

VELIKOST TOČE V ODVISNOSTI OD NEKATERIH OBLAKOVIH PARAMETROV

HAIL SIZE IN RELATION TO SOME CLOUD PARAMETERS

551.576.11

551.578.7

LADO ŽITNIK

Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY

In the present paper hail size is related to the altitude of the cloud and to the top of the accumulation zone. Data were collected with radar system. In the year 1973 radar 3 MK 7 with wave length of 10 cm was used. For the study we form the following cloud parameters, viz. the first difference of the height between top of the cloud - marked H_V and height of the isotherm -28°C in the free atmosphere (h_{28}) and the second difference of the height between top of the accumulation zone (H_{VZ}) and height of the isotherm -14°C . We took three qualitative grades of intensity marking the weak hail with 0, the medium one with 1 and the strong one with 3.

At hail size up to two centimeters the most frequent hail intensity was with grade 0 and few times with grade 1. It was observed as well, that the first above mentioned parameter ($H_V - h_{28}$) was diminished for 1.5 km and the second one ($H_{VZ} - h_{14}$) for 2.0 km according to the threshold value.

At hail size up to 3 cm the threshold values matched old criteria; both parameters were equal zero.

At hail size above 3 cm both threshold values of parameters were higher for 1 or 2 km. At the same days, hail intensity of grade 1 and 2 was observed.

Hail size as a function of top height of accumulation zone showed nearly linear dependance of particular thresholds for particular hail size intervals (fig. 3). With the increased values of cloud parameters the hail intensity increased as well. At values (H_{VZ}) lower than 5 km

the hail intensity of grade 0 was observed most frequently.

Full triangles represent cases when the clouds were treated with silver iodide, they are in majority. Empty triangles represent cases with no treatment and are in minority.

The study can not prove that the silver iodide treatment of clouds was satisfactory. Used rockets attained the top height of 4 km only /1/. From this we can assume that silver iodide particles were brought to the accumulation zone only by convection. Under construction is an improved rocket with top height of 8 km. Only such one can attain - at the present distribution of shooters' locations, which are 5 km apart from each other - the appropriate height of the accumulation zone.

POVZETEK

Radarske meritve oblakovih parametrov, kot so višina oblaka in vrh zone največje vodnosti, smo primerjali z velikostjo in jakostjo pojavljanja toče. V posameznih enodnevnih primerih je lepo vidno, da velikost in jakost toče naraščata, če se višata vrh oblaka in vrh največje vodnosti v oblaku. V skupnem diagramu za sezono 1973 pa to velja le za spodnji prag.

UVOD

Poteklo je že tretje leto obrambe pred točo v severovzhodni Sloveniji. Iz leta v leto so se izboljšale posamezne meritve, kajti pri tako kompleksnem delu je potrebna vrsta sočasnih posegov, da bi bila akcija v zadostni meri uspešna. Izboljšale so se radarske meritve, hkrati pa tudi meritve toče pri posameznih strelcih. Radar 3 MK-7, ki deluje z valovno dolžino 10 cm je prirejen za meteorološke potrebe.

Strelci niso profesionalni uslužbenci obrambe, temveč so večinoma kmetovalci, ki sicer dobro spremljajo vremenske procese, nekoliko večje težave pa imajo pri zapisovanju pojavov. Strelci morajo oceniti in vpisati velikost in jakost toče. Velikost toče je razdeljena na šest razredov in sicer od 0,5 do 1 cm premera je označena z 1, od 1 do 2 cm z 2, od 2 do 3 cm z 3, od 3 do 4 cm s 4, od 4 do 5 cm s 5 in nad 5 cm s 6.

Jakost pojava toče je samo ocenjena, ker meritve še niso izdelane objektivno z ustreznimi metodami. Ocena jakosti toče vsebuje tri stopnje: slaba toča se ocenjuje z 0, toča srednje jakosti z 1 in toča močne jakosti z 2.

Položaj branjenega področja je nekako v zavetju alpskega pogorja od severozahodne smeri. To pomeni, da se pri severozahodnih prodorih hladnega zraka preliva hladen zrak najprej v višinah. Pri tem lahko sklepamo na posebno ugodno stratifikacijo za nastanek vertikalnih tokov. Ali z drugimi besedami povedano: orografske razmere povzročajo, da se spodnje plasti ozračja pred fronto še vedno segrevajo zaradi insolacije, medtem ko se višje plasti hladijo z dotokom hladnega zraka od severozahoda. Taki tako imenovani severozahodni prodori povzročajo najmočnejše nevihte in so največja nevarnost za točo na branjenem področju. Skoraj v večini primerov je pojav neviht in toče vezan na dnevni čas med 10 in 18 uro /4/, kar kaže, da je potrebna tudi insolacija za pojavljanje močnejših vertikalnih tokov.

OBRAVNAVA MERITEV

V primerih prodorov hladnega zraka od severozahoda opazimo celo zbirko nevihtnih oblakov, ki se močno razlikujejo po razsežnostih ter po jakosti in velikosti pojavljanja toče. Za primer navajamo meritve oblakovih parametrov ter pojavljanje toče dne 29.6.1973 (sl. 1). Velikost toče se pojavlja v razredih od 1 do 5, prav tako jakost med 0 in 2. Vrhovi oblakov kot tudi vrhovi zone akumulacije (največje vodnosti) prav tako obsegajo različen razpon, tudi po 5 km. Pri drugih vremenskih situacijah razlike niso tako velike, vendar so še vedno takšne, da spričo majhnega števila meritev ne bi bila uspešna primerjava bodisi po mesecih ali po tipičnih vremenskih situacijah. Poiskati moramo enoten kriterij za vsako meritev ne glede na čas in vremenski položaj.

Poizkušali bomo dobiti zvezo med radarskimi meritvami oblakovih parametrov in oceno temperaturnih razmer v prosti atmosferi na eni strani ter pojavom toče, ocenjene z jakostjo in velikostjo, na drugi strani. Ocena temperaturne stratifikacije je dana za vsak dan akcije; kolikor so bila odstopanja od realnih vrednosti, je bila naslednji dan stratifikacija popravljena. Služi za oceno vertikalnih hitrosti ter za določitev izoterm -14 in -28.

Od oblakovih parametrov smo upoštevali višino vrhov oblakov in višino maksimalnega odboja radarskih valov. Seveda je višina oblakov,

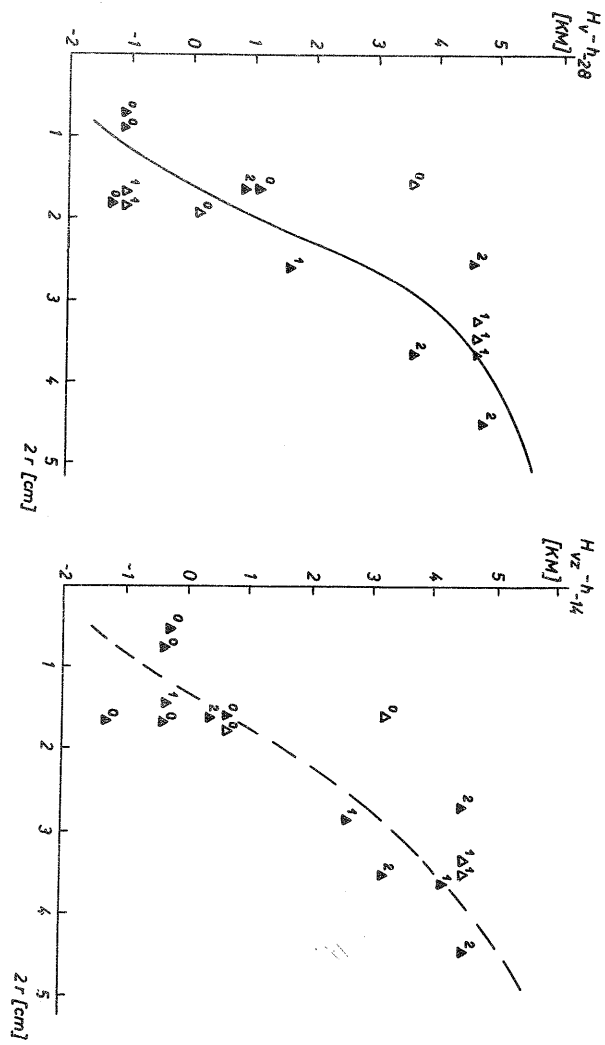
merjena z radarjem, nižja od optične višine oblakov. Pri maksimalnem odboju nas zanima vrh zone maksimalnega odboja, ki je zgornja meja največje vodnosti v oblaku. Po mišljenju tako ruskih /3/ kot ameriških /2/ strokovnjakov je v zoni akumulacije nastanek zametkov toče, ki se potem razvijejo v vedno večja zrna zaradi večkratnega kroženja v področju največje vodnosti v oblaku.

Akcija obrambe proti toči poteka tako, da se izstrelijo raketa polnjena s srebrovim jodidom v oblak, katerega vrh doseže izoterma -28 in vrh zone akumulacije -14°C . Število raket se določi na osnovi ocene volumna akumulacije. So še drugi kriteriji, ki jih uporabljamo za določitev kritičnega stanja nevihtnega oblaka, vendar nas zdaj zanimata le omenjena dva.

Da dosežemo kolikor toliko enoten kriterij za vse primere, določamo odvisnost med razliko višin vrhov oblakov, izmerjenih z radarjem, in višino izoterme -28 . To lahko storimo grafično (sl. 2). Enako poiščemo razliko višin vrhov zone akumulacije in izoterme -14 (sl. 2). Ker želimo primerjati zgoraj določene razlike z velikostjo pojavljajočih se točnih zrn, nanašamo na graf velikost zrn. Primere, ko smo intervenirali s streljanjem s srebrovim jodidom polnjenih raket, označimo s polnim trikotnikom, medtem ko primere, ko se je pojavljala toča, pa nismo ustrezno intervenirali, označimo s praznim trikotnikom. Vsak primer toče je še označen z ustrežno jakostjo, ki jo označujejo številke od 0 do 2.

Oglejmo si grafikon za dan 29.6.1973 (sl. 1), ki nam pove, kakšna je odvisnost H_V-h_{-28} od premera toče. Vidimo, da nastaja toča premera do 2 cm pri pogoju, ko je vrednost H_V-h_{-28} manjša od 0 (je približno -1), to je za 1 km nižja od splošnega kriterija. Pri velikosti premera toče nad 2 cm se krivulja odvisnosti naglo vzpenja in je večina podatkov 3,5 km nad ničelnim nivojem. Podoben potek za 29.6.1973 da diagram $H_{VZ}-h_{-14}$ s tem, da je do velikosti 2 cm star kriterij, ki je podan z ničelnim nivojem, razmeroma dober, nad premerom 2 cm pa se krivulja naglo dvigne. Pri velikosti zrn med 3 in 5 cm ni bistvene razlike v vrednosti $H_{VZ}-h_{-14}$.

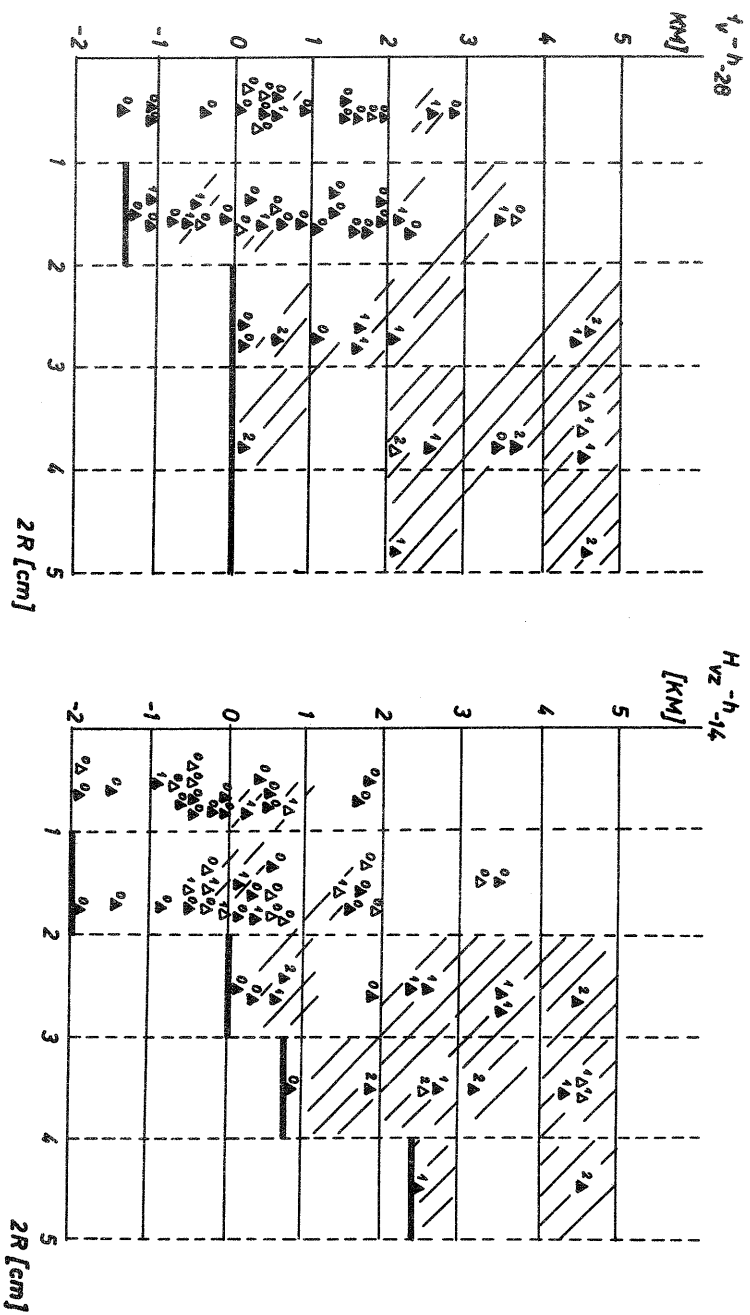
Cel spekter oblakov, ki se pojavljajo v posameznih primerih prehodov front, lahko zdaj obravnavamo na ta način, da primere s pojavom toče obravnavamo skupaj (sl. 2). V diagramu imamo vse primere za leto 1973 skupaj. Na podlagi diagrama pridemo do naslednjih zaključkov: pri pojavu toče do premera 2 cm se jakost toče pojavlja največkrat z oceno 0, nekajkrat z oceno 1. Velja tudi, da je prag H_V-h_{-28} znižan do $-1,5$ km. Pri velikosti premera toče do 3 cm, se prag ujema s starim kriterijem, torej je H_V-h_{-28} enak 0. Taka toča lahko velja za izrazito, saj se pojavlja največkrat z ja-



Primer z dne 29.6.1973

Shika 1 Razporeditev velikosti toče za dan 29.6.1973 z ozirom na H_V-h_{-28} in $H_{VZ}-h_{-14}$. (H_V je vrh oblake, h_{-28} je višina -28 izoterme v prosti atmosferi, H_{VZ} je višina vrha zone akumulacije, h_{-14} je višina -14 izoterme, Zr je velikost toče v cm; številke 0, 1, 2 nad trikotnikom pomenijo stopnjo za jakost pojavnosti toče). Vse višine se nanašajo na višino radarja, ki je 0,4 km nadmorske višine.

Fig. 1 Hail size distribution on 29 June 1973 according to parameters (H_V-h_{-28}) and ($H_{VZ}-h_{-14}$). Symbols have the following meanings: H_V - height of cloud top, h_{-28} - height of isotherm -28°C in the free atmosphere, H_{VZ} - height of top accumulation zone, h_{-14} - height of isotherm -14°C , Zr - hail size in centimeters, numbers 0, 1, 2 above triangle are the hail intensity. All heights are according to radar height which is 0,4 km above MSL.



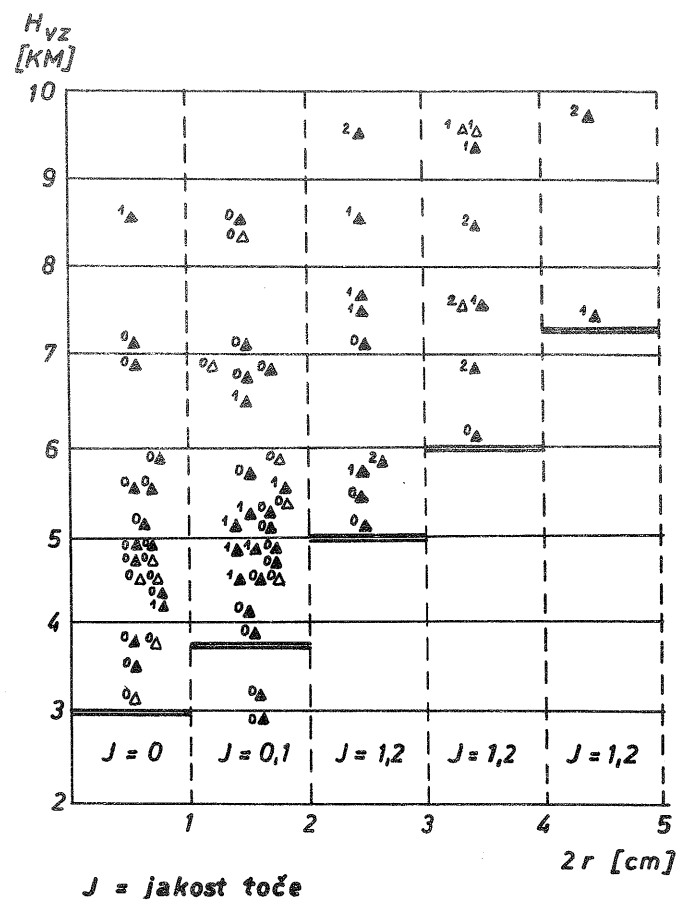
Slika 2 Razporeditev velikosti toče za sezono 1973 z ozirom na $H_{VZ}-h_{-28}$ in $H_{VZ}-h_{-14}$. Oznake kot pri sliki 1.

Fig. 2 Hail size distribution for the season 1973 according to parameters ($H_{VZ}-h_{-28}$) and ($H_{VZ}-h_{-14}$). Symbols have the same meanings as in fig. 1.

kostjo 1. Prag se pri toči premera 4 ali 5 cm še naprej dviga in je največkrat 2 km nad ničelno vrednostjo parametrov na vertikalni koordinati in poprečno jakostjo pojava nad 1 in 2. Višina posameznih razredov z ozirom na premer toče tvori visok stolpec tudi do 4 km.

Pri obravnavanju celotnega spektra pri koordinatah $H_{VZ}-h_{-14}$ se pokaže, da je prag vrednosti vertikalnih koordinat pri premeru toče do 2 cm in jakosti pojavljanja toče med 0 in 1 znižan skoraj za 2 km. Pri premeru toče do 3 cm je prag izenačen s starim kriterijem, torej je $H_{VZ}-h_{-14}$ enak nič. V tem intervalu se jakost toče pojavlja med 1 in 2. Pri premeru do 4 ali 5 cm in jakosti pojavljanja 1 do 2 velja, da je $H_{VZ}-h_{-14}$ za 1 do 2 km iznad starega kriterija.

Če si ogleđamo sliko 3, ki podaja odvisnost velikosti točinih zrn od višine zone akumulacije, vidimo, da spodnji prag vrha zone akumulacije skoraj linearno narašča v odvisnosti od velikosti toče. Namreč pri samih akcijah je ugotovljeno, da so stari kriteriji zelo zanesljivi, da pa se z večjo višino vrha zone akumulacije pojavlja toča z večjim premerom. Hkrati narašča jakost toče, saj se pod 5 km višine pojavlja jakost toče največkrat z oznako 0. Nad 5 km višine vrha zone akumulacije se tudi pri toči do premera 2 cm že večkrat pojavlja jakost 1. Polni trikotniki na sliki kažejo, da je bila intervencija v večini primerov; prazni trikotniki, ko ni bilo intervencije, so v manjšini. Razlage za gornji del slike, ki prikazuje višino vrha zone akumulacije pri pojavljanju toče do 2 cm in jakostjo 0 ali 1, so različne. Vemo, da ima velikost toče, kot naravni pojav svojo porazdelitev, tako lahko zajame merilno mesto le del te porazdelitve, ki ni v bližini srednje vrednosti za določeni nevihtni pojav /3/. Posledico dovajanja srebrovega jodida v nevihtni oblak si lahko razlagamo pri uspešni intervenciji kot zmanjšanje velikosti zrn pri velikih višinah H_{VZ} , medtem ko je lahko pri višinah pod 4 km intervencija tudi vzrok za pojavljanje slabe toče. Rakeete so imele v letu 1973 na branjenem področju domet okoli 4 km, kar lahko služi po grobi oceni le v tretjini primerov za direktno dovajanje v zono akumulacije. V preostalih dveh tretjinah primerov je zona akumulacije precej višja /1/. Po oceni ameriških meteorologov /2/ je dovajanje srebrovega jodida smiselno le v zono akumulacije, s čimer se strinjajo tudi ruski strokovnjaki; obstaja še možnost dovajanja v spodnji del oblaka, da vertikalni tok zanese delce v zono akumulacije. V področju največjih hitrosti se pojavlja izmetavanje kapljic, zato dovajanje delcev srebrovega jodida v to področje ni uspešno /2/.



Slika 3 Razporeditev velikosti toče za sezono 1973 z ozirom na vrh zone akumulacije H_{vz} . Oznake so razvidne iz slike 1. $J = 1, 2$ pomeni, da se pojavlja toča jakosti 1 ali 2.

Fig. 3 Hail size distribution for the season 1973 according to the height of accumulation zone. Symbols have the same meanings as on fig. 1.

ZAKLJUČKI

Kratka obravnava velikosti toče v odvisnosti od oblakovih parametrov, kot sta višina vrha oblaka in vrha zone akumulacije, pokaže nesporno, da je zlasti višina vrha zone akumulacije ali področje največje vodnosti v oblaku eden izmed najpomembnejših pogojev za nastanek toče. Odstopanje od te vrednosti navzgor pomeni pojavljanje še večjih točinih zrn. Že na osnovi teh enostavnih meritev lahko sklenemo,

da bi bile potrebne rakete z večjim dometom. Iz diagrama pa ni razvidna uspešnost intervencije, saj so polni in prazni trikotniki razporejeni brez neke zakonitosti. Čeprav so polni trikotniki v večini, je zlasti iz primera dne 29.6.1973 razvidno, da je v glavnem velikost toče odvisna od vrednosti H_v-h_{28} in $H_{vz}-h_{14}$. V letu 1973 so imele rakete domet le okoli 4 km. Potrebne bi bile torej rakete z dometom od 6 do 8 km; te bi lahko uporabili tako, da bi izbirali takšno pot rakete, da bi trosila v izmerjeni zoni akumulacije, saj so že zdaj strelci razporejeni v razdalji po 5 km. Taka rešitev bi bila morda v tej fazi razvoja boljša kot pa rakete, ki bi bile tempirane, ne bi pa dosegale zadovoljive višine.

LITERATURA

- /1/ Pristov J., Žitnik L.: Poročilo o obrambi pred točo v Sloveniji za leto 1973. Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana 1973.
- /2/ Griffith M., Morgan J.R.: On the Growth of Large Hail, Monthly Weather Review, No. 3, Vol. 100, 1973.
- /3/ Abšaev M.T., Bibilašvili N.Š.: Radiolokacionij metod opredelenija spektra i koncentraciji gradin v konvektivnih oblakah. Mehanizm obrazovanja i vipadenija grada, Leningrad 1966.
- /4/ Pristov J.: Poizkusna obramba pred točo v Sloveniji. Razprave Papers XV, Ljubljana 1973.