov gibanja nevihtne aktivnosti od zahoda (tip "F") z gibanjem od vzhoda (tip "I") ponovno pokaže koncentriranost aktivnosti obeh tipov-v zahodnem delu Slovenije. Pri primerjavi posameznih pasov, če gremo od severa proti jugu, vidimo, da se pasova v severnem delu le delno prekrivata, v centralnem delu, med Ajdovščino in Postojno se pasova v ozkem pasu prekrivata, v južnem delu, med Kopro in Ilirsko Bistrico pa je prekrivanje idealno.

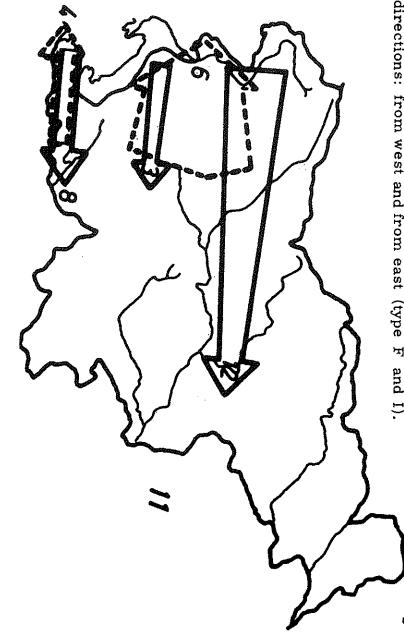
Pri gibanju nevihtne aktivnosti od jugozahoda (tip "G") in od severovzhoda (tip "J") se pasovi gibanja nevihtne aktivnosti ne prekrivajo, razen v trikotu Maribor - Ptuj - Pragersko. Pa še to področje je pravzaprav samo stičišče aktivnosti neviht, ki se prek Slovenskih Goric pomikajo na Dravsko polje, ali tistih, ki na svoji poti od Kopra prečkajo Slovenijo in ugašajo na Dravskem polju.



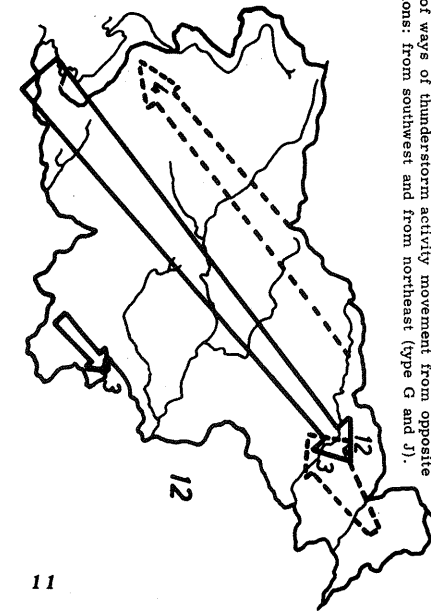
Slika 9 Pasovi širjenja nevihtne aktivnosti iz nasprotnih smeri: od severa in od juga (tip "D" in "H").
Fig. 9 Belts of ways of thunderstorm activity movement from opposite directions: from north and from south (type D and H).



Slika 10 Pasovi širjenja nevihtne aktivnosti iz nasprotnih smeri: od severozahoda in jugovzhoda (tip "E" in "K").
Fig. 10 Belts of ways of thunderstorm activity movement from opposite directions: from northwest and from southeast (type E and K).



Slika 11 Pasovi širjenja nevihtne aktivnosti iz nasprotnih smeri: od zahoda in vzhoda (tip "F" in "I").
Fig. 11 Belts of ways of thunderstorm activity movement from opposite directions: from west and from east (type F and I).



Slika 12 Pasovi širjenja nevihtne aktivnosti iz nasprotnih smeri: od jugozahoda in severovzhoda (tip "G" in "J").
Fig. 12 Belts of ways of thunderstorm activity movement from opposite directions: from southwest and from northeast (type G and J).

Pri analizi osnovnih dnevnih nevihtnih kart smo imeli v goratih področjih Slovenije precejšnje težave z ugotavljanjem poteka posameznih izobront začetka neviht. Vzrok temu sta razmeroma redka mreža meteor. opazovalnic v gorah, n.pr. v Triglavskem pogorju ter zelo razgiban relief, ki pravitako vpliva na širjenje nevihtnih aktivnosti.

Iz poteka pasov gibanja nevihtne aktivnosti (sl. 1 - 12) sklepamo da je nad nekaterimi področji Slovenije nevihtna aktivnost kanalizirana. Vezana je ali na rečne doline ali na pobočja gorskih grebenov.

Za primer vzamemo gibanje nevihtne aktivnosti po tipu "E" po dolini Save od Radovljice do Ljubljane ter nadaljevanje (zveza je samo domnevna) po dolini Krke prek Dolenjskih Toplic na pobočje Gorjancev, kjer nevihte ugašajo.

Podobne razmere najdemo na področju med Tolminom, Postojno in Ilirsko Bistrico. Nevihtna aktivnost se na tem področju pomika v dveh nasprotnih smereh: od severozahoda in od jugovzhoda. Nevihte po tipu "E" se gibljejo po ožjem področju, ki obsega dolino Idrijce ter severna pobočja Banjščice, Trnovskega gozda, Nanosa in Hrušice. Nevihte, ki se gibljejo v nasprotni smeri (tip "K") pa poleg tega, da popolnoma prekrievajo zgoraj opisano področje, zavzemajo znatno obsežnejši areal. Leta sega od Ilirske Bistrice in Nanosa prek Postojne do Tolmina. Na zahodu sega aktivnost neviht tega tipa še prek grebenov na južna pobočja Nanosa, Trnovskega gozda in Banjske planote.

Posebno pozornost zasluži nevihtna aktivnost med obalnim pasom (Piran - Koper) in Ilirsko Bistrico. Nevihte, ki nastajajo v obalnem pasu se pomikajo proti vzhodu po dolinah Rižane in Dragonje ter nato med Slavnikom in Brkini dosežajo Snežnik nad Ilirsko Bistrico. Po istem pasu se gibljejo nevihte tudi v nasprotni smeri. Pogostost neviht tipa "F" je večja od neviht tipa "I". To področje lahko imamo za izraziti pas širjenja nevihtne aktivnosti.

Verjetno bi z obravnavanjem daljšega časovnega obdobja dobili popolnejšo sliko "smeri širjenja nevihtnih aktivnosti". Pri tem bi kazalo tovrstno raziskavo razširiti na celo leto, obravnavo pa deliti po letnih časih.

LITERATURA

- /1/ Borko M.: Waermegewitter im slowenischen Alpengebiet - VI. internationale Tagung fuer alpine Meteorologie - Bled, Jugoslawien 14. - 16. September 1960, Beograd 1962;

- /2/ Borko M.: Nekaj ugotovitev v zvezi s pojavom neviht na Brniku - Razprave-Papers X., Društvo meteorologov Slovenije, Ljubljana 1968,
- /3/ Borko M.: Prispevek k prognoziranju neviht - Razprave-Papers XIV., Društvo meteorologov Slovenije, Ljubljana 1972;
- /4/ Pristov J.: Uporabnost labilnostnih faktorjev za prognozo neviht in toče v Sloveniji - Razprave-Papers XII., Društvo meteorologov Slovenije, Ljubljana 1970;
- /5/ Pristov J.: Objektivni kriteriji za prognozo neviht in toče - Razprave-Papers XIV., Društvo meteorologov Slovenije, Ljubljana 1972;
- /6/ Trontelj M.: Prognoza neviht nad Slovenijo s pomočjo empiričnih parametrov - Razprave-Papers XII., Društvo meteorologov Slovenije, Ljubljana 1970;
- /7/ Žitnik V.: Aplikacija Whitingove metode za prognoziranje neviht za alpsko področje Slovenije - Razprave-Papers VI., Društvo meteorologov Slovenije, Ljubljana 1965;
- /8/ Weissbacher B.: Gibanje nevihtnih področij in intenzivnost padavin odvisnih od višinskih vetrov nad Slovenijo - Razprave-Papers XIII., Društvo meteorologov Slovenije, Ljubljana 1971;
- /9/ Žitnik L., Weissbacher B.: Analiza neviht in padavin v smislu gibanja nevihtne aktivnosti za Slovenijo v letu 1971 - Meteorološko poročilo o obrambi pred točo v Sloveniji za leto 1971 - Hidrometeorološki zavod SR Slovenije, Ljubljana 1972;
- /10/ Borko M., Vida M.: Sinoptična obdelava nevihtnih razmer - Meteorološko poročilo o obrambi pred točo v Sloveniji za leto 1971 - Hidrometeorološki zavod, Ljubljana 1972;
- /11/ Petkovšek Z.: Nevihtna karta in nevihtna pogostost v Sloveniji za dobo 1951 - 1960 - Razprave-Papers VII., Društvo meteorologov Slovenije, Ljubljana 1966.

OCENA VPLIVA SREBROVEGA JODIDA NA NEVIHTNE OBLAKE
ESTIMATION OF SILVER JODIDE INFLUENCE ON THUNDERSTORM
CLOUDS

551.509.616

BRANKO WEISSBACHER

Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY:

In the year 1970 a modern hail protection system was initiated in the northeastern part of Slovenia. Hail protection headquarter, situated in the middle of the protected area, has at its disposal two radars which were used for measurements of thunderstorm clouds parameters.

Radar echoes of thunderstorm clouds were drawn on the map of the area. We clustered together radar echoes obtained from one cloud during the observation period. In this way thunderstorm cloud chains were formed, the links being measurements of the same cloud at different times. Thunderstorm cloud chains were determined by the computer as well.

For the study we chose 58 thunderstorm cloud chains determined by both methods: graphical and by computer. Figs. 1 - 8 are giving the following parameters of thunderstorm cloud chains viz. top of the cloud (Hv) top of accumulation zone (Hvz), volume of the cloud (V) at different times having the temperature below 0° C. Number of rockets fired into the thunderstorm cloud chain and observations of hail - if any - are added as well.

We tried to estimate the influence of the silver jodide particles on thunderstorm clouds in the following way: we studied the changes of the first three mentioned parameters with time. Development of a cloud is much influenced by lability of the atmosphere and soil surface configuration. Therefore it is hard to determine how strong is the influence of silver jodide particles on cumulonimbus cloud. But in spite of that, we obtain some general statements. From diagrams (figs. 1 - 8) it can be seen that the values of parameters were diminished after rockets were fired into the clouds, but later on they increased again in some cases. Such a course was repeated until the thunderstorm cloud was disintegrated or it left the protected area. Development of thunderstorm cloud

was more intense and variations of parameter values were larger at those clouds which were fired by rockets than at nonfired ones.

In this study also some basic causes of strong hail, which was observed at one day in spite of intense protection action, are estimated.

UVOD

Leta 1970 se je začela na področju sedmih občin v severovzhodni Sloveniji sodobna obramba pred točo, ki obsega 256 000 ha ozemlja. Na tem ozemlju je razporejenih okoli 90 strelcev /1/. Vodstvo obrambe je nameščeno sredi obrambnega območja in razpolaga z dvema radarjema, s katerima ob nevihtnih dneh merijo različne parametre nevihtnih oblakov, ki so osnova za določanje kriterijev za streljanje raket v nevihtne oblake /2/.

Način obrambe pred točo smo privzeli po obrambi v Sovjetski zvezi in ga prilagodili našim razmeram in možnostim. Ta sistem obrambe so uvedli tudi v Srbiji, na Hrvaškem in v Makedoniji /3/. Ker deluje obramba pred točo šele nekaj let, je na razpolago le malo obdelav. V tem prispevku smo skušali oceniti vpliv kondenzacijskih jeder srebrovega jodida na razvoj nevihtnih oblakov.

Pri nevihtnem oblaku ločimo štiri osnovne faze: fazo nastanka, fazo razvoja, fazo dozorelosti in izločanja padavin in fazo razpada /3/. Nevihtni oblaki se gibljejo v smeri višinskih vetrov, nastajajo pa v smeri prodora hladnega zraka oz. labilizacije zračne mase. Tako lahko nastajajo nevihtni oblaki na različnih področjih, se gibljejo, ter se med seboj spajajo in razpadajo /4,5/. Ker nanje močno vpliva tudi razgibanost tal, je precej težko oceniti kakšen je vpliv srebrovega jodida na razvoj, obstoj in razpad nevihtnih oblakov.

PODATKI IN METODA

Radarske odraze nevihtnih oblakov v letu 1972 smo izrisali na zemljevide obrambnega območja. Povezali smo tiste radarske odraze, ki predstavljajo posamezne meritve istega oblaka. Tako smo dobili grafično časovne verige, katere členi predstavljajo posamezne meritve različnih parametrov istega oblaka ob nekem času. Nevihtne verige smo določili na dva načina: grafično in z obdelavo na elektronskem računalniku /6/. Izbrali smo 58 verig, ki se skladajo na oba načina obdelav. V diagrame smo vnesli naslednje parametre iz radarskih meritev za posamezne verige: vrh oblaka Hv, vrh zone akumulacije H_{vz} in volumen V posameznih oblakov v verigi nad ničelno izotermo. V diagrame smo vnesli tudi

število izstreljenih raket in pojav toče ob določenem času. Vpliv srebrovega jodida na nevihtne oblake smo skušali oceniti tako, da smo proučili spremembe vseh treh navedenih parametrov s časom.

Iz 58 verig smo jih izbrali osem, ki po naši oceni najbolje prikazujejo ugotovitve naše obdelave. Vnesli smo jih v slike od 1 do 8.

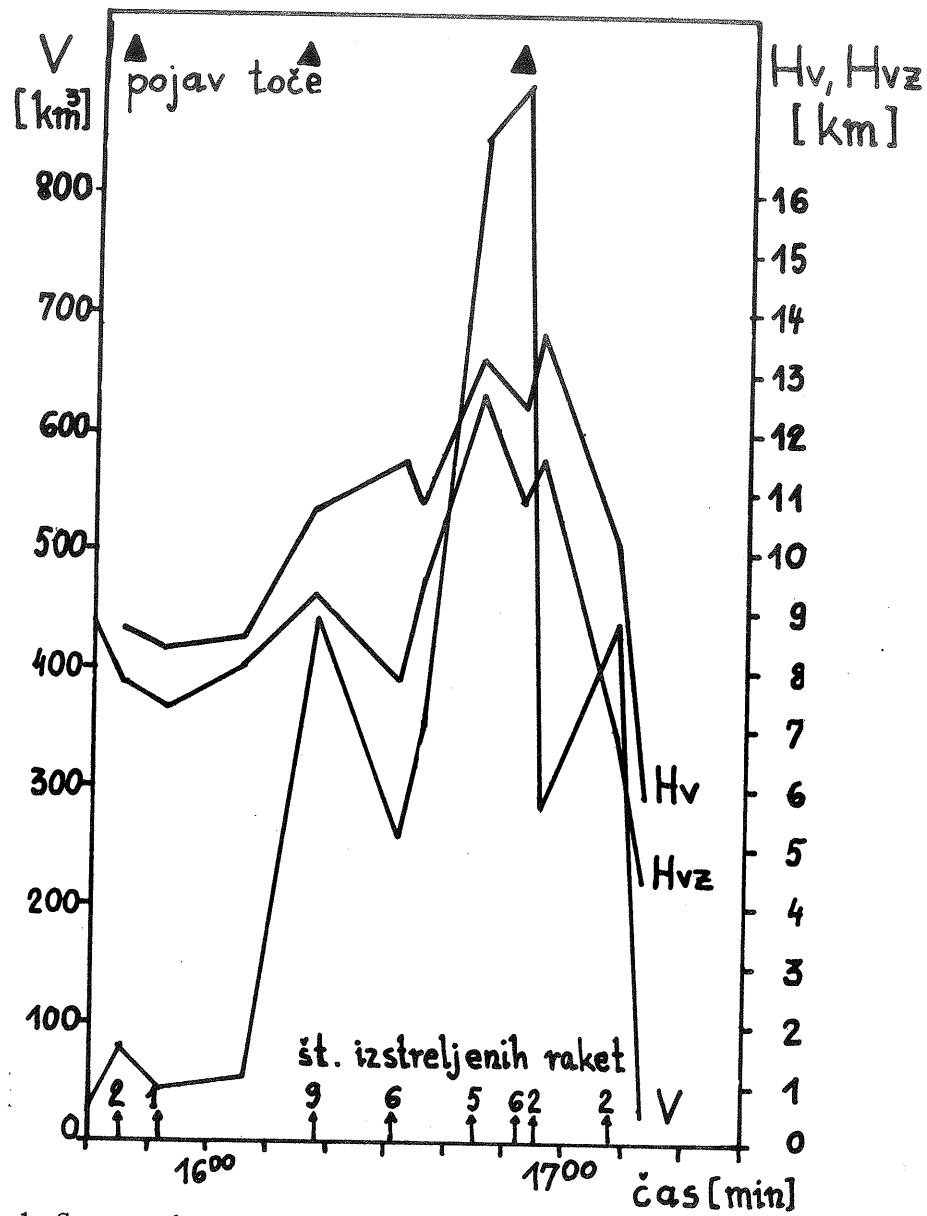
PREGLED IZBRANIH PRIMEROV

Na sliki 1 so vrisani parametri H_{vz}, Hv in V v nevihtni verigi z dne 17.7.1972 med 15⁴⁰ in 17³⁰. Okoli 15⁵⁰ ure so bile izstreljene v nevihtni oblak tri rakete in vrednost vseh treh parametrov se je znižala. Po 16⁰⁵ uri so se parametri močno zvišali in v oblak je bilo izstreljenih še 15 raket. Parametri so se le nekoliko zmanjšali, nato pa so se ponovno močno povečali. Po izstrelitvi še 15 raket je oblak po 17. uri dokončno razpadel. Okoli 16. ure se je pri tej nevihtni verigi pojavila tudi toča, kar se ujema s povečanjem parametrov ob istem času. Med 16⁴⁵ in 16⁵⁵ uro se je pojavila kratkotrajno močna toča, kar se ujema s fazo največjega razvoja vseh treh parametrov. V tem času so bile najvišje vrednosti vrha zone akumulacije okoli 10 km, vrha oblaka pa okoli 13 km, volumen oblačne celice pri negativnih temperaturah pa je bil okoli 850 km³. Ker dosežejo rakete višino največ 4 km, kondenzacijska jedra srebrovega jodida niso neposredno dosegla zono akumulacije, zato niso v zadostni meri vplivala na nastanek in razvoj toče.

Slika 2 prikazuje novo verigo dne 17.7.1972 med 17. in 18. uro. Po izstrelitvi 10 raket so se v začetku parametri močno znižali, nato sta pričela parametra Hv in H_{vz} ponovno rasti. Po izstrelitvi še štirih raket je oblak dokončno razpadel. Pri tej verigi se je pojavila slaba toča manjšega premera. Vrh zone akumulacije je dosegel višino med 5 in 6 km, tako da je srebrov jodid že dosegel zono akumulacije. Volumen nevihtnega oblaka pri negativnih temperaturah je od začetne vrednosti 200 km³ naglo padel na vrednost 40 km³.

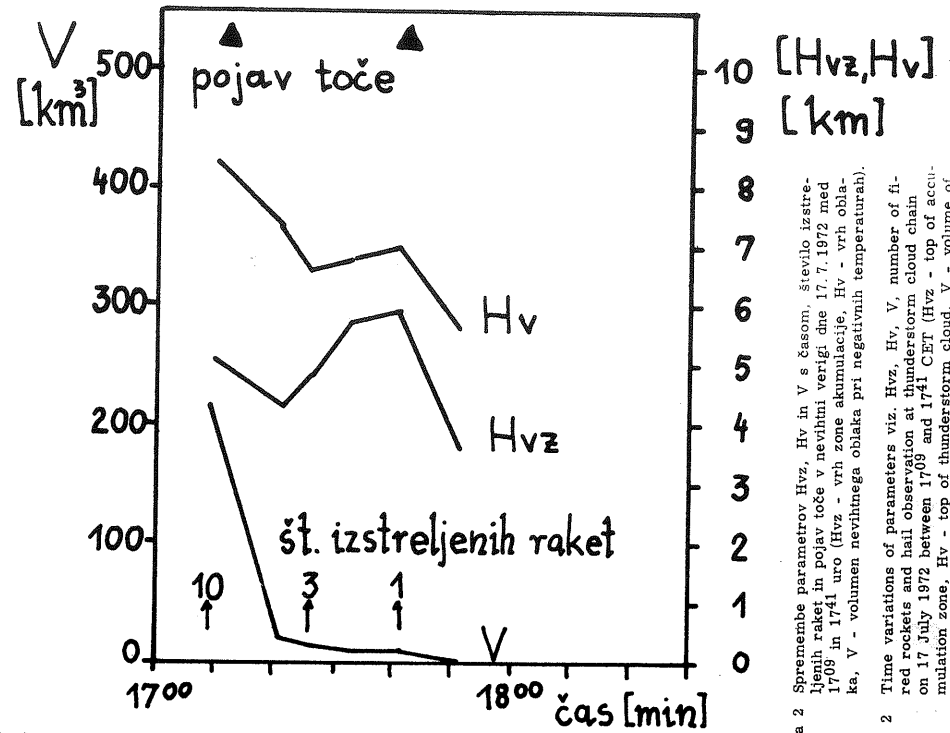
Slika 3 prikazuje postopno znižanje vseh treh parametrov ob izstrelitvi 11 raket v eni uri v nevihtno verigo dne 29.7.1972. Toča s srednjo jakostjo se je pojavila le v začetku, ko so bili parametri H_{vz}, Hv in V največji.

Slika 4 prikazuje nevihtno verigo med 16. in 18. uro 30.7.1972. Štiri rakete so bile izstreljene ob 17³⁵, nato so se začeli vsi trije parametri naglo manjšati. Pri tej verigi lahko opazimo, da je bil razvoj precej enakomeren, le v začetku so bila izrazitejša nihanja vrednosti parametrov.



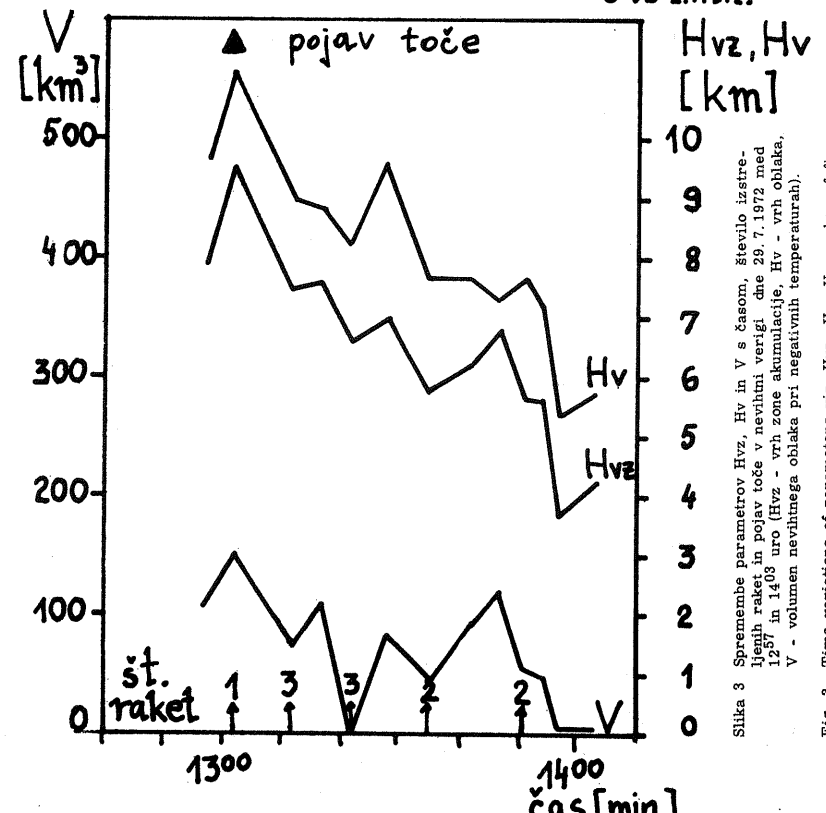
Slika 1 Spremembe parametrov Hvz, Hv in V s časom, število izstreljenih raket in pojav toče v nevihtni verigi dne 17.7.1972 med 15⁴⁰ in 17¹³ uro (Hvz - vrh zone akumulacije, Hv - vrh nevihtnega oblaka, V - volumen nevihtnega oblaka pri negativnih temperaturah).

Fig. 1 Time variations of parameters viz. Hvz, Hv, V, number of fired rockets and hail observation at thunderstorm cloud chain on 17 July 1972 between 15⁴⁰ and 17¹³ CET (Hvz - top of accumulation zone, Hv - top of thunderstorm cloud, V - volume of thunderstorm cloud at temperatures below 0° C).



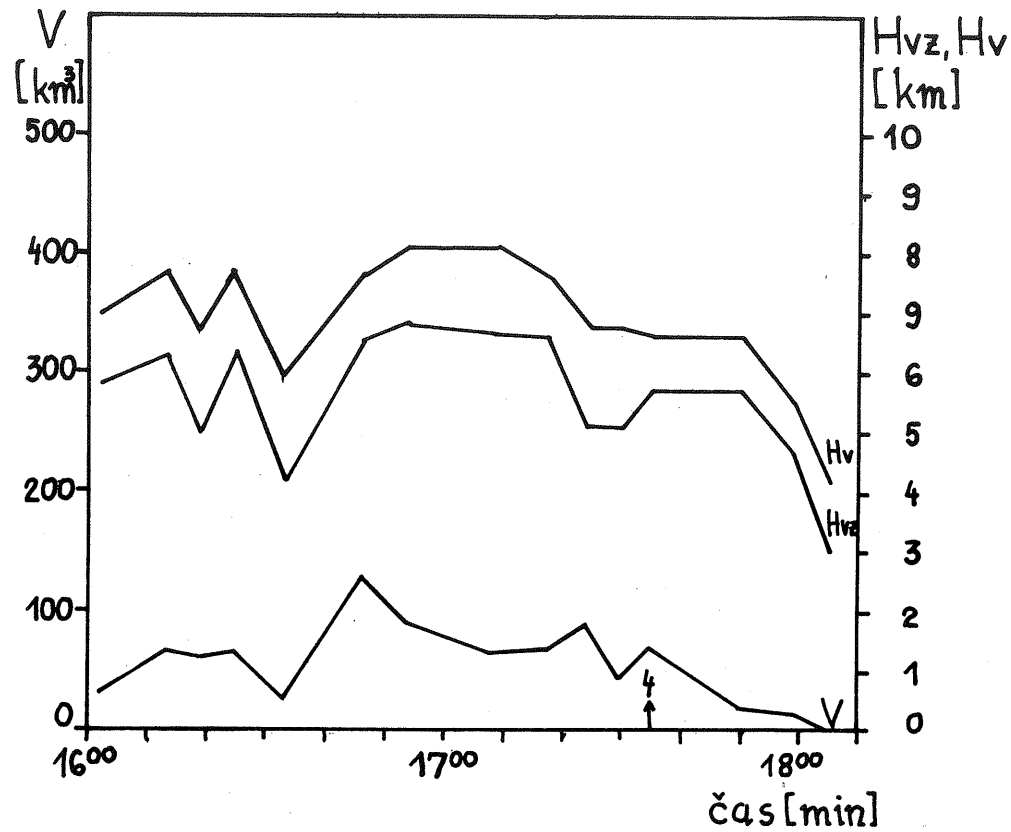
Slika 2 Spremembe parametrov Hvz, Hv in V s časom, število izstreljenih raket in pojav toče v nevihtni verigi dne 17.7.1972 med 17⁰⁰ in 17⁴¹ uro (Hvz - vrh zone akumulacije, Hv - vrh oblaka, V - volumen nevihtnega oblaka pri negativnih temperaturah).

Fig. 2 Time variations of parameters viz. Hvz, Hv, V, number of fired rockets and hail observation at thunderstorm cloud chain on 17 July 1972 between 17⁰⁰ and 17⁴¹ CET (Hvz - top of accumulation zone, Hv - top of thunderstorm cloud, V - volume of thunderstorm cloud at temperatures below 0° C).



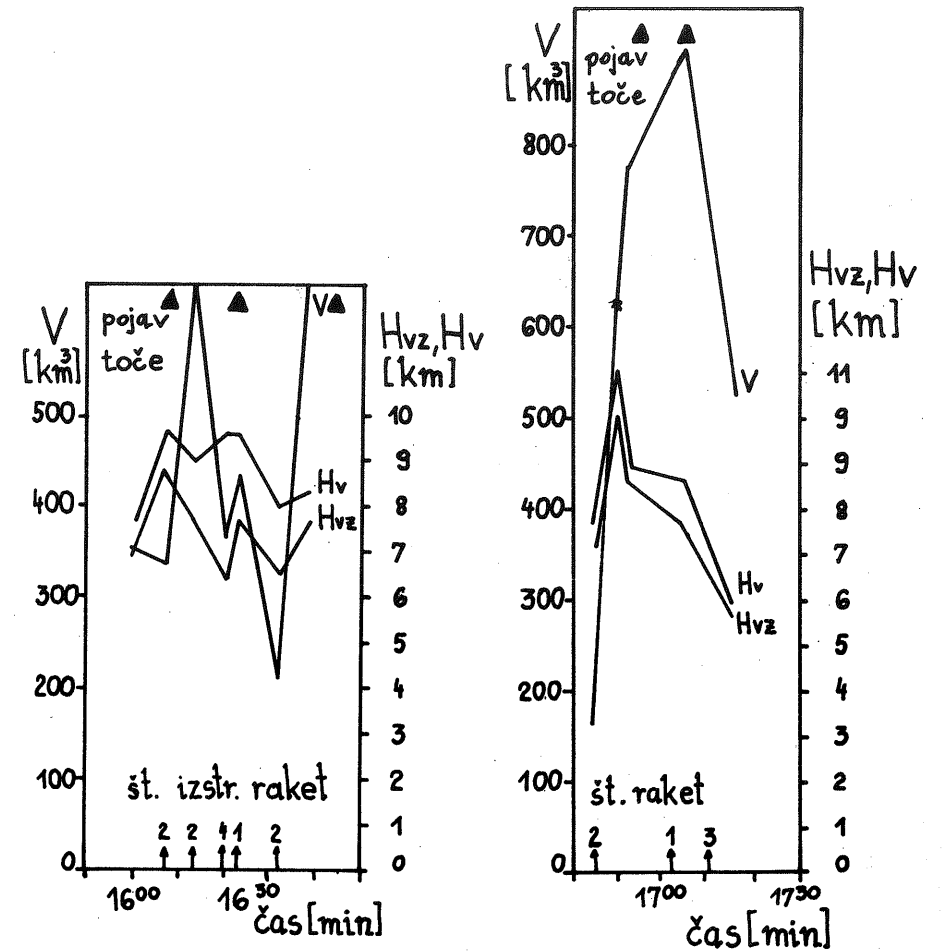
Slika 3 Spremembe parametrov Hvz, Hv in V s časom, število izstreljenih raket in pojav toče v nevihtni verigi dne 29.7.1972 med 12⁵⁷ in 14⁰³ uro (Hvz - vrh zone akumulacije, Hv - vrh oblaka, V - volumen nevihtnega oblaka pri negativnih temperaturah).

Fig. 3 Time variations of parameters viz. Hvz, Hv, V, number of fired rockets and hail observation at thunderstorm cloud chain on 29 July 1972 between 12⁵⁷ and 14⁰³ CET (Hvz - top of accumulation zone, Hv - top of thunderstorm cloud, V - volume of thunderstorm cloud at temperatures below 0° C).



Slika 4 Spremembe parametrov Hvz, Hv in V s časom in število izstreljenih raket v nevihtni verigi dne 30.7.1972 med 16⁰² in 18⁰⁵ uro (Hvz - vrh zone akumulacije, Hv - vrh nevihtnega oblaka, V - volumen nevihtnega oblaka pri negativnih temperaturah).

Fig. 4 Time variations of parameters viz. Hvz, Hv, V, number of fired rockets at thunderstorm cloud chain on 30 July 1972 between 16⁰² and 18⁰⁵ CET (Hvz - top of accumulation zone, Hv - top of thunderstorm cloud, V - volume of thunderstorm cloud at temperatures below 0° C).



Slika 5 Spremembe parametrov Hvz, Hv in V s časom, število izstreljenih raket in pojav toče v nevihtni verigi dne 1.8.1972 med 16³⁹ in 16³⁹ uro (Hvz - vrh zone akumulacije, Hv - vrh nevihtnega oblaka, V - volumen nevihtnega oblaka pri negativnih temperaturah).

Fig. 5 Time variations of parameters viz. Hvz, Hv, V, number of fired rockets and hail observation at thunderstorm cloud chain on 1 August 1972 between 16³⁹ and 16³⁹ CET (Hvz - top of accumulation zone, Hv - top of thunderstorm cloud, V - volume of thunderstorm cloud at temperatures below 0° C).

Slika 6 Spremembe parametrov Hvz, Hv, V s časom, število izstreljenih raket in pojav toče v nevihtni verigi dne 1.8.1972 med 16⁴⁵ in 17¹⁵ uro (Hvz - vrh zone akumulacije, Hv - vrh nevihtnega oblaka, V - volumen nevihtnega oblaka pri negativnih temperaturah).

Fig. 6 Time variations of parameters viz. Hvz, Hv, V, number of fired rockets and hail observation at thunderstorm cloud chain on 1 August 1972 between 16⁴⁵ and 17¹⁵ CET (Hvz - top of accumulation zone, Hv - top of thunderstorm cloud, V - volume of thunderstorm cloud at temperatures below 0° C).

1. avgusta 1972 so bile med 15. in 19. uro na severni polovici branjenega področja močne nevihte, ki jih je povzročil prodor hladnega zraka od severozahoda ob jugozahodnih višinskih vetrovih. Zaradi močne labilizacije zračne mase so naglo nastajali nevihtni oblaki in kmalu zajeli vso severno polovico branjenega področja. Ker je advekcija hladnega zraka zajela tudi višje zračne plasti, so nevihtni oblaki dosegli višine prek 10 km, višine zone akumulacije pa prek 8 km. Tako se je kljub 98 izstreljenim raketam pojavila toča po vsem področju. Sliki 5 in 6 prikazujeta potek parametrov dveh nevihtnih verig v tem dnevu. Posamezne oblačne celice so potovale proti severozahodu, parametri pa so dosegli visoke vrednosti, posebno V, ki je bil med 300 in 900 km³.

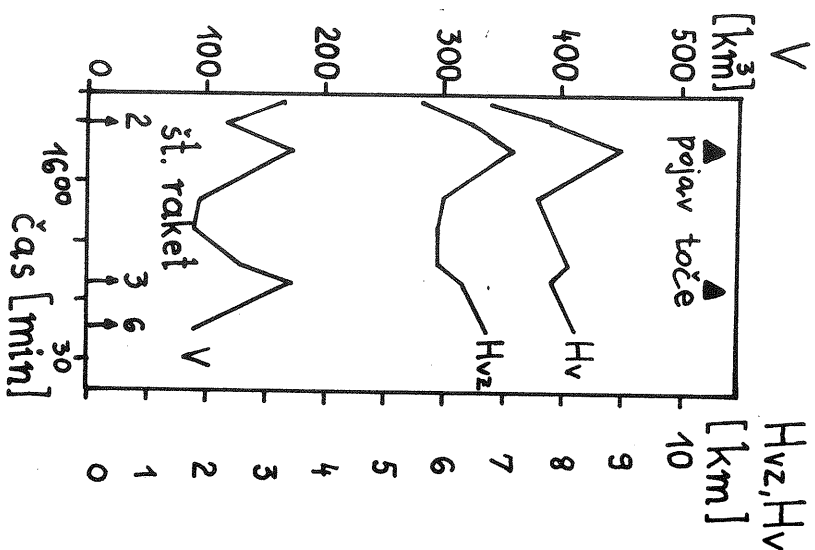
2. avgusta 1972 sta potovala dva nevihtna oblaka prek branjenega področja. Na slikah 7 in 8 se lepo vidi potek vseh treh parametrov H_{vz}, H_v in V v obeh verigah. Na obeh slikah lahko opazimo dva maksimuma vrednosti parametrov. Na diagramu 7 so parametri dosegli prvi maksimum ob 15⁵⁵, hkrati je bila zabeležena tudi slaba toča. Po zmanjšanju vseh parametrov, se je nevihtni oblak začel ponovno razvijati in parametri so začeli naraščati. Med 16¹⁵ in 16²⁵ uro je bilo izstreljenih v to nevihtno verigo 9 raket in zabeležena je bila slaba toča. Nadaljnih radarskih meritev ni bilo, ker je nevihtni oblak zapustil branjeno področje.

Na sliki 8 lahko vidimo, da so parametri dosegli prvi maksimum 12 minut po začetku merjenja. Med 17⁵² in 16¹⁰ je bilo izstreljenih 8 raket in parametri so se izrazito znižali. Slaba toča se je pojavila pri enem strelcu le v začetku nevihtne verige pri visokih vrednostih parametrov. Naslednji maksimum je bil izmerjen ob 16²⁷, v nevihtni oblak sta bili izstreljeni še 2 raketi, nato pa je razpadel.

SKLEP

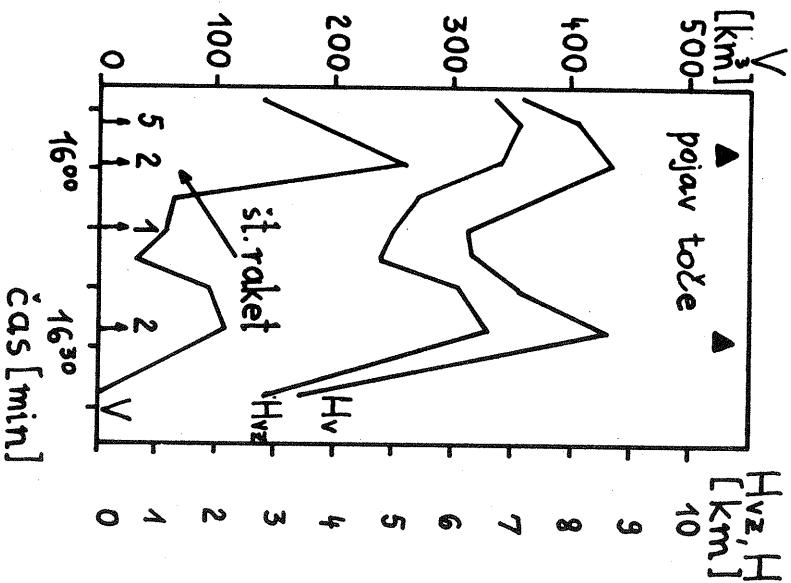
Pri pregledu izbranih primerov v diagramih lahko opazimo, da so se parametri H_{vz}, H_v in V po obstreljevanju oblakov z raketami na splošno zmanjšali in začeli po prenehanju streljanja ponovno rasti /7/. Tak potek verige se je ponavljal dokler ni nevihtni oblak zapustil branjenega področja ali pa dokončno razpadel. Na slikah lahko tudi opazimo, da je bil razvoj nevihtnih oblakov, v katere je bil izstreljen srebrov jodid, bolj razgiban, nihanja vrednosti vseh parametrov so bila večja, kakor pri oblakih, v katere niso streljali. Pri tej kratki obdelavi lahko ugotovimo nekaj osnovnih vzrokov pojavljanja toče iz nekaterih nevihtnih oblakov kljub obrambi:

1. Pri močni nestabilnosti ozračja se razvijejo nevihtni oblaki v višine tudi prek 10 km. Za take primere je domet raket 4 km prenizek, ker je zona akumulacije lahko precej višje in jo srebrov jodid ne more doseči



Slika 8 Spremembe parametrov H_{vz}, H_v in V s časom, število izstreljenih raket in pojav toče v nevihtni verigi dne 2. 8. 1972 med 15⁴⁸ in 16⁴⁰ uro (H_{vz} - vrh zone akumulacije, H_v - vrh nevihtnega oblaka, V - volumen nevihtnega oblaka pri negativnih temperaturah).

Fig. 8 Time variations of parameters H_{vz}, H_v, V, number of fired rockets and hail observation at thunderstorm cloud chain on 2 August 1972 between 15⁴⁸ and 16⁴⁰ CET (H_{vz} - top of accumulation zone, H_v - top of thunderstorm cloud, V - volume of thunderstorm cloud at temperatures below 0° C).



Slika 7 Spremembe parametrov H_{vz}, H_v in V s časom, število izstreljenih raket in pojav toče v nevihtni verigi dne 2. 8. 1972 med 15⁴⁷ in 16³⁰ uro (H_{vz} - vrh zone akumulacije, H_v - vrh nevihtnega oblaka, V - volumen nevihtnega oblaka pri negativnih temperaturah).

Fig. 7 Time variations of parameters H_{vz}, H_v, V, number of fired rockets and hail observations at thunderstorm cloud chain on 2 August 1972 between 15⁴⁷ and 16³⁰ CET (H_{vz} - top of accumulation zone, H_v - top of thunderstorm cloud, V - volume of thunderstorm cloud at temperatures below 0° C).

ali pa jo dosežejo le manjše količine z vertikalnimi tokovi /8/ (primer 1. avgust 1972, sliki 5 in 6).

2. Mreža strelcev je za ta domet preredka. Čelice nastanka toče, ki nastanejo med strelskimi mesti, ali pa se tja pomaknejo, ni mogoče doseči z raketami s tako nizkim dometom.

3. Kondenzacijska jedra srebrovega jodida moramo vnesti v zono akumulacije pravočasno. Ker je osnovni princip obrambe pred točo ta, da s kondenzacijskimi jedri srebrovega jodida preprečimo rast točinih zrn do škodljive velikosti, je streljanje po nastanku velikih zrn toče brez pravega učinka. Po obdelanih diagramih vidimo, da nastaja toča v oblakih takrat, ko dosežejo parametri največje vrednosti. Z radarjem moramo zasledovati razvoj oblaka in streljati, ko parametra Hvz in Hv naraščata in se približujeta višinam izoterm -14 in -28°C , ki sta važna kriterija za določanje nevarnosti nastanka toče /2/.

4. Uspešnost obrambe pred točo je odvisna tudi od pravilne prognoze temperaturne stratifikacijske krivulje, po kateri določamo temperature na višinah Hvz in Hv /9/.

Ker smo imeli na razpolago le enoletno število meritev in so se tudi pri teh pojavljale začetniške napake, naša obdelava ni zajela vseh nevihtnih dni. Izbrali smo le tiste nevihtne verige, ki so nam dale najbolj značilno sliko razvoja nevihtnih oblakov in sprememb parametrov. Skušali smo oceniti vpliv srebrovega jodida na nevihtne oblake in dobili nekaj splošnih ugotovitev.

LITERATURA

- /1/ J. Pristov, L. Žitnik, B. Weissbacher: Meteorološko poročilo o obrambi pred točo v Sloveniji za leto 1972, Hidrometeorološki zavod SR Slovenije, Ljubljana 1973.
- /2/ L. Opra: Operativni metod identifikacije veštač kog delovanja na gradonosne oblake, Republički hidrometeorološki zavod SR Srbije, Beograd 1972.
- /3/ D. Radinović: Zaštita od grada, Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd 1971.
- /4/ B. Weissbacher: Gibanje nevihtnih področij in intenzivnost nevihtnih padavin odvisnih od višinskih vetrov nad Slovenijo, Razprave-Papers XIII, DMS, Ljubljana 1971.

/5/ N. G. Towery, S. A. Changnon, Jr.: Characteristic of Hail-Producing Radar Echoes in Illinois, Monthly Weather Review, May 1970.

/6/ J. Roškar: Obdelava nevihtnih verig z elektronskim računalnikom, Arhiv Hidrometeorološkega zavoda SR Slovenije, Ljubljana 1973.

/7/ G. S. Voronov: Nekotorni rezultati radiolokacionih isledovanii evolucii konvektivnih oblakov, Meteorologija i gidrologija, junij 1973.

/8/ J. Pristov: Objektivni kriteriji za prognozo neviht in toče, Razprave-Papers XIV, DMS, Ljubljana 1972.

/9/ M. Borko: Prispevek k prognozi neviht v Sloveniji, Razprave-Papers XIV, Ljubljana 1972.

POIZKUSNA OBRAMBA PRED TOČO V SLOVENIJI
EXPERIMENTAL HAIL PROTECTION IN SLOVENIA

551.509.617

JANKO PRISTOV

Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY

Since 1971 hail protection system has been carried out in the northeastern part of Slovenia, covering an area of 250 000 hectares.

Hail protection headquarter, connected with weather bureau, air traffic control and 93 shooter's locations, operates with the system using UHF waves (mean distance between shooters' locations is about 5 kilometers). Russian method adapted to our region was used. The radar system has 10 centimeters wave length. Rockets filled with 200 grammes of silver iodide are spreading it along its pathway. Maximal height obtained by them is about 4 000 meters. For each shooting action a permission must be obtained by the air traffic control and it is issued just before the action starts.

Five men - at least one is a meteorologist - are commanding the system at hail protection headquarters. The meteorologist takes care of professional matters and sees that shooters take note of all phenomena observed, using special forms.

As soon as a well expressed zone of accumulation is observed - having enough water content and with temperatures below 0° C - crystals of silver iodide must be injected in it. According to forecasted temperature stratification and radar observations the meteorologist determines the number of rockets which must be fired into the determined region. Shooters are chosen by a coordinator who gives also shooting elements and the command to fire the rockets. This takes 1 - 2 minutes, another minute is necessary for the shooter to fire the rocket.

In the first year of the operation the hail protection system was not working very well. We had some troubles with the crew, the shooters and the services, as well who were all not trained enough. In 1972 most of the troubles were eliminated and in 1973 the system has been still more improved.

Beside the investment the running costs are about 1 dinar (i. e. appr. 6c) per hectare and are very small in comparison with the damage caused by only one moderate hail. It can not yet be scientifically proved that the hail protection system has been succesful, as it has been working a few years only and a non protected area was not studied simultaneously. The fact is however, that the damage caused by hail was much greater at the neighbouring non protected areas.

Hail was falling on the protected areas as well, but the damage was considerable at the border areas only. In the central part of the protected area hail did not cause any heavier damage. With one exeption, it can always be explained why hail was falling, namely: or the shooter was absent, or the shooting was not allowed, or some technical troubles existed. In one case thunderstorm of frontal origin did not get enough cristal of silver iodide in spite of the fact that the number of fired rockets was great: in addition, the 0° C surface was very high (3 700 m). To avoid such cases in the future, rockets must be improved: they should be capable of bringing enough cristals of silver iodide into the accumulation zone at the right time and in the case of frontal thunderstorm as well.

UVOD

Slovenija leži na jugovzhodnem obrobju Alp, v neposredni bližini pa je mediteransko podnebje. Ta lega pogojuje predvsem v poletnih mesecih zelo pogostne nevihte /1/ in seveda tudi pogosten pojav toče. Predvsem so prizadeta vinorodna in sadjarska področja, kjer toča povzroči največjo škodo. V teh krajih so se branili pred točo že v začetku tega stoletja.

Po drugi svetovni vojni se je postopno razvijala obramba pred točo z uporabo raket in talnih generatorjev, ki so dovajali v ozračje kristale srebrovega jodida.

V letih od 1954 do 1958 so poizkušali v Sloveniji obrambo pred točo v Goriških brdih in na Bizeljskem. Privzeli so način obrambe, kakršnega so imeli ponekod v Franciji. Sprva so uporabljali francoske rakete, nato pa je po njihovi licenci začela izdelovati rakete domača tovarna. Te rakete so dosegle višino cca 1 600 m in so bile polnjene s šedidom, pomešanim s 16 g srebrovega jodida.

Iniciator teh poizkusov v Sloveniji je bila Direkcija DOZ za Slovenijo v Ljubljani. V preizkusnem razdobju se je pojavljala močna toča in se je škoda na branjenem področju močno povečala. Leta 1958 so bili poizkusi prekinjeni in je bila obramba ocenjena za neuspešno.

Spontano, brez znatnega sodelovanja meteorologov, so obrambo pred točo

vodili ponekod v drugih jugoslovanskih republikah. Na željo kmetovalcev pa se je ponovno uveljavila v nekaterih krajih severovzhodne Slovenije.

Zaradi neekonomičnosti obrambe z majhnimi rakètami, ko je vsak strellec streljal, kakor se mu je zdelo potrebno, in se je zato streljalo z raketami tudi na popolnoma nenevarne oblake, se je začel vključevati v obrambo pred točo tudi Hidrometeorološki zavod z željo, da bi izboljšali pri obrambi strokovni nivo, hkrati pa naj bi se obramba tudi pocenila.

Nemogoče je bilo dobiti finančna sredstva za obsežnejše poizkuse in so se zato meteorologi vključili v operativno obrambo, kajti le v tem primeru so bila zagotovljena sredstva za vpeljavo nove metode in za postopne izboljšave.

Za osnovo smo vzeli koncept obrambe, ki ga imajo v Sovjetski zvezi. V tem primeru je treba z radarji določiti nevarne oblake /2/ ali, samo celice, kjer so pogoji za nastanek toče, seveda ob upoštevanju meteoroloških parametrov. Aktivni reagent, v našem primeru srebrov jodid, je treba dovesti v samo celico ali tik pod njo.

ORGANIZACIJA OBRAMBE

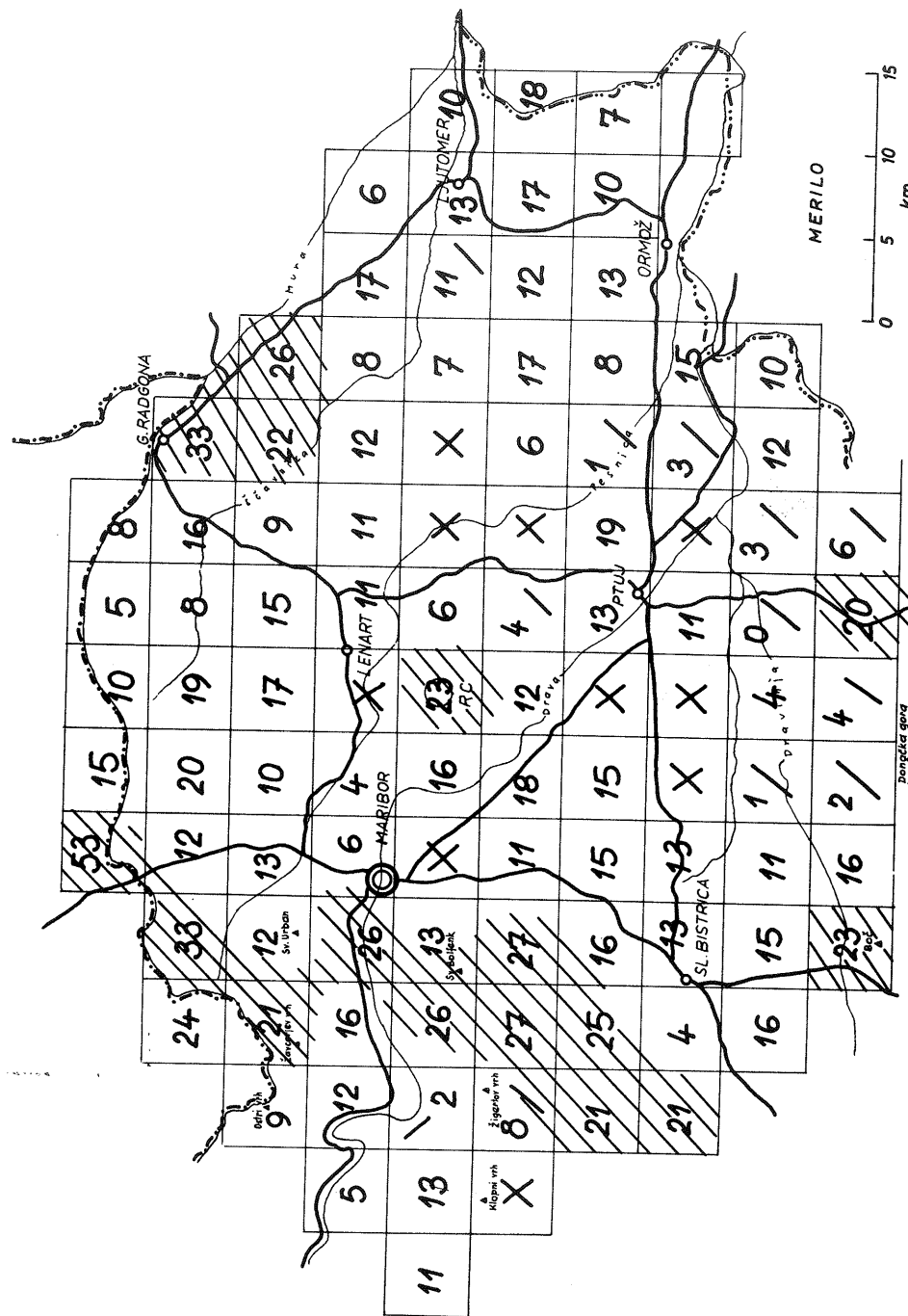
Branjeno področje pred točo v severovzhodni Sloveniji zajema površino 250 000 ha. Je večinoma rahlo gričevnat ali ravninski svet, le na obrobju so nekoliko višji hribi.

Center za obrambo pred točo "Žikarice" ima idealno lego, saj je nekako v sredini branjenega področja in je na vzvišenem mestu (405 m n. m. - sl. 1), tako da na celotnem branjenem področju nima višjih preprek, ki bi lahko povzročile "sence" na radarskem zaslonu ali bi onemogočile radijske zveze. Le sedem strelnih mest je od centra oddaljenih več kot 30 km in le eno strelno mesto je oddaljeno nad 35 km.

Velikost področja 250 000 ha je za en radar že nekako zgornja meja, pri gostoti strelcev, ki so oddaljeni med seboj 5 km. V našem primeru imamo 103 strelna mesta (od teh je 10 še nezasedenih) in je pri pogostnih nevihtah že težko za celotno področje izvesti uspešna radarska opazovanja in pravočasno opraviti meritve oblakov, ter takoj sporočiti ukaze strelcem za izstrelitev raket.

Center za obrambo pred točo je povezan z meteorološko službo v Ljubljani in s kontrolo letalskega prometa na letališču v Zagrebu z UKV radiozvezami. Z obema sodelavcema deluje na isti valovni dolžini.

Center dobi od meteorološke službe vremenske napovedi, ki vsebujejo



Slika 1 Branjeno področje pred točo z razporeditvijo strelnih mest in številu izstreljenih raket v letih 1972 in 1973.
 / ni bilo strelca v letu 1972,
 \ ni bilo strelca v letu 1973.

Fig. 1 Hail protected area, distribution of shooters' locations and the number of rockets fired in the years 1972 and 1973.
 / shooter absent in the year 1972
 \ shooter absent in the year 1973.

prognozo vertikalnih tokov nad branjenim področjem in na tej osnovi tudi prognozo neviht in toče. Za računanje vertikalnih hitrosti uporabljamo metodo Šiškina /3/, ki pa je prilagojena našim klimatskim razmeram in upošteva tudi lokalne vplive. Za samo prognozo upoštevamo poleg prognoze vertikalnih hitrosti tudi druge kriterije /4/. Poleg te prognoze dobijo od meteorološke službe tudi prognozirano temperaturo za posamezne plasti atmosfere, ter jakost in smer vetra za posamezne sloje atmosfere.

Z radarskimi meritvami (radar ima valovno dolžino 10 cm in ima vgrajen atenuator) in prognoziranimi meteorološkimi elementi se ugotavlja volumen zone akumulacije, razmerje med podhlajenim delom oblaka in delom s pozitivnimi temperaturami, ter natančne podatke o smeri in oddaljenosti nevarnega oblaka. Na tej osnovi se določi koliko kristalov srebrovega jodida je treba poslati v oblak, se pravi, kateri strelci naj izstrelijo rakete, koliko raket in v katero smer.

Vsako izmed 93 strelnih mest ima radiooddajno postajo z dvema valovnimi dolžinama. Ob rednem dnevnem javljanju se, odvisno od sličnosti, določi, na kateri valovni dolžini sprejemajo tisti dan. Vsi strelci delajo ob akciji na isti valovni dolžini in je zato potrebna izredna disciplina, da je možno vsem posredovati ustrezne podatke.

Vsako strelno mesto ima strelno rampo (za eno raketo), manjšo zalogo raket in zaščitno opremo. Na strelnem mestu je tudi zaklonska hišica, iz katere strelec električno vžge raketo, sam pa je pri tem zaščiten pred eventualno eksplozijo.

Dvakrat na dan prejmejo vsi strelci vremensko napoved in ob tem tudi stopnjo pripravljenosti, kar je za strelce izredno pomembno (da si vedo razporediti drugo delo, ker je strelstvo le njihova postranska dejavnost).

S kontrolo letenja v Zagrebu je sklenjena posebna pogodba, s katero se kontrola obvezuje, da bo skrbela za čim manjšo prepoved streljanja raket. Ob poprejšnji opozoritvi za nevarnost nastanka močnih Cb oblakov, lahko kontrola letenja celo nekoliko preusmeri letala, da se izognejo najnevarnejšemu področju.

Ko meteorolog predvideva, da bo v kratkem času potrebna obramba, zaprosi kontrolo letenja za dovoljenje za streljanje na določenem področju in če dovoljenje dobi, lahko obramba nemoteno teče. Čim je nad določenim področjem akcija končana, se takoj to sporoči letališki kontroli.

Kolikor bi, v že odobrenem časovnem intervalu za aktivno obrambo, nepredvideno zašlo kakšno letalo v bližino branjenega področja, lahko kontrola letenja prekličé svoje dovoljenje in je treba izstrelitev raket takoj ustaviti. Vsi pogovori v centru za obrambo pred točo za časa akcije so posneti na magnetofonski trak.

Center za obrambo pred točo ima poleg aparaturne za radiozveze tudi svoj električni agregat, dve terenski vozili, skladišče za rakete in bivalno hišo z vso potrebno opremo za nemoteno delo.

V centru je posadka petih ljudi, ki poleg neposredne obrambe instruirajo in kontrolirajo strelce o opazovanju padavin in toče, pregledujejo prizadeta področja, analizirajo potek vseh akcij, oskrbujejo strelce z vsemi potrebnimi sredstvi itd.

Po začetniških težavah v letu 1971 in v začetku sezone 1972 so nato vsa sredstva v redu delovala. Še posebno smo lahko zadovoljni z delovanjem radiozvez.

Znatno večje težave kot z radarji in z radiozvezami imamo z raketami za obrambo pred točo.

Uporabljali smo v glavnem dve vrsti raket: KAMNIK 1 in SAKO 2. Obe imata približno isti domet, in sicer prva do 3 600 m in druga okoli 4 000 m. Obe vsebujeta po 200 g AgJ. Pri prvi raketi se začenja izločati reagent na višini 1 000 m, druga raketa je tempirna tako, da se začetek izločanja lahko spreminja, vendar zaradi razmeroma majhnega dometa ni velike izbire.

DELOVANJE OBRAMBE

Obrambno razdobje traja od meseca maja do meseca septembra. Višek obrambne aktivnosti je od junija do avgusta, ko so na tem področju najpogostejše nevihte in tudi toča /5/. V celotnem triletnem razdobju je bilo 61 dni z aktivno obrambo, kar pomeni, da je bila izstreljena vsaj ena raketa. 19 dni je bilo takšnih, da so z radarjem spremljali nevihtne oblake, vendar do aktivne obrambe ni prišlo zaradi nedoseženih kriterijev, ki so določeni za nevarnost toče.

Ker je bilo v prvem letu zaradi začetniških težav pri delu z aparaturno delovanjem obrambe nezanesljivo in so imeli ponekod strelci še zalogo manjših raket z dometom do 1 800 m in z znatno manjšo dozo srebrovega jodida, navajamo porabo raket za leto 1972 in 1973. Skupno je bilo izstreljenih 1 265 raket (upoštevamo samo rakete, ki niso zatajile). Izstreljene so bile v naslednjem dnevem času (glej tabelo).

Primerno časovnemu pojavljanju neviht je tudi razporejeno delo v centru. V jutranjih urah je zasedba v centru minimalna. Ob 08³⁰ sprejme dežurni od meteorološke službe podrobno vremensko situacijo s prognozo neviht oziroma toče, kakor tudi prognoziranje vertikalne hitrosti, ter temperaturno in vetrovno razporeditev. Na tej osnovi javi center strelcem, ki poslušajo vsi hkrati, napoved vremena in stopnjo pripravljenosti. Od-

Tabela: Število izstreljenih raket v letih 1972 in 1973 v posameznih urah dneva.

Table: Number of rockets fired in the years 1972 and 1973 according to the hours of day.

Leto	1972	1973	skupno
Ura			
01 - 10	0	0	0
10 - 11	1	2	3
11 - 12	16	52	68
12 - 13	29	43	72
13 - 14	35	132	167
14 - 15	73	193	266
15 - 16	67	50	117
16 - 17	185	35	220
17 - 18	168	21	189
18 - 19	77	2	79
19 - 20	52	4	56
20 - 21	21	0	21
21 - 22	0	0	0
22 - 23	0	0	0
23 - 24	0	0	0
00 - 01	0	7	7

visno od te napovedi sledi razporeditev dela. Če so napovedane nevihte, mora biti minimalna ekipa (vsaj trije člani posadke) stalno v centru.

Radar vključijo običajno vsaj pol ure pred začetkom akcije. Čim se začne razvijati oblaki v vertikalni smeri opozorijo kontrolo letenja, naj bo pripravljena.

Ko meteorolog na osnovi atmosferskega stanja in radarskih opazovanj ugotovi, da bi v kratkem času lahko prišlo do formiranja toče, zaprosi kontrolo letenja za dovoljenje za izstrelitev raket na določenem rajonu. Večinoma kontrola letenja akcijo dovoli. Če pa so nad tem področjem letala, je potrebno čez kratek čas ponovno prositi za dovoljenje. Ko je zona akumulacije že formirana, ocenijo po radarskih podatkih njen volumen in izdajo nalog za izstrelitev raket na določeno področje. Pomočnik meteorologa ugotovi, kateri strelci naj rakete izstrelijo, pod kakšnim kotom in v katero smer. Število raket določijo tako, da računajo na vsak km³ nevarnega dela oblaka po ca. 20 g AgJ. V formirano zono akumulacije morajo biti rakete izstreljene čim hitreje.

Čas, ki je potreben, da opravijo radarske meritve in da na že priprav-

ljenih grafikonih določijo število raket in odredijo strelce, je v poprečju 1 do 2 minuti. Ena minuta preteče od poziva strelca do izstrelitve prve rakete, torej skupno 2 do 3 minute.

Za izstrelitev več raket je potrebno dalj časa, ker je treba vedno znova napolniti strelno rampo in električno sprožiti raketo iz strelne hišice. Samo v zelo hitri akciji je obramba lahko uspešna. Kristali srebrovega jodida bi morali biti poslani neposredno pod ali v samo zono akumulacije, kar pa je z našimi raketami večkrat skoraj nemogoče. Pri dometu rakete 4 000 m je možno doseči to višino le nad samim strelnim mestom. Kolikor je zona akumulacije na sredini med dvema strelcema, ne moremo s temi raketami poslati reagenta neposredno v samo zono akumulacije. Ker dovajamo v teh primerih kristale posredno prek zračnih tokov in turbulence, uporabljamo zato dvojno množino srebrovega jodida.

OCENA OBRAMBE

Pri triletni obrambi v severovzhodni Sloveniji nikakor ne moremo govoriti o poizkusu, kajti poizkus obrambe bi zasnovali na povsem drugačen način. Vsekakor bi morali podrobno analizirati primere, ko so po naših domnevah že izpolnjeni kriteriji za točo. Vprašanje je ali bi v teh primerih toča padala, če ne bi dovajali kristale srebrovega jodida. Pri aktivni obrambi se na to vprašanje ne more odgovoriti.

Leta 1971 so branili pred točo do 27. junija še na stari način, to je z malimi raketami, ko je vsak strelec streljal rakete po svoji presoji. Od tega dne naprej je deloval center za obrambo pred točo, vendar so bile precejšnje začetne težave. Velikokrat sta bila okvarjena celo oba radarja. Do konca obrambe je bilo na branjenem področju še 51 dni z nevihtami, od tega je 12 krat padala toča vsaj na enem mestu branjenega področja. Toča je padala večinoma na obrobni krajih branjenega področja (Pohorje, Kozjak, Slovenska Bistrica). Le po enkrat se je pojavila na področju Gornje Radgonje, na Ormoškem področju in enkrat v Halozah.

Poudariti moramo, da se je vedno dalo razložiti zakaj obramba ni uspešna: ali še niso bila izpolnjena vsa strelska mesta, ali pa so bile krive tehnične pomanjklivosti, da potek ni bil normalen. Smo pa opazili, da v sredini branjenega področja ni bilo nikoli toče.

V letu 1972 je bilo v Sloveniji izredno veliko število dni z nevihtami, pa tudi toče je bilo zelo veliko, posebno v nebranih področjih. Jeseni se je atmosfera zelo hitro umirila, tako da septembra resnično v notranjosti Slovenije ni bilo več neviht.

V času od maja do avgusta je imela obramba 42 aktivnih dni, to je, da so z radarjem spremljali nevihtne oblake. V 33 dneh so izstrelili rakete;

uspešno so izstrelili 724 in neuspešno (da niso pravilno trosile AgJ) 53 raket. V 22 dneh se je vsaj v bližini enega strelca pojavila toča. Glavna obramba je bila skoncentrirana na osem dni. V teh dneh je bilo izstreljenih kar 448 raket, v drugih 25 dneh pa le 276 raket.

Splošna ocena obrambe v tem letu je razmeroma ugodna, kajti vsekakor lahko trdimo, po grobi oceni, da se je škoda na branjenem področju zmanjšala v primerjavi s škodo na nebranih področjih. Če pa si ogledamo posamezne akcije obrambe, dobimo precej različno sliko.

Največjo škodo je povzročila toča v severnih predelih branjenega področja dne 1.8.1973. Tega dne je bilo izstreljenih tudi največ raket 98 in to večinoma samo v severnem delu poligona, kjer je tudi padala toča. Obrambna akcija je bila tega dne dobro sinhronizirana in verjamemo, da smo škodo znatno omilili, vendar rakete in strelne rampe za močne frontalne nevihte ne ustrezajo. Mogoče bi točo lahko preprečili z znatno večjim številom izstreljenih raket. V drugih primerih je bila škoda zaradi toče znatno manjša in večinoma lahko govorimo o neznatni škodi. Akcije obrambe, to je izstrelitev raket po radarskih zaznavah in meritvah večkrat niso bile usklajene in zato lahko govorimo tudi o neracionalni porabi raket. V nekaterih primerih pa so bile izrazite nevihte in tudi manjša toča, ne da bi rakete sploh izstrelili. Te pomanjklivosti obrambe lahko razložimo s tem, da je obramba še vedno v poizkusnem razdobju in še vsak spodrseljaj pripomore k boljšemu poznavanju nevihtnih procesov in določevanju novih kriterijev: kdaj in koliko je potrebno dovesti reagenta v nevarne celice oblaka.

V letu 1973 nismo imeli tako izrazite nevihtne fronte, kot je bila 1. avgusta 1972. Vsekakor lahko ugotovimo, da so bile akcije obrambe bolj usklajene. Kriterije smo nekoliko poostrili in zato smo izstrelili znatno več raket v izrazite nevihtne celice. Zmanjšalo se je število izstreljenih raket v krajih, kjer ni bilo kritičnih radarskih zaznav. Znatno manjše število raket pa smo porabili tudi zaradi manjšega števila nevihtnih dni ali dni z nevarnostjo toče.

Znatna škoda je nastala v dveh primerih. V enem primeru niso bile rakete izstreljene pravočasno zaradi prepovedi zagrebške kontrole letenja, v drugem primeru ni bil strelec na svojem mestu. Rakete niso bile izstreljene prav na območju, kjer je padala toča. V drugih primerih je bila toča zelo neizrazita in o znatni škodi sploh ne moremo govoriti.

Ocene o škodi so zelo subjektivne, kar velikokrat ne more veljati za pravilno oceno uspešnosti obrambe. Veliko škode povzročijo tudi močan veter in močni nalivi.

O objektivni oceni uspešnosti obrambe pred točo v teh treh letih ne moremo govoriti, kajti za statistično obdelavo je čas odločno prekratek,

primerjalnih poligonov /6/ pa nismo imeli.

Znano je, da pojavljanje neviht in toče od leta do leta zelo variira in da se ocena nastale škode na osnovi dve ali triletne obrambe ne da izvesti.

Glede samega dela pri obrambi pred točo pa lahko trdimo, da je potek akcij iz leta v leto boljši in da sproti odpravljamo večje pomanjklivosti. Za oceno, ne pa za dokaz uspešnosti, je tudi podatek, da je bilo v zadnjih dveh letih veliko več škode na sosednjih področjih, predvsem v Prekmurju in v sosednjih krajih Avstrije, kot na branjenem področju, čeprav je bilo prej prav obratno. Zaradi tega domnevamo, da je obramba v severovzhodni Sloveniji uspešna, posebno če upoštevamo stroške obrambe.

Enkratni, to je investicijski stroški znašajo pri površini 200 000 ha do 20 din na ha, dočim so tekoči stroški letno okoli 10 din na ha.

Stroški obrambe so v primerjavi s škodo, ki jo povzroči nekoliko močnejša toča res minimalni in tudi če bi preprečili samo 20 do 30% škode je obramba ekonomsko že upravičena.

POMANJKLIVOSTI OBRAMBE

Ena izmed osnovnih pomanjklivosti obrambe je ta, da ne moremo preverjati prognostične vrednosti prognoziranih temperaturnih in vetrovnih razmer po posameznih zračnih plasteh nad branjenim področjem. Pomagamo si z rednimi radiosondažnimi opazovanji iz Zagreba in deloma z Dunaja, vendar pravilne slike, zaradi močnega vpliva konfiguracije tal v okolišnih področjih, velikokrat ne dobimo. Nevihte s točo velikokrat zajamejo področje med obema radiosondažnima postajama, medtem ko na področjih radiosondnih postaj nevihtne aktivnosti sploh ni.

Še posebej so vprašljive prognostične vrednosti, če nimamo celotnih radiosondažnih podatkov iz Zagreba in v manjši meri tudi z Dunaja. V teh primerih imamo prognoziranje samo razmere na glavnih nivojskih ploskvah, kar pa je za podrobno analizo premalo.

Pri prognozi vertikalnih tokov bo treba bolj upoštevati vlažnost ozračja in prisilno dviganje zaradi orografije, kajti prav na obronkih pogorij so velikokrat žarišča nastajanja neviht.

Ob pogledu na karto (sl. 1), vidimo, da strelno mesto št. 1 prednjači v številu izstreljenih raket. Strelno mesto št. 1 strelja tudi na nevihte, ki potujejo po Avstrijski strani mimo našega branjenega področja, kar večkrat ni povsem upravičeno. Na strelnem mestu RC je bilo prav tako izstreljenih preveč raket, in sicer zaradi netočnega določanja stanj nepo-

sredno nad radarjem. Če izključimo ali zmanjšamo ti dve vrednosti, opazimo strnjeno območje strelnih mest, na katerih je bilo izstreljenih nad 20 raket, in poteka prek jugovzhodnega in vzhodnega pobočja Pohorja čez Kozjak proti severu. Drugi takšni mesti z večjim številom izstreljenih raket sta na območju Boča in Macelj-a. K tem lahko štejemo tudi kraje južno od Gornje Radgone, ki mejijo na Prekmurje.

Dejstvo, da je v notranjosti branjenega področja izstreljenih manj raket kot na obrobju, nam pove, da so tudi znatno manj razviti oblaki in bi tudi na osnovi tega lahko sklepali, da že na obrobju preprečimo ali pa oslabimo razvoj nastajanja točonosnih celic.

Glavna pomanjklivost te naše obrambe pred točo so rakete, ki imajo premajhen domet, in je zato z njimi nemogoče vedno poslati kristale srebrovega jodida neposredno v samo zono akumulacije.

Pri nadaljni obrambi bo vsekakor treba dobiti nove rakete z znatno večjim dometom, da bi lahko s tem dovajali ustrezne kristale neposredno v samo točonosno celico. Zaradi večjega dometa rakete, bi en sam strelec lahko pokril večje območje in bi se, razen v krajih z najpogostnejšimi nevihtami, mreža strelnih mest lahko razredčila.

Druga prav tako znatna izboljšava bi bila v tem, da bi skrajšali čas med formiranjem točonosne celice in izstrelitvijo raket. To bi dosegli z večjim dometom raket, saj bi dva strelca lahko izstrelila rakete iz različnih smeri na isto področje, ali pa bi uporabili namesto enocelne večcelvne lanserje.

LITERATURA:

- /1/ Petkovšek Z.: Nevihtna karta in nevihtna pogostnost v Sloveniji za dobo 1951 - 1960. Razprave-Papers VII, DMS, Ljubljana 1966.
- /2/ Sulakvelidze G. K.: Livnevie osadki i grad. Gidrometizdat, Leningrad 1967.
- /3/ Bibilašvili N. Š., Lapčeva V. F., Ordžoninkidze A. A., Sulakvelidze G. K.: Osobenosti koagulacionovo rasti gradi, svjazanie s izmeneniem skorosti vertikalnih potokov po visote. A. N. SSSR ser. geofiz. No 4, 1960.
- /4/ Pristov J.: Objektivni kriteriji za prognozo neviht in toče. Razprave-Papers XIV, DMS, Ljubljana 1972.
- /5/ Pristov J., Borko M., Žitnik L.: Meteorološko poročilo o obrambi

pred točo v Sloveniji za leto 1971, Hidrometeorološki zavod, Ljubljana 1972.

/6/ Radinovič D.: Zaštita od grada, Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd 1970.

PRIMERJAVA MERITEV CIRKUMGLOBALNEGA IN GLOBALNEGA
OBSEVANJA V LJUBLJANI (1971 - 1973)

COMPARISON BETWEEN CIRKUMGLOBAL AND GLOBAL RADIATION
DATA MEASURED AT LJUBLJANA (1971 - 1973)

551.521.12

JOŽE RAKOVEC

Katedra za meteorologijo FNT, Ljubljana

ANDREJ HOČEVAR

Biotehnična fakulteta, Ljubljana

SUMMARY:

Comparison between circumglobal radiation measured with Bellani spherical pyranometer manufactured by Physikalisch Meteorologischen Observatorium Daves, and global, radiation measured with Kipp-Zonnen solariograph, was made for data obtained at Ljubljana ($\varphi = 46^{\circ} 4' N$, $\lambda = 14^{\circ} 31' E$, height above MSL = 299,6 m) during the period 1971 - 1973. The term circumglobal radiation (Zirkumglobale Strahlung) was introduced into German meteorological nomenclature by Flach /1/.

Three groups of data were treated, viz. all the data, data for days without snow cover and data for days of snow lying. Frequency distributions of these data are given on figs. 1, 2 and 3. Repartition of data in the above groups was made because of the influence of albedo on values of circumglobal radiation. Namely, Bellani spherical pyranometer is sensing from the surface reflected short wave radiation, as well.

In the group of all the data the most numerous are days with low values - up to $200 \text{ cal cm}^{-2}\text{day}^{-1}$. Numerous are also days with values $150 - 250 \text{ cal cm}^{-2}\text{day}^{-1}$ of circumglobal and $300 - 450 \text{ cal cm}^{-2}\text{day}^{-1}$ of global radiation. Many of the low values were obtained at winter days of snow lying. In addition to astronomical factors which make the insolation small, fog and low cloudiness - weather, which is rather frequent at Ljubljana during winter time, are reducing the values of circumglobal and global radiation.

High correlation was found between sets of data (table 1). Using the least square method regression lines were calculated for all three groups

of data (eqs. 1 - 12). Correlation coefficients were improved only a little if the quadratic term was added in regression equations.

According to regression lines Bellani spherical pyranometer gives values - about 20% at the mean value - at zero values of global radiation, already. The cause for this difference must be hidden in the different forms and dimensions of both sensors. Bellani spherical pyranometer is more sensitive for diffuse sky radiation than solarigraph.

Values of circumglobal radiation are for 33% lower than the values of global radiation, taking into account all the data. For the group of data for days with snow lying the difference is 5 - 6 times smaller. It amounts to 6% only (table 2).

1. UVOD

V razgibanem reliefu se količine sončnega obsevanja močno spreminjajo od lokacije do lokacije. Te vrednosti sicer s podatki lokacije in s poznavanjem astronomskih in meteoroloških parametrov lahko približno izračunamo, vendar moramo imeti za preverjanje rezultatov na razpolago tudi meritve. Glede na to, da so natančni instrumenti za merjenje sončnega obsevanja dragi in neprikladni za občasna terenska merjenja, moramo za te meritve izbrati cenene in enostavne instrumente, prikladne za terensko delo. Seveda moramo tak instrument primerjati s standardnim in s tem omogočiti navezavo občasnih terenskih meritev na stalno opazovalno mrežo.

Za naše terensko delo smo izbrali krogelni piranometer tipa Bellani. Ta ima nekaj prednosti, kot so: enostavnost, neodvisnost od vira za napajanje in cenenost, pa tudi pomanjkljivosti: instrument je manj natančen, ne omogoča registracije izmerjenih vrednosti, uporabne so le dnevne vrednosti in še nekaj je teh pomanjkljivosti /1/. Če upoštevamo oboje, lahko trdimo, da je ta instrument zelo primeren za terensko delo, posebno za potrebe biometeorologije. Značilnost tega instrumenta je, da ima sprejemni element v obliki krogle s premerom 5 cm in so izmerjene količine preračunane na enoto krogelne površine. Glede na to, da je instrument obdan s steklom, sprejema samo kratkovalovno sevanje ($<3.0\mu$), vendar z vseh strani, torej tudi od tal odbito sončno sevanje in to direktno in difuzno. Zaradi tega rabi Flach /2/, za izmerjeno obsevanje izraz cirkumglobalno obsevanje. Ta izraz se nam zdi primeren in ga zato privzemamo.

Meritve z instrumentom tipa Bellani so nekateri avtorji že primerjali z meritvami, opravljenimi z nekaterimi drugimi instrumenti za merjenje sončnega sevanja /3/. Ker pa je od tal odbita komponenta globalnega

obsevanja, ki jo vključuje meritev z instrumentom tipa Bellani, močno odvisna od površine, nad katero je ta piranometer postavljen, rezultati primerjav niso splošno uporabni, temveč le za pogoje, podobne tistim, v katerih so bile meritve opravljene. Ob primerjavi piranometra tipa Bellani z instrumentom za merjenje globalnega obsevanja - sprejemni element krogla ali pa horizontalna ploskev - igra vlogo tudi geografska širina. Zato moramo, če hočemo imeti za naše kraje veljavno relacijo med podatki obeh instrumentov, v naših razmerah vsaj nekaj časa meritvi z obema instrumentoma. Te meritve smo opravili in rezultate primerjave podajamo v tem delu.

2. MERITVE

Za primerjavo imamo na razpolago paralelna niza podatkov, ki so bili izmerjeni s krogelnim piranometrom tipa Bellani /4/ in solarigrafom tipa Kipp-Zonnen /5/. Opazovanja so bila na meteorološkem observatoriju HMZ SRS za Bežigradom ($\varphi = 46^{\circ}04'N$, $\lambda = 14^{\circ}31'E$, $h_s = 299,6$ m). Sprejemni element solarigrafa znamke Kipp-Zonnen je postavljen na stolpu observatorija skupaj s še nekaterimi instrumenti in antenami, tako da je od tal dvignjen za 14,60 m. Po kablu je zvezan z registrirnim instrumentom. Iz zapisa tega instrumenta se planimetrično dobe polurne, s seštevanjem le-teh pa dnevne vrednosti jakosti globalnega obsevanja. Bellanijev piranometer izdelave Physikalischer-Meteorologischer Observatorium Davos pa je bil postavljen na opazovalnem prostoru observatorija za Bežigradom v višini 150 cm nad s travo poraslimi tlemi. V oddaljenosti 10 m od instrumenta je bilo nizko sadno drevje, živa meja in lesena lopa, vendar ti objekti direktnega sončnega obsevanja instrumenta niso motili. Vrednosti cirkumglobalnega obsevanja so bile odčitane trikrat dnevno. Če je opazovana vrednost ob 14^h presegala višino 20 cm predestilirane alkohola, je bil instrument ponovno nastavljen. Izračunane vrednosti za čas od sončnega vzhoda do 7^h, od 7^h do 14^h in od 14^h do sončnega zahoda dajejo tako vrednosti vpadlega sončnega sevanja na enoto krogelne površine sprejemnega elementa v teh časovnih intervalih, vsota pa vrednost za dan.

Opazovanja so bila od 15.6.1971 do 30.6.1973. Rezultati merjenj za prve dni opazovanj verjetno niso najboljši (neprivajenost opazovalcev na nov instrument), zato se pri obdelavi omejimo na obdobje dveh let, torej na čas od 1.7.1971 do 30.6.1973.

3. REZULTATI

Ob primerjavi obeh nizov podatkov moramo poudariti, da merita oba instrumenta različne komponente sončnega sevanja. Solarigraf meri globalno obsevanje, ki predstavlja vsoto direktnega in difuznega sončnega se-

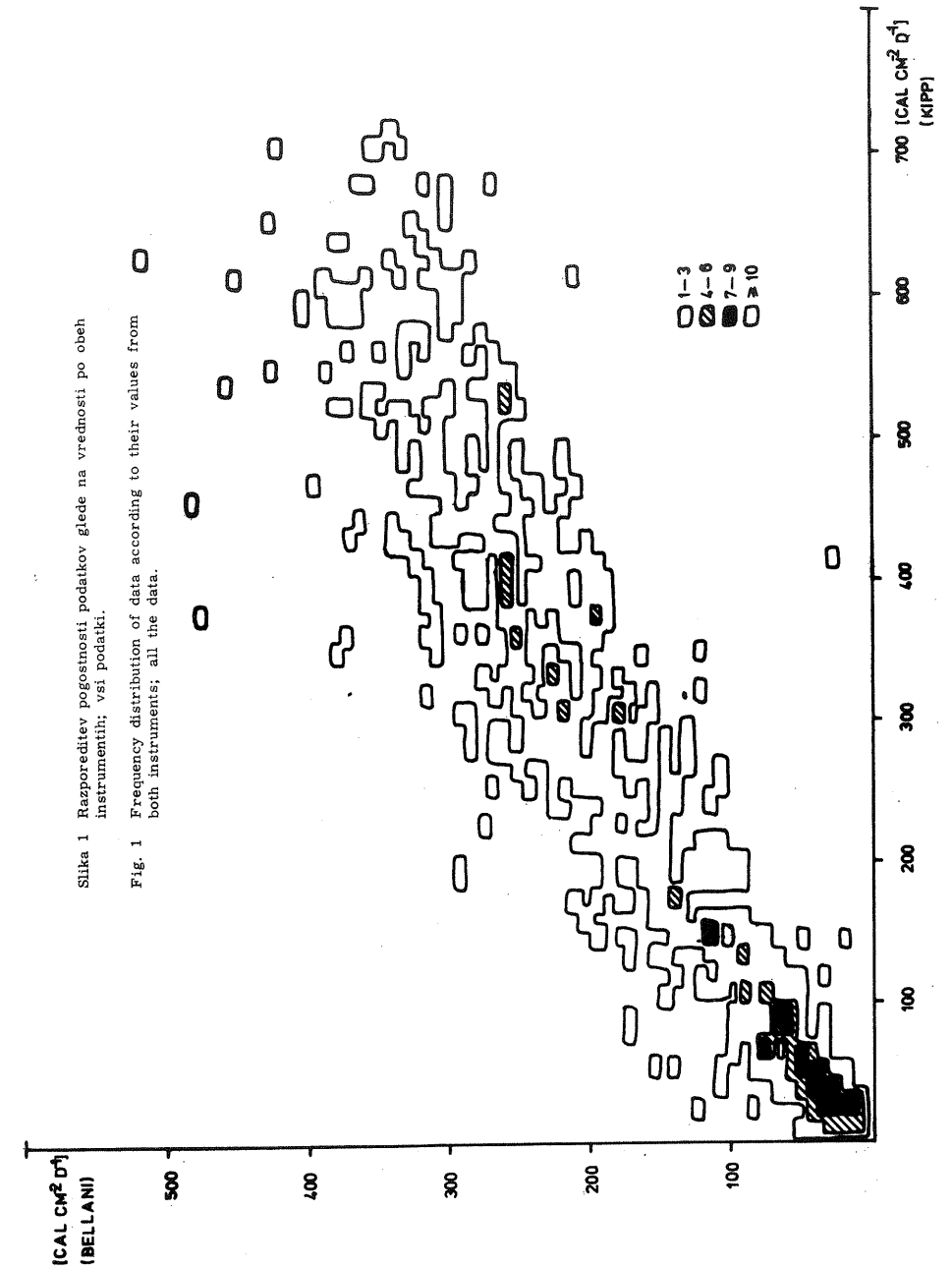
vanja, ki pade iz polprostora na enoto horizontalne sprejemne površine (torej samo iz zgornje strani), piranometer tipa Bellani pa meri cirkumglobalno obsevanje, to je vsoto direktnega, difuznega in od tal odbitega direktnega in difuznega sončnega sevanja, ki pade na sprejemni element - kroglo z vseh strani.

Ob raznih vrednostih albeda in enakem globalnem obsevanju bo cirkumglobalno obsevanje torej različno. Vrednosti albeda travnate površine se po podatkih Dirmhironove /7/ spreminjajo z letnim časom, pa tudi z meteorološkimi pogoji; ob jasnem vremenu je vrednost 15-30%, ob oblačnem pa 12-25%. Ta vrednost se močno poveča, če tla prekrije snežna odeja, saj znaša pri novem snegu 75-95% /8/. Ker pri naših meritvah nismo imeli na razpolago albedometra, da bi spremembe albeda, ki najbolj vplivajo na spremembo zveze med obema nizoma, pri primerjavi podatkov natančneje upoštevali, smo poleg primerjave obeh kompletnih nizov posebej obdelali tudi podatke za dni s koprnimi tlemi in za dni s snežno odejo in tako razdelili podatke v skupine, vsaj glede na velike spremembe albeda.

Osnovne karakteristike obeh nizov

Vseh podatkov imamo za dve leti, torej za 731 dni in sicer za vsak dan dnevni vrednosti globalnega in cirkumglobalnega obsevanja ($\text{cal cm}^{-2}\text{dan}^{-1}$) po Kippu in Bellaniju. To je dovolj podatkov, da jih je mogoče smiselno obdelati z računalnikom, posebno, ker smo jih razdelili na tri skupine, tako da imamo 731 krat 2 podatka za vse dni skupaj, 587 krat 2 podatka za dni s koprnimi tlemi in 144 krat 2 podatka za dni s snežno odejo na tleh. Napravili smo torej program, ki primerja podatek po Kippu s tistim po Bellaniju, jih razvršča in šteje ter frekvenco pojavljanja izpisuje v polje, kjer je ena koordinata vrednost po Kippu, druga pa po Bellaniju. Zaradi večje preglednosti smo v tem polju potegnili izolinijske frekvenc pojavljanja, posebej za vsako od treh skupin (vsi podatki sl. 1, tla kopna sl. 2, tla s snežno odejo sl. 3). Obkrožena so področja s pogostnostjo 1 do 3, široko šrafirana so področja s pogostnostjo 4 do 6, gosto šrafirana so polja s pogostnostjo 7 do 9 in počrtnjena tista s pogostnostjo 10 ali več.

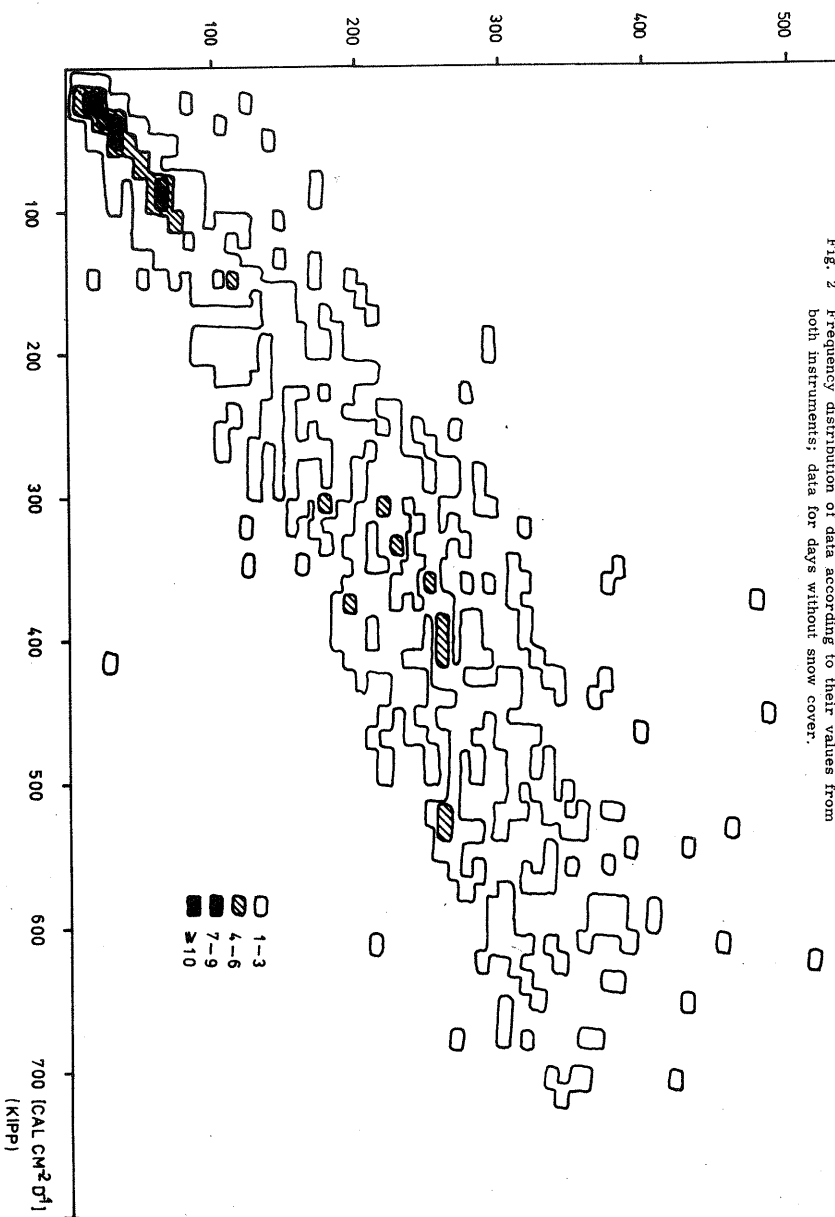
Oglejmo si najprej sliko 1 za vseh 731 dni. Vidimo, da so najpogostnejši primeri, ko oba instrumenta dajeta sorazmerno majhne vrednosti - do $200 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dan}^{-1}$. Pa tudi med 300 in $450 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dan}^{-1}$ po Kippu ali 150 in $250 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dan}^{-1}$ po Bellaniju imamo precej primerov. Res smo potrdili ta vtis, ko smo s programom UNISTAT1 iz paketa statističnih programov STATJOB, ki so ga nastavili v University of Wisconsin Computing Center in ga za CDC 6600 priredili na Institutu Jožef Stefan, analizirali oba niza podatkov. 50% vseh podatkov po Kippu je do vrednosti $212 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dan}^{-1}$, pri čemer je izrazito najpogostnejša vrednost



Slika 1 Razporeditev pogostnosti podatkov glede na vrednosti po obeh instrumentih; vsi podatki.

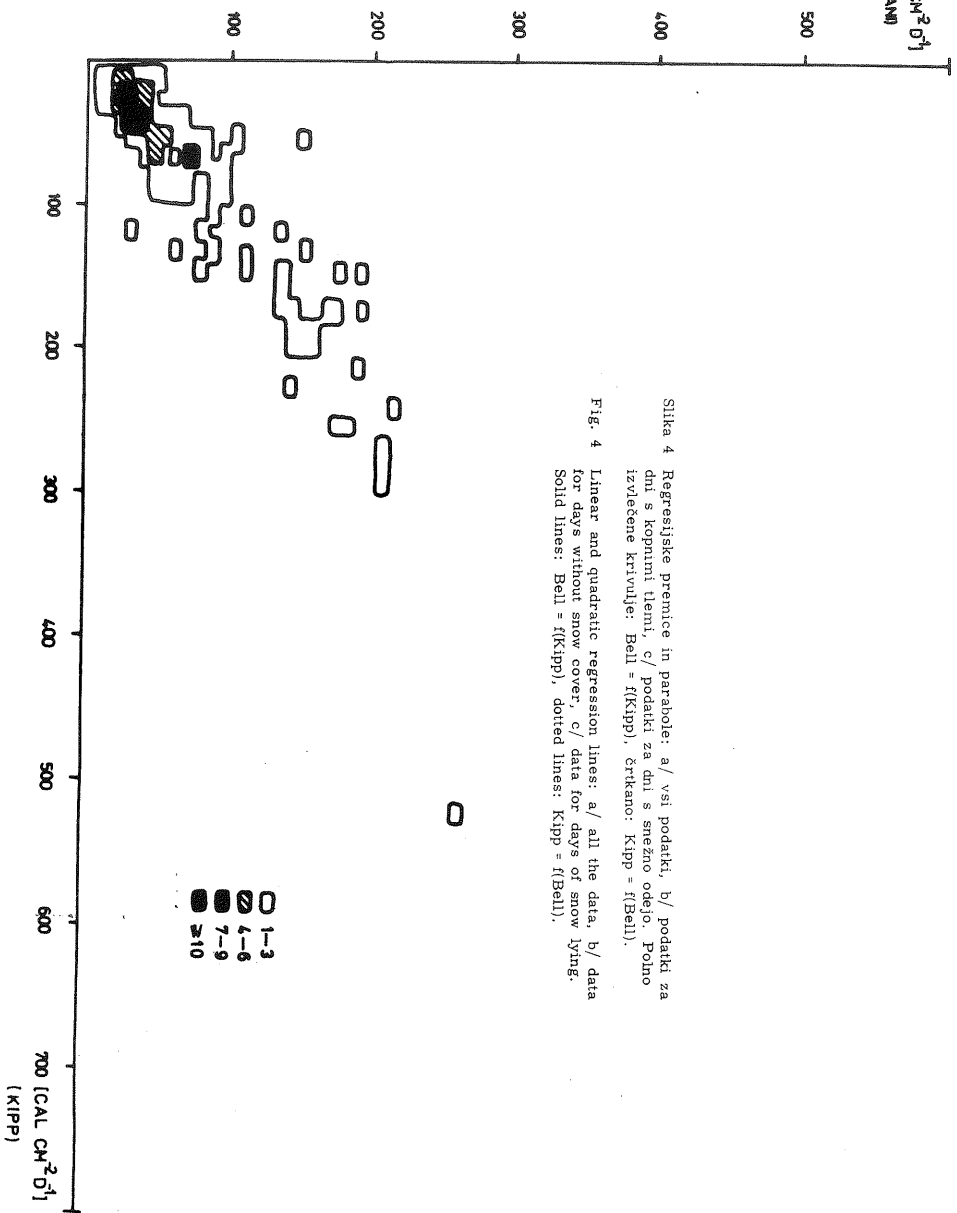
Fig. 1 Frequency distribution of data according to their values from both instruments; all the data.

[CAL CM² D⁻¹]
(BELLANI)



Slika 2 Razporeditev pogostosti podatkov glede na vrednosti po obeh instrumentih; podatki za dni s kopnim tlom.
Fig. 2 Frequency distribution of data according to their values from both instruments; data for days without snow cover.

[CAL CM² D⁻¹]
(BELLANI)



Slika 4 Regresijske premice in parabole: a/ vsil podatki, b/ podatki za dni s kopnim tlom, c/ podatki za dni s snežno odejo. Polno izvlečene krivulje: Bell = f(Bell), crtkano: Kipp = f(Kipp).
Fig. 4 Linear and quadratic regression lines: a/ all the data, b/ data for days without snow cover, c/ data for days of snow lying.
Solid lines: Bell = f(Bell), dotted lines: Kipp = f(Kipp).

okrog $60 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dan}^{-1}$, pogoste pa so tudi vrednosti okrog 300 in $420 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dan}^{-1}$. Po Bellaniju je 50% vseh vrednosti do $159 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dan}^{-1}$, najpogostnejše so tiste okrog $50 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dan}^{-1}$, močno zastopane pa tudi tiste od 200 do $300 \text{ cal cm}^{-2} \text{ dan}^{-1}$.

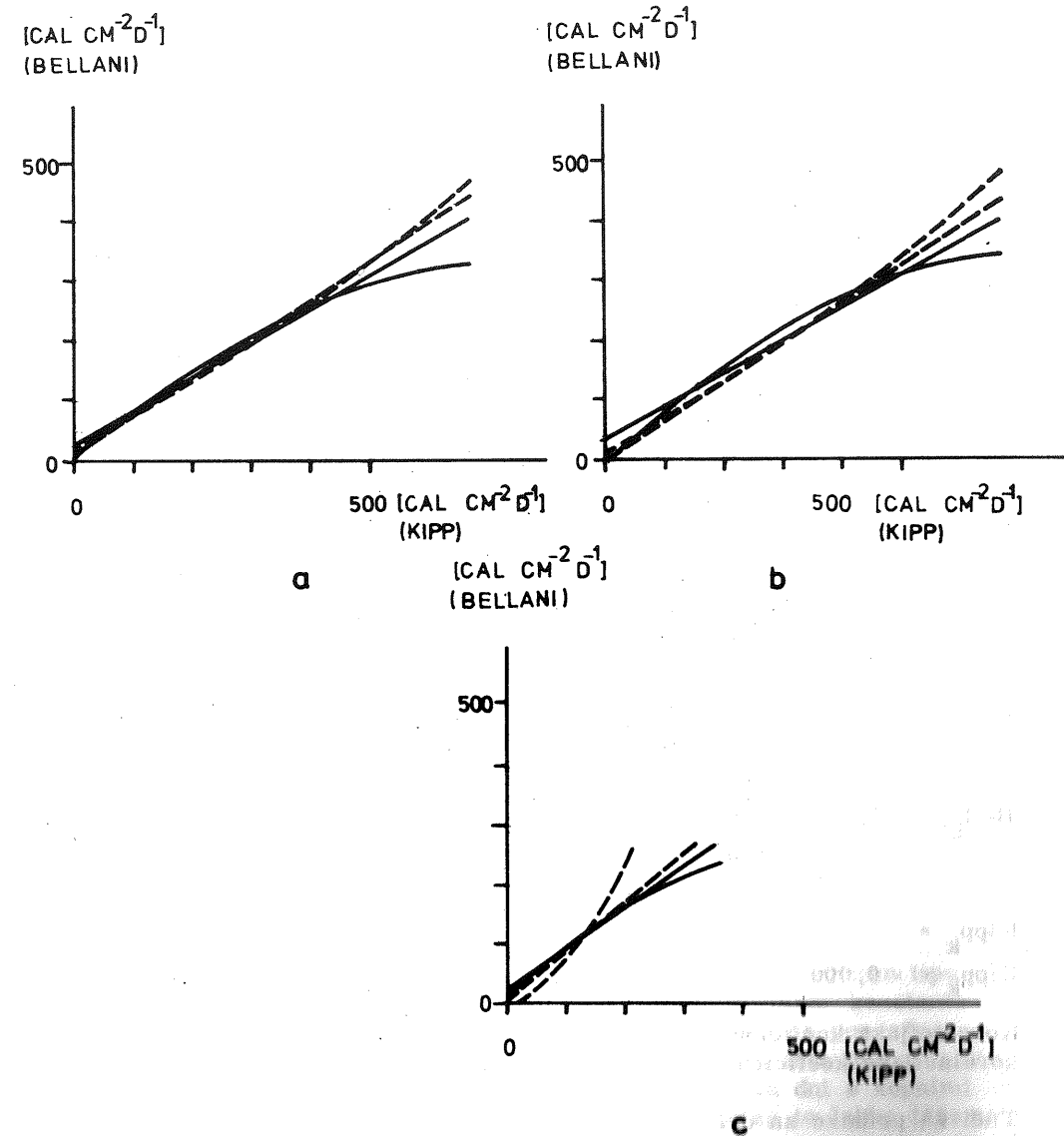
Če si ogledamo še sliki 2 in 3, ki nam kažeta, kako so vrednosti razporejene v dneh s kopnimi tlemi ali pa s snežno odejo, vidimo, da precejšen del nizkih vrednosti odpade na dni s snežno odejo. Toda tudi dnevi, ko ni bilo snega, so pogosto imeli zelo malo sončnega obsevanja. To je (poleg astronomskih vzrokov) tudi posledica tega, da sta v Ljubljani megla ali pa nizka oblačnost, ki močno oslabi sončno sevanje, pozimi zelo pogosti, v zadnji zimi (1972/1973) pa smo imeli tudi dosti dni, ko ni bilo snega na tleh. Tako odpade precejšen del podatkov z nizkimi vrednostmi tudi na dni s kopnimi tlemi. Visoke vrednosti po obeh instrumentih pa so bile seveda dosežene v topli polovici leta, torej vse v dneh, ko snega ni bilo.

Pri vseh treh skupinah podatkov že iz slike vidimo, da daje Bellanijev instrument manjše vrednosti kot Kippov, da pa že daje neko dnevno vrednost, ko Kippov instrument še nič ne pokaže. To bomo obravnavali kasneje, ob primeru izračunane regresije. Iz slik je videti še, da sipanje okrog eventualne regresijske linije niti ni tako močno, posebej ne za dni s snežno odejo (slika 3). Res pa so tedaj tudi izmerjene vrednosti manjše in torej odkloni prav tako.

Že omenjeni UNISTAT1 program smo uporabili tudi za risanje histogramov za niza po Kippu ali Bellaniju in za niz razlik med vrednostmi po Kippu in tistimi po Bellaniju za vse tri skupine podatkov. Opisovanje značilnosti teh nizov je sicer zunaj okvira problema, ki ga obravnavamo, opozorimo le na eno značilnost, ki kaže, da ima vzrok v naravi obeh instrumentov. Opazno je namreč, da so za vse tri skupine (vsi podatki, podatki za dni s kopnimi tlemi in podatki za dni s snežno odejo) razlike najpogostnejše pri vrednostih, ki so manjše od najpogostnejših vrednosti po Kippu in po Bellaniju. Tudi to utegne biti v zvezi z dejstvom, da Bellanijev instrument pri zelo nizkih vrednostih že daje neko vrednost, Kippov pa še nič. Ker pa je prav pri nizkih vrednostih največ podatkov, so tudi razlike tam najpogostnejše, seveda pa so majhne.

Medsebojna zveza obeh nizov

Da bi ugotovili kvantitativno zvezo med obema nizoma za posamezne skupine (vsi podatki, podatki za dni s kopnimi tlemi, podatki za dni s snežno odejo), smo po programu STEPREG1 izračunali premice in parabole najboljšega prilaganja (slika 4), kot tudi korelacijske ter multiple (večkratne) in delne korelacijske koeficiente. Koeficienti v regresijskih enačbah (1 - 12) imajo dimenzije, ki ustrezajo izmerjenim vrednostim v $\text{cal cm}^{-2} \text{ dan}^{-1}$.



Slika 4 Regresijske premice in parabole: a/ vsi podatki, b/ podatki za dni s kopnimi tlemi, c/ podatki za dni s snežno odejo. Polno izvlečene krivulje: $\text{Bell} = f(\text{Kipp})$, črtkano: $\text{Kipp} = f(\text{Bell})$.

Fig. 4 Linear and quadratic regression lines: a/ all the data, b/ data for days without snow cover, c/ data for days of snow lying. Solid lines: $\text{Bell} = f(\text{Kipp})$, dotted lines: $\text{Kipp} = f(\text{Bell})$.

Obdelava vseh podatkov, izmerjenih s solarigrafom tipa Kipp (Kipp) in tistih, izmerjenih s pirametrom tipa Bellani (Bell), daje naslednji zvezi:

$$\text{Bell} = 0,552 \text{ Kipp} + 28,7 \quad (1)$$

$$\text{Bell} = -0,0005 \text{ Kipp}^2 + 0,834 \text{ Kipp} + 5,5 \quad (2)$$

Pri tem je korelacijski koeficient za linearno zvezo 0,927, pri paraboli pa je večkraten korelacijski koeficient 0,937. Parcialni korelacijski koeficienti za posamezne člene (kvadratni člen, linearni člen in konstanta) so skupaj s korelacijskimi koeficienti in multiplimi korelacijskimi koeficienti za vse skupine podani v tabeli 1.

Izračunani sta tudi zvezi, kjer je podatek piranometra tipa Bellani neodvisna spremenljivka. Ti zvezi sta:

$$\text{Kipp} = 1,555 \text{ Bell} - 10,1 \quad (3)$$

$$\text{Kipp} = -0,007 \text{ Bell}^2 + 1,798 \text{ Bell} - 23,9 \quad (4)$$

V zvezi z enačbo (4) naj dodamo, da je multipli korelacijski koeficient odvisen od tega, katerega izmed podatkov vzamemo za neodvisno spremenljivko. Zato se multipla korelacijska koeficienta razlikujeta (tabela 1).

Podobne zveze smo izračunali tudi za podatke, ko so tla kopna (indeks k):

$$\text{Bell}_k = 0,546 \text{ Kipp}_k + 30,7 \quad (5)$$

$$\text{Bell}_k = -0,0005 \text{ Kipp}_k^2 + 0,863 \text{ Kipp}_k - 1,2 \quad (6)$$

in

$$\text{Kipp}_k = 1,517 \text{ Bell}_k + 2,8 \quad (7)$$

$$\text{Kipp}_k = -0,0009 \text{ Bell}_k^2 + 1,846 \text{ Bell}_k - 18,6 \quad (8)$$

Korelacijska koeficienta, multipla korelacijska koeficienta in parcialne korelacijske koeficiente najdemo v tabeli 1.

Tudi za podatke za dni s snežno odejo (indeks s) smo izračunali zveze na enak način:

$$\text{Bell}_s = 0,686 \text{ Kipp}_s + 18,3 \quad (9)$$

$$\text{Bell}_s = -0,0009 \text{ Kipp}_s^2 + 0,970 \text{ Kipp}_s + 6,6 \quad (10)$$

Z izbiro podatka, ki ga daje piranometer tipa Bellani za neodvisno spremenljivko pa dobimo:

$$\text{Kipp}_s = 1,215 \text{ Bell}_s - 10,0 \quad (11)$$

$$\text{Kipp}_s = 0,0039 \text{ Bell}_s^2 + 0,399 \text{ Bell}_s + 17,0 \quad (12)$$

Kako tesne so te zveze nam spet povedo korelacijski koeficienti, ki jih dajemo v tabeli 1.

Tabela 1 Korelacijski koeficienti (KK) ter multipli (MKK) in parcialni korelacijski koeficienti (PKK) med nizoma podatkov za tri skupine: vsi podatki, podatki za dni s kopnimi tlemi (indeks k), podatki za dni s snežno odejo (indeks s).

Table 1 Correlation coefficients (KK), multiple (MKK) and partial correlation coefficients (PKK) between sets of data for three groups: all the data, data for days without snow cover (index k), data for days of snow lying (index s).

	KK	MKK	PKK		
			kvadr. člen	linear. člen	konstanta
			quadr. term	linear term	constant
Bell - Kipp	0,927	0,937	-0,317	0,750	0,064
Kipp - Bell	0,927	0,928	-0,116	0,638	0,108
Bell _k - Kipp _k	0,910	0,923	-0,369	0,720	-0,011
Kipp _k - Bell _k	0,910	0,912	-0,145	0,619	-0,089
Bell _s - Kipp _s	0,913	0,931	-0,456	0,843	0,182
Kipp _s - Bell _s	0,913	0,930	0,434	0,221	0,236

Ob pregledu enačb (1), (5) in (9) ugotovimo, da daje piranometer tipa Bellani že neko vrednost, tedaj ko solarigraf še ne reagira; konstanta je namreč v vseh treh enačbah pozitivna. Če pogledamo še poprečne vrednosti za posamezne skupine, vidimo, da je ta konstanta pri skupini vseh podatkov 18% od srednje vrednosti, pri podatkih za dni s kopnimi tlemi 16%, za dni s snežno odejo pa kar 27%. Vzrok za to lahko iščemo v večji površini in krogelni obliki sprejemnega elementa instrumenta tipa Bellani, ki omogočata boljše zaznavanje difuznega sevanja, kar je pomembno ob oblačnih in meglenih dneh, posebno pa, če tla pokriva snežna odeja.

Glede na visoke vrednosti korelacijskih koeficientov za linearne zveze (tabela 1), ki jih komaj kaj spremenimo, če dodamo še kvadrat neodvisne spremenljivke, lahko z izračunanimi zvezami dovolj dobro prevedemo

vrednosti, izmerjene z enim instrumentom, v vrednosti izmerjene z drugim instrumentom.

Za grobo oceno navedimo še rezultate primerjav srednjih vrednosti obeh nizov in srednjih razlik, ki smo jih izračunali za posamezne skupine. Tabela 2 kaže, da se srednje vrednosti razlikujejo, Relativna razlika med dvema nizoma se v vsem letu močno spreminja. V poprečju daje instrument tipa Bellani za 33% manjše vrednosti kot solarigraf. Ker je ta razlika fizikalno pogojena - saj meri instrument tipa Bellani tudi odbito komponento kratkovalovnega sončnega sevanja, ki je solarigraf ne zazna - so razlike seveda odvisne od karakterja zemeljske površine. Zato so razlike za čas, ko so tla kopna, večje kot v poprečju (relativna razlika glede na globalno obsevanje je 35%). Za čas, ko leži na tleh sneg, je ta delež znatno manjši (relativna razlika 6%). Pri kopnih tleh je torej procentualni delež razlike 5 do 6 krat tolikšen kot ob snežni odeji. Ugotovimo lahko, da dobimo isti faktor tudi, če poiščemo razmerje med albedom svežega snega in albedom travnate površine. Manjše razlike med poprečnimi vrednostmi obeh nizov za dni s snežno odejo so v dobršni meri prav posledica znatno večjega albeda.

Tabela 2 Pregled srednjih vrednosti in standardnih deviacij ($\text{cal cm}^{-2} \text{ dan}^{-1}$) ter relativnih razlik (v odstotkih vrednosti Kippa) za tri skupine podatkov: vsi podatki, podatki za dni s kopnimi tlemi (indeks k), podatki za dni s snežno odejo (indeks s).

Table 2 Arithmetic means, standard deviations (both in $\text{cal cm}^{-2} \text{ day}^{-1}$) and relative differences (in percents of values from Kipp) for three groups of data: all the data, data for days without snow cover (index k), data for days of snow lying (index s).

	srednja vrednost	standardna deviacija	relativna razlika
	arithmetic mean	standard deviation	relative difference
Bell	164,3	110,9	
Kipp	245,5	186,2	33
Bell _k	187,9	108,8	
Kipp _k	287,9	181,3	35
Bell _s	68,3	52,8	
Kipp _s	73,0	70,3	6

4. SKLEP

Primerjava podatkov o cirkumglobalnem in globalnem obsevanju, izmerjenih v Ljubljani v dveletnem obdobju 1971 do 1973 nam daje naslednje rezultate:

Potrjuje nam uporabnost cenene in enostavnega piranometra tipa Bellani, saj je korelacija med podatki, izmerjenimi s tem instrumentom in tistimi, izmerjenimi s solarigrafom tipa Kipp Zonnen nad 0,91.

Z metodo najmanjših kvadratov izračunane regresijske premice in parabole nam omogočajo kvantitativno prevedbo podatkov, izmerjenih z enim od instrumentov v vrednosti, ki bi jih izmerili z drugim.

Regresijske premice za posamezne skupine podatkov nam kažejo, da piranometer tipa Bellani že izmeri neko vrednost, ki je solarigraf še ne zazna. Ta vrednost je znatna, saj znaša v prvi skupini, v kateri so združeni vsi podatki, 18% od srednje vrednosti, v drugi skupini, v kateri so obravnavani podatki s kopnimi tlemi 16%, v tretji skupini, v kateri so podatki, izmerjeni tiste dni, ko so bila tla pokrita s snežno odejo, pa kar 27% od srednje vrednosti. Vzrok za to lahko iščemo v večji površini in krogelni obliki sprejemnega elementa tega instrumenta, ki omogoča boljše zaznavanje difuznega sevanja, ki predstavlja velik del cirkumglobalnega obsevanja, zlasti ob oblačnih in meglenih dneh, posebno pa, če so tla pokrita s snežno odejo.

V poprečju daje instrument tipa Bellani za 33% nižje vrednosti kot solarigraf in za toliko je cirkumglobalno obsevanje manjše od globalnega. Za dni s kopnimi tlemi je ta razlika še nekoliko večja in znaša 35%. Če pa primerjamo srednji vrednosti po obeh nizih za dni s snežno odejo, pa se relativna razlika zmanjša za faktor 6 in znaša le 6%. Isti faktor dobimo, če poiščemo razmerje med albedom svežega snega in albedom travnate površine. V dneh s snežno odejo se vrednosti, izmerjene z enim ali drugim instrumentom ne razlikujejo dosti.

Primerjava podatkov, izmerjenih s piranometrom tipa Bellani in solarigrafom Kipp Zonnen, ki smo jo napravili v tem delu, nam torej daje dovolj kvantitativnih informacij, da lahko občasna merjenja s piranometrom navežemo na rezultate meritev s solarigrafom v stalni opazovalni mreži; to pa je prav tisto, kar smo želeli dobiti.

Delo je del raziskovalne teme "Kvantitativna ocena sončnega obsevanja v razgibanem reliefu", ki jo financira RSS SKLAD BORISA KIDRIČA.

LITERATURA

- /1/ Hočevar A.: Agrometeorologija - osnove. Univerza v Ljubljani, Ljubljana 1971.
- /2/ Flach E.: Vergleichende bioklimatologische Untersuchungen zum Verhalten der Sonnenscheindauer und der kurzwelligen Wärmestrahlung im Hochgebirge und Flachland. Zeitschrift für angewandte Bäder- und Klimaheilkunde, 15. Jahrgang, Nummer 1; Stuttgart 1968.
- /3/ Basnayake B. K.: Comparison of the field performance of three types of solar radiation measuring instruments. Climatological bulletin No 8, Montreal 1970.
- /4/ Hočevar A.: Poročilo o delu v letu 1971/72, Kmetijstvo I. projekt, naloga 1 - 7, tema 5, Ljubljana 1972.
- /5/ HMZ SRS: Poročilo HMZ SRS, Leto XIX julij do leta XXI junij, Ljubljana 1971 - 1973.
- /6/ Dirmhirn I.: Das Strahlungsfeld im Lebensraum. Akad. Verlagsges., Frankfurt a.M. 1964.
- /7/ Geiger R.: Das Klima der bodennahen Luftschicht. 3. Aufl., Braunschweig 1950.

OKVIRNE VREDNOSTI SONČNEGA OBSEVANJA NA BALKANSKEM
POLOTOKU

ROUGH VALUES OF RADIATION AT BALKANIAN PENINSULA

551.521.1

DANILO FURLAN

Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY:

Global radiation at Balkanian Peninsula is studied using data of five stations. Three of them - Athens, Skopje and Beograd are representing conditions at peninsula in the meridional direction and two others Ljubljana and Bucharest together with Belgrade, conditions in the zonal direction at the northern border of the peninsula. Global radiation is diminishing for 1,3% moving 1 degree latitude north. In the zonal direction no differences were found. Deep basins and carst poljes lack appr. 20% of global radiation. The cause for that might be frequent fog especially during cold half of the year and intense convective cloudiness during warm half of the year.

During the six years observation period (1964 - 1969) the highest values of global radiation were obtained at Athens - mean yearly value 132 545 ly, and the smallest values at Ljubljana - 94 641 ly. It should be noticed that Ljubljana lies most northerly and is located in a broad basin.

All stations obtain maximal values of global radiation in July, and not in June as should be expected, and minimal values in December.

Data of quasi-global radiation on vertical surfaces oriented in main directions of the sky are presented only for Beograd - Zeleno brdo and are given in percents of the value of global radiation. The most uniform yearly course have data of quasi-global radiation obtained by the east oriented wall. It obtains about 50% in March and 60% in January. Conditions are most different on the south oriented wall. It gets less than 50% in June and July, but more than 140% in November.

Some data for direct solar radiation obtained by a horizontal surface are given for Beograd - Zeleno Brdo. Its maximal values at clear sky and mean air turbidity are at noon viz. at summer solstice 1.09 ly/min, at winter solstice 0.40 ly/min, at spring equinox 0.84 ly/min and at fall

equinox 0.80 ly/min. Maximal hourly value is 64 ly/min. Daily summs are between extreme values viz. 114 ly/day in January and 538 ly/day in June.

UVOD

Podatki o sončnem obsevanju spadajo med najredkejšo meteorološko dokumentacijo. V Jugoslaviji je bilo sevanje že večkrat obravnavano, vendar so razprave zajele najpogosteje globalno obsevanje, redkeje tudi direktno. V tem prispevku, ki tudi obravnava predvsem globalno obsevanje, je odpravljena ena izmed poprejšnjih pomanjkljivosti, namreč časovna nehomogenost opazovalnega niza.

Izbranih je bilo 5 postaj in to tako, da je Balkanski polotok zajet v zonalni smeri, določene postaje so bile Bukarešta, Beograd in Ljubljana, kot tudi v meridionalni smeri, kjer so bile določene postaje poleg Beograda še Skopje in Atene.

Hkrati je bilo v letih 1968 - 1971 merjeno tudi s 5 solarigrafi Moll-Gorczyński.

Tudi za direktno sevanje so v razpravi le podatki observatorija Beograd - Zeleno brdo, opazovalni niz je tekkel v letih 1957 - 1966, instrument pa je bil do srede leta 1958 kompenzacijski pirheliometer Ångström, zatem pa aktinometer Linke-Feussner.

Opazovalni niz je tekkel v letih 1964 - 1969. Opravljena je bila torej 6-letna opazovalna doba. Srednje vrednosti verjetno niso najbolj pravilne, saj je 6 let prekratka doba, da bi bile tako dobljene srednje vrednosti zelo blizu normalnim vrednostim, ki jih, žal, ne poznamo. Kljub temu pa so dobrodošle, saj dovoljujejo strokovno dovolj utemeljeno grobo primerjavo globalnega sevanja klimatsko močno različnih področij, ki jih ločijo tudi velike razdalje (za evropske razmere): v zonalni smeri prek 8 širinskih stopinj, v meridionalni pa prek 14 dolžinskih stopinj.

Podatke o direktnem sevanju imamo iz daljšega opazovalnega niza, iz obdobja 10 let (1957 - 1966), žal le za eno postajo, Beograd - Zeleno brdo. Prikazani pa so vendarle, saj so s smiselnimi korekcijami uporabljivi na celotnem področju Balkanskega polotoka.

GLOBALNO SEVANJE

Celoletne vsote globalnega sevanja izbranih 5 postaj /1/, kažejo sistematično manjšanje sevanja v smeri jug-sever, kar je v skladu z razpo-

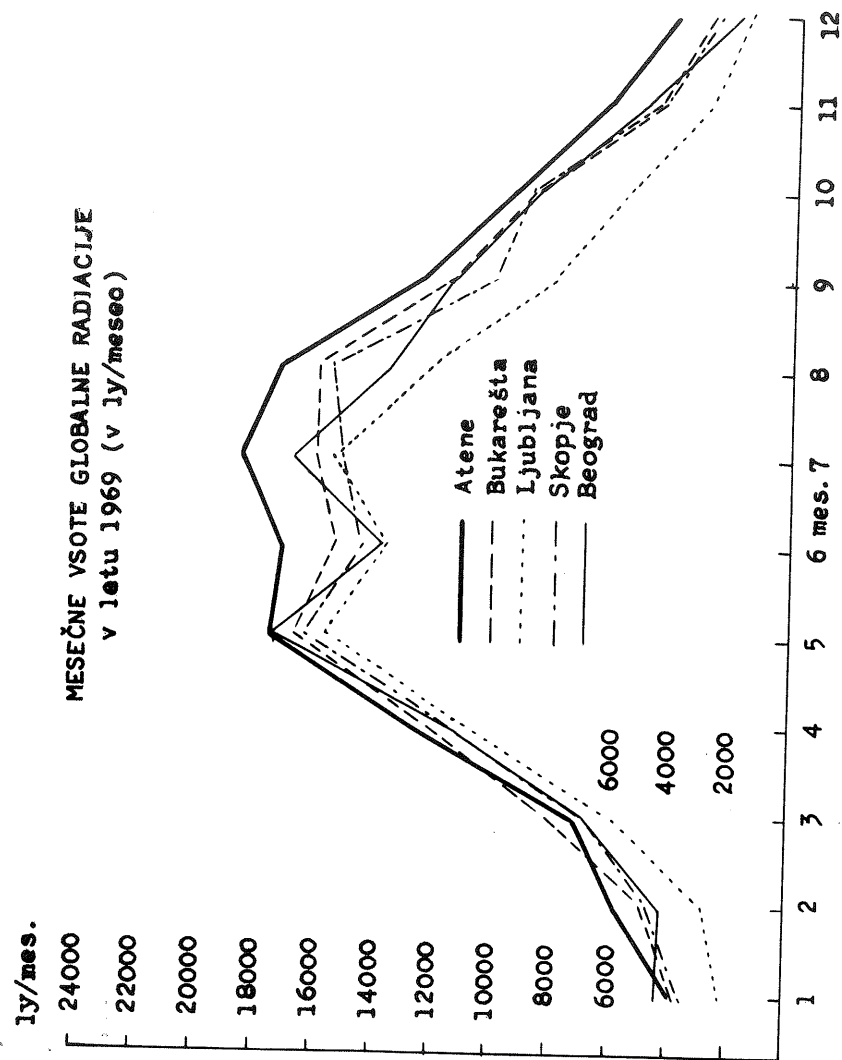
reditvijo tega elementa na severni poluti. (tabela 1). Za vsako širinsko stopinjo se v poprečju letne vsote proti severu zmanjšajo za ca. 1,3%. V zonalni smeri ni zaslediti podobnega pojava. Kolikor gre za področja s podobnimi klimatskimi razmerami, kot na primer med južnim delom Panonske nižine (Zagreb, Beograd) in Vlaško nižino (Bukarešta), so si celoletne vrednosti močno podobne /1, 3/. Bistveno drugačno pa je sevanje v gorskem svetu, na primer na kraških poljih in v globljih kotlinah. Po podatkih observatorija v Ljubljani pride v kotlinah lahko celo do prek 20% primanjkljaja. Vzrok za to moramo iskati predvsem v številnih dneh z meglo, ki jih ima najnižji, jugovzhodni del Ljubljanske kotline, kar prek 150 na leto /4/. Drugi vzrok je zelo intenzivna konvektivna oblačnost v goratem svetu. Medtem ko pomeni megla glavno slabitev za sevanje v hladni polovici leta, nastopi druga ovira v času tople polovice.

Tabela 1 Poprečne vsote mesečnega in letnega globalnega obsevanja (ly/mes., ly/leto). Opazovalni niz 1964 - 1969.

Table 1 Mean monthly and yearly summs of global radiation (ly/month, ly/year) for the period 1964 - 1969.

Mesec	Kraj	Athens	Skopje	Bucharest	Belgrade	Ljubljana
I		4832,3	4530,3	3849,9	3985,1	2395,5
II		6339,3	6186,1	5555,3	5404,1	3940,1
III		9539,7	9209,9	9060,3	8689,2	6772,0
IV		13244,3	12385,4	12496,4	11807,4	10149,5
V		16416,8	16165,5	16100,5	15165,3	13333,0
VI		16805,8	16570,3	16887,0	16062,2	13951,3
VII		18275,9	17778,5	17288,0	17476,2	14074,1
VIII		16125,3	15935,3	15378,0	14564,0	11955,4
IX		12233,9	12123,9	11340,6	11063,2	8114,7
X		8894,7	8945,0	8149,8	8404,2	5392,3
XI		5486,4	4492,9	3516,4	4056,3	2291,9
XII		4350,9	3101,6	2537,7	2535,2	1470,2
Skupaj		132545,3	127424,7	122159,9	119212,4	94040,8

Na vseh 5 obravnavanih postajah je mesec z maksimalnim globalnim sevanjem julij in ne junij, kot bi bilo pričakovati zaradi višine sonca. Vzrok za to so pogosti junijski prodori polarnega zraka prek osrčja Evrope daleč proti jugovzhodu, tudi nad vzhodni del Sredozemskega morja. Prodori so sicer tudi v juliju, vendar so kratkotrajnejši in manj izraziti /5/. Južna Evropa, še prav posebno velja to za njen vzhodni del, je tedaj v območju visokega pritiska, njegovi učinki segajo v



Slika Mesečne vsote globalne radiacije v letu 1969 (v ly/mesec).

Figure Monthly means of global radiation in the year 1969 (ly/month).

severne kraje Jugoslavije, kažejo pa se ti učinki s pojavom sekundarnega padavinskega ninima v juliju in z manjšo oblačnostjo. Posledica je med drugim tudi julijski maksimum globalnega sevanja.

Najnižje je globalno sevanje tudi na Balkanu, podobno kot drugod na severni hemisferi, v decembru.

Če izvzamemo globlje kotline in kraška polja, potem moramo računati na Balkanu v januarju s poprečnimi mesečnimi vrednostmi od ca. 4 000 ly/mes. na severu do ca. 5 000 ly/mes. na jugu. Ustrezni vrednosti za julij sta ca. 15 000 in blizu 19 000 ly/mesec.

Letni hod globalnega sevanja je na vseh 5 postajah izrazito podoben, saj kažejo srednje mesečne vrednosti le manjše medsebojne razlike po vrstnem redu. Poudariti pa je treba, da velja ta ugotovitev le za poprečni hod.

V posameznih letih so razlike občutne. Deloma so razhajanja v posameznih letih očitna že iz zveznic za poedine postaje v letu 1969, še mnogo bolj pa iz tabele 2, ki temelji na celoletnih vsotah. Za vsako postajo sta za 6 letni opazovalni niz vpisana le 2 znaka. Znak + v letu, v katerem je bilo na postaji globalno sevanje največje, in znak - v letu, ko je bilo najmanjše. Rezultat razčlenjenja tabele 2 nas resnično preseneti!

Skopje, Atenam najbližja postaja, je imelo najmanjše sevanje v istem letu (leta 1964), ko so v Atenah zabeležili največje sevanje. Prav obratno pa je bilo v letu 1968. Podobno je bilo med Ljubljano in Beogradom v letih 1964 in 1967. Največje razlike so bile v letu 1964, ko sta observatorija v Ljubljani in Atenah imela med vso 6 letno opazovalno dobo največje globalno sevanje, preostale 3 postaje pa najmanjše.

Tabela 2 Leto ekstremnega globalnega obsevanja. Opazovalni niz 1964 - 1969; znak + pomeni maksimalno letno obsevanje v nizu, znak - pa minimalno.

Table 2 The year of extreme global radiation for the period 1964 - 1969; + denotes maximum and - minimum of radiation in the above period

Obser.	Leto	1964	1965	1966	1967	1968	1969
Atene		+				-	
Skopje		-					+
Beograd		-			+		
Bukurest		-	+				
Ljubljana		+			-		

Tolikšne razlike, kot jih kažeta tabela 2 in slika, so možne le, če imajo zajeta področja bistveno različne klimatske razmere. V našem primeru je situacija prav takšna, saj imajo Atene pravo mediteransko klimo, Ljubljana modifrirano kontinentalno klimo, Bukarešta pa pravo kontinentalno klimo. Velike razlike v letnem hodu (poedinih let) so torej razumljive.

KVAZIGLOBALNO OBSEVANJE VERTIKALNIH PLOSKEV

Do sedaj je obravnavanih nekaj podrobnosti o globalnem obsevanju, ki velja za horizontalno ploskev. V tabeli 3 pa so vrednosti kvaziglobalnega sevanja, ki jih prejmejo med letom vertikalne ploskve, obrnjene proti glavnim stranem neba /6/. Mesečne vsote so izražene v procentih in ne v absolutnih vrednostih. Kot osnovo smo vzeli poprečno mesečno obsevanje na horizontalno ploskev in sicer v Beogradu, kjer smo hkrati opazovali globalno obsevanje na horizontalno in na 4 vertikalne ploskve v letih 1968 - 1971.

Tabela 3 Poprečne mesečne in letne vsote kvaziglobalnega obsevanja na vertikalnih ploskvah. Vsote so izražene v procentih globalnega obsevanja. Opazovalni niz 1968 - 1971, postaja Beograd - Zeleno brdo (po: Gamser 1967).

Table 3 Mean monthly and yearly sums of quasi-global radiation falling on vertical surfaces in percents of global radiation for station Beograd - Zeleno brdo and for the period 1968 - 1971 (after Gamser 1967).

Mesec	Stran neba	Vzhod Est	Jug South	Zahod West	Sever Nord
I		58,0	128,5	76,4	41,6
II		57,4	106,0	69,5	42,7
III		50,9	83,4	64,0	35,1
IV		54,7	68,4	61,6	30,2
V		54,6	53,7	55,2	30,9
VI		55,3	47,8	53,2	34,0
VII		52,5	47,7	55,9	31,5
VIII		53,5	60,5	61,0	31,6
IX		54,7	83,0	66,8	32,2
X		54,0	116,5	73,6	29,6
XI		55,8	137,0	73,0	34,0
XII		56,6	110,6	72,6	47,4
Skupaj		54,3	71,8	61,5	32,9

Izražanje v procentih je smiselnejše od izražanja v absolutnih vrednostih, saj omogoča, da na najkrajši način dobimo iskano vrednost za poljubno postajo, če so le na razpolago vrednosti globalnega sevanja (na horizontalno površino).

Nekaj značilnosti iz tabele 3

Med vsemi štirimi vertikalnimi ploskvami je najbolj obsevana južna, saj se približa skoraj trem četrtinam tiste vrednosti, ki jo prejme horizontalna ploskev. Druga po vrsti je zahodna, tretja vzhodna in končno severna. Ta prejme le 1/3 tiste vrednosti, ki jo prejme horizontalna ploskev. Toliko o razmerju celoletnih vsot.

V letnem hodu pa so te značilnosti: najmanjša kolebanja med letom izkazuje vzhodno usmerjena, med 50% v marcu in 60% v januarju. Vrstni red naslednjih pa je: druga je zahodna, tretja severna in končno južna. Na južno usmerjeni so razlike med letom večje od pričakovanja, saj prejme na primer vertikalna ploskev v novembru za dobro tretjino več kot horizontalna ploskev (137%). Nasprotno pa prejme v juniju in juliju kar za več kot 50% manj kot horizontalna ploskev (48%).

Vrednosti v tabeli 3 so bile ugotovljene v Beogradu, veljajo pa praktično tudi za druga področja. Seveda pa jih moramo uporabljati smiselno, to je, ob upoštevanju klimatskih specifičnosti (letni hod megle, konvektivne oblačnosti) izbrane postaje, področja.

DIREKTNO OBSEVANJE

Direktno obsevanje merimo le pri jasnem nebu. Odločilno vlogo igra zato motnost ozračja in zlasti zemljepisna širina (višina sonca). To omogoča uporabo podatkov iz ene same postaje na mnogo širšem področju, se pravi prek meja poedinih klimatskih območij. V tabeli 4 so podatki observatorija Beograd - Zeleno brdo, opazovalni niz pa je zajel 10 let, 1958 - 1967 /7/.

Nekaj izbranih podatkov: maksimalna vrednost direktnega obsevanja na horizontalno ploskev ob brezoblačnem nebu in srednjih motnostih znaša opoldne in v času poletnega solsticija 1,09 ly/min; v času zimskega solsticija 0,401 ly/min, 0,841 ly/min; ob pomladanskem in jesenskem ekvinoxu pa 0,801 ly/min.

Maksimalna vrednost na uro znaša 64 ly/h, dnevne vsote pa so med ekstremnima vrednostima 114 ly/dan v januarju in 538 ly/dan v juniju.

Tabela 4 Intenzitete direktnega obsevanja na horizontalno ploskev ob jasnem vremenu in srednjih faktorjih motnosti (v ly/min). Opa-zovalni niz 1957 - 1966, postaja Beograd - Zeleno brdo (po: Popović /6/).

Table 4 Intensity of direct solar radiation, falling on horizontal surface at the days of clear sky and mean air turbidity (in ly/min) for station Beograd - Zeleno brdo and for the period 1957 - 1966 (after Popović /6/).

Mesec	Dan	Ura							
		12 ^h	11 ^h 13 ^h	10 ^h 14 ^h	9 ^h 15 ^h	8 ^h 16 ^h	7 ^h 17 ^h	6 ^h 18 ^h	5 ^h 19 ^h
III	21	0,84	0,81	0,69	0,52	0,32	0,11	0,00	0,03
VI	22	1,09	1,05	0,94	0,79	0,59	0,37	0,17	
IX	23	0,80	0,77	0,66	0,51	0,30	0,10		
XII	22	0,40	0,37	0,27	0,13	0,01			

ZAHVALA

Prisrčno se zahvaljujem prof. Koviljki Gamser, Beograd, za posredovane podatke o globalnem sevanju in o instrumentih.

Enako se zahvaljujem tudi tov. Popoviću M., dipl. met., Beograd, ker mi je dal na razpolago vso svojo dokumentacijo o globalnem sevanju na vertikalne površine, pa čeprav je njegova razprava, iz katere je omenjena dokumentacija, šele v tisku, torej še neobjavljena.

LITERATURA

- /1/ A. I. Voeikov: Solar radiation balance data. Monthly published, Leningrad.
- /2/ M. Milosavljević: Klimatologija, Naučna knjiga, Beograd 1963.
- /3/ A. Hočevar: Globalno sevanje v Ljubljani. Razprava-Papers VIII, DMS, Ljubljana 1967, str. 3-30.
- /4/ D. Furlan: Megla v Ljubljani. Letno poročilo meteorološke službe, HMZ SR Slovenije, Ljubljana 1955, str. 24-42.
- /5/ D. Furlan: O uveljavljanju srednjeevropskih singularitet na področju Jugoslavije. Geografski vestnik XXXI/1959, Geografsko društvo Slovenije, Ljubljana 1959, str. 121-130.

/6/ M. Popović: Sume sunčanog zračenja izmerene u Beogradu na vertikalno orijentiranim površinama. X. Savetovanje klimatologa Jugoslavije, Pale - Sarajevo 1973. V tisku. (Savezni hidrometeorološki zavod).

/7/ F. in K. Gamser: Zamučenost atmosfere i direktno zračenje u Beogradu. Zbornik Radova, Savezni hidrometeorološki zavod, Beograd 1967, str. 21-55.

UGOTOVITVE OB MARŠRUTNIH TEMPERATURNIH MERITVAH V
SLOVENIJI

STATEMENTS ON TRAVERSE TEMPERATURE MEASUREMENTS IN
SLOVENIA

551.524.1

ZDRAVKO PETKOVŠEK

Katedra za meteorologijo FNT, Ljubljana

SUMMARY:

Increased needs for more accurate knowledge of temperature distribution in meso scale forced us to introduce the moving point (or along the route) temperature measurements. In the very changeable terrain as it is considered such measurements give series of interesting results and call attention to some problems.

It was found out that even 3 degree centigrade temperature difference on 100 meters horizontal distance can occur on very heterogenous relief and surface characteristics. The greatest differences were measured in the morning along the roads leading over rugged (cleft) terrain covered with the forest on shadow slopes and with the grass or stone on the sunny parts.

Considering the complete equation for local temperature changes, transformed for a moving point (Eq. 4), it is shown that on the basis of such measurements any conclusion about horizontal or vertical temperature gradients is possible only if neglecting the series of influencing factors. Therefore they can not be determined exactly by such measurements, they can be only approximated, however with the great care by analysing and considering all influences like time of the day, relief, overgrowth of surface, buildings or settlements, motor traffic, dynamic effects, effects of phase changes, air circulation and other weather parameters and their changes along the route.

The results of measurements contributed to some statements on temperature of cold air lakes in basins and its daily course. All these are important parameters in connection with the studies of air pollution dispersion in such relief units,

The enormous air temperature changeability, established by these measu-

rements, call for attention that by all considerations of air temperature data at the surface above rugged terrain much more care should be devoted to the microscale and local characteristics around the points of site measurements.

UVOD

Temperaturo zraka, ki je funkcija prostora in časa merimo predvsem in največkrat v kaki fiksni točki, zato so nam splošne temperaturne spremembe in temperature v Sloveniji s tega vidika dokaj dobro poznane /1/. Tudi vertikalnih temperaturnih meritev v atmosferi je na splošno precej in vedno več, vendar predvsem za potrebe makso vremenske slike. Znatno manj je temperaturnih meritev v mezoskali - nekaj deset kilometrov v horizontalni smeri in v prvih spodnjih nekaj sto metrov višine. Posamezne meritve s teh območij pri nas pa kažejo /2/, da so nam tod razmere še slabo znane, saj nas rezultati nemalo presenečajo.

V mezoanalizi, ki postaja v zvezi z mestno klimo in varstvom okolja vse bolj pomembna, so potrebni mnogo gostejši podatki, kot v makroanalizi, naša predstava o horizontalnih temperaturnih gradientih pa je zelo pomanjkljiva. Merilne točke stalne mreže so razmeroma daleč narazen, zato lahko dobimo natančnejše predstave o horizontalnih in vertikalnih (ob pobočjih) sprememba temperature le z maršrutnimi meritvami - merjenji vzdolž poti. Pri teh meritvah pa se pojavi vrsta faktorjev, ki vplivajo na meritve in tudi na temperaturne razmere vzdolž poti. Izmerjene vrednosti nas tudi opozarjajo na vplive, ki jih sicer pri vrednotenju temperaturnih podatkov očitno premalo upoštevamo. Nekaj tovrstnih ugotovitev, izkušenj, podatkov in spoznanj, ki smo jih dobili ob maršrutnih meritvah temperature zraka v osrednji Sloveniji, bo podanih v tem delu.

PROBLEMI, NAČIN IN PODROČJE MERITEV

Meritve z instrumenti na vozilih niso novost; začele so se na biciklih /3/. Glede na dimenzije v mezoskali je najbolj primerno opravljati take meritve pri tleh z instrumentom na avtomobilu, ki omogoča dovolj velike hitrosti in s tem dovolj nagle spremembe neodvisne spremenljivke s , ki jo merimo vzdolž poti. Ta je v malo razgibanem reliefu skoraj identična svoji horizontalni projekciji (n); v močno razgibanem ali strmem terenu pa vsebuje tudi znatno vertikalno komponento (z), ki je predvsem glede na stabilnostne razmere v atmosferi zelo važna, obenem pa omogoča predstavo temperaturnih razmer v sistemu $T(z)$.

Temperatura nastopa pri maršrutnih meritvah kot prava funkcija prostora in časa ter je

$$T = T(x, y, z, t) \quad (1)$$

Čeprav nas predvsem zanimajo prostorske razporeditve, izhajamo iz enačb za časovne spremembe.

Iz Eulerjeve relacije med individualno, lokalno in advektivno spremembo ter splošne energijske enačbe sledi izčrpna enačba za lokalne temperaturne spremembe v razgibanem reliefu /4/, ki jo v skrajšani obliki lahko zapišemo

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\vec{u}_h \cdot \nabla_h T - w(\gamma_a - \gamma) + \frac{1}{c} \frac{dE}{dt} \quad (2)$$

pri čemer predstavljata prva dva člena na desni posebej temperaturne spremembe zaradi horizontalne in vertikalne advekcije, zadnji pa spremembe zaradi ogrevanja pri energijskih spremembah, ki se končno odražajo v odtoku ali dovodu toplote zraku. Te zajemajo obsevanje, kondukcijo, fazne spremembe, lokalne spremembe pritiska, trenje in spremembe kinetične energije zračnih delcev.

Za uspešno nadaljnje izvajanje moramo del drugega - vertikalno advektivnega člena

$$\gamma_a - w = \frac{g w}{c_p}$$

vkjučiti nazaj v energijski člen iz katerega izhaja in pišemo enačbo (2) v obliki

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\vec{u}_h \cdot \nabla_h T + w \gamma + \frac{1}{c_p} \left(\frac{dE}{dt} - g \frac{dz}{dt} \right) \quad (3)$$

Maršrutne meritve lahko štejemo za meritve lokalnih sprememb v gibanju se točki senzorja ali vozila (indeks v) in zapišemo

$$\left(\frac{\partial T}{\partial t} \right)_v = -(\vec{u}_h - \vec{u}_{hv}) \cdot \nabla_h T + (w - w_v) \gamma + \frac{1}{c_p} \left(\frac{dE}{dt} - g \frac{dz}{dt} \right) \quad (4)$$

Za vozilo, ki bi se gibalo ravno skupaj z delci zraka $\vec{u} = \vec{u}_v$, bi prva dva člena na desni odpadla in tedaj bi merili le posledice energijskih sprememb teh delcev, temperaturne razporeditve v prostoru za nek čas pa tedaj ne bi mogli dobiti.

V enačbi (4) so znane vrednosti le tri, in sicer merjena $(\partial T / \partial t)_v$ ter komponenti vektorja hitrosti vozila \vec{u}_{hv} in w_v , neznane pa so nam advekcije (gibanje delcev in temperaturni gradienti) ter vrsta neznank, ki jih

vsebuje člen z energijskimi vplivi ali energijskimi spremembami s časom. Vidimo torej, da lahko na podlagi maršrutnih meritev določamo horizontalne in vertikalne temperaturne gradiente le ob postavkah, da ni gibanja zraka $\vec{u} = 0$ in da v tej zračni plasti ni energijskih sprememb ali da sta obe ti okvirni količini zanemarljivi. Razumljivo je, da to v splošnem ne velja, da so te postavke zelo grobe in seveda rezultati ob njih zelo približni. Velika hitrost vozila in kratek čas meritev le delno opravičujeta take postavke, napake pa so kljub temu lahko zelo velike.

Če odštejemo od enačbe (4) enačbo (3) dobimo

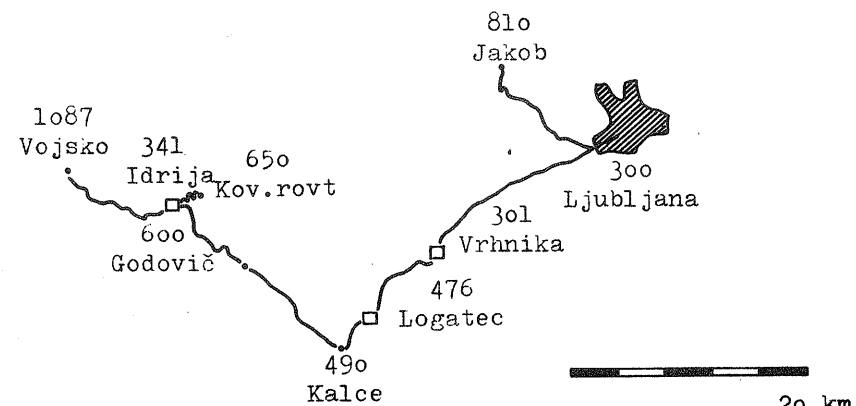
$$\left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)_v - \frac{\partial T}{\partial t} = \vec{u}_v \cdot \nabla T \quad (5)$$

Iz analogne enačbe za pritisk (namesto T) določajo pravo tendenco pritiska za šipse na morju, toda šele sinoptiki ob vremenski karti, ki imajo znan ∇p . Pri maršrutnih meritvah pa bi za določevanje ∇T potrebovali še podatek o lokalnih temperaturnih spremembah. Teh podatkov pa seveda ni, zato se naslanjamo direktno na enačbo (4) ob upoštevanju gornjih postavk; ob tem pa ne smemo pozabiti, da so dobljene vrednosti le približne.

Meritve, ki jih bomo obravnavali, so bile izvedene pri hitrostih med 40 in 80 km/h, nobena posamezna meritev pa ni trajala dalj kot eno uro, mnoge pa precej manj. Vendar pa lokalnih temperaturnih sprememb seveda ni mogoče zanemariti, zlasti ne dopoldne, ko so te razmeroma velike. Najmanjše in zanemarljive so pred sončnim vzhodom /5/.

Glede na hitrost vozila in glede na potrebe naj bi bila določena občutljivost instrumenta oziroma njegova prilagodljivost temperaturnim spremembam zraka. Vendar glede tega nimamo veliko izbire. Živosrebrni termometri so seveda mnogo preveč vztrajni ali počasi prilagodljivi. Glede na dobro cirkulacijo zraka okrog sensorja pa je bil primeren občutljiv Atkinsov termistorski termometer z razmeroma majhnim sensorjem ($\emptyset 2 \times 12$ mm), ki je dajal temperaturne spremembe skoraj $1^\circ \text{C}/\text{sek}$. - časovna konstanta je 3 sek. Uporabili smo isti senzor za dva merilna instrumenta z območji -12 do $+12^\circ \text{C}$ in 0 do 24°C . Posebni kontrolni sistem v instrumentu je omogočal pravilno nastavitev in je bil porok za pravilnost izmerjenih vrednosti. Merili smo tako, da smo med vožnjo kontinuirano spremljali kazalec instrumenta in beležili vse pomembnejše spremembe pri krajših meritvah, pri meritvah na daljših razdaljah pa smo se, zlasti na ravnini, omejili le na značilne lokacije, ki smo jih pasirali. Instrument za odčitavanje vrednosti je bil v vozilu, senzor pa je bil vezan z instrumentom z 1,5 m dolgim kablom in je bil primerno nameščen na zunanji sprednji strani vozila. Vrednosti smo torej odčitavali in zapisovali; regulator, tudi če bi ga imeli, zaradi tresenja ne bi bil uporaben.

Področje meritev je razvidno s slike 1, meritve pa zajemajo štiri maršrutne relacije: Ljubljana-Idrija, Idrija-Vojsko, Idrija-Kovačev rovt in Ljubljana-Katarina (ali Jakob). Pri prvi maršruti je najznačilnejša horizontalna dimenzija, medtem ko je pri drugih zaradi relativno velikih višinskih razlik važnejša vertikalna komponenta ter so tudi rezultati v glavnem temu primerno prikazani.



Slika 1 Področje in relacije maršrutnih temperaturnih meritev.

Fig. 1 Region and routs of traverse temperature measurements.

REZULTATI IN DISKUSIJA

Naj podamo najprej nekaj splošnih ugotovitev in spoznanj, ki so nam jih dale maršrutne meritve. Predvsem nas preseneča velika spremenljivost temperature zraka, ki je doslej nismo poznali: izmerili smo temperaturne spremembe do 3° v 5 sekundah ali - upoštevajoč hitrost vozila - okrog 3° na 100 m poti. Vzporedna opazovanja raznih pogojev in naknadne analize so pokazale, da so za tako spremenljivost potrebne ustrezne kombinacije reliefnih in vremenskih pogojev.

V reliefnih pogojih, kjer se vije cesta ob grapastem pobočju in naglo prihaja iz osovinih v prisojne lege, pri čemer so prve navadno gozdnate druge pa porasle s travo, so lahko temperaturne spremembe največje oz. najhitrejše. Seveda pa igrajo pri tem važno vlogo vremenski pogoji in dnevni čas. Mirno in jasno vreme z neznatno turbulentno izmenjavo zraka omogoča dopoldne, da je zrak v gozdnatih osovinih legah še hladen, na prisojnih pa že močno ogret. Kotline so še lahko zapolnjene z jezeri hladnega zraka, medtem ko se že tako toplejši zrak v inverzni plasti in

nad njo ob prisojnih pobočjih še dodatno ogreva. Taka jezera so lahko obsežna in zalivajo velike kotline, zjutraj pa lahko izpolnjujejo le nekaj metrov globoke vrtače ob robovih katerih ponekod potekajo lokalne ceste - kot n.pr. med Kalcami in Godovičem.

Detajlnejša analiza drugega člena in sestavin zadnjega člena enačbe (3) za močno razgiban relief /4/ je pokazala, da je v hribih glede na ravnine velika razlika ter da je tu lahko vsak efekt pomembno učinkovit.

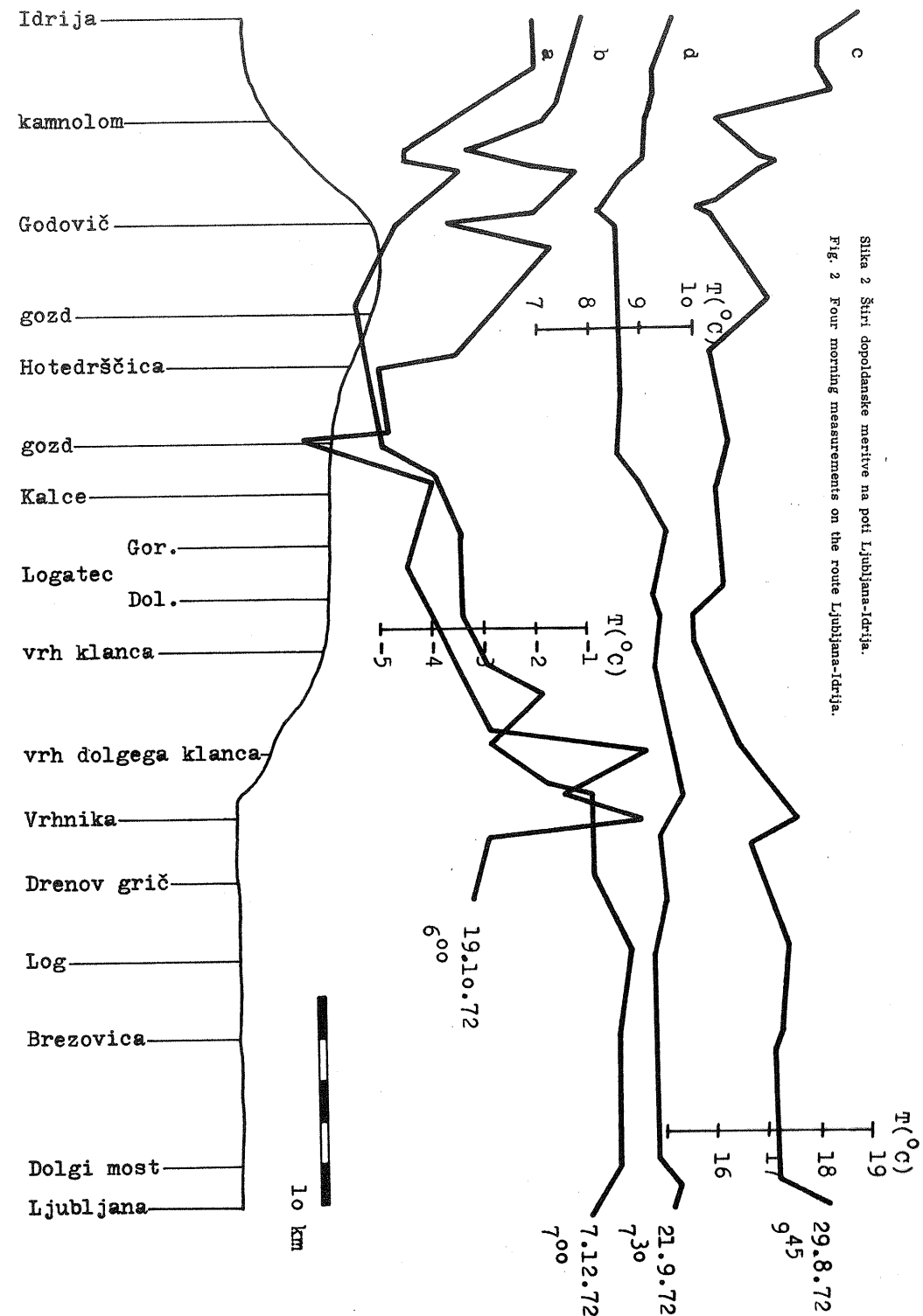
Maršrutne meritve, ki vodijo vzdolž poti vključujejo posledice lokalnih sprememb v spremembe gradientov. Precej močan je tudi vpliv gozda, četudi ta ni obsežen. To je v skladu z Bendarekovimi ugotovitvami /6/, da so tovrstni efekti na notranjem robu gozda pravzaprav enaki tistim globoko v gozdu.

Glede na vse te vplive različnih lokacij, ki so očitno mnogo večji, kot smo doslej mislili, nas maršrutne meritve opozarjajo na to, da je v našem razgibanem reliefu in pestro poraščeni površini tal temperatura zraka pri tleh močno odvisna od izbire lokacije in mikrolokacije. Zato ni mogoče nobeno izmerjeno vrednost brez upoštevanja teh faktorjev uporabiti za reprezentativno za mezo ali celo makro razsežno področje. Razlike v temperaturi 5° , ki so v sinoptični meteorologiji že odločujoče pri analizi front, lahko nastopajo torej tu na razdalji manj kot 200 m. Pri oblačnem in vetrovnem vremenu so razlike seveda znatno manjše.

Maršrutne meritve, ki jih uvajamo vzdolž prometnih cest pa v precejšnji meri moti motorni promet. Pri vetrovnem vremenu in pri višjih temperaturah je njegov vpliv razmeroma majhen ali celo zanemarljiv; zelo občuten pa je pri mirnem vremenu in temperaturah pod ničlo. Meritve so pokazale, da se je temperatura zraka, ko smo se od zadaj približevali večjemu tovornjaku dvignila za celi 2° in takoj spet toliko padla, ko smo ga prehiteli. Podobne efekte so dajale tudi kolone nasproti vozečih vozil. Če hočemo dobiti reprezentativne podatke za pokrajino, moramo te vplive izločiti, če pa nas zanima temperaturno stanje na cestah, pa seveda ne. Tako smo ugotovili, da je pozimi ob mirnem vremenu zrak nad cestami z gostim prometom za $1 - 2^{\circ}$ toplejši kot v okolici.

Na sliki 2 so prikazane štiri meritve na poti Ljubljana-Idrija, izvedene v jutranjih ali dopoldanskih urah; na sliki 3 pa meritve v nasprotni smeri in v popoldanskih in večernih urah. Nobena meritev ni trajala dalj kot eno uro, štartni čas in datum pa je podan ob vsaki krivulji. Spodaj je prikazan reliefni profil poti z(n) zgoraj pa "potek" temperature zraka $T(n)$, pri čemer so upoštevane glavne in karakteristične točke, vpliv posameznih vozil pa je izločen.

Od splošnih karakteristik teh krivulj je značilna precejšnja variabilnost, ki je ponekod brez reda, ponekod pa očitno izrazito reliefno pogojena,



Slika 2 Štiri dopoldanske meritve na poti Ljubljana-Idrija.
Fig. 2 Four morning measurements on the route Ljubljana-Idrija.

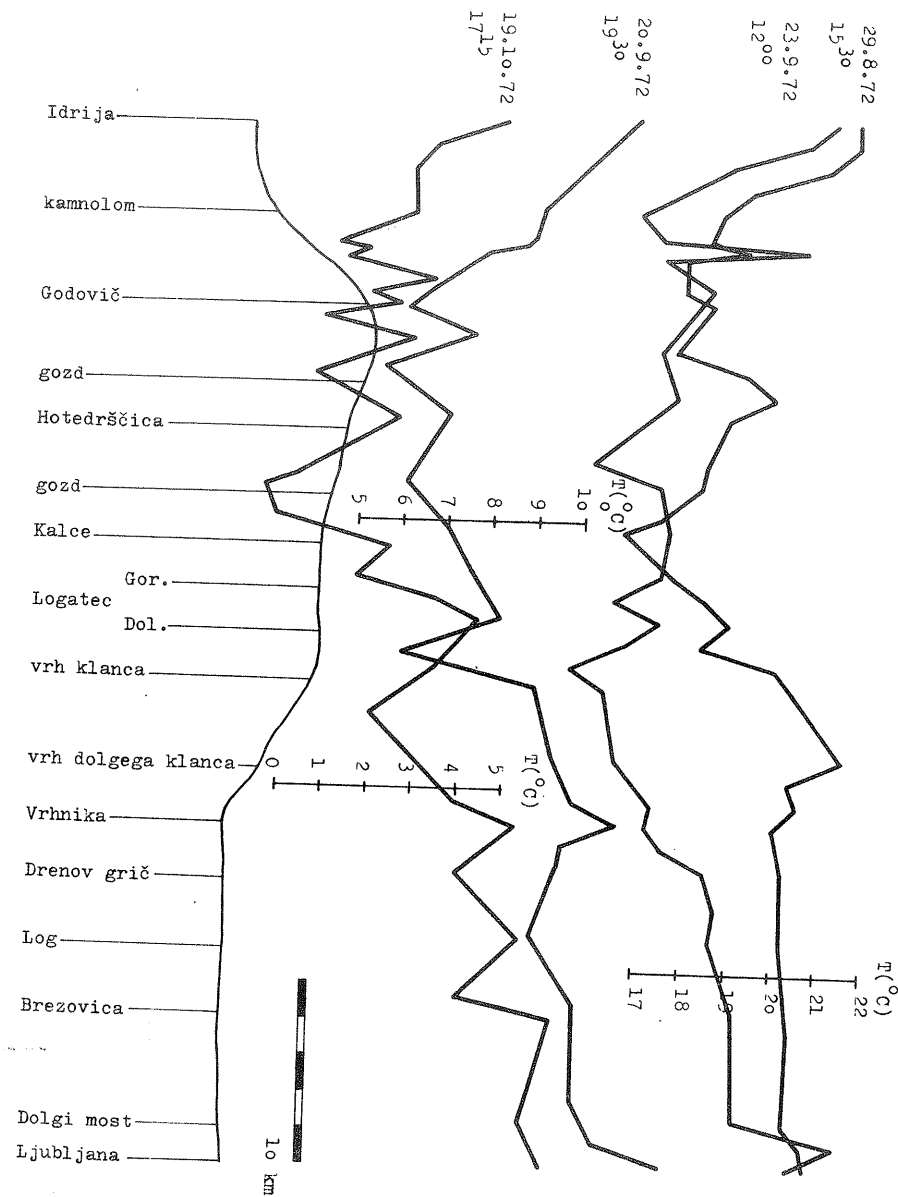


Fig. 3. Form. strežnikov (srednjepovprečne) ...

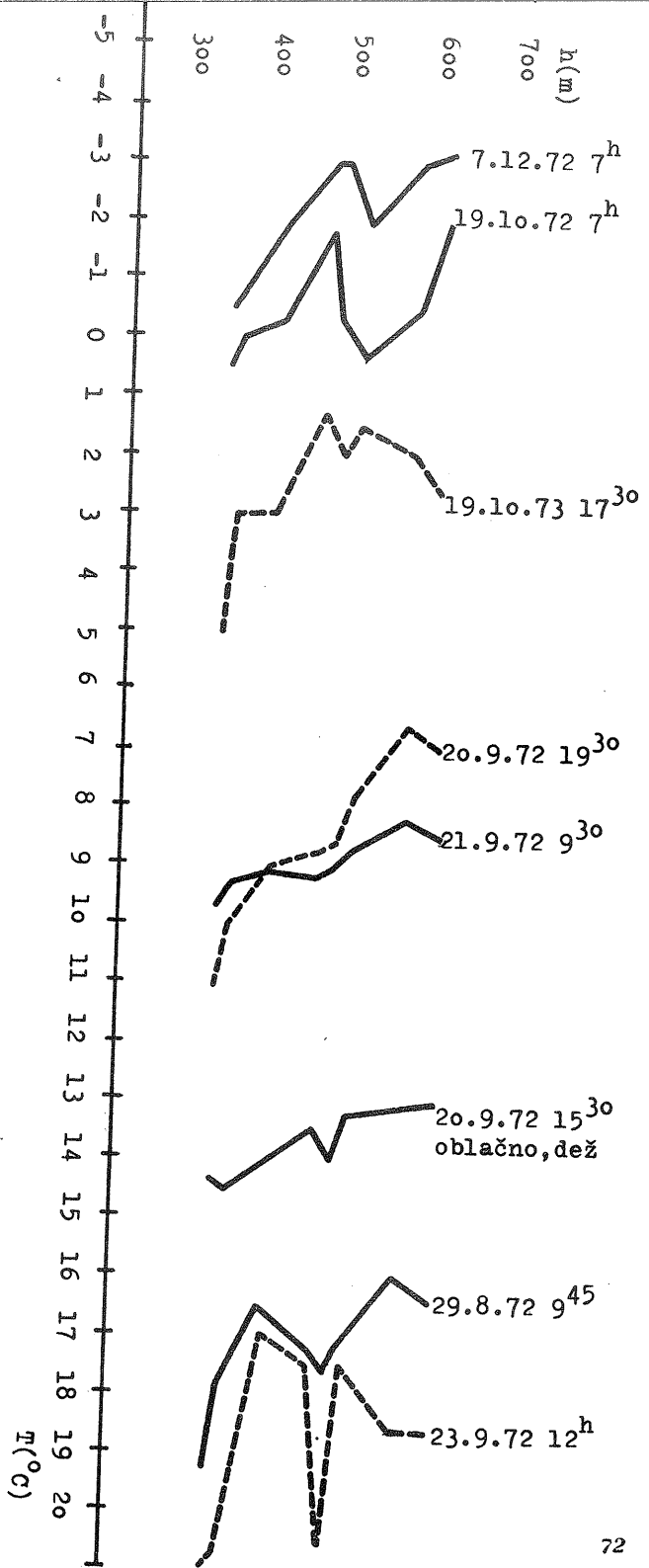
kot n.pr. med Idrijo in Godovičem. Precej dobro sta izražena toplotna otoka mest Ljubljane in Idrije. Pri Idriji, ko se pot kmalu začne razmerno hitro dvigati, se ta vpliv spoji z vplivom vertikalnih temperaturnih sprememb. Tudi posamezni manjši kraji kažejo navadno nekoliko višje temperature, s čemer je potrjena ugotovitev, da imajo lahko toplotne otoke tudi manjši kraji in ne le velika mesta. Splošni potek krivulj tudi kaže nižje temperature nad dvignjenim reliefom, medtem ko so temperature v Ljubljanski kotlini med Vrhniko in Ljubljano približno enake, izjemoma pa tudi precej različne (slika 3, 19.10.). Krivulje očitno kažejo še nekatere značilnosti, vendar bi opis vseh presegal okvir tega dela.

Del poti med Idrijo in Godovičem se, kot smo že omenili, naglo dviga, zato je meritve s tega dela poti smiselno prikazati še v vertikalni skali, to je v sistemu $T(z)$ - slika 4. Absolutne temperaturne vrednosti so predvsem posledica letnega in dnevnega časa; relativne vrednosti pa kažejo, da je zrak na dnu Idrijske kotline na splošno precej toplejši od zraka v grapi ob Zali in od tistega na višje ležečem Godoviču, in to tudi ob času jezera hladnega zraka v Idrijski kotlini. Pri tem velja poudariti, da je speljana ta pot po izrazito osojnih pobočjih in skozi grapo. Temperaturni gradienti s te slike seveda ne predstavljajo vertikalnih temperaturnih gradientov nad Idrijsko kotlino. Glede na lege ovinkov po prisojnih in osojnih rebrih in grapah se očitno temperature na kratke razdalje močno razlikujejo, če bolj ali manj pa je odvisno predvsem od ostalih vremenskih parametrov.

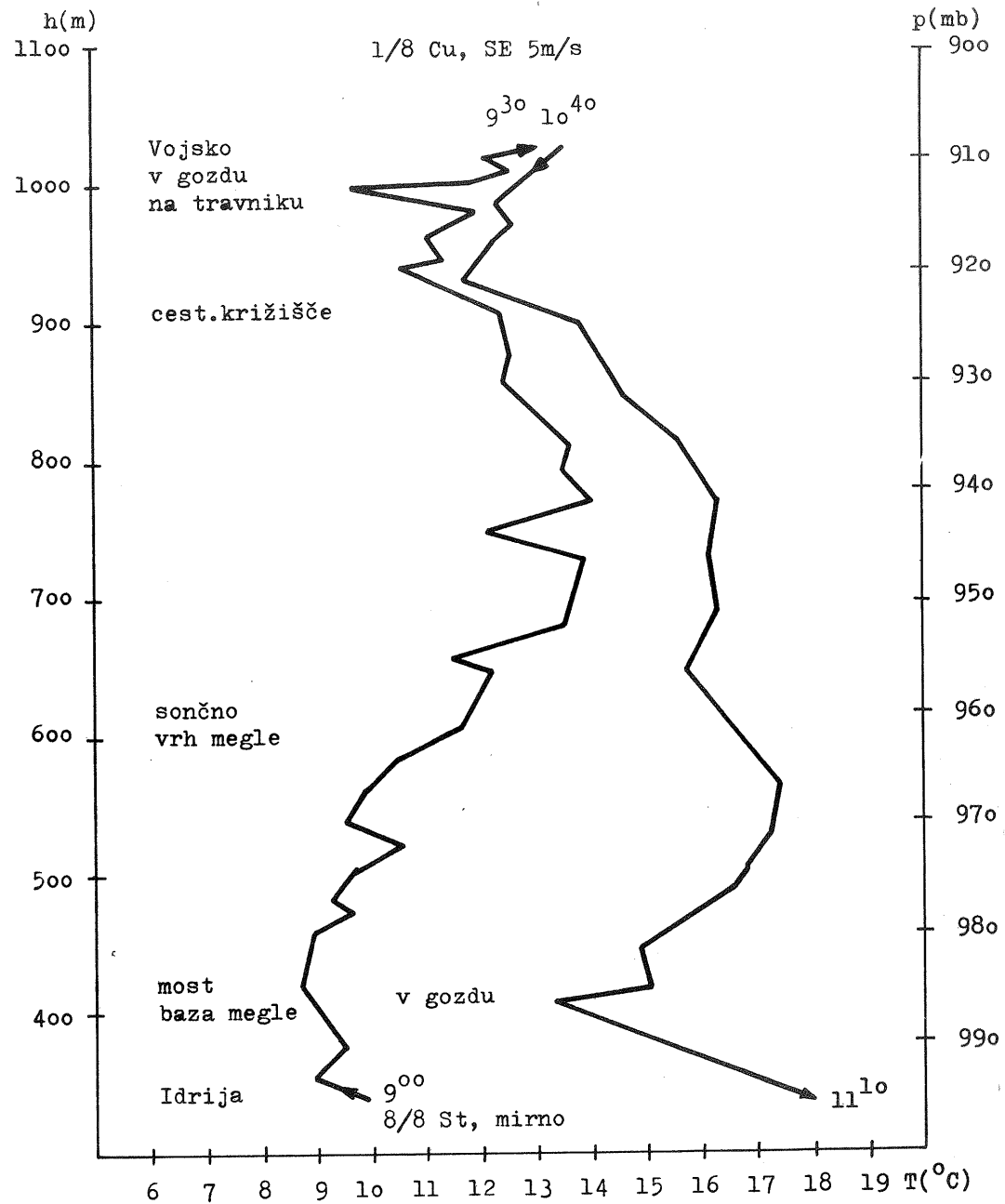
Zaradi pomembnosti vertikalnih temperaturnih gradientov pred horizontalnimi, sta naslednji dve obravnavani maršrutni meritvi iz Idrije na Vojško in na Kovačev rovt, prikazani samo v vertikalni skali $T(z)$ - slika 5 in slika 6; sicer pa je tudi izvajanje meritev slonelo na vzporednem merjenju pritiska $T(p)$ in ne dolžine poti ali časa. Obe meritvi sta bili izvedeni ob mirnem in jasnem vremenu, z meglo nad dnom Idrijske kotline in ob približno enaki višini baze in zgornje meje megle v obeh dneh.

Leva krivulja na sliki 5 kaže, da je bila temperatura od Idrije do malo pod vrhom megle približno enaka: 10°C . Ob prehodu na prisojno pobočje se je dvignila za dobre 3° , navzgor pa kaže velike spremembe v skladu z reliefom in drugimi karakteristikami terena. Ob jasnem vremenu v dopoldanskem času se je celotna atmosfera izdatno ogrevala, zato je temperaturna krivulja, ki velja za meritve ob povratku, pomaknjena na desno proti višjim temperaturam. Značilen pa je močan dvig temperature zraka v spodnji plasti, kjer je bila prej megla ali pa jezero hladnega zraka. Opaziti je, da se do konca meritev (ob 11^{10}) jezero hladnega zraka še ni povsem razkrojilo; posebno v senci grape in v gozdu je ostal zrak še relativno hladen - skoraj za 5° hladnejši kot v mestu.

V nekaterih značilnostih kaže podobno razporeditev potek krivulj na sliki 6. Te meritve so bile izvedene naslednji dan ob podobnem vremenu,

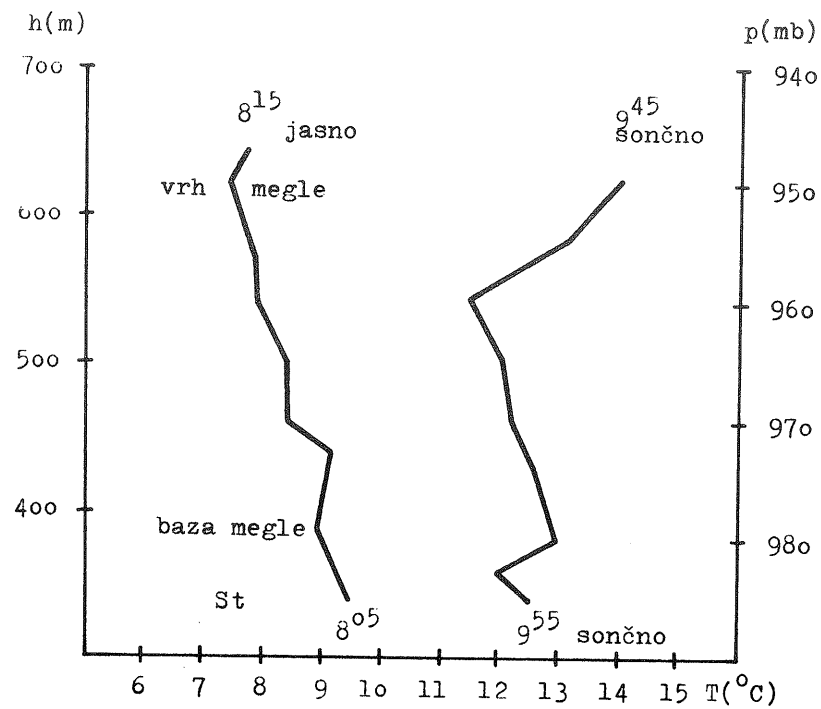


Slika 4 Krivulje temperaturnih meritev za odsek Idrija-Godovci podane v sistemu T(z).
Fig. 4 Temperature distribution as function of height z on the route section Idrija-Godovci.



Slika 5 Temperature zraka na poti Idrija-Vojsko-Idrija 22.9.1972.

Fig. 5 Air temperature on the route Idrija-Vojsko-Idrija on 22.9.1972.

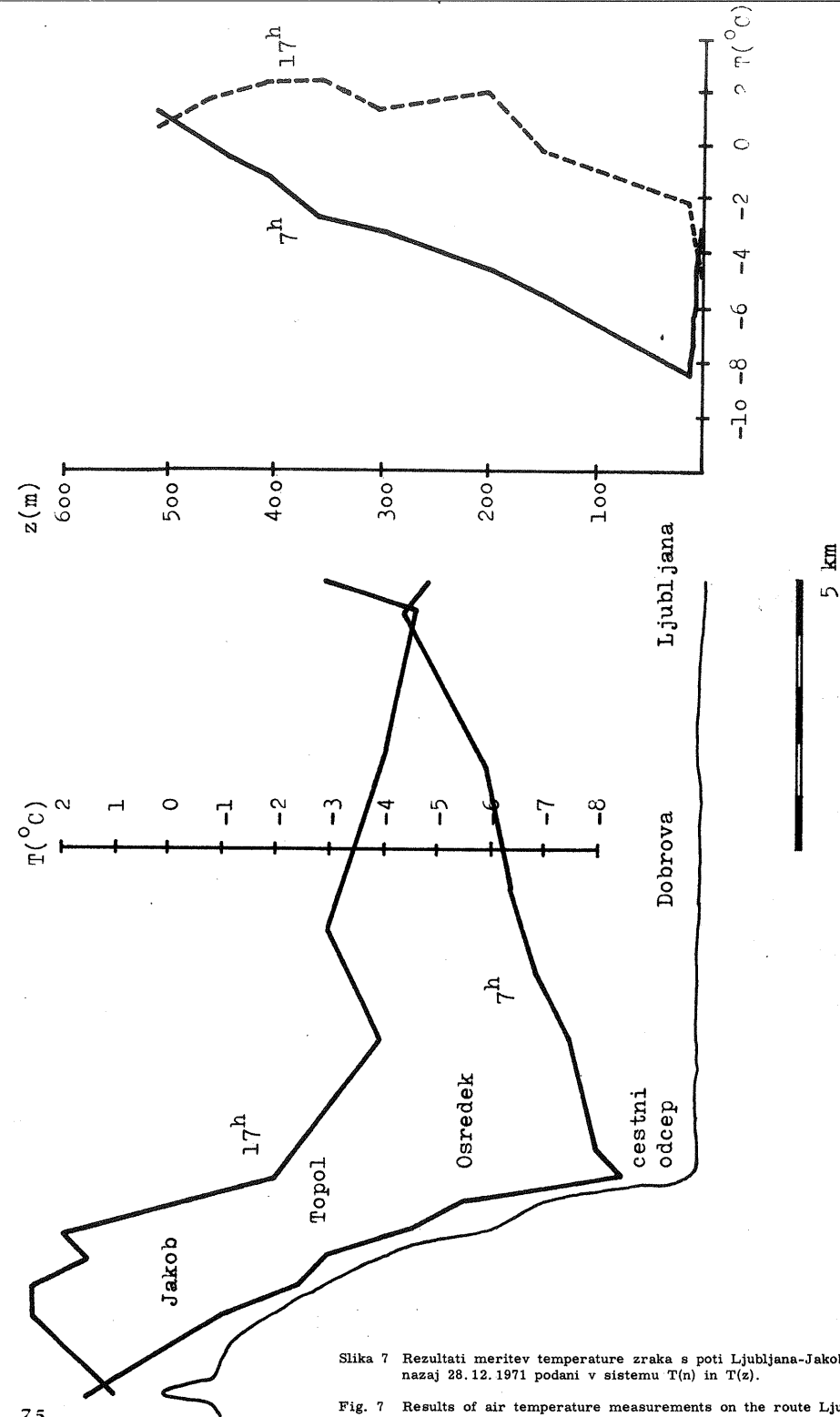


Slika 6 Temperature zraka na poti Idrija-Kovačev rovt in nazaj dne 23.9.1972.

Fig. 6 Air temperature on the route Idrija-Kovačev rovt and backwards on 23.9.1972.

vendar na bolj osojnih NE pobočjih Idrijske kotline. Zato so temperatur-na nihanja manjša. Najmočnejše je bilo ogrevanje v zgornjem delu, ki je bil izpostavljen sončnemu obsevanju. Čeprav se je megla do 9⁴⁵ ure povsem razkrojila in je bil zrak pod višino 540 m za 3,5° toplejši kot dve uri prej, je bilo še opaziti tudi vpliv jezera hladnega zraka.

Končno naj na kratko predstavimo še zanimive podatke maršrutnih meritev na relaciji Ljubljana-Jakob pri Katarini. Vreme je bilo na dan 28. 12.1971 zgoraj popolnoma jasno z meglo v Ljubljanski kotlini, ki pa je opoldne prešla v meglo z vidnim nebom, medtem ko se je kotlinsko jezero hladnega zraka obdržalo ves dan. Na krivulji desne polovice slike 7 vidimo nazorneje, da so zjutraj inverzni temperaturni pogoji preseglji višino 500 m nad dnem kotline, medtem ko je popoldne ob približno 5° višjih temperaturah osrednjega dela merjene plasti, potek bolj neenoten,



Slika 7 Rezultati meritev temperature zraka s poti Ljubljana-Jakob in nazaj 28.12.1971 podani v sistemu T(n) in T(z).

Fig. 7 Results of air temperature measurements on the route Ljubljana-Jakob and backwards 28.12.1971 presented in systems T(n) and T(z).

toda z izrazito inverzijo pri dnu. Višja temperatura pri 200 m nad dnem je posledica zaselka Osredok in kaže, kako nas neupoštevanje vseh vplivov pri oceni gradientov lahko zavede. Očitno pa je, da se je zgornja meja jezera hladnega zraka popoldne znižala, kar je pogosto opazno in tudi že teoretično obdelano /7/.

Levi del slike 7 v sistemu T(n) z dodanim profilom poti z(n) kaže v jutranji temperaturni krivulji bolj izrazito kontinuiran in znaten padec temperature od mesta proti Dobrovi in naprej po dolini ob neznatnem dviganju dna kotline in poti. To je verjetno posledica gostote megle in onesnaženega zraka, ki naj bi manj onesnažen dalje proč od mesta, dajal boljše radiacijske pogoje in omogočil močnejše ohlajevanje v pretekli noči. To bi bilo tudi v skladu z ugotovitvami Idsa /8/, da je "težišče" dolgovalovnega sevanja okrog 200 m nad tlemi, zlasti ponoči, pri višjih temperaturah in zato močnejše kot pri tleh. Čim se začne pot močnejše vzpenjati, začne rasti tudi temperatura v skladu z inverzno vertikalno temperaturno razporeditvijo. Naraščanje je precej enakomerno, ker v tem času (zjutraj pred sončnim vzhodom) še ni izrazitih lokalnih reliefnih vplivov. Ti vplivi pa so že nekoliko izraženi v popoldanski krivulji, ko je tudi mestni toplotni otok izrazit.

Iz vsega tega vidimo, da nam lahko dajo maršrutne temperaturne meritve zanimive in koristne podatke o temperaturnih razmerah v prizemni zračni plasti. Očitno pa v primerjavi z meritvami v neki točki ali s pravimi vertikalnimi meritvami z baloni, nastopajo tu dodatni činitelji (relief, promet, mikrolokacija, močnejši odraz drugih vremenskih parametrov itd.), ki lahko bistveno vplivajo na posamezne vrednosti. Zato je že način meritev, čas in izbiro točk potrebno prilagoditi namenu uporabe podatkov. Posebno previdni moramo biti, če hočemo na tej osnovi določati horizontalne in vertikalne temperaturne gradiente. Gotovo je, da je celo ob najskrbnejši analizi mogoče dobiti zanje le približne vrednosti. Vsekakor pa so nam te meritve posredovale precej koristnih izkušenj in spoznanj ter nas opozorile, da je tudi sicer pri primerjavi temperaturnih razmer dveh krajev, nujno potrebno detajlno upoštevati neposredne lokalne reliefne in druge karakteristike vsake merilne točke.

* * * *

Zahvaljujem se kolegu A. Hočevarju za sodelovanje pri meritvah.

* * * *

Del merjenj in preučevanj je bilo izvedenih v okviru raziskovalne teme SBK: "Kvantitativne ocene sončnega obsevanja in temperaturnih razmer v razgibanem reliefu" in ekspertize za RŽS Idrija: "Študija o klimatskih razmerah in gibanju zraka na območju mesta Idrije".

LITERATURA

- /1/ Firlan D.: Temperature v Sloveniji. Slovenska akademija znanosti in umetnosti štev. 15, Ljubljana 1965.
- /2/ Hočevar A., Petkovšek Z.: Doprinos k poznavanju razmer v jezuru hladnega zraka v Ljubljanski kotlini. Razprave-Papers XIII, DMS, Ljubljana 1971.
- /3/ Schnelle F.: Frostschutz im Pflanzenbau, Band 1, BLV Verlagsgesellschaft, München Basel Wien 1963.
- /4/ Petkovšek Z.: Vergleichen der lokalen Temperaturänderungen im Gebirgsgeiete, Flachland und freie Atmosphäre, La Météorologie No. 10-11, Paris 1973.
- /5/ Hočevar A., Martsolf J. D.: Temperature distribution under radiation frost conditions in a central Pennsylvania valley, Agr. Meteorol. 8, Amsterdam 1971.
- /6/ Bednarek A.: Wplyw predkości wiatru na różnice temperatur maksymalnych miedzdy lesem a terenem otwartym, Przegląd Geof. Met. Hydr., R. XVI, Z. 3, Warszawa 1971.
- /7/ Petkovšek Z.: Dissipation of the upper layer of all-day radiation fog in basins, XII. Cong. Alpine Met., Sarajevo 1972. (in print).
- /8/ Idso S. B.: Systematic deviations of clear sky atmospheric thermal radiation from predictions of empirical formulae, Quart. Journal RMS, 98, Bracknell 1972.

KRATKI IZVLEČKI

SMERI GIBANJA NEVIHTNE AKTIVNOSTI NA PODROČJU SR SLOVENIJE

France Bernot

Na osnovi opazovanj neviht med 1. majem in 30. septembrom v letih 1969, 1970 in 1972 so izdelane dnevne karte izobront in določene potnice širjenja nevihtne aktivnosti. Koncentracija treh potnic predstavlja pas širjenja nevihtne aktivnosti. To je nad nekaterimi področji kanalizirano.

OCENA VPLIVA SREBROVEGA JODIDA NA NEVIHTNE OBLAKE

Branko Weissbacher

Obravnavamo vpliv srebrovega jodida na razvoj nevihtnih oblakov na območju obrambe pred točo v severovzhodni Sloveniji. Zaporedne radarske meritve posameznih nevihtnih oblakov smo povezali med seboj in dobili nevihtne verige. Iz teh smo proučili spremembe treh parametrov: vrh nevihtnega oblaka, vrh zone akumulacije in volumen posameznih oblakov v verigi pri negativnih temperaturah. Izbrali smo le tiste verige, ki so nam dale najbolj značilno sliko razvoja in gibanj nevihtnih oblakov.

POIZKUSNA OBRAMBA PRED TOČO V SLOVENIJI

Janko Pristov

Pred tremi leti smo vpeljali v Sloveniji na površini 250.000 ha sodoben način obrambe pred točo, ki so ga razvili v Sovjetski zvezi. Zaradi različnih meteoroloških pogojev in različnih tehničnih možnosti smo morali način obrambe prilagoditi našim razmeram. Ocena uspešnosti obrambe je v našem primeru možna le s primerjavo pojavljanja toče v širši okolici.

PRIMERJAVA MERITEV CIRCUMGLOBALNEGA IN GLOBALNEGA OBSEVANJA V LJUBLJANI (1971 - 1973)

Jože Rakovec in Andrej Hočevar

Primerjani so izmerjeni podatki o sončnem obsevanju, kot jih dajeta pirheliometer tipa Bellani in solarigraf Kipp-Zonnen in sicer za dobo dveh let. Izračunane so regresijske premice in parabole ter korelacijski koeficienti. Dobljene so visoke korelacije, kar omogoča prevedbo podatka po enem instrumentu v vrednost dobljeno po drugem.

OKVIRNE VREDNOSTI SONČNEGA OBSEVANJA NA BALKANSKEM POLOTOKU

Danilo Furlan

Zaradi velikega povpraševanja po podatkih o sončnem obsevanju ni mogoče čakati na zaključek normalnega niza, dolgega vsaj 30 let. Za sevanje na Balkanskem polotoku je bil uporabljen niz od 1964 do 1969 in to za postaje: Ljubljana, Beograd, Bukarešta, Skopje in Atene. Izračunane so bile 6 letne poprečne vrednosti, grafično je prikazan poprečni letni hod na vseh 5 postajah in utemeljene so razlike v letnem hodu posameznih postaj.

UGOTOVITVE OB MARŠRUTNIH TEMPERATURNIH MERITVAH V SLOVENIJI

Zdravko Petkovšek

Na osnovi enačbe za lokalne temperaturne spremembe je podan dokaz, da temperaturne meritve v gibajoči se točki le ob določenih predpostavkah omogočajo določitev temperaturnih gradientov. Rezultati meritev, ki so podani na slikah, doprinašajo k poznavanju temperaturnih razmer v kotlinskih jezerih hladnega zraka ter kažejo kako se v razgibanem reliefu in pod vplivom raznih faktorjev temperature na poti zelo naglo in močno spreminjajo.