

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 jodide 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 jodide 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

Center za obrambo pred točo ima poleg aparatov 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 aparaturami delovanje 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 začno 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 poostriili 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 enocevnega večcevne 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.