

OBRAMBA PRED TOČO V SLOVENIJI DANES
HAIL PROTECTION IN SLOVENIA

Andrej KRANJC
Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana

551.578.7

SUMMARY

Since the year 1980 the area, covered by the hail suppression system in Slovenia increased from 255.642 to 969.581 ha. The radar center that until the year 1983 was at Žikarce near Maribor, was moved to Lisca near Sevnica. Thus, using a WR100 - 2/77 radar at this center, we cover the whole defended area, the most distant point in Prekmurje, near the Hungarian border, being 118 km from the radar. On the defended area there are 137 launching sites, each having a container for rockets, which is at the same time a shelter for the operator and his assistant, a stock of rockets, two launchers and a radio station for connection with the center.

The major parts of the equipment at the radar center are: radar, two computers linked to each other and to the radar and peripherals, software and radio communications. Software is divided in two major parts: 1. A WMS (Weather Monitoring System) programme module which provides for the motion of the radar antenna, gathering of radar data and display of these data on a colour monitor; 2. An OPT (OPT = Hail Suppression) programme module which manages the operational rocket hail suppression, namely extracts storm clouds from the radar picture of the atmosphere, chooses the launching sites that are in the best position for seeding the cloud, and displays the data for launching on the video-terminal.

The radar center is also a main meteorological station with observations every hour throughout the year. So, out of the hail suppression season the technicians at the center work as meteorological observers. Additionally, they help elaborate radar and other data with the aim of finding out the most frequent paths of thunderstorms over the defended territory, and above all, to establish the efficiency of our hail suppression system.

POVZETEK

V članku je prikazan sedanji sistem obrambe pred točo v Sloveniji in razvoj tega sistema v zadnjih petih letih. Opisan je princip merjenja z meteorološkim radarjem WR100-2/77, ki je bil kupljen leta 1981 in najprej postavljen na prejšnjem radarskem centru na Žikarcah, nato pa prestavljen na Lisco. Opisana je tudi računalniška strojna in programska oprema na radarsko-računalniškem centru (RRC), trije načini vodenja obrambe (avtomatsko, polavtomatsko, ročno) in organizacija dela na RRC Lisca.

UVOD

V petih letih, odkar je bil napisan članek s podobnim naslovom (Kranjc, 1981), se je v sistemu obrambe pred točo (OPT) v Sloveniji precej spremenilo. Branjena površina se je močno povečala, radarski center je bil prestavljen z Žikarc (blizu Maribora) na Lisco nad Sevnico, z ročnega vodenja akcij OPT pa smo prešli na avtomatsko, računalniško vodenje obrambe. Sedanja branjena površina obsega skoraj 1.000.000 ha, sicer pa se je v 15 letih, kolikor radarsko vodena obramba v Sloveniji obstaja, povečevala, kakor je prikazano v tabeli 1.

Tabela 1 Velikost celotne in kmetijske branjene površine v Sloveniji v letih 1972-1986
Table 1 Total and agricultural defended area in Slovenia in the years 1972-1986

leto year	skupna površina (ha) total area (ha)	kmetijska površina (ha) agricultural area (ha)
1972-1980	255.642	144.802
1981	372.657	216.384
1982	422.471	242.477
1983	628.000	357.960
1984	922.502	397.605
1985-1986	969.581	478.105

To je največja površina, ki jo nadzoruje en radarski center v Jugoslaviji. Glede dosega radarja ta površina ni prevelika, saj je skrajna točka branjene površine v Prekmurju oddaljena od radarsko-računalniškega centra (RRC) 118 km, medtem ko je maksimalni doseg radarja 450 km. Tudi glede radijskih zvez velikost branjene površine ne pomeni večjih težav, saj so npr. zveze s strelnimi mesti na Gorenjskem zaradi vpliva reliefa slabše kot s strelnimi mesti v Prekmurju.

Manjše težave se pojavijo pri avtomatsko vodeni obrambi, kadar je nad branjenim območjem hkrati veliko število oblakov, na katere je treba streljati pa ni možno posredovati vsem strelcem ukazov za streljanje v dovolj kratkem času. Večje težave pa nastanejo, če je pri velikem številu nevarnih oblakov akcija vodena ročno (npr. zaradi okvare računalnika). Če dela radarist zelo hitro, lahko izmeri približno 1 oblak na minuto; to pa pomeni, da pride pri 10 oblakih neki oblak ponovno na vrsto čez 10 minut, kar je seveda prevelik interval. K sreči je računalniški sistem dokaj zanesljiv in pride do ročnega vodenja akcij le poredko.

Ker je radarski center znotraj branjene površine, je del te branjene površine radarsko nepokrit, in sicer od radarja pa do razdalje okoli 10 km. Ta problem zdaj rešujemo vzajemno z radarskim centrom Sljeme (nad Zagrebom). Oblake nad našim centrom izmerijo z radarjem na Sljemenu, oblake nad njihovim centrom pa izmerimo z našim radarjem; podatke si izmenjamo po radijski zvezi.

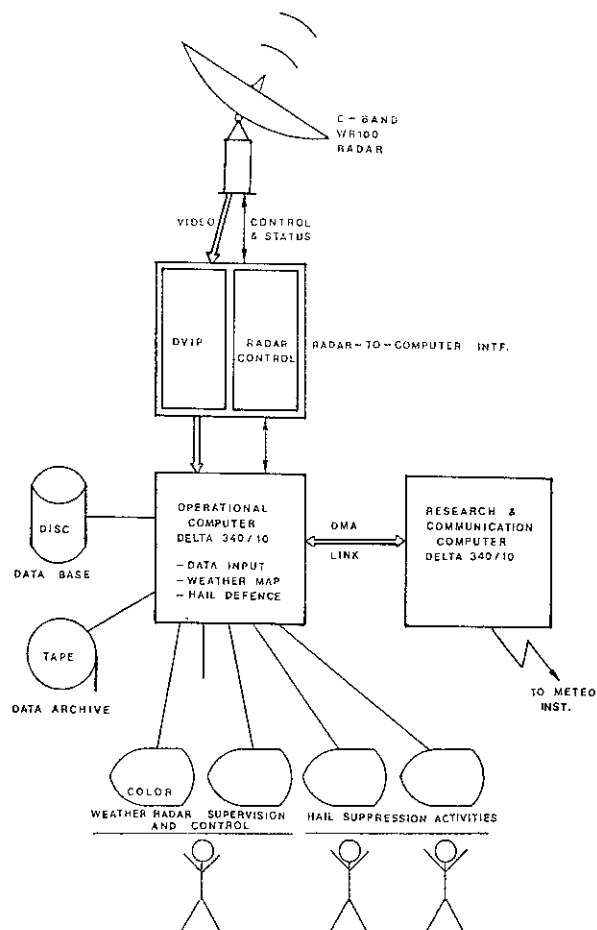
Radarski center je začel v sezoni 1984 delovati na novi lokaciji - na Lisca nad Sevnico (948 m n.m.), kamor je bil prestavljen z Žikarc (400 m n.m.). Do takrat so bili tudi že pripravljeni prvi programi za računalniško vodenje obrambe, ki je v sezoni 1984 potekala poskusno (večina akcij je bila zaradi raznih težav vodena ročno). V naslednjih dveh letih so strokovnjaki Iskre Delte programe popravljali in dopolnjevali in v letošnji sezoni je bila že velika večina akcij vodena računalniško oz. avtomatsko.

TEHNIČNA OPREMA V SISTEMU OPT

a) Oprema radarsko-računalniškega centra

Bistveni sestavini v opremi RRC sta radar in računalnik. Radarsko-računalniški sistem s periferijo je shematično prikazan na sliki 1. Radar WR100-2/77, ameriške firme EEC je bil nabavljen in montiran na Žikarcah v sezoni 1981 in kasneje preseljen na Lisco. Opisan je bil že v članku o OPT v Sloveniji (Kranjc, 1981), zato bomo tu le na kratko dali pregled njegovih tehničnih karakteristik in princip merjenja. Tehnične karakteristike so naslednje:

- valovna dolžina 5.3 cm
- dolžina pulza 3 μ s (900 m)
- temenska moč 250 kW
- dinamični obseg 80 dB
- širina snopa 1.1 st.
- frekvenca pulzov 255/s
- prag občutljivost -104 dBm



Slika 1 Shema elektronske in programske opreme RRC Lisca (po Adrinck 1985)
 Figure 1 Block diagram of Weather Monitoring and Hail Suppression System at RRC Lisca

Meritev poteka tako, da s premikanjem antene po azimutu in po elevaciji poiščemo oblak, ki nas zanima. Iz jakosti vrnjenega elektromagnetnega valovanja na posameznih višinah sklepamo na lastnosti merjenega oblaka. Nazaj sipana moč je odvisna od t.i. radarske odbojnosti Z kapljic, ledenih kristalov ipd. v volumski enoti v opazovani točki, kot pove radarska enačba :

$$(Pr/Pa) = (Z/Zc)(Ro/R)^2$$

Pr označuje moč elektromagnetnega valovanja, ki se vrne od ovire, oddaljene R km od antene; Pa povprečno moč, ki jo seva radar, Ro poljubno normirno razdaljo (v našem primeru 230 km) in Zc radarsko konstanto.

Navadno se uporablja logaritmirana radarska enačba, ki ima obliko :

$$Z = Zc - Pa + Pr - 20\log(Ro/R)$$

kjer je Z v enotah dBz (v nelogitmirani obliki ima enoto mm^6/m^3).

Kriterij za nevarnost toče, ki ga uporabljamo pri nas, je nekoliko milejši od kriterija, ki so ga ugotovili Švicarji v poskusu Grossversuch IV (Federer et al., 1978/79); postavimo, da je oblak potencialno nevaren za točo ter ga je zato potrebno posipati, če se pojavi radarska odbojnost 40 dBz (pri Švicarjih 45 dBz) na višini izoterme $0 \text{ st.C} + 1.4 \text{ km}$.

DVIP - digitalni video integrator in procesor ima nalogo, da digitalizira analogne radarske signale. Te tako obdelane pošilja na radarske zaslone, če to želimo, poleg tega pa jih v obliki številskih vektorjev pošilja na vhod računalnika, ki jih naprej obdeluje. Izhodni podatki DVIP-a so torej vhodni podatki za računalnik.

Na RRC Lisca sta dva računalnika DELTA 340. Vsak ima 16 bitni procesor in 124 K 16-bitnih besed glavnega spomina. Od standardne periferije so na računalnika priključene naslednje enote: po dve diskovni enoti, kapacitete vsaka po 10 M bytov, tračna enota, štiri videoterminali, pisalnik in barvni monitor z ločljivostjo 256x320 točk. Od nestandardne periferije pa je seveda na računalnik kot vhodna enota priključen DVIP, kot izhodna enota pa vmesnik, prek katerega usmerja računalnik radarsko anteno v željeno smer: npr. če računalnik sprejme od radarskega kontrolerja neko število, ga interpretira kot elevacijo, na kateri naj vrta anteno.

Naslednji, bistveni sestavni del opreme RRC so radijske zveze, ki omogočajo zvezo centra s:

- strelci,
- Hidrometeorološkima zavodoma SRS in SRH
- kontrolo letenja v Zagrebu (prek zbirnega centra na Sljemenu),
- RC Sljeme, ter
- letalskima kluboma Maribor in Celje.

Zveze s strelci so kvalitetnejše, kot so bile v preteklih letih, posebno odkar je bil v letošnji sezoni montiran komunikacijski puht (proizvodnja RIZ, Zagreb), ki vključuje identifikacijo, t.j., da se na ekranu izpiše številka postaje, prek katere nekdo (strellec) kliče.

Center ima tudi dieselski agregat z močjo 50 kW, ki mu omogoča tudi samostojno oskrbo z električno energijo. Med nevihtami na Lisci namreč pogosto pride do izpada električne napetosti iz omrežja in bi v takih primerih brez svojega vira energije na centru ne mogli voditi akcij OPT.

Od opreme, ki ne služi OPT, naj omenimo meteorološke instrumente, ki jih ima center kot glavna meteorološka postaja.

b) Oprema strelnih mest

Na celotnem branjenem območju je 137 strelnih mest, od tega jih 80 spada pod območno skupnost Sevnica, 57 pa pod območno skupnost Maribor. Razporeditev strelnih mest je prikazana na sliki 9, ki obenem prikazuje porabo raket dne 24.7.1986. Strelna mesta so označena s križci in številkami, veliki krog s središčem v RRC Lisca je azimutni krog za radar, mreža kvadratov s črkami in številkami ob robu slike pa služi za koordiniranje akcij oz. streljanja s kontrolo letenja.

Vsako strelno mesto ima skladišče (kovinsko ali betonsko), v katerem ima strelec spravljene rakete, služi pa mu tudi kot zaklonišče v času izstreljevanja raket. Strelno mesto ima po dva 6-cevna lanserja, rakete pa strelec sproži z električnim kontaktom s prožilno napravo, ki jo ima v kontejnerju. Za zvezo z RRC imajo strelec prenosne radijske postaje. Omenjene naprave na strelnih mestih vzdržujejo delavci območnih skupnosti, ki tudi oskrbujejo strelce z raketami proti toči.

RAČUNALNIŠKA PROGRAMSKA OPREMA

Programska oprema na RRC Lisca sestoji iz operacijskega sistema računalnika, programskega paketa WMS in programskega paketa OPT. Vsi ti programi so podrobno opisani v Poročilu o OPT v Sloveniji za leto 1984 (Kranjc in Divjak, 1984). Tu jih bomo le na kratko opisali, poleg tega pa bomo omenili spremembe oz. dodatke, ki so bili narejeni od takrat do danes.

a) Operacijski sistem

Operacijski sistem je skupek programov v računalniku, ki omogočajo uporabnikom posredno delo z računalnikom. Na računalniku DELTA 340 se uporablja v ta namen operacijski sistem DELTA/M, ki omogoča, da z računalnikom naenkrat dela več uporabnikov z več programi, tako da je zmogljivost računalnika kar najbolj izkoriščena.

b) Sistem za spremljanje vremena (WMS - Weather Monitoring System)

Prvotni programski paket WMS je izdelek ameriške tvrdke EEC, današnja verzija pa so delavci Iskre Delte napisali že skoraj popolnoma na novo. Pisan je deloma v višjem programskem jeziku Fortran, deloma pa v zbirnem jeziku. Prirejen je operacijskemu sistemu DELTA/M in računalniku DELTA 340. Njegova naloga je vrtenje antene radarja po določenih elevacijah, pobiranje pri tem nastalih vektorjev radarskih odbojnosti iz DVIPa, shranjevanje teh vektorjev in pa prikazovanje radarske slike atmosfere, ki jo ti vektorji opisujejo, na barvnem monitorju.

c) Obramba pred točo (OPT)

Programski paket OPT je izdelek HMZ SRS in Iskre Delte. Tako kot WMS je pisan deloma v Fortranu, deloma pa v zbirnem jeziku in prilagojen operacijskemu sistemu DELTA/M in računalniku DELTA 340. Programski paket OPT je nadgradnja paketa WMS, kar pomeni, da za svoje delovanje potrebuje delovanje paketa WMS in njegove datoteke. Njegova naloga je vodenje operativne raketne obrambe pred točo, t.j. "izrezovanje" nevihtnih oblakov iz radarske slike atmosfere, določanje zanje najustreznejših strelcev s tal in zapis parametrov strelcev na terminal.

Programski paket OPT je sestavljen iz več programov. Eden izmed njih, OPTPPI, prebere najprej iz datoteke DKRIT številko, ki mu pove, kako visoko leži izoterma 0 st.C. Potem iz datoteke RADAR prebere podatke o radarski odbojnosti točk, ki ležijo v 1 km debeli plasti, ležeči 1.4 km nad izotermo 0 st.C. To je t.i. kritična plast; oblaki, ki imajo v tej plasti dovolj veliko radarsko odbojnost ($\Rightarrow 40$ dBz), so potencialno nevarni, da bodo dali točo. Omenjeno kritično plast zapiše OPTPPI v datoteko CAPPI. Program OPTJDR poišče okrog vsakega lokalnega maksimuma točke, v katerih je radarska odbojnost večja od neke mejne vrednosti (35 dBz). Površino znotraj konture 35 dBz pretvori ta program v krog, s središčem v točki maksimalne odbojnosti in na ta način predstavi oblak. Vsak oblak tako OPTJDR predstavi s tremi podatki: z lego njegovega centra, z njegovim polmerom in z oznako, da je oblak potencialno nevaren. Podatek o tem zapiše v datoteko JEDRA.

V primeru potencialno nevarnega oblaka program AKCIJA izračuna, kje bo ta oblak čez čas, ko se bo vanj streljalo. Pri tem uporablja podatke o smeri in hitrosti gibanja oblakov in o povprečnem času, ki poteče od posredovanja ukaza strelcu do izstrelitve raket. Vsi ti podatki so shranjeni v datoteki DKRIT. Nato za novo lego oblaka izračuna področje, v katero se naj strelja. Po višini leži to področje med izotermama -5 in -15 st.C. Program AKCIJA potem

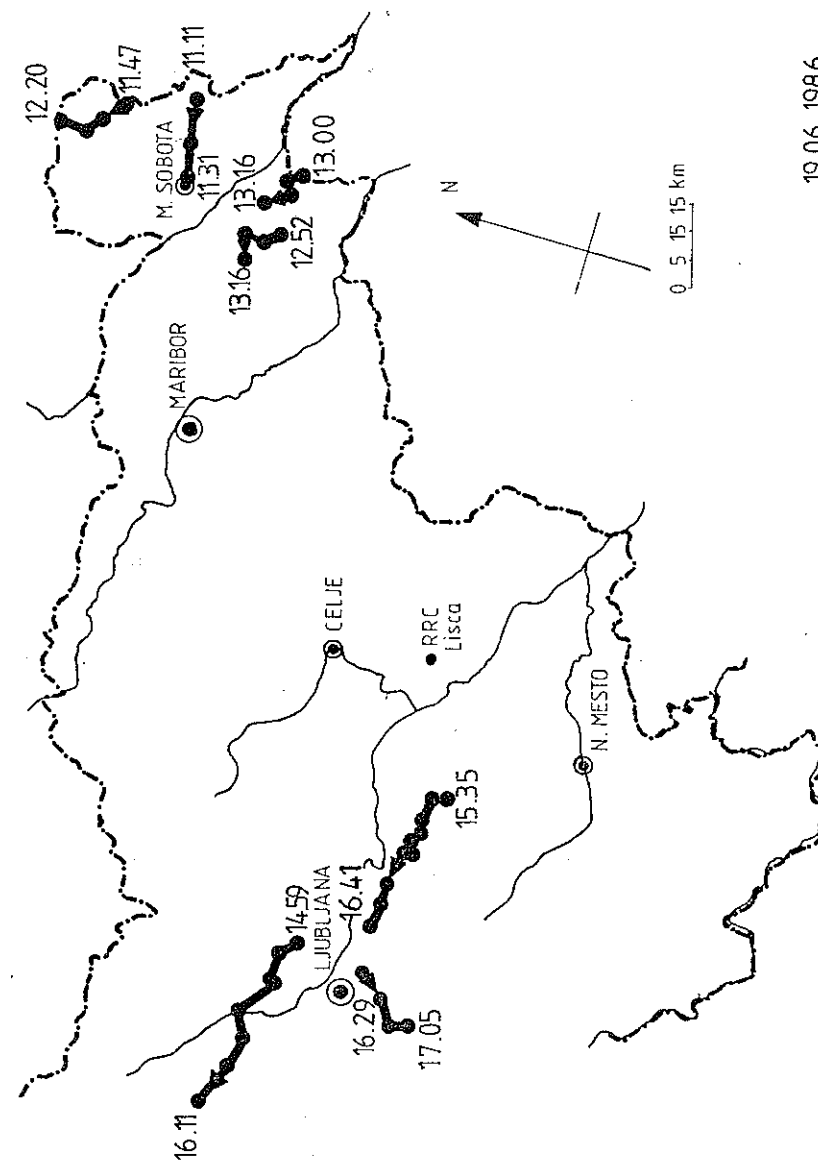
določi najugodnejše strelce za posipanje tega področja; položaj strelca je tem ugodnejši, čim večji delež reagenta pride v to področje, t.j. čim boljši izkoristek ima. AKCIJA izpiše parametre strelcev (št. strelnega mesta, azimut, elevacijo, tempiranje in število raket) na izhodni terminal in v datoteko NADZOR. Če operater odtipka določen ukaz (potrdi akcijo), AKCIJA razume, da je bila izstrelitev izvršena in avtomatsko popravi stanje raket zadevnega strelca.

Že v lanski sezoni je bil uporabljan dodatni program STRACK (Storm Tracking - sledenje nevihti), ki je sledil gibanje vsakega nevihtnega oblaka posebej in izračunaval na osnovi dotedanjega gibanja gibanje v naslednjem časovnem intervalu. Ta program je potreben zaradi tega, ker se na tako obsežnem območju, kot ga branimo, ne gibljejo vsi oblaki v isto smer in z enako hitrostjo in so zato možne napake pri streljanju. Program je bil pred začetkom letošnje sezone dopolnjen, vendar se je pokazalo, da še ne ustreza, ker upošteva samo gibanje točke maksimalnega odboja. Potrebno bo upoštevati večjo površino okrog te točke (npr. znotraj konture 35 dBz), da bomo dobili bolj realno sliko o gibanju oblakov. Točka maksimalnega odboja se namreč znotraj samega oblaka seli sem in tja in zato da STRACK praviloma cik-cak pot gibanja oblaka, kar pa ni ugodno za določevanje strelnih mest, ki naj streljajo v sprednji del oblaka. Primer poti, dobljene na ta način, je prikazan na sliki 2. Med sezono 1986 je bil vpeljen program za zaporedni zapis večjega števila že izračunanih TV slik na disk, kar nam potem omogoča mnogo hitrejši dostop do njih, kot pa če so podatki samo posneti na trak. Ko je za to namenjeni prostor na disku poln, pa te datoteke arhiviramo na poseben trak.

Sistem WMSOPT omogoča, da shranimo radarske podatke na magnetne trakove. Podatki o poteku operativne obrambe pa se shranijo na disk. Hranitev podatkov na magnetnih trakovih je bistvenega pomena za kasnejše analize meteoroloških situacij, pa tudi za analize poteka akcij OPT. Arhiviranje obrambnih akcij zagotavlja pregled nad dogajanjem izbranega dne. V ime datoteke se zapiše datum, zabeleženi so vsi oblaki, vse zahteve po odobritvi kvadrantov in opisi vseh izstrelitev, ki jih je operater na terminalu potrdil.

Naj na koncu tega poglavja povemo še to, da lahko akcije vodimo na tri načine:

1. avtomatsko - operaterji le nadzorujejo potek obrambe, komunicirajo s kontrolo letenja, posredujejo ukaze strelcem in potrjujejo izstrelitve prek terminala,
2. polavtomatsko - radarist ročno dela z radarjem in sporoča podatke operaterju, ki jih prek terminala posreduje računalniku; naslednje faze so enake kot pri avtomatskem vodenju obrambe. Ta način se uporablja pri nekaterih (delnih) okvarah hardwara;
3. ročno - akcijo vodimo brez uporabe računalnika (v primeru večje okvare računalniškega sistema).



19.06.1986

Slika 2 Primer poti, dobljenih s programom STRACK
Figure 2 Example of paths, obtained by means of programme STRACK

ORGANIZACIJA DELA NA RRC LISCA

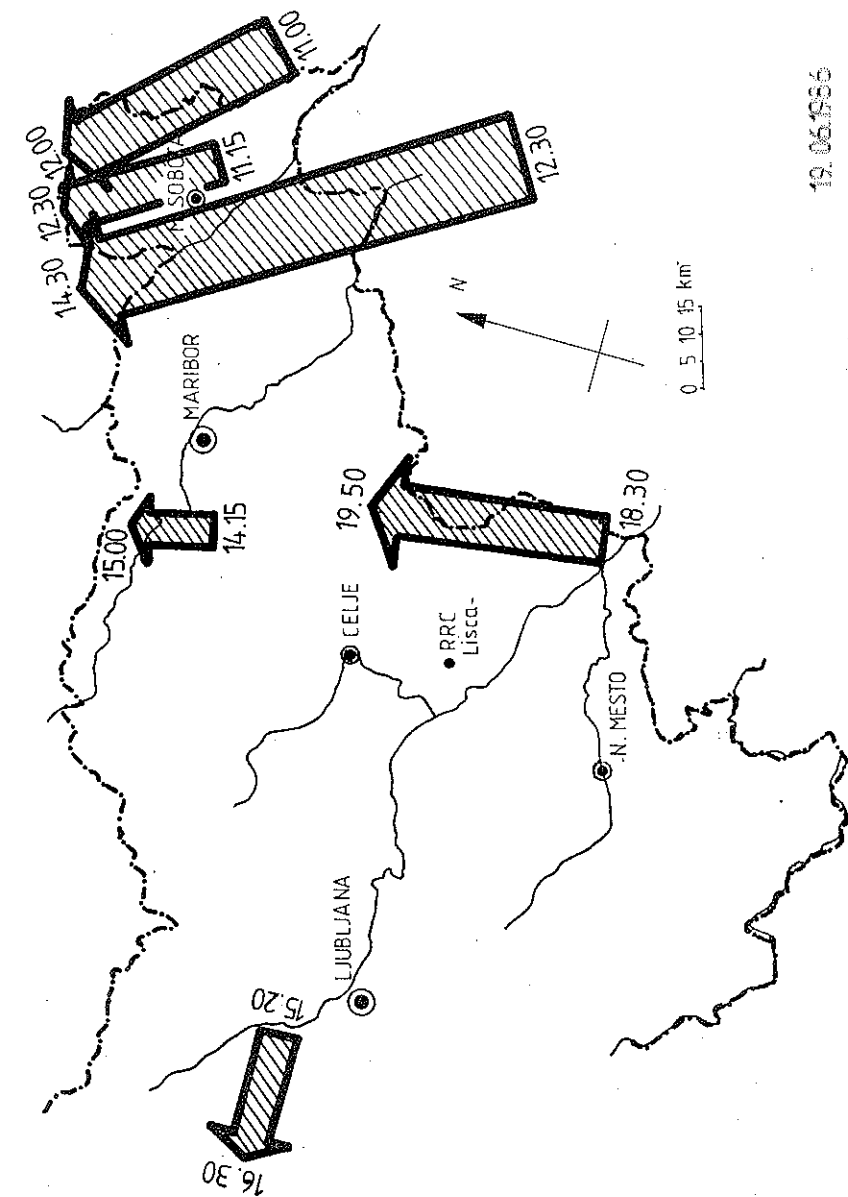
Na RRC Lisca je celo leto posadka 24 ur na dan. V sezoni OPT se na centru tedensko izmenjavata dve ekipi po pet delavcev, zunaj sezone pa po dva delavca, ki opravljata urna meteorološka opazovanja. Poleg vodenja akcij OPT in meteoroloških opazovanj pa posadka dela razne analize in obdelave podatkov v zvezi z OPT. Večina teh obdelav je na koncu vsake sezone objavljena v poročilu o OPT za tisto leto.

Z risanjem poti neviht (primer na sliki 3) želimo dobiti grafičen prikaz gibanja nevihtnih oblakov v posameznih dneh, ko so bile akcije OPT, na koncu sezone pa kumulativno število prehodov neviht čez posamezna območja. V nekaj letih bomo na ta način dobili povprečno relativno pogostost nevihtnih prehodov čez posamezne dele branjenega območja. Za dneve, ko so bile večje akcije OPT, narišemo na osnovi podatkov meteoroloških postaj s tega območja karte, ki so prikazane na naslednjih slikah:

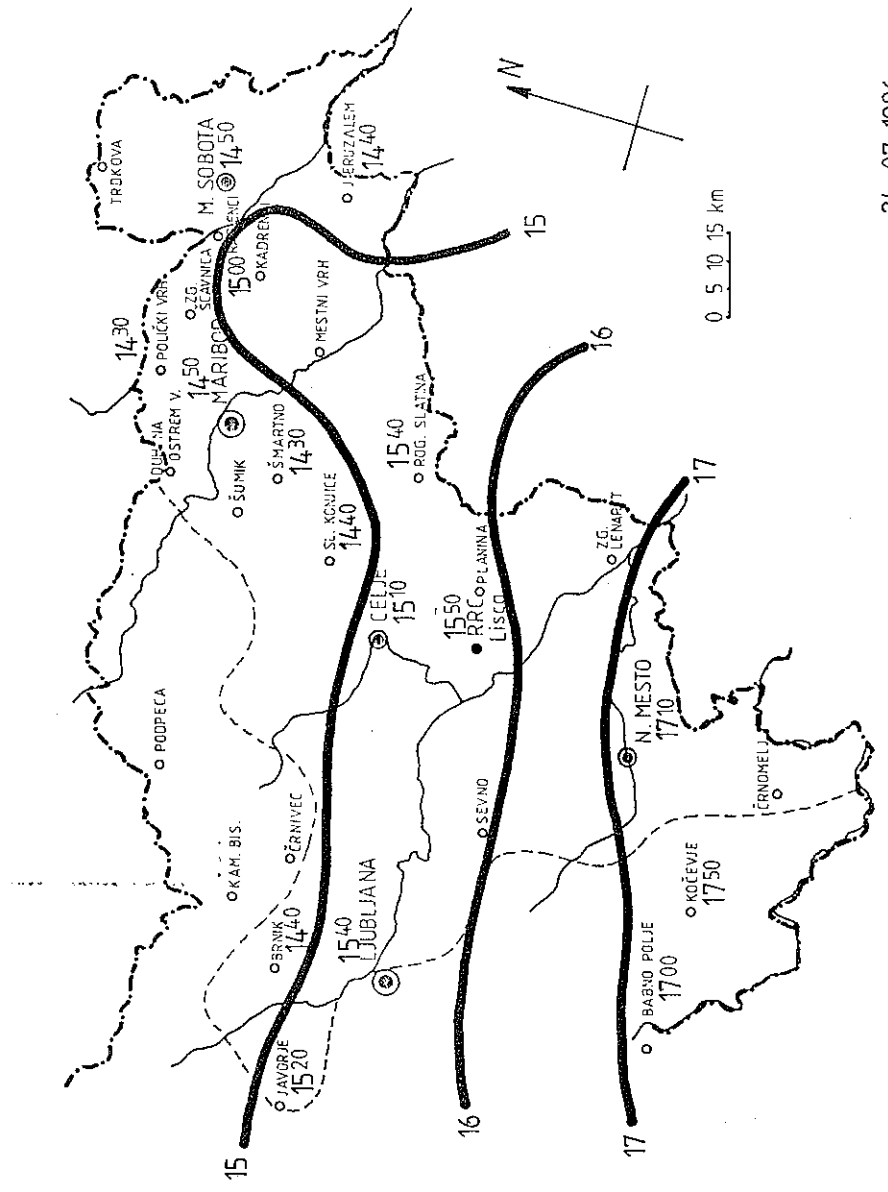
- sl. 4: čas nastopa naglega znižanja temperature,
 - sl. 5: velikost znižanja temperature ob nevihtah,
 - sl. 6: čas začetka naliva ter
 - sl. 7: količina padavin ob nalivu,
- (črtkana črta na teh slikah označuje zahodno mejo branjenega območja), na osnovi podatkov iz akcij pa karti:
- sl. 8: padanje toče in
 - sl. 9: število izstreljenih raket po strelnih mestih in kvadrantih.

Sliki 4 in 6 na svoj način predstavljata pomikanje fronte (ko gre za frontalne nevihte), slika 5 intenzivnost prehoda fronte glede na velikost padca temperature, iz slik 7, 8 in 9 pa bomo poskusili najti povezavo med posipanjem oblakov ter padanjem toče in količino padavin. Med izohronami, ki prikazujejo začetek ohladitev in začetek nalivov, ni vedno dobrega ujemanja, to pomeni, da se ohladitev ne začne vedno hkrati z nalivom; do tega prihaja zato, ker je ohladitev navadno posledica dveh dejavnikov: samih padavin in dotoka hladnega zraka oz. zamenjave zračne mase.

Podatke za slike 4 - 7 smo dobili s termogramov in ombrogramov z meteoroloških postaj, ki leže znotraj branjenega območja ali v njegovi bližini; slednjih je pet: Podpeca, Kamniška Bistrica, Črnivec, Babno polje in Kočevje. Metodologija odčitavanja podatkov je naslednja:

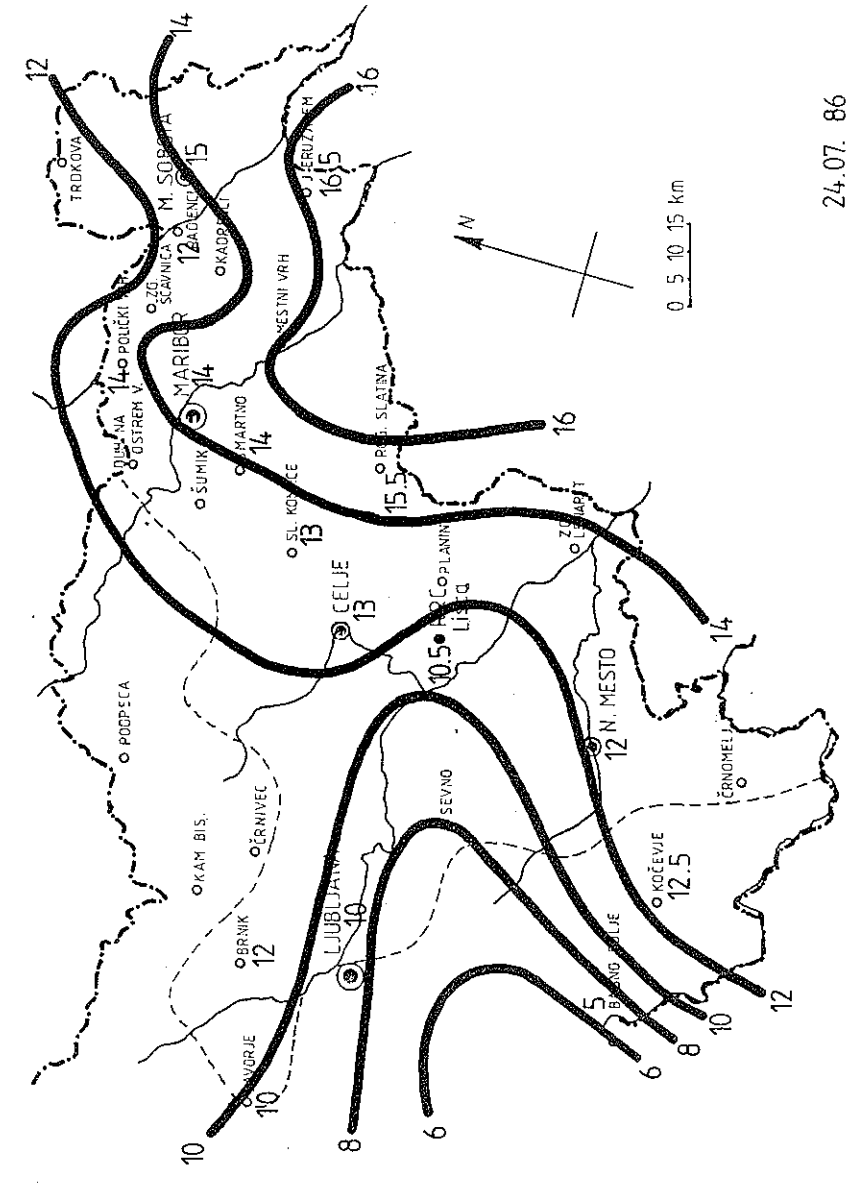


Slika 3 Primer poti neviht
Figure 3 Example of paths of thunderstorms



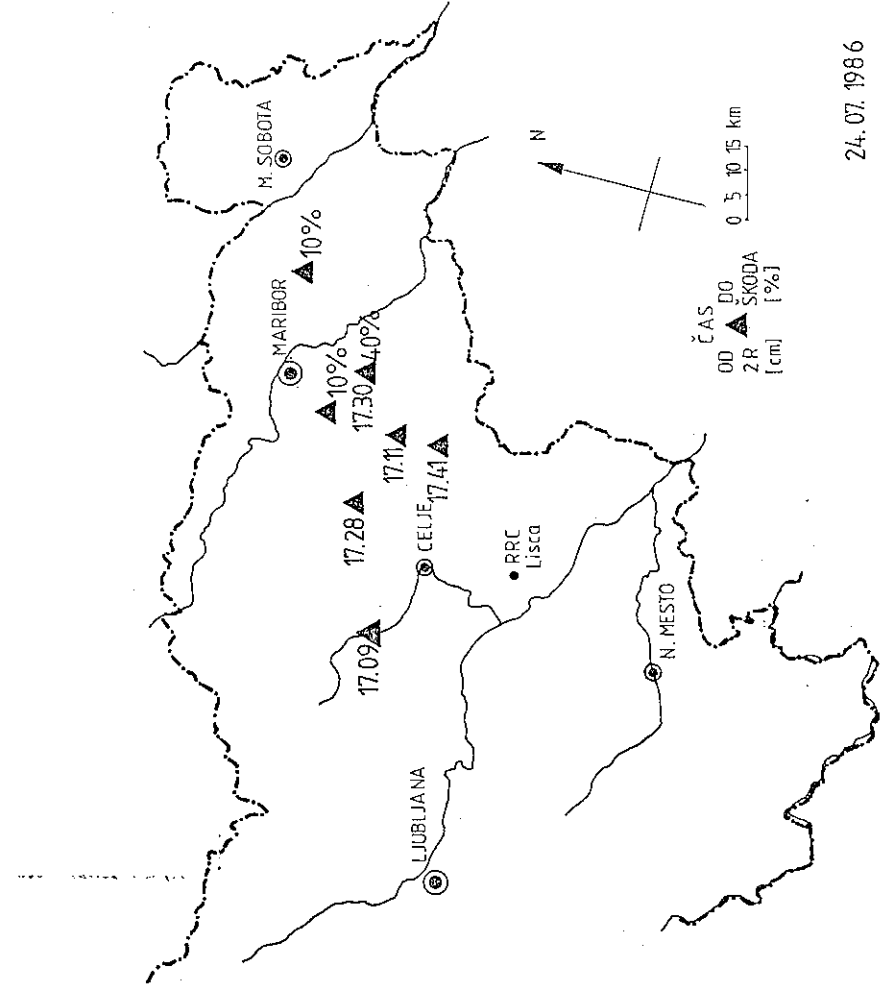
Slika 4 Izohrone nastopa naglega znižanja temperature
 Figure 4 Isochrone lines of the beginning of a rapid drop of temperature

24. 07. 1986

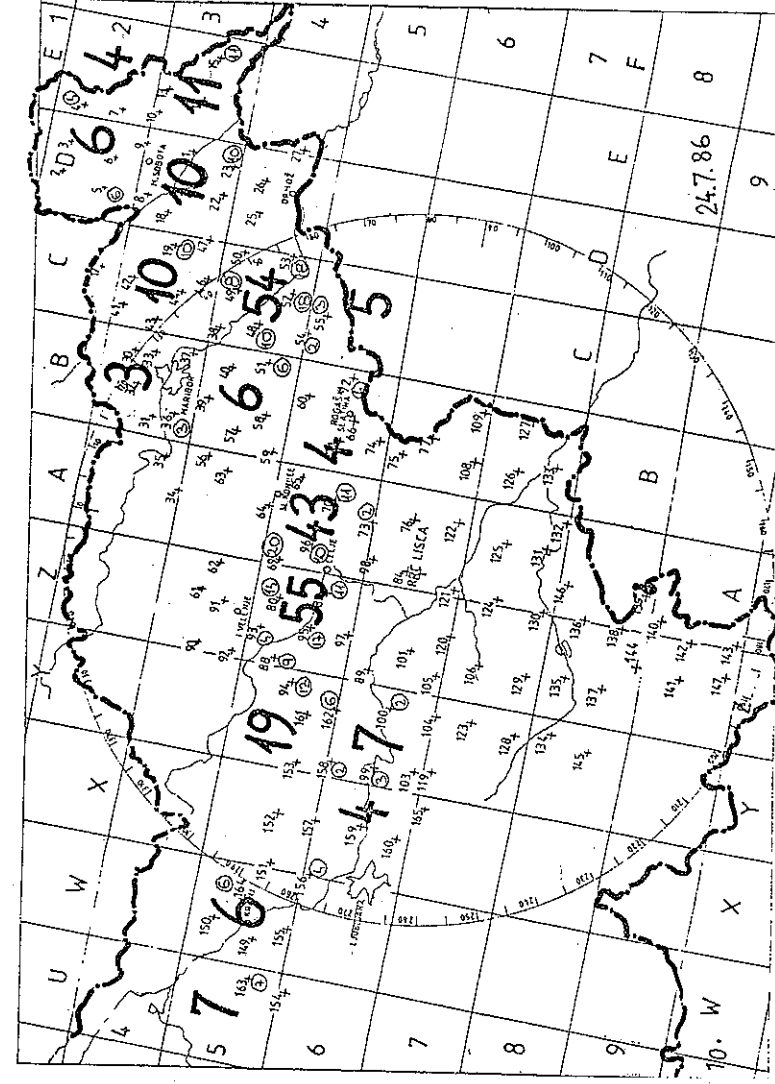


Slika 5 Velikost znižanja temperature ob nevihtah
 Figure 5 Temperature drop at the time of thunderstorms

24.07. 86



Slika 8 Zabeleženi pojavi toče
Figure 8 Registered hailfalls



Slika 9 Število izstreljenih raket po strelnih mestih (male, obkrožene številke) in kvadrantih (velike številke)
Figure 9 Number of rockets being launched at launching sites (small, encircled numbers) and in quadrants (big numbers)

- za naglo znižanje temperature vzamemo tisto, ko ohladitev izrazito odstopa od dnevnega hoda temperature;

- kot nalive obravnavamo primere, ko gre za bolj ali manj kratkotrajne padavine večje jakosti.

Oboje je seveda stvar subjektivne presoje, zato so tudi možne napake; vendar pa je treba povedati, da v večini primerov odčitavanje ni problematično in dva neodvisna odčitovalca dobita enake ali skoraj enake odčitke.

Podatki o zabeleženih pojavih toče, kot so prikazani na sliki 8, so večkrat precej pomanjkljivi, ker jih ne beležijo poklicni opazovalci, ampak strelci v sistemu OPT. Tako so nam le redko na voljo vsi štirje podatki o padanju toče, kot so označeni ob znaku za točo v spodnjem desnem delu slike 8.

Da bi si ustvarili boljšo možnost ugotavljanja učinkov posipanja nevihtnih oblakov na padanje toče, smo postavili razmeroma gosto mrežo točemerov na južnem delu poligona. Okrog Brežic smo namreč v kvadratu 15 km x 15 km postavili 100 točemerov, ki na umerjene stiroporne plošče beležijo padce toče. Dobre rezultate si lahko obetamo od tega, če bomo uspeli dobiti večje število padcev toče na tem območju, in to tako iz posipanih, kot iz neposipanih oblakov (za ugotavljanje razlik med obema populacijama), za kar bo brez dvoma potrebnih več sezon z meritvami. Točemerje smo postavili proti koncu lanske sezone, do zdaj pa smo imeli 6 primerov, ko je toča padla na to območje.

NAČRTI ZA V PRIHODNJE

V bližnji prihodnosti bomo obdelali radarske podatke z nekaj magnetih trakov iz lanskih in letošnjih akcij. Ugotoviti želimo, kakšna je prostorska porazdelitev oblakov glede na jakost odboja ter velikost in višino oblakov ter pozneje, kakšne so spremembe v oblakih po obstreljevanju oz. posipanju z AgJ.

Ugotoviti tudi želimo, kakšna je v nevihtnih dneh tipična zapolnjenost prostora (do višine 16 oz. 20 km) z oblaki, ki dajo radarski odboj, koliko pa je "praznega prostora". Obseg branjenega območja se v prihodnjih nekaj letih verjetno ne bo bistveno spreminjal. V načrtu pa je postavitve sistema OPT na Primorskem skupaj z Italijo, kjer bi na vsaki strani meje branili po 200.000 ha površine. Operativno naj bi tam OPT potekala, vsaj v začetku, enako kot v obstoječem sistemu, mnogo več poudarka kot zdaj pa bo na raziskavah. V ta

namen bo treba pripraviti program raziskav za več let, za meritve pa naj bi nabavili Dopplerjev radar z dvojno polarizacijo (horizontalno in vertikalno). Poleg operativnega centra bo deloval posebej še raziskovalno-dokumentacijski center, ki bo neposredno povezan z operativnim.

LITERATURA

- Adrinek, R., 1985: Weather Monitoring and Hail Defence System at CRC Lisca. Ljubljana, Iskra Delta, 30 pp.
- Federer, B., et al.: Plan for the Swiss Randomized Hail Suppression Experiment. Design of Grossversuch IV. Pageoph, Vol. 117, Basel, 548-571.
- Kranjc, A., 1981: Obramba pred točo v Sloveniji. Razprave - Papers 25/2, DMS, 85-95.
- Kranjc, A. in M. Divjak, 1984: Meteorološko poročilo o obrambi pred točo v Sloveniji za leto 1984. Ljubljana, HMZ SRS, 95 pp.