

Oznaka poročila: ARRS-CRP-ZP-2012-05/13

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH CILJNEGA RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

| | |
|--|--|
| Šifra projekta | V4-1065 |
| Naslov projekta | Presoja učinkovitosti umetnega vpliva na vreme z letali |
| Vodja projekta | 5521 Marjan Lep |
| Naziv težišča v okviru CRP | 5.06.13 Presoja učinkovitosti aktivne obrambe proti toči z letali |
| Obseg raziskovalnih ur | 1283 |
| Cenovni razred | B |
| Trajanje projekta | 10.2010 - 09.2012 |
| Nosilna raziskovalna organizacija | 797 Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo |
| Raziskovalne organizacije - soizvajalke | 481 Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta 1421 Znanstveno-raziskovalno središče Bistra Ptuj |
| Raziskovalno področje po šifrantu ARRS | 1 NARAVOSLOVJE 1.02 Fizika 1.02.04 Meteorologija in oceanografija |
| Družbeno-ekonomski cilj | 02. Okolje |

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

| | |
|-------------------|------------------------------|
| Šifra | 1.07 |
| - Veda | 1 Naravoslovne vede |
| - Področje | 1.07 Druge naravoslovne vede |

3. Sofinancerji²

| Sofinancerji | | |
|--------------|--------|---|
| 1. | Naziv | Javna agencija za raziskovalno dejavnost RS |
| | Naslov | Bleiweisova 30, 1000 Ljubljana |
| 2. | Naziv | Ministrstvo za kmetijstvo in okolje |
| | Naslov | Dunajska cesta 22, 1000 Ljubljana |

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

4. Povzetek projekta³

SLO

V okviru projekta smo želeli pripraviti ustrezne strokovne in znanstvene podlage, da bi lahko odgovarjali na dve anti-tezi:

- i) posipavanje potencialno točonosnih oblakov s srebromim jodidom (AgJ) na način kot se izvaja v Sloveniji **je učinkovito** oziroma
- ii) sredstva, namenjena umetnemu vplivu na vreme je bolj smiselno porabiti za drugačne oblike vpliva na vreme ali za pasivno obrambo.

Cilj projekta je pripraviti metodologijo za poskus, ki bi znanstveno bolje potrdil ali ovrgel postavljeni tezi ter hkrati tudi praktično služil siceršnjim aktivnostim obrambe proti toči.

Skrbna analizi številnih tujih virov in izkušenj je pokazala, da teze "o učinkovitosti posipavanja z letali" ni možno ne potrditi, ne povsem ovreči. Tudi in predvsem zaradi številnih detajlov, ki lahko bistveno vplivajo na samo aktivnost posipavanja, kakor tudi na merjenje in oceno posledic.

V drugi fazi projekta je bila **analizirana dosedanja praksa v Sloveniji**. Na podlagi pridobljenih pogodbenih podlag, zapisov o izvedenih poletih s posipavanji ter izkušnjami pri postavitvi in vzdrževanju točemerne poligona, smo izvajalci projekta prišli do sklepa, da tudi v Sloveniji učinkovitosti izvajanja letalske obrambe proti toči s posipavanji ni moč potrditi, ne pa tudi povsem ovreči. Osnovni vzroki za to trditev so predvsem prekratka časovna vrsta zapisov, odsotnost naključnosti pri postopkih odločanja "kdaj posipavati in kdaj ne", šibko in ne povsem znanstveno zanesljivo ugotavljanje škode na branjenem področju, pa še cela vrsta drugih dejavnikov, ki zmanjšuje verodostojnost izpeljanih trditev.

Ocenjena - kot nezadostna - je tudi dosedanja praksa pri vzdrževanju točemerne poligona. Drugo fazo zaključuje analiza uporabnosti sledilcev in okoljske "neprijaznosti" uporabljenih reagensov.

V tretji fazi projekta je bila postavljena "**nova**" **metodologija za izvedbo poskusa**, ki bi dal bolj verodostojne rezultate o učinkovitosti letalske obrambe proti toči. Poskus temelji na:

- identifikaciji potencialno nevarnih situacij (oranžni alarm), ki ga zagotavlja neodvisna meteorološka služba,
- zagotavljanju naključnosti pri sprejemanju odločitev "ali posipati ali ne", za kar je zadolžen neodvisen "vodja poskusa"
- posipavanju točonosnih oblakov na način kot ga poznamo danes
- vzdrževanju že prej postavljenega točemerne poligona, kjer neodvisen "vodja poskusa" odreja obhode in pobiranje merilnih plošč
- obdelavi pobranih merilnih plošč v neodvisnem laboratoriju za preiskavo materialov.

Sam poskus bi moral glede na pojavnost toče trajati vsaj osem let.

V četrti fazi projekta je bila **ocenjena izvedljivost predlagane metodologije** s poudarkom na stroškovniku izvedbe predlaganega. Pripravljene sta bili dve kalkulaciji: minimalna in povprečna.

V peti fazi projekta so predstavljeni nekateri drugi načini umetnega vpliva na vreme, za katere izvajalci menimo, da bi lahko oziroma morali dati večje splošne učinke.

ANG

The purpose of the project:

In the frame of the project **Estimation of efficiency of artificial influence on weather with aircraft**, we wanted to prepare suitable professional and scientific bases in order to evaluate two antitheses: seeding of potential storm clouds with silver iodide (AgJ) is efficient as it used in Slovenia and / or means for artificial influence on weather can be better spent for other forms of influences on weather or for passive defence.

The aim of the project:

The project aims to prepare methodology for a test which would scientifically prove or

disprove stated theses and also (during the test) practically serve anti-hail shells.

A careful analysis of various foreign sources and experiences (project phase **State of art**) has shown that the thesis about efficiency of aircraft seeding can be neither proved nor disproved. This arises from numerous details, which can vitally influence seeding, as well as measuring and evaluation of consequences.

In the second phase of the project, **earlier practice in Slovenia was analysed**.

Based on contracts, notes about cloud seeding flights and experiences with placement and maintenance of a polygon, we drew a conclusion that it is not possible to confirm the efficiency of aircraft-based seeding in Slovenia; however it cannot be completely disproved. The basic reasons for this thesis are short-term notes, vague proceedings for decisions about seeding, weak and scientific unreliable establishment of damage on protected area as well as a variety of other factors, which reduce the credibility of statements.

Moreover, previous routine in maintenance of the terrestrial hail-polygon is evaluated as insufficient. The second phase ends with an analysis of usefulness of tracers and environmental-unfriendly usage of reagents.

In the third phase of the project, **'new' methodology of experiment** was introduced, which could give more reliable results on efficiency of the aircraft-based seeding. The test is founded on:

- identification of potential dangerous situations (orange alarm, 60% of storm probability) which is enabled by an independent (general) meteorological service;
- assurance of probability of decisions 'for and against seeding' by an independent tester;

- a storm cloud seeding in a known manner;
- maintenance of a terrestrial hail-polygon, where an independent tester order rounds and collecting of measurement plates;
- analysis of measurement plates in an independent lab for material research.

The test should last eight years according to storm phenomena.

In the fourth phase of the project, **feasibility of proposed methodology was evaluated**. According to the record of expenses, two calculations were prepared: i) minimal, where the test was assessed with minimal activities, and ii) average, where the calculation for a middle assurance standard of reliability, quality and range of activities was arranged.

In the fifth phase of the project, other modes of artificial influence on weather are introduced. In our opinion, these could bring greater results.

5. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu⁴

V okviru projekta "**Presoja učinkovitosti umetnega vpliva na vreme z letali**" smo želeli pripraviti ustrezne strokovne in znanstvene podalgi, da bi lahko odgovarjali na dve anti-tezi: posipavanje potencialno točonosnih oblakov s srebromim jodidom (AgJ) na način kot se izvaja v Sloveniji **je učinkovito** oziroma sredstva, namenjena umetnemu vplivu na vreme je bolj smiselno porabiti za drugačne oblike vpliva na vreme ali za pasivno obrambo.

Da bi to dosegli, je bil predlagan program dela v petih fazah:

V prvi fazi projekta je bila predvidena in izvedena analiza spoznanj v svetu. Ker gre pri dokazovanju teze za izjemno obsežno (predvsem v geografskem smislu) in časovno zahtevno nalogo, je iskanje tujih izkušenj, predvsem pa ocena njihove prenosljivosti v slovenski prostor, potrebna in želena naloga. Ta faza je bila izvajana ves čas trajanja projekta in je dala (pričakovan) rezultat, da na podlagi tujih izkušenj in znanstvenih poročil, teze ni moč ne ovreči, ne potrditi.

Druga faza projekta "ocena učinkovitosti dosedanjega izvajanja letalske obrambe proti toči" v Sloveniji je imela za cilj "od naročnikov in izvajalcev neodvisno" oceniti dosedanjo prakso. Ker se pri tem delu prepletata poslovni interes izvajalcev naročil, javno naročanje storitev, po drugi

strani pa izjemno zahtevno in nevhvaležno ugotavljanje dejansko izvedenih aktivnosti, učinkov in škode na terenu (na primer: zavarovalnice in njihovi aktuarski izračuni so del poslovne politike in torej tajni), je ta faza projekta bila izvedbeno zahtevna. Drug segment te faze je bila ocena vpliva posipavanja reagensov na zdravje in okolje, kakor tudi splošni sociološki in psihološki učinki dejavnosti obrambe proti toči (oziroma njene opustitve). Kljub težavam pri pridobivanju in interpretaciji podatkov, je bila ta faza zaključena z ugotovitvijo, da učinkovitosti dosedanje prakse ni moč potrditi, pa tudi ne povsem ovreči. Ta faza je pokazala tudi na vrsto pomanjkljivosti v dosedanji metodologiji in praksi.

Tretja faza projekta je predvidevala postavitev metodologije poskusa/aktivnosti, ki bi zmogla dati jasnejše odgovore na postavljene hipoteze, bila izvedljiva ter vsaj delno še ohranjala nek nivo aktivne obrambe proti toči. Tak načrt je pripravljen.

Četrta faza projekta je bila namenjena oceni izvedljivosti predlagane metodologije. Pri tem je treba zagotoviti pogoje (pravne okvire) ter oceniti potrebna finančna sredstva. Ta faza je realizirana v celoti.

Peta faza projekta je bila mišljena kot priprava podlag za druge (torej: ne zgolj posipavanje oblakov proti toči) načine umetnega vpliva na vreme: umetno proženje padavin. Faza je izdelana.

Vsebinsko poročilo je pripravljeno v dokumentu na sedemdesetih straneh.

6. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁵

Ocenjujemo, da smo zastavljene cilje dosegli.

Jasno smo pokazali, da učinkovitosti sedanjega sistema letalske obrambe proti toči ni moč potrditi. Trditev smo podkrepili z vrsto kvantificiranih dejstev in ugotovitev o nejasnostih pri procesih.

Pripravili smo metodologijo za poskus, ki bi pa lahko omogočal izvedbo dokaza o (ne) učinkovitosti letalske obrambe proti toči.

7. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁶

Program dela se med izvajanjem projekta ni spreminjal.

Nekoliko so kasnile posamezne faze, predvsem faza dva (ocena učinkovitosti dosedanjega načina izvajanja obrambe proti toči). Vzroka za kasnitev dela na tej fazi sta bila predvsem: i) Menjava vodje projekta (vzrok: prenehanje delovnega razmerja na Fakulteti za gradbeništvo UM ter postopki pri imenovanju novega vodje) kar je imelo za posledico štirimesečno "brezvladje" ter ii) Objektivne težave pri pridobivanju podatkov, potrebnih za oceno učinkovitosti, saj bi potrebovali ali želeli imeti tudi podatke, ki so (ali so lahko) poslovna skrivnost.

Projektne skupine se tekom izvajanja projekta ni širila ali ožila - z izjemo prvotnega vodje projekta, ki od oktobra 2011 ni bil več zaposlen pri nosilni raziskovalni organizaciji.

8. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁷

| Znanstveni dosežek | | | |
|--------------------|-----------|------------|--|
| 1. | COBISS ID | 7088505 | Vir: COBISS.SI |
| | Naslov | <i>SLO</i> | Center za upravljanje s sušo za jugovzhodno Evropo: subkontinentalni monitoring |
| | | <i>ANG</i> | Drought management center for South-eastern Europe: development of sub-continental drought monitoring in South-eastern Europe |
| | | | Razvoj geografskih informacijskih sistemov v smer spletnih servisov je motiviral razvoj interoperabilnih sistemov za nadzor in spremljanje |

| | | |
|--------------|--|---|
| Opis | SLO | geografskih pojavov na različnih prostorskih nivojih, kakor tudi področjih z različnimi socialnimi funkcijami. Predstavljena študija se je osredotočila na implementacijo EuroGEOSS okolja v Centru za spremljanje suše v jugovzdolni Evropi (DMCSEE). Takšen interoperabilni pristop omogoča različnim skupnostim, da bolje spremljajo prostorsko in časovno dinamiko pojavljanja sušnih razmer. Razvoj takšnega sistema je tudi slošno uporaben pri razvoju sistemov za spremljanje pojavov in procesov v prostoru na območju, kjer je mreža meteoroških postaj redka, večjezikovnost izrazita in postavlja številne semantične prepreke; kot je značilno za Balkanski polotok. |
| | ANG | The evolution of geographic information systems towards the web services model has motivated development of interoperable monitoring systems on various spatial levels and in different societal benefits areas. The focus of this study is on presentation of implementation of interoperability arrangement in EuroGEOSS framework on Drought management centre for South-eastern Europe (DMCSEE). Interoperability arrangements are offering drought community broad range of possibilities for advanced monitoring of spatial and temporal development of drought occurrence. The case of development and implementation of interoperability arrangements in DMCSEE architecture is quite indicative for a large number of spatial monitoring systems in South-eastern Europe (SEE) because it is addressing problems connected with big differences in development of drought monitoring systems in the region, inefficient meteorological observing network and semantic barriers in multilingual Balkan Peninsula. |
| Objavljeno v | Aristotle University of Thessaloniki; South-Eastern European Journal of Earth Observation and Geomatics; 2012; Letn. 1, št. 1; str. 25-40; Avtorji / Authors: Medved Cvikel Barbara, Ceglar Andrej, Kajfež-Bogataj Lučka | |
| Tipologija | 1.01 Izvirni znanstveni članek | |

9. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁸

| | | | |
|--------------------------------------|---|---|----------------|
| Družbenoekonomsko relevantni dosežki | | | |
| 1. | COBISS ID | 14560022 | Vir: COBISS.SI |
| Naslov | SLO | Predstavitev projekta presoje učinkovitosti umetnega vpliva na vreme z letali | |
| | ANG | Assessment of the efficiency of airplane-based anti-hail seeding. | |
| Opis | SLO | Predstavljeni so program dela in prvi rezultati projekta Preoje učinkovitosti umetnega vpliva na vreme z letali. | |
| | ANG | Research programm and first results of the project "Assessment of the efficiency of airplane-based anti-hail seeding" are presented. | |
| Šifra | B.04 Vabljen predavanje | | |
| Objavljeno v | 2010; Avtorji / Authors: Pliberšek Tomaž | | |
| Tipologija | 3.16 Vabljen predavanje na konferenci brez natisa | | |
| 2. | COBISS ID | 14559766 | Vir: COBISS.SI |
| Naslov | SLO | Točemerni poligon na branjenem območju obrambe proti toči | |
| | ANG | Terrestrial hail-polygon on the selecteed area. | |
| Opis | SLO | Na omejenem območju SV Slovenije je vzpostavljen točemerni poligon. Predstavljene so prednosti in problematika vzpostavitve in vzdrževanja takšnega poligona ter izkušnje pri njegovem obratovanju. | |
| | ANG | On the selected area in north-eastern part of Slovenia, hail-polygon was established. Gathered experience after three years of exploitation is | |

| | | |
|--------------|--|--|
| | | presented. |
| Šifra | B.04 | Vabljen predavanje |
| Objavljeno v | 2010; Avtorji / Authors: Pliberšek Tomaž | |
| Tipologija | 3.16 | Vabljen predavanje na konferenci brez natisa |

10. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁹

Rezultati dela projektne skupine so bili neposredno uporabljeni pri delu Medresorske skupine za spremljanje izvajanja raziskovanega posipavanja točonosnih oblakov ter pripravo predloga nadaljnjega izvajanja projekta obrambe proti toči.

11. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine¹⁰

11.1. Pomen za razvoj znanosti¹¹

SLO

Kot je potrdila prva faza raziskave, je vedenje o zakonitostih, procesih in tehnoloških postopkih pri poskusih umetnega vpliva na vreme polno vrzeli. Z rezultati raziskav smo prispevali k razjasnitvi nekaterih, predvsem metodoloških nejasnosti, predvsem pa smo ovrgli nekatere domneve. Postavljena je metodologija, ki je splošno uporabna.

ANG

As shown also in the State of art part of report, there are several gaps in scientific proved understanding of processes and effectiveness of airplane-based anti-hail seeding of clouds. Results of research project added some additional knowledge in the topic. The results also partly eliminated some uncertainties in the understanding of effectiveness. The new general methodology of an experiment was developed.

11.2. Pomen za razvoj Slovenije¹²

SLO

Vreme, predvsem pa ekstremni pojavi, bistveno vplivajo na blaginjo državljanov in države. Razumevanje nekaterih zakonitosti, predvsem pa kako je možno vplivati nanje, daje osnovo za manjšanje škod na poljščinah, stavbah in lastnini državljanov, po drugi strani pa omogoča bolj racionalno uporabo javnih in privatnih finančnih sredstev za vplivanje na vreme. Rezultati raziskav odpirajo tudi možnosti boljše aplikacije umetnega vpliva na vreme z letali; kot je proženje padavin s primarnim ciljem omiliti posledice suš. Rezultati projekta tudi krepijo pasivne načine obrambe (bolje: prilagajanja) ekstremnim vremenskim pojavom.

ANG

Weather in general and particularly its extremes, affect the welfare of citizens and the state a lot. Better understanding of meteorological processes and the human could influence them, is or could be important in minimizing the damage caused by such phenomena. On the other hand, the results of the project, can help the national and local authorities to put the public money in more efficient way. Results of the project should also encourage other, perhaps more sustainable, approaches, like passive defence against hail.

12. Vpetost raziskovalnih rezultatov projektne skupine.

12.1. Vpetost raziskave v domače okolje

Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- v domačih znanstvenih krogih
- pri domačih uporabnikih

Kdo (poleg sofinancerjev) že izraža interes po vaših spoznanjih oziroma rezultatih?¹³

Rezultati raziskav so predmet obravnavanja Medresorske skupine za spremljanje izvajanja raziskovalnega posipavanja točonosnih oblakov ter pripravo predloga nadaljnega izvajanja projekta obrambe proti toči.

12.2. Vpetost raziskave v tuje okolje

Kje obstaja verjetnost, da bodo vaša znanstvena spoznanja deležna zaznavnega odziva?

- v mednarodnih znanstvenih krogih
 pri mednarodnih uporabnikih

Navedite število in obliko formalnega raziskovalnega sodelovanja s tujini raziskovalnimi inštitucijami:¹⁴

Kateri so rezultati tovrstnega sodelovanja:¹⁵

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino letnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta
- bomo sofinancerjem istočasno z zaključnim poročilom predložili tudi študijo ali elaborat, skladno z zahtevami sofinancerjev

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Univerza v Mariboru, Fakulteta za
gradbeništvo

Marjan Lep

ŽIG

Kraj in datum:

Maribor

10.10.2012

Oznaka prijave: ARRS-CRP-ZP-2012-05/13

¹ Zaradi spremembe klasifikacije je potrebno v poročilu opredeliti raziskovalno področje po novi klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevajalna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani agencije (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

² Podpisano izjavo sofinancerja/sofinancerjev, s katero potrjuje/jo, da delo na projektu potekalo skladno s programom, skupaj z vsebinsko obrazložitvijo o potencialnih učinkih rezultatov projekta obvezno priložite obrazcu kot pripenko (v skeniranem PDF formatu) in jo v primeru, da poročilo ni polno digitalno podpisano, pošljite po pošti na Javno agencijo za raziskovalno dejavnost RS. [Nazaj](#)

³ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

Zaključno poročilo o rezultatih ciljnega raziskovalnega projekta - 2012

⁴ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11) [Nazaj](#)

⁶ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta (obrazložitev). V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁷ Znanstveni in družbeno-ekonomski dosežki v programu in projektu so lahko enaki, saj se projektna vsebina praviloma nanaša na širšo problematiko raziskovalnega programa, zato pričakujemo, da bo večina izjemnih dosežkov raziskovalnih programov dokumentirana tudi med izjemnimi dosežki različnih raziskovalnih projektov.

Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁸ Znanstveni in družbeno-ekonomski dosežki v programu in projektu so lahko enaki, saj se projektna vsebina praviloma nanaša na širšo problematiko raziskovalnega programa, zato pričakujemo, da bo večina izjemnih dosežkov raziskovalnih programov dokumentirana tudi med izjemnimi dosežki različnih raziskovalnih projektov.

Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

Družbenoekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen, kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno ekonomsko relevantnega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. v preteklem letu vodja meni, da je izjemen dosežek to, da sta se dva mlajša sodelavca zaposlila v gospodarstvu na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovila svoje podjetje, ki je rezultat prejšnjega dela ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁹ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹⁰ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

¹¹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

¹² Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

¹³ Največ 500 znakov vključno s presledki (velikosti pisave 11) [Nazaj](#)

¹⁴ Največ 500 znakov vključno s presledki (velikosti pisave 11) [Nazaj](#)

¹⁵ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (velikosti pisave 11) [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-CRP-ZP/2012-05 v1.00c
73-EA-35-7A-5A-7C-A7-EF-39-59-A6-32-EE-75-FD-0D-64-EE-D3-7E



Univerza v Mariboru

Fakulteta za gradbeništvo



UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
CENTER ZA AGROMETEORLOGIJO

Presoja učinkovitosti umetnega vpliva na vreme z letali

Končno poročilo (verzija 1.0)

Naročnika:

Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije

in



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO IN OKOLJE

Ministrstvo za kmetijstvo in okolje

Vokviru CRP »Konkurenčnost Slovenije 2006 – 2013«

Projekt – V4 1065

Maribor, Ljubljana, september 2012

Skupno poročilo je sestavljeno iz:

1. Končnega poročila *»Presojanje učinkovitosti obrambe pred točo v Republiki Sloveniji«*, ki so ga izdelali avtorji dr. Lučka Kajfež-Bogataj, dr. Andrej Ceglar, dr. Damijana Kastelic in Barbara Medved-Cviki
2. Prispevkov Univerze v Mariboru, Fakultete za gradbeništvo *»Ocena učinkovitosti dosedanjega izvajanja letalske obrambe proti toči«* in *»Ocena uporabnosti točemerne poligona«* avtorja dr. Tomaža Pliberška (poglavja 2.1 in 2.3) ter dr. Marjana Lepa (poglavje 4)
3. Prispevka ZRC Bistra *»Sledilci kondenzacijskim jedrom AgJ«* avtorja dr. Dušana Klinarja (poglavje 2.5)

Poročilo je uredil: dr. Marjan Lep

KAZALO

| | | |
|-------|--|--------|
| 0. | UVOD | - 1 - |
| 1. | PREGLED STANJA | - 3 - |
| 1.1 | SPLOŠNO O METEOROLOŠKEM POJAVU TOČE..... | - 3 - |
| 1.1.1 | Definicija toče | - 3 - |
| 1.1.2 | Mehanizem razvoja toče..... | - 3 - |
| 1.1.3 | Vpliv vetra na razvoj neviht | - 4 - |
| 1.1.4 | Raziskave na področju mikrofizike oblakov | - 4 - |
| 1.1.5 | Raziskave na področju numeričnega modeliranja oblakov | - 6 - |
| 1.1.6 | Kako lahko v teoriji vplivamo na razvoj in rast toče? | - 7 - |
| 1.2 | KONCEPTI OBRAMBE PRED TOČO | - 8 - |
| 1.3 | USPEŠNOST OBRAMBE PRED TOČO..... | - 10 - |
| 1.3.1 | Organizirana obramba pred točo | - 10 - |
| 1.4 | USTREZNA ZASNOVA POIZKUSA ZA PREVERJANJE USPEŠNOSTI OBRAMBE PRED TOČO.. | - 13 - |
| 1.4.1 | Poskus »NHRE« v Ameriki..... | - 13 - |
| 1.4.2 | Poskus »GROSSVERSUCH IV« v Švici..... | - 14 - |
| 1.5 | PREGLED OSTALIH OPERATIVNIH PROGRAMOV OBRAMBE PRED TOČO, KI PA NISO TEMELJILI NA NESLUČAJNIH VZORCIH..... | - 15 - |
| 1.5.1 | Projekt »NDCMP« v Ameriki..... | - 15 - |
| 1.5.2 | Pregled rezultatov v Avstriji..... | - 16 - |
| 1.5.3 | Vrednotenje učinkovitosti obrambe pred točo na Hrvaškem | - 18 - |
| 1.5.4 | Vrednotenje učinkovitosti obrambe pred točo v Srbiji | - 18 - |
| 1.5.5 | Vrednotenje učinkovitosti obrambe pred točo v Sloveniji | - 18 - |
| 1.5.6 | Diskusija rezultatov..... | - 19 - |
| 2. | Ocena dosedanjega izvajanja poskusnega posipavanja točonosnih oblakov z AgJ..... | - 21 - |
| 2.1 | Splošna ocena | - 21 - |
| 2.2 | ANALIZA LETOV LETALSKEGA CENTRA MARIBOR (LCM) | - 25 - |
| 2.3 | Ocena uporabnosti delovanja točemerne poligona | - 30 - |
| 2.4 | VPLIV VNAŠANJA SREBROVEGA JODIDA NA OKOLJE IN ZDRAVJE LJUDI | - 44 - |
| 2.4.1 | Kemijske lastnosti srebra in srebrovih spojin | - 44 - |
| 2.4.2 | Vnos srebra v človeško telo in njegovo delovanje..... | - 45 - |
| 2.4.3 | Mehanizem strupenosti pri človeku | - 46 - |

| | | |
|-------|---|--------|
| 2.4.4 | Mehanizem strupenosti pri živalih | - 46 - |
| 2.4.5 | Usoda v okolju | - 47 - |
| 2.5 | UPORABA KEMIČNIH SLEDILCEV SREBROVEGA JODIDA (AgI) V TOČONOSNIH OBLAKIH .. | - 48 - |
| 3. | IZDELAVA METODOLOGIJE ZA VREDNOTENJE UČINKOVITOSTI AKTIVNE OBRAMBE PRED TOČO Z LETALI NA PODROČJU SLOVENIJE | - 51 - |
| 3.1 | ZASNOVA POSKUSA AKTIVNE OBRAMBE PROTI TOČI V SV SLOVENIJI | - 51 - |
| 3.1.1 | Izbira opazovanih spremenljivk | - 52 - |
| 3.1.2 | Izbira statističnega testa | - 55 - |
| 3.1.3 | Izbira območja za posipanje | - 56 - |
| 3.1.4 | Izbira primernih situacij za posipanje | - 57 - |
| 3.1.5 | Zagotavljanje naključnosti izbire in pridobitev dovolj velikega vzorca podatkov, kar pomeni dovolj dolgo trajanje poskusa..... | - 58 - |
| 3.1.6 | Tehnično upravljanje točernih poligonov in analiza rezultatov | - 63 - |
| 4. | Ocena izvedljivosti predlagane metodologije..... | - 64 - |
| 5. | Umetno proženje padavin | - 69 - |
| 5.1 | Mehanizem nastanka padavin v posipnem oblaku..... | - 69 - |
| 5.2. | Pregled posipanja oblakov z namenom vplivanja na nastanek padavin | - 69 - |
| 6. | Viri..... | - 72 - |

0. UVOD

Ukrepi za zmanjševanje negativnih posledic toče zajemajo področja raziskav procesov odgovornih za nastanek toče, spremljanja in napovedovanja pojava toče, uporabe informacij in ukrepov za zaščito proti toči ter zagotavljanja organizacijskih možnosti za smotrno delovanje na vseh teh področjih.

Na področju ukrepov za zaščito proti toči v kmetijstvu je v prostoru vzhodne Evrope in Balkana razširjena možnost posipanja nevihtnih oblakov s srebrom jodidom (AgI), svinčevim jodidom (PbI) in suhim ledom (CO₂ v kristalih). Slovenska obramba pred točo temelji na vnašanju srebrovega jodida v nevihtne oblake. O možnostih umetnega vplivanja na razvoj in strukturo nevihtnih oblakov namreč obstajajo domneve, da s takšnim vnosom lahko spremenimo število in velikost točnih zrn. Vendar študije učinkovitosti, še posebej tiste, ki so bile narejene metodološko ustrezno s strani neodvisnih strokovnjakov, kažejo da ni nedvoumnih dokazov o pozitivnih učinkih takšnega vplivanja na pojav toče.

Svetovna meteorološka organizacija je leta 2007 je na podlagi stalnega spremljanja znanstvenega in tehnološkega razvoja na področju vplivanja na vreme objavila stališče, **da o učinkovitosti obrambe proti toči ni nedvoumnih dokazov**. V njem tudi opozarja, da je potrebno dodatno proučiti morebitne škodljive posledice takih posegov v okolje, ki se pogosto pokažejo šele s časovnim zamikom. Večina držav zahodne in osrednje Evrope, prav zaradi dvomljive učinkovitosti in nejasnih posledic na okolje takšne obrambe proti toči ne izvaja. V državah, kjer se letalska obramba pred točo izvaja, se ta večinoma financira s strani zainteresiranih uporabnikov (npr. zavarovalnic, lokalnih skupnosti) in ne s strani države, kot je to organizirano v primeru obrambe pred točo v Sloveniji.

Obramba pred točo je v Sloveniji vsako poletje aktualen problem, o katerem se veliko piše in govori v medijih. Dejstvo je, da končne odločitve o izvedbi aktivnosti te obrambe sprejema politika, ki je pogosto pod pritiski različnih interesnih skupin. Korektne odločitve politike morajo zato biti podprte z znanstvenimi dokazi stroke. To poročilo zato podaja analizo obstoječegapodatkovnega inventarija iz področja obrambe pred točo v Sloveniji, kjer je zaradi pomankljivosti le tega mogoče podati le delne rezultate. Prav tako v poročilu podajamo natančen pregled znanstvene literature na obravnavano tematiko ter izdelano metodologijo za vrednotenje učinkovitosti obrambe pred točo v Sloveniji, ki bo omogočala znanstveno preverljivost rezultatov.

Obramba pred točo je močno odvisna od naravnih in človeških dejavnikov. Na naravne dejavnike (razvoj vremenske situacije in naravno klimatsko variabilnost) nimamo vpliva. Čim natančneje pa je potrebno opredeliti človeške dejavnike, saj z njimi bistveno vplivamo na znanstvena preverljivost rezultatov obrambe pred točo. Zasnova poskusa mora temeljiti na izbiri opazovanih spremenljivk, izbiri statističnega testa, izbiri območja posipanja, izbiri primernih situacij za posipanje ter zagotavljanju naključnosti izbire in pridobitvi dovolj velikega vzorca podatkov, kar pomeni dovolj dolgo trajanje poskusa ter tehničnem upravljanju točomernih poligonov in analizi rezultatov. Pri zagotavljanju znanstvene preverljivosti posipanja oblakov s srebrom jodidom z zagotavljanjem naključne izbire situacij posipanja prihaja do navkrižjis kmetijsko srenjo, saj slednja pričakuje, da se obramba pred točo izvaja izključno v smeri varovanja kmetijskih pridelkov in ekonomskih interesov kmetov. Vendar je v luči racionalne porabe javnega denarja potrebno izvesti naključno posipanje oblakov s srebrom jodidom v časovnem obdobju vsaj 12 let, saj bomo le takrat lahko z gotovostjo trdili, da je obramba pred točo učinkovita. Pri čemer je potrebno poudariti, da v tem poskusnem obdobju obramba pred točo ne sme potekati brez tesnega sodelovanja med meteorologi, klimatologi, letalci in drugimi strokami.

Posebna pozornost mora biti namenjena čim boljšemu razumevanju naravnih dejavnikov kot so razvoj vremenskih situacij in naravna klimatska variabilnost, zaradi katerih so nevihte v določenih letih in situacijah lahko bolj pogoste. Poleg zadostnega razumevanja naravnih dejavnikov je ključnega pomena pri vrednotenju učinkovitosti obrambe pred točo definiranje človeških dejavnikov (ocena vremenske situacije s strani meteorologa, usposobljenost pilota za letenje,

tehnična zmožnost letala za letenje v ekstremnih vremenskih razmerah, prostorska umestitev točomerne poligona za merjenje kinetične energije točnih zrn ter števila letal in velikost območja posipanja), saj so slednji ključnega pomena pri presojanju učinkovitosti obrambe pred točo. Poudarjamo, da ne obstaja nedvoumne potrditve o učinkovitost kateregakoli operativnega sistema obrambe pred točo po svetu, kar nakazuje kompleksnost problema in nujnost interdisciplinarnega sodelovanja.

1. PREGLED STANJA

1.1 SPLOŠNO O METEOROLOŠKEM POJAVU TOČE

Toča se v Sloveniji običajno pojavlja poleti, ko je tudi največ neviht in je časovno ter krajevno zelo omejen pojav. Mehanizem nastajanja toče v nevihtnem oblaku je zelo zapleten in ga današnja znanost ne razume docela. Ker je dogajanje v ozračju nelinearno, nevihtni oblaki pa imajo relativno majhne dimenzije, je njihovo obnašanje precej nepredvidljivo. Nevihte, ki trosijo točo na ozemlju okoli en km² se v Sloveniji pojavijo vsako leto nekaj desetkrat, take, ki prizadenejo ozemlje nekaj km² nekajkrat, tiste z večjim obsegom pa vsakih nekaj let enkrat. Podnebna variabilnost je izredno pomembna pri preučevanju toče, saj supercelične nevihte, ki imajo povratno dobo nekaj let pomembno vlivajo na tako imenovano klimatologijo toče na preučevanih področjih. Ob nevihtah škode na pridelkih ne povzroča samo toča, temveč pogosto tudi močan veter in intenzivne padavine. Torej, četudi bi bilo mogoče nastanek toče preprečiti, ni mogoče preprečiti močnega vetra in intenzivnih nalivov, ki v največ primerih naredijo največjo škodo.

1.1.1 Definicija toče

Toča so ledena zrna, ki nastajajo v razvitih oblakih vertikalnega razvoja (konvektivnih oblakih) in včasih padajo na tla. V Sloveniji imajo zrna velikosti od graha do oreha, izjemoma kot kurje jajce. Ponekod v svetu, predvsem v severni Ameriki in v Indiji, dosežejo tudi velikost pomaranče.

Da je v oblaku toča, razberemo iz meritev z vremenskim radarjem. Vremenski radar je sestavljen iz treh osnovnih delov: oddajnika, antene in sprejemnika. Oddajnik tvori zaporedne pakete elektromagnetnih valov - radarske impulze, antena jih usmerja v ozek prostorski kot. Izsevani impulz potuje skozi atmosfero s svetlobno hitrostjo in če na svoji poti naleti na oviro - množico padavinskih delcev v oblaku, se na njej sipa. Del elektromagnetnih valov se sipa tudi nazaj proti radarju, kjer jih z isto anteno zazna sprejemnik. Iz jakosti odmeva je možno oceniti različne lastnosti padavin. Radarski odmevi se sproti merijo in shranjujejo v računalnik. Moč odmeva iz obsevanega mesta je tem večja, čim večje je število padavinskih delcev na prostorninsko enoto in čim večji so ti delci. Ugotavljanje toče v oblakih sloni na dejstvu, da moč odbojev od vodnih kapljic ne presega neke mejne vrednosti. Večje vrednosti zato pomenijo prisotnost zrn toče (Schiesser, 1990).

1.1.2 Mehanizem razvoja toče

Najpreprosteje je razložiti nastanek toče v toplotni nevihti v mirnem zraku nad celino. Poleti čez dan nekatere zemeljske površine sonce močno segreje. Zrak nad njimi se ogreje bolj kot zrak v okolici, se zredči in zaradi vzgona začne dvigati. Pri tem se razteza, ker prihaja v območja čedalje nižjega pritiska, in zaradi tega tudi ohlaja. Dviguje se vse dotlej, dokler je njegova temperatura višja od temperature okolice. Nastane navzgor usmerjen tok zraka, vzgornik.

Na višini, kjer se vzgornik dovolj ohladi, se začne vodna para v njem zgoščevati v oblačne kapljice, in sicer okrog številnih drobnih nečistoč – kondenzacijskih jeder. Kapljice so zelo drobne in tok jih nosi s seboj. Pri kondenzaciji se sprošča toplota in vzgornik se zato z višino ohlaja počasneje, kot bi se sicer. Oblačne kapljice v njem zaradi kondenzacije rastejo, hkrati se tudi ohlajajo. Pri temperaturah, ki so dovolj pod 0 °C – torej dovolj visoko v oblakih – se para ne kondenzira v kapljice, temveč neposredno v ledene delce. Zato se v zgornjem delu vzgornika pojavijo posamezni ledeni kristalčki. Zaradi razlike parnih tlakov nad vodo in ledom se začno kristalčki debeliti na račun kapljic. Ko se kristalčki dovolj odebelijo, jih vzgornik ne more več dvigovati; najprej začnejo lebdeti v njem, nato pa skozi vzgornik padati proti tlam. Pri tem trkajo z dvigajočimi se podhlajenimi kapljicami in se močno odebelijo. Nastanejo ledena zrna. Če je vzgornik šibak, nastanejo le drobna zrna, ki se stale, preden padejo na tla. Če pa je dovolj močan, nastanejo debela zrna, ki se pri padanju do tal ne stalijo in pada toča.

Padavine pri padanju skozi vzgornik le-tega v spodnjem delu zaustavljajo s trenjem in ohlajajo z izhlapevanjem. Tako povzročijo tok hladnega zraka navzdol, z dolnik, in zadušijo izvor toplega vzgornika. Ta počasi odmre in oblak se razkroji.

1.1.3 Vpliv vetra na razvoj neviht

Nevihte v brezvetrju so razmeroma šibke in kratkotrajne, saj same sebe zadušijo; pravimo jim enoceličnenevihte. Dajo malo toče, če sploh. Če pa nevihte nastajajo ob vetru, ko se smer vetra z višino obrača in/ali njegova jakost narašča, padavine ne padejo na tla skozi vzgornik, ampak poleg njega. Pri tem z dolnik sproži s spodrivanjem nov vzgornik ali pa okrepi dotedanjega. V prvem primeru nastane obnavljajoči se skupek enoceličnih neviht – večcelična nevihta, ki daje močno točo. V drugem primeru se rodi močan, dolgoživ in med seboj povezan par vzgornika in z dolnika – supercelična nevihta, ki na svoji poti neprestano proizvaja in trosi katastrofalno točo.

Verjetnost, da se bodo razvili točenosni oblaki, je tem večja, čim bolj topla in vlažna je plast zraka pri tleh, čim hitreje pojema temperatura z višino in čim bolj se smer vetra spreminja z višino.

1.1.4 Raziskave na področju mikrofizike oblakov

V zadnjih desetletjih je mnogo raziskav bilo namenjeno razvoju razumevanja fizike in dinamike oblakov, ki pogojujejo nastanek toče (Browning, 1964; Chisholm in Renick, 1972; Buikov in Kuzmenko, 1978; Barge in Bergwall, 1976; Browning in Foote, 1976; Lemon in Doswell, 1979; Heymsfield, 1982; Krauss in Marwitz, 1984; English, 1986; Weisman in Klemp, 1984; Miller in sodelavci, 1988; Wang in Xu, 1989; Johnson in Rasmussen, 1992; Xu in sodelavci, 2000, 2004; Duan in Liu, 1998). Večina študij je kot glavne razloge za nastanek toče izpostavila konvektivno nestabilnost, visoko atmosfersko vlažnost in spreminjanje moči vzgornika med nastajanjem točonosne nevihte. Foote (1984) je še posebej izpostavil obseg in višino vzgornika v oblakih kot enega glavnih dejavnikov pri oblikovanju toče.

Ena novejših raziskav na področju razumevanja mikrofizike in dinamike točonosnih oblakov je nastala leta 2006 v pokrajini Mendoza v Argentini. Avtorji so v obdobju od januarja do februarja 2000 točonosne oblake posipali s srebromim jodidom. Pri čemer so pri vsakem posipanju oblakov poleg posipanih oblakov opazovali še neposipane oblake z radarji, sateliti ter aerofoto-snemanjem. Primerjava posipanih in neposipanih oblakov je omogočila ustrezno razumevanje sprememb v posipanih oblakih. Ključni cilj raziskave je bil razumevanje razvoja dežne kapljice v vertikalnem preseku oblaka, določitev količine tekoče vode v oblakih ter obstojnost podhlajene vode v le teh, transformacije vode iz tekočega agregatnega stanja v ledenekristale ter določitev višine temperature ledišča, od koder ni več razpoložljive podhlajene vode za rast toče.

Avtorji študije (Rosenfeld in sodelavci, 2006) so preučevali mikrostrukturo točonosnih oblakov od baze oblaka do -45°C . Ugotovili so, da kombinacije spodaj naštetih dejavnikov povzročajo v merjenih oblakih nevihte s točo:

- a) mikrofizika kontinentalne strukture oblakov, majhno število ledenih kristalov in topel dež v spodnjih plasteh oblaka;
- b) majhna izguba količine vode v oblakih zaradi predhodno izpadlega toplega dežja in nastanka ledenih kristalov, kar povzroča nastanek zelo debele plasti podhlajene vode v oblakih;
- c) obstoj velike količine tekoče vode v močnem vzgorniku od izoterme -35°C do izoterme -38°C (prisotnost vzgornika razširja območje rasti najbolj debele toče);

- d) obstoj močnega vzgornika v višjih plasteh podhlajenega oblaka (od -25°C do -38°C) s povprečno hitrostjo vsaj 40 m s^{-1} (vzgornik s takšno povprečno hitrostjo lahko prenaša točo do premera 6 cm, na temperaturnem nivoju (-25°C) (Macklin, 1977));
- e) velika vetrovno striženje, kar vodi do obstoja dolgotrajnih celičnih cirkulacij in potenciala za kroženj padavinskih delcev, ki so že v preteklih raziskavah bili povezani z nastankom toče (Foote 1984, 1985).

Kombinacija zgoraj naštetih dejavnikov povzroča rast toče s premerom večjim od 3 cm, ta rezultat je bil izmerjen v točonosnih oblakih na opazovanem območju. Zaradi velikega tveganja povezanega z varnostjo letalcev je vsa raziskovalna pozornost bila usmerjena v preučevanje mladih nevihtnih celic (Rosenfeld in sodelavci, 2006).

V okviru projekta ANTISTORM (Anthropogenic Aerosols Triggering and Invigorating Severe Storms, 2007) je bila postavljen konceptualna hipoteza: aerosol vpliva na večji premer točnih zrn. Višja koncentracija delcev aerosola vpliva na večjo maso in premer točnih zrn saj pogojuje večje količine podhlajene vode v višjih delih oblaka. Predstavljena teza je podlaga za študijo The role of CCN in precipitation and hail in a mid-latitude storm as seen in simulations using a spectral (bin) microphysics model in 2D dynamic frame (Khain in sodelavci, 2011). Avtorji so z uporabo dvo-dimenzionalnega SMB modela oblakov hebrejske univerze in simuliranjem nevihte nad južno Nemčijo (Villingen-Schwenningen) za 28.6.2006 iskali odgovore na raziskovalna vprašanja: Kako aerosol vpliva na dinamiko padavin in pojav toče v nevihtah? Zakaj so padavine v oblakih z nizkim nivojem zmrzovanja občutljive na koncentracijo aerosola? Kako število kondenzacijskih jeder v oblaku vpliva na velikost točnih zrn? Analiza simulacij je pokazala, da z naraščanjem kondenzacijskih jeder v oblaku od koncentracije 100 cm^{-3} do 3000 cm^{-3} (ta koncentracija je tipična za oblake v Srednji Evropi) narašča količina padavin in toče v teh oblakih ter kinetična energija teh padavin. S čimer se potrди teza ANTISTORM projekta, ki pravi, da aerosol pomembno vpliva na maso in velikost točnih zrn. Delovna hipoteza projekta je izhajala iz spoznanja, da je pglavitni proces v oblakih srednjih geografskih širin nastajanja dežja. Izkazalo se je, da se koncentracija dežja povečuje med 100 in 800 cm^{-3} , medtem ko je med koncentracijo 800 cm^{-3} in 3000 cm^{-3} zaznati kontinuirano naraščanje toče. Večje koncentracije aerosola v ozračju ne vplivajo na hitrejši nastanek dežja in njegovo predhodno izločitev, ampak v nasprotju s predhodnimi hipotezami projekta ANTISTORM pospešuje naraščanje velikosti in mase točnih zrn, saj povzroča višje koncentracije podhlajene vode v višinah.

Nizek nivo zmrzovanja v oblakih vodi v nizko koncentracijo kondenzacijskih jeder, kar povzroča združevanj kapljic in dviguje nasičenost ozračja na tem nivoju. Posledica tega je združevanje podhlajenih kapljic v babje pšeno. Pomankanje podhlajene vode vpliva na manjšo uspešnost zamrzovanja, kar se odseva v oblikovanju snega v tem delu oblaka. Ledeni kristali in sneg izgubijo maso zaradi sublimacije, ko padejo iz vzgornika v oblaku, kar povzroča nizko padavinsko učinkovitost teh oblakov. Istočasno visoke koncentracije kondenzacijskih jeder vplivajo na povečanje mase podhlajene vode v višjih plasteh, kar pogojuje nastanek babjeg pšena in toče na teh nivojih. Babje pšeno in toča ne izgubljata svoje mase zaradi sublimacije, še več evapotranspiracija je zaradi večjih kapljic v onesnaženih oblakih manjša. Posledično toča poveča učinkovitost padavin v onesnaženih oblakih z nizkim nivojem zmrzovanja. Tako pri nizkih kot visokih koncentracijah delcev aerosola kapljice zmrznejo, kar pomeni, da ni mogoče zaznati razlik v latentni energiji in povečanja konvekcije, zaradi večjih koncentracij delcev aerosola.

1.1.5 Raziskave na področju numeričnega modeliranja oblakov

Oblaki so ključnega pomena za dinamiko in termodinamiko atmosfere, saj je latentno sproščanje energije, ki je odvisno od mikrofizike procesov; oblikovanja, združevanja med kapljicami in ledenimi kristali, osnovni vir energije tako za oblake različnih velikosti.

Uporaba numeričnih modelov oblakov je eno izmed najpomembnejših orodji za ocenjevanje vplivov posipanja oblakov v postopku obrambe pred točo. Numerični modeli so ključni instrument raziskav na področju umetnega vpliva na vreme. Orville, 1996; Garstang in sodelavci, 2005; Simpson in sodelavci, 1965; Hsie in sodelavci, 1980 so simulirali vplive posipanja kumulosov v modelih in prišli do dobrih rezultatov.

Javanmard (1995) je izboljšala eno dimenzionalni model Ogura in Takahashi (1971) v nekaterih procesih mikrofizike oblaka. Model vključuje devet mikrofizičnih procesov v oblakov, ki so parametriziramo za 4 snovi, vključno z vodno paro, kapljico v oblaku, dežne kapljice in babje pšeno/točo. Lin in sod. (1983) so ustvaril dvodimenzionalne, časovno odvisen model oblaka s prostorsko parametrizacijo. V tem modelu je parametriziranih 32 mikrofizičnih procesov s šestimi agregatnimi stanji vode: vodna para, kapljice v oblaku, dežne kapljice. Sneg, babje pšeno/toča. Model Zhena in Heng-Chi-ja (2010) je tridimenzionalni ne hidrostatični model MM5 je bil uporabljena za testiranje učinka srebrovega jodida v posipanih oblakih.

Kljub zelo intenzivnem razvoju na področju modeliranja oblakov je na področju posipanja oblakov še mnogo negotovega (Bruintjes, 1999; Silverman, 2001) predvsem v zvezi z razumevanjem najbolj primerne časa za posipanje oblakov ter vpliva različnih reagentov na oblake (Hosseinzadeh in Javanmard, 2012). Velja poudariti, da so nevihtni obali lahko debeli od 1,5 km do 19 km, kar nakazuje raznolikost in kompleksnost procesov, ki se odvijajo v odvisnosti od njihove velikosti. Za študije numeričnih modelov oblakov je potrebno poudariti, da so posamezni numerični modeli oblakov izdelani za posamezne podnebne tipe in izbrane vrste oblakov. Za ilustracijo; v kumulunibusih debelina in lega oblaka na področju zamrzovanja vpliva na različne količine in koncentracije ledenih delcev v oblaku, kar pomembno vpliva na strukturo oblaka. Kako ta razlika v naravni koncentraciji ledenih kristalov vpliva na oblikovanje dežnih kapljic in učinkovitost obrambe pred točo še ni bilo raziskano. Prav tako še niso zadovoljivo raziskani vplivi posipanja oblakov na dinamiko in mikrofizikalne procese v odvisnosti od časa posipanje, lokacije posipanja oblakov in debeline oblakov.

Zato se bodoče smernice na področju numeričnega modeliranja oblakov usmerjene v modeliranje dinamike in mikrofizike oblakov s prilagajanjem različnih tipov oblakov in debelin. Pri obrambi pred točo je potrebno upoštevati vse faktorje, ki vplivajo na razvoj le te v oblaku. Za ustrezno razumevanje procesa nastanka toče je potrebno združevati radarske slike, satelitske posnetke, statistiko arhivskih podatkov ter podatke o gibanju zračnih v odvisnosti od orografije.

Tredni raziskovanja dinamike oblakov so v veliki meri povezani z razvojem računalniške tehnologije, saj slednja omogoča vedno boljše simuliranje dejanske dinamike oblakov in združevanja raznovrstnih podatkovnih baz.

Današnja stopnja razumevanja nevihtnih procesov kljub napredku še ne omogoča zadovoljivega razumevanja dinamike nastanka toče, zato je mnenje meteorološke stroke, doma in v svetu, je povsem enotno: domneva o vplivanju umetnih zaledenitvenih jeder na podhlajene kapljice je fizikalno utemeljena in potrjena s poskusi. Dobro deluje npr. pri mirnih, slojastih oblakih. Za nevihtne oblake ni prepričljivih dokazov, da bi vnos zaledenitvenih jeder v nevihtne oblake statistično značilno zmanjšal točo na tleh. Zadnje študije izboljšujejo razumevanje mikrofizike točonosnih oblakov, vendar kljub velikemu napredku numeričnega modeliranja oblakov ostajajo še neraziskana vprašanja povezana s vplivom posipanja oblakov s srebrovim jodidom na mikrofiziko in dinamiko oblakov v odvisnosti od časa posipanje, lokacije posipanja oblakov in debeline oblakov.

1.1.6 Kako lahko v teoriji vplivamo na razvoj in rast toče?

Če povzamemo, je za rast in razvoj toče potrebno izpolnjevanje naslednjih pogojev:

- vlažen zrak v spodnjih plasteh oblaka,
- nestabilnost v ozračju za oblikovanje oblakov vertikalnega razvoja (kumulonimbusov)kjer se oblikujejo pogoji za nastanek toče,
- pogoji za oblikovanje ledenih kristalov,
- zadostno število ledenih kristalov
- in vsaj eno uro časa za rast točnih zrn.

Človek lahko s svojim razumevanjem mikrofizike oblakov in dinamike nevihtnih celic v teoriji vpliva le na zadostno število ledenih kristalov v oblakih, pri čemer je definiraje človeških dejavnikov izrednega pomena.

Toča raste s primrzovanjem podhlajenih vodnih kapljic na maloštevilne lebdeče ali padajoče zemetke ledenih zrn. Če bi bilo teh kapljic manj ali če bi se slabše lepile na obstoječa ledena zrna, bi le-ta ne mogla uspešno zrasti. To sta dve temeljni ideji za preprečevanje rasti toče.

Kako zmanjšati dotok kapljic v podhlajeni del vzgornika? Če bi v spodnjem delu vzgornika nastajale dovolj debele kaplje namesto običajnih drobnih, bi morda iz vzgornika izpadle, preden bi jih ponesel dovolj visoko. To lahko storimo z vnosom debelih higroskopičnih jeder, na primer kristalov navadne soli. Na njih se kondenzira vodna para v debele kaplje. Ali izpadejo ali ne, je odvisno od moči vzgornika. Pri razvitih oblakih je praviloma premočen za to. Metoda je znana kot nižanje trajektorija padavin. V naravi se to nenehno dogaja nad morji.

Kako preprečiti, da bi se podhlajene kapljice lepile na zemetke ledenih zrn? Tako, da jih spremenimo v ledene kristale. Kristali se namreč slabo lepijo na ledena zrna. Če bi torej v področju rasti toče umetno pretvorili vse ali vsaj dovolj veliko število podhlajenih kapljic v ledene kristale, bi rast ustavili ali omilili. Namesto sorazmerno majhnega števila debelih zrn toče bi tako nastalo veliko število drobnih zrn, ki bi se na svoji poti do tal povsem ali večinoma stalila. To lahko storimo z vnosom zaledenitvenih kristalov primerne snovi s podobno kristalizacijsko strukturo kot voda, na primer srebrovega jodida, v podhlajeni del oblaka. Kristali takega reagenta delujejo prav tako kot kristali pravega ledu: debelijo se na račun podhlajenih kapljic. Metoda je znana pod imenom konkurenca zemetkov toče in je, vsaj na papirju, najbolj obetavna izmed danes poznanih.

1.2 KONCEPTI OBRAMBE PRED TOČO

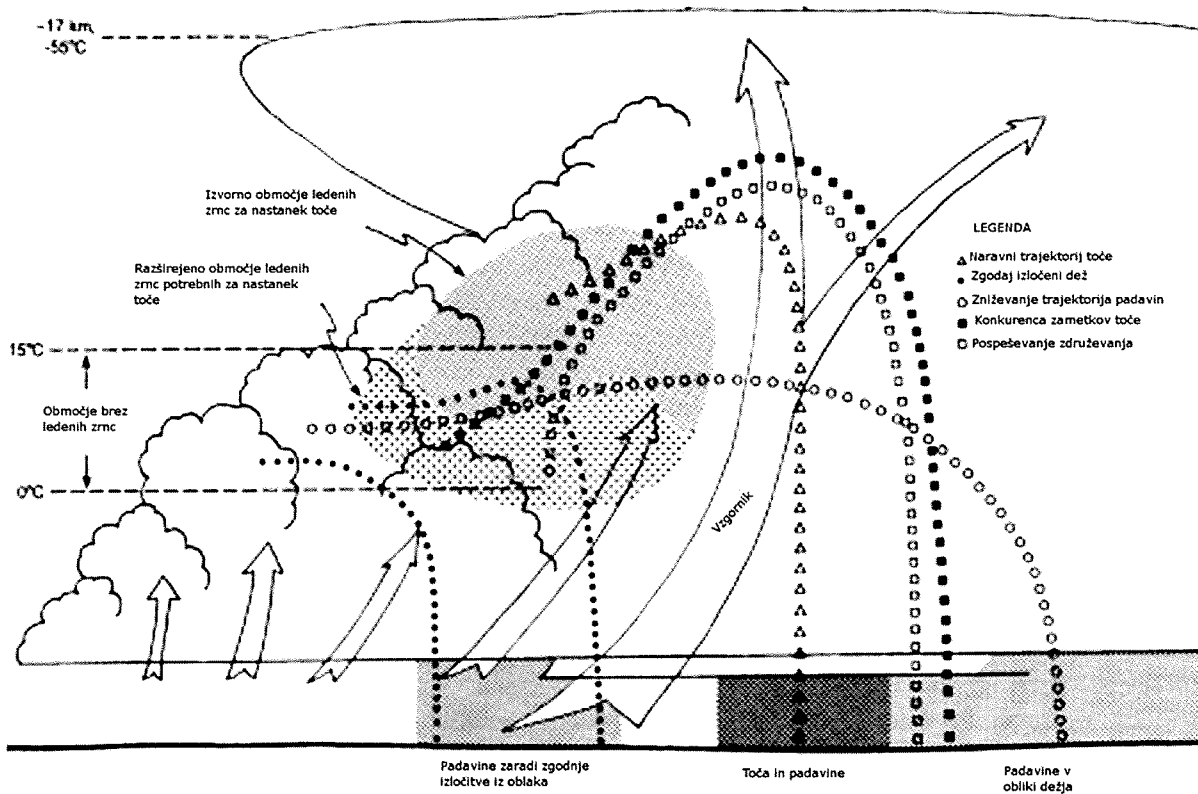
Če povzamemo, morajo biti za nastanek toče izpolnjeni trije pogoji: 1.) nestabilnost ozračja 2.) vetrovno striženje in 3.) sprožilni mehanizem (na primer orografija ali bližina hladne fronte). Če eden izmed treh naštetih pogojev ni izpolnjen, toča ne nastane. Kadar so izpolnjeni vsi trije pogoji je rast točnih zrn omejena s količino podhlajene vode in močjo vzgornika. Logično je, da se bo obilna količina podhlajene vode ob zadostnem vzgorniku in manjšem številu ledenih zrn odsevala v večjih točnih zrnih. Kako velika zrna se bodo oblikovala, je odvisno od moči vzgornika v odvisnosti od tega kako visoko lahko vzgornik ta zrna prenaša.

Toča raste s primrzovanjem podhlajenih vodnih kapljic na maloštevilne lebdeče ali padajoče zametke toče. Če bi bilo teh kapljic manj ali če bi se slabše lepile na obstoječa ledena zrna, bi le-ta ne mogla zrasti. Povedano drugače je potrebno storiti dvoje: zmanjšati dotok kapljic v podhlajeni del vzgornika ali pa preprečiti, da bi se podhlajene kapljice lepile na zametke ledenih zrn.

Prva metoda z imenom nižanje trajektorija padavin, ki naj zmanjša dotok kapljic v podhlajeni del vzgornika, temelji na dejstvu, da če bi v spodnjem delu vzgornika nastajale dovolj debele kaplje namesto običajnih drobnih, bi morda iz vzgornika izpadle, preden bi jih ponesel dovolj visoko. To lahko storimo z vnosom debelih higroskopičnih jeder, na primer kristalov navadne soli. Na njih se kondenzira vodna para v debele kaplje. Ali izpadejo ali ne je odvisno od moči vzgornika. Pri razvitih oblakih je praviloma premočen za to.

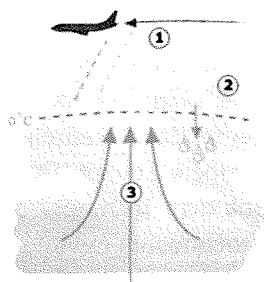
Drugi metodi pravimo konkurenca zametkov toče. Da bi se podhlajene kapljice ne lepile na zametke ledenih zrn preprečimo tako, da jih spremenimo v ledene kristale. Kristali se namreč slabo lepijo na ledena zrna. Če bi torej v področju rasti toče umetno pretvorili dovolj veliko število podhlajenih kapljic v ledene kristale, bi rast ustavili ali omilili. Namesto majhnega števila debelih zrn toče bi tako nastalo veliko drobnih zrn, ki bi se na svoji poti do tal večinoma stalila. To lahko storimo z vnosom zaledenitvenih kristalov snovi, ki ima podobno kristalizacijsko strukturo kot voda, na primer srebrovega jodida, v podhlajeni del oblaka. Kristali takega reagenta delujejo prav tako kot kristali pravega ledu: debelijo se na račun podhlajenih kapljic.

Tretja metoda je tako imenovana metoda pospeševanja združevanja kaplic v oblaku s posipavanjem celic v oblaku s higroskopičnimi jedri. To lahko povzroči zgodnjo izločitev dežja ali znižanje trajektorija padavin. Prav tako vodi k nastanku dodatnih zaledenitvenih jeder z zamrzovanjem velikih kapljic, kar vodi v večjo konkurenco zametkov toče. Hidroskopska jedra pospešujejo združevanje podhlajenih kapljic v ledene kristale.



Slika 1: Koncepti obrambe pred točo, povzeto po WMO Tehničnem poročilu številka 764, 1996 (WMO Technical report 764, 1996)

Kot že rečeno, sta v obrambi pred točo prevladujoča dva koncepta: konkurenca zametkov toče ter nižanje trajektorija padavin. Uporabnost obeh izmed metod narekujejo atmosferski pogoji. Koncept konkurenca točnih zrn zahteva, da je vsaj del oblaka, ki ga želimo posipati »podhlajen« z drugimi besedami hladnejši od 0°C. Takšni oblaki imajo še vedno veliko količino vode, ki je v tekočem stanju, vendar je hladnejša od 0°C. Cilj tega pristopa je, da želimo z vnosom srebrovega jodida vplivati na oblikovanje ledenih kristalov, ki tvorijo osnovne gradnike padavin. Produkcija ledenih kristalov v oblakih po naravni poti poteka zelo počasi zaradi pomankanja ledenih kristalov v atmosferi in tudi zaradi tega, ker so ti ledeni kristali do temperature -15°C ali nižje praktično neučinkoviti. Delci srebrovega jodida so učinkoviti že na temperaturi -5°C, s čimer zagotavljajo pospianemu oblaku toplotno energijo potrebno za razvoj padavin. Zaradi številnih povezanih reakcij v oblaku opisanih zgoraj se poveča padavinska učinkovitost oblaka, kar vodi do povečanja količine padavin in zmanjšanja možnosti za proizvodnjo toče z visokim škodnim potencialom.



Slika 2: 1) podhlajena voda je spremenjena v ledene kristale, 2) pri tem se sprošča latentna energija, 3) povečuje se vzgon in narašča vzgonnik v oblaku.

1.3 USPEŠNOST OBRAMBE PRED TOČO

Končni razsodnik resničnosti vsake domneve, torej tudi domneve o uspešnosti obrambe pred točo s posipanjem oblakov z zaledenitvenimi jedri, je skrbno načrtovan statistični poskus. Naj bo domneva še tako lepa, zaželena in/ali utemeljena, njeno resničnost dokončno potrdi ali ovrže samo in zgolj poskus. Najboljši poskus o uspešnosti obrambe pred točo je tak, da izberemo branjeno področje in vnaprej določimo, kakšne oblake bomo posipali in kako. Nato se vsak dan na slepo odločimo in oblake, ki zadoščajo kriterijem, bodisi posipamo ali pa ne. Hkrati na tleh s točemerji merimo, koliko zrn toče je padlo in kakšna je bila velikost zrn. To ponavljamo toliko časa, da zberemo dovolj veliko število posipanih in neposipanih oblakov. Na koncu pogledamo, koliko je bilo toče iz posipanih in koliko iz neposipanih oblakov. Če je v primeru posipanih oblakov toče statistično značilno manj, je obramba uspešna, sicer pa ne. Rezultat je tem bolj natančen, čim večja sta oba vzorca – posipanih in neposipanih oblakov. Ponavadi je za njuno pridobitev potrebno nekaj let, tipično od pet do deset let. Primerjava dveh območij, branjenega in nebranjenega ali kontrolnega, v istem časovnem obdobju je že obremenjena z napakami, saj je mikroklima na obeh območjih različna. Podobno velja za primerjavo istega območja v dveh obdobjih, branjenem in nebranjenem. **Uporaba subjektivno ocenjene škode na poljščinah namesto objektivnih točemerov je še posebej vprašljiva, tudi v primeru, če jo ocenjujejo zavarovalnice.**

Kakršnokoli sklepanje o uspešnosti obrambe na podlagi neprimernih, neslučajnih in/ali premajhnih vzorcev je neutemeljeno. Obramba je ekonomsko upravičena, če so njeni stroški manjši od škode po toči, ki jo prepreči. **Pri operativni obrambi je nemogoče ugotoviti, kaj bi se zgodilo, če ne bi bilo obrambe. V naravi namreč ni mogoče ponoviti poskusa tako, da bi isti oblak bodisi branili, ali pa ne. Objektivna ocena je torej možna le pri slučajnem določanju za posipanje oz. za neposipanje oblakov.**

1.3.1 Organizirana obramba pred točo

Obramba pred točo s posipanjem oblakov z zaledenitvenimi jedri se je začela v 60-tih letih dvajsetega stoletja v tedanji Sovjetski zvezi. Za tiste čase je bila dobro zasnovana: temeljila je na uporabi radarjev in talno proženih raket. Izvajala jo je država in izvajalci so sprva trdili, da so rezultati vzpodbudni, saj da je obramba uspešna preko 90 %.

Drugod po svetu se državna obramba z raketami zaradi relativno gostega zračnega prometa ni obdržala. Pojavilo pa se je bolj ali manj privatno branjenje na več manjših območjih, in sicer z uporabo talnih generatorjev in/ali letal. Hkrati so izkušnje začele kazati, da obramba morda le ni tako učinkovita, kot se je dotlej mislilo. Zato je bilo opravljenih več poskusov (opisanih v nadaljevanju), ki so postregli v glavnem z negativnimi rezultati. Na podlagi teh rezultatov so širokopotezne državne obrambe sredi 90-tih let začele odmirati. Takrat je bila raketna obramba ukinjena tudi v Sloveniji. Večina izmed takrat izvedenih raziskav se je osredotočala na razumevanje točonosnih neviht ter rasti točnih zrn. V tem času so na področju razumevanje točonosnih neviht izstopali raziskovalni centri v Severni Ameriki, kjer so potekale aktivne raziskave na področju Velike planjave (High plains) in zahodne Kanade pod okriljem (NHRE) National Hail Research Experiment. Poleg omenjenega projekta, ki je v 70-ih in 80-ih letih potekal na območju Severne Amerike, je v tem času v Švici bil izveden poizkus Grossversuh IV. Rezultatitega poizkusa so mnogi objavljeni raziskovalni članki (Federer in sodelavci, 1986). Raziskovanje pojavnosti točonosnih neviht se je predvsem v 90-ih letih nadaljevalo v okviru raziskovanja neviht v ZDA. Pregled literature s ključnimi besedami točne nevihte in točna zrnca obsega več kot 1500 člankov.

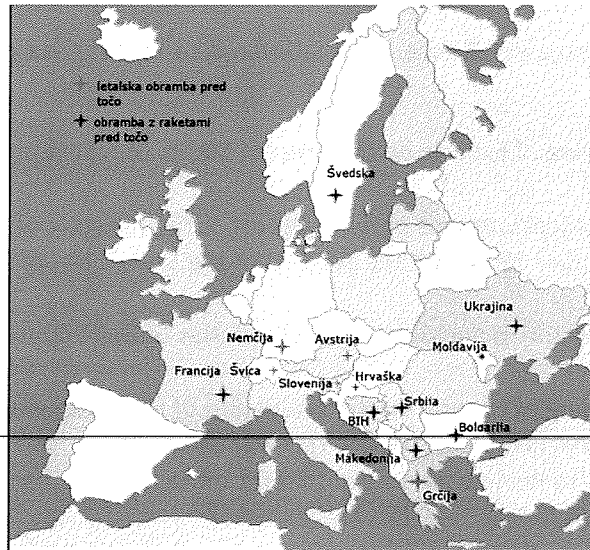
Vzporedno s preučevanjem točonosnih neviht se je razvijal koncept obrambe pred točo. V organizaciji Svetovne meteorološke organizacije (WMO) je bilo organiziranih 5 ekspertnih srečanja na to temo. Vsak izmed teh dogodkov je bil pospremljen z izdajo strokovnih publikacij, ki pomembno

prispevajo k razumevanju pojavnosti toče. V nadaljevanju so naštetna vsa poročila WMO-ja na temo obrambe pred točo:

- Report of the Meeting of Experts on the Present Status of Hail Suppression (Geneva, December 1977),
- The Detection and Measurement of Hail - Report of the Meeting of Experts held in Nalchik, USSR, 19-23 November 1979 with the support of the United Nations Environment Programme,
- The Dynamic of Hailstorms and Related Uncertainties of Hail Suppression (Geneva, 2-6 February 1981),
- Report of the Meeting of Experts on the Evaluation of Hail Suppression Experiments (17 to 21 September 1984, Nalchik, USSR) (WMO/TD – 97) (WMP 5),
- Meeting of Experts to Review the Present Status of Hail Suppression (Golden Gate Highlands National Park, South Africa, 6 -10 November 1995) (WMO-TD No. 764) (WMP 26),
- Meeting of Experts on Hail Suppression (in collaboration with ROSHYDROMET) (Nalchik, Russian Federation, 27 September – 2 October 2003) (WMO -TD No. 1233) (WMP 41).

Zadnje srečanje stokovnjakov iz področja obrambe pred točo je potekalo med 3. in 4. aprila 2012 v Feldbachu (<http://cloud-seeding.eu/en/hail-defense-2012.htm>), kjer so strokovnjaki poudarili, **da obstajajo le indikatorji o učinkovitosti obrambe pred točo ne pa tudi znanstveni dokazi, zato je potrebno sodelovanje med posameznimi centri za obrambo pred točo, stroko in znanostjo** (dr. Klaus Dieter Beheng).

Trenutno se operativna obramba pred točo izvaja v mnogih evropskih državah, s težiščem na vzhodu Evrope (Slika 3). Prevladuje obramba pred točo z uporabo talnih generatorjev, kjer je potrebno poudariti, da se ta obramba izvaja na podlagi financiranja lokalnih skupnosti in se učinkovitost v večini primerov utemeljuje z analiziranjem podatkov o škodah nastalih na pridelkih, kar je popolnoma nesprejemljivo, saj škoda na pridelkih ob neurjih s točo ne nastane le zaradi toče, ampak tudi zaradi močnega vetra in intenzivnih padavin. V Švici, Franciji, Avstriji, Sloveniji in na Hrvaškem (izven Evrope še v Argentini) se učinkovitost obrambe pred točo preverja z meritvami na točemernih poligonih, kjer se s pomočjo premera padle toče ocenjuje kinetična energija padle toče. Rezultati teh analiz omogočajo boljše razumevanje pojavljanja in karakteristike toče na obravnavanih poligonih, ter oblikovanje tako imenovane klimatologije toče. Klimatologija toče je zelo uporabna pri ocenjevanju učinkovitosti obrambe pred točo, testiranju numeričnih modelov ter pri postavljanju zaščitnih mrež. Primerjava rezultatov meritev točemernih poligonov v Avstriji, Franciji in na Hrvaškem je v opazovanem obdobju 2002-2009 pokazala statistično značilno povečanje neviht s točo. V Franciji in Avstriji so le te posledica bolj pogostih prehodov hladnih front in orografske konvekcije. Kljub vsemu ni jasno ali je večje število nevihtnih dni posledica spremembe globalne klime ali interne variabilnosti lokalne klime (Počakal, 2012).



Slika 3: Države, kjer se izvaja obramba pred točo v Evropi

S prostorsko časovno sliko spremenljivosti neviht in toče se je za obdobje 1961-2004 za območje Slovenije ukvarjala Dolinarjeva (2005). Ugotovila je, da v obravnavanem obdobju, ne najdemo prostorsko homogenih zakonitosti za večja enotna območja v državi. Pogostost ekstremnih padavin (od 30-minutnih do 5-minutnih) na nekaterih območjih narašča, na drugih pada. Enako velja za točo, vendar se območja z naraščanjem ali padanjem pogostosti ekstremnih padavin le redko ujemajo z območji naraščanja oziroma upadanja pogostosti toče. Edino homogeno območje, na katerem se je opazilo upadanje kratkotrajnih in dolgotrajnih nalivov, upadanje pogostosti neviht in upadanje pogostosti toče je Bela krajina. Za to območje zanesljivo lahko rečemo, da se pogostost neviht z močnimi nalivi zmanjšuje, posledično je tudi toča manj pogosta. Drugo precej homogeno območje, na katerem so trendi časovne spremenljivosti precej enotni, je vzhodni del Notranjske z Rakitno in Blokami. Za to območje večina podnebnih kazalnikov kaže pozitiven trend v pogostosti neviht z močnimi nalivi in točo. Na preostalih območjih je prostorska spremenljivost trendov tako velika, da ne moremo govoriti o enotnih zakonitostih za sklenjeno območje. Posebej lahko omenimo le Julijske Alpe in Karavanke, kjer je pozitiven trend v pogostosti neviht in nalivov, ni pa opaziti enotnega značilnega trenda za pogostost toče (Dolinar, 2005).

1.4 USTREZNA ZASNOVA POIZKUSA ZA PREVERJANJE USPEŠNOSTI OBRAMBE PRED

TOČO

Sredi sedemdesetih in v začetku osemdesetih let prejšnjega stoletja sta bila opravljena dva večja poskusa, ki sta na znanstven način skušala ovrednotiti učinkovitost obrambe pred točo z vnosom srebrovega jodida v nevihtne oblake. Pri obeh so bili izpolnjeni ključni pogoji za znanstveno korektno raziskavo učinkovitosti obrambe pred točo. Ti pogoji so:

- naključna izbira nevihtnih situacij: Ko obstaja nevarnost nevihte s točo, se po vnaprej določenem kriteriju naključnosti odločimo, ali bomo v tej situaciji v oblake vnašali srebrov jodid, ali ne. Na takšen način dobimo dve med seboj neodvisni skupini situacij – obdelane in neobdelane nevihtne oblake.
- uporaba mreže točemerov: razlike med posledicami toče iz obdelanih in neobdelanih nevihtnih situacij lahko ustrezno ovrednotimo le, če v obeh primerih s točemerji merimo fizični učinek toče na površju in naredimo statistično primerjavo med obema skupinama.
- vnaprej določena metodologija: z vnaprej izbrano statistično metodologijo in ustrezno izbranimi kazalci, ki omogočajo primerjavo posledic toče na površju za obdelane in neobdelane nevihtne oblake, se izognemo možnosti, da bi se kasneje metodologija priredila v prid doseganja želenega rezultata.

Poenostavljeno to pomeni sledeče: Ko se pojavi nevarnost toče, se naključno odločimo ali bomo izvedli akcijo obrambe ali ne. Lahko uporabimo tabele naključnih števil (sodo število pomeni DA, liho število NE) . Laično lahko ta postopek primerjamo z metom kovanca. Kadar pade »cifra«, se odločimo, da bomo oblak obdelali s srebrovim jodidom, kadar pade »mož«, ne storimo ničesar. To počnemo dovolj dolgo in hkrati spremljamo, posledice, ki jih na površju povzroči toča. Brez vnaprejšnjega nagibanja k želenim rezultatom primerjamo posledice toče za obe skupini oblakov – obdelane in neobdelane. Če se posledice za ti dve skupini oblakov z zadostno gotovostjo razlikujejo, potem lahko trdimo, da je imel vnos srebrovega jodida vpliv na razvoj nevihtnega oblaka in toče, sicer ne.

1.4.1 Poskus »NHRE« v Ameriki

Poskus NHRE (National Hail Research Experiment) je v letih 1972–76 izvedel ameriški center za atmosferske raziskave NCAR (National Center for Atmospheric Research). Poskus je potekal v osrednji severni Ameriki in je trajal tri leta. Oblake so posipali iz letal, in sicer najprej s plamenicami in kasneje z raketami zrak-zrak. Tako so poskušali čim bolj natančno posnemati sovjetsko metodo dostave zaledenitvenih jeter v podhlajeni del oblaka. Pri tem so uporabljali dvojno slepo metodo. Čeprav je bil poskus sprva načrtovan kot petletni, je bil po treh letih zaradi negativnih rezultatov prekinjen. Opis poskusa in dobljene rezultate lahko najdemo v več prispevkih revije Journal of Applied Meteorology v obdobju 1975–1985. Omenjena revija je najboljša na svetu za objavljanje prispevkov iz področja uporabne meteorologije, kamor spada tudi obramba pred točo. Rezultat NHRE je bil, prizanesljivo rečeno, neodločen: z 90 % statistično zanesljivostjo je posipanje povzročilo izide nekje med 60 % zmanjšanjem in 5-kratnim povečanjem toče. Posebej je bilo ugotovljeno, da je v superceličnih nevihtah tolikšen dotok vlage v področje rasti toče, da le-te praktično ni mogoče zmanjšati; nasprotno, zlahka jo še povečamo.

Leta 1999 se je večina sodelujočih v NHRE sestala. Njihove izjave lahko najdemo na spletni strani <http://www.ucar.edu/communications/staffnotes/9906/here.html>. **Sodelujoči v projektu so zaključili, da ima naključni poskusa smisel le z zelo dobrim razumevanje mikrofizike in dinamike oblakov, saj bi najbolj verodostojen rezultate učinkovitosti posipanja oblakov dobili le če bi izmerili točo v isti nevihtni celici brez posipanja in s posipanjem, ker slednje ni mogoče, ima statistična obravnava rezultatov smisel le ob zelo dobrem razumevanju procesov v oblaku.**

1.4.2 Poskus »GROSSVERSUCH IV« v Švici

Poskus Grossversuch IV so skupaj izvedli raziskovalci iz Francije, Italije in Švice na področju južne Švice v letih 1977–82. Preveriti so želeli sovjetsko metodo obrambe pred točo. Uporabili so enake rakete, radarje in metodologijo kot v Sovjetski zvezi. Vsi operaterji so se pred tem izšolali pri sovjetskih specialistih in za to dobili ustrezna potrdila. Sprva je bil poskus načrtovan kot petleten, da bi pridobili dovolj velik vzorec posipanih in neposipanih nevihtnih oblakov. Da bi vzorec povečali, so izvajanje podaljšali za eno leto. Točo pri tleh so merili s točmeri in radarji. Ali bodo potencialno nevarne oblake posipali ali ne, so določali na slepo vsak dan posebej. Tako so zbrali vzorec 216 nevihtnih oblakov, od katerih je bila približno polovica posipanih. Glavni rezultat, objavljen leta 1986 v reviji *Journal of Applied Meteorology*, je bil naslednji: posipanje oblakov po sovjetski metodi ni povzročilo statistično značilnega vpliva na kinetično energijo izpadle toče. Dodatne analize različnih količin, na primer števila zrn na kvadratni meter, pa so pokazale, da z 90 % statistično zanesljivostjo posipani oblaki dajejo med 30 % zmanjšanje in 75 % povečanje števila ledenih zrn.

1.5 PREGLED OSTALIH OPERATIVNIH PROGRAMOV OBRAMBE PRED TOČO, KI PA NISO TEMELJILI NA NESLUČAJNIH VZORCIH

Ob navajanju rezultatov teh dveh študij izvajalci obrambe pred točo pogosto očitajo meteorologom, da se sklicujejo na stare rezultate. **Zato velja poudariti, da kasneje ni bilo narejenega drugega metodološko ustreznega poskusa, ki bi pokazal, da se je z nadgradnjo metodologije uspešnost obrambe pred točo vsaj potrdila.** Omenjeni študiji res segata v sedemdeseta in osemdeseta leta prejšnjega stoletja, vendar sta bili metodološko za tiste čase dovršeni. Zato je osnovne principe, ki so bili upoštevani pri teh dveh študijah, potrebno nujno upoštevati tudi pri morebitnih novejših poskusih vrednotenja učinkovitosti obrambe pred točo. Vsaka novejša študija bi morala metodološko vsaj dosegati in tehnološko presegati nivo »starih« študij, sicer njena izvedba ni dovolj domišljiva in njena smotrnost vprašljiva.

1.5.1 Projekt »NDCMP« v Ameriki

Kombinacija operativne obrambe in poskusa NDCMP (North Dakota Cloud Modification Project) je časovno najdaljša tovrstna aktivnost na svetu in menda še traja; glavnina je potekala v letih 1976–1988. Aktivnost je tedaj nadzirala posebna državna komisija Severne Dakote. Nad branjenim območjem so izvajali operativno posipanje iz letal, točo na tleh pa ocenjevali na podlagi zavarovalniških škod na poljščinah. Kot primerjava jim je služilo kontrolno, neposipano območje in zavarovalniške škode na njem.

Rezultati operative in poskusa so bili v 80. in 90. letih prejšnjega stoletja objavljeni v reviji *Journal of Applied Meteorology*. Primerjava zgodovine škod po toči na obeh področjih kaže, da se je v obravnavanem razdobju škoda po toči na branjenem območju zmanjšala za 40 %. Ocena je manj zanesljiva predvsem zaradi posrednega ocenjevanja delovanja obrambe, vsakoletnih sprememb kmetijskih kultur na obeh področjih, sprememb cen kmetijskih pridelkov in še posebej sprememb v tehnologiji in praksi obdelave polj.

Z učinkovitostjo posipanja oblakov so se ukvarjali v okviru mnogih projektov obrambe pred točo po vsem svetu, hkrati z razvojem računalništva se je povečala zmožnost za simuliranje vplivov posipanja oblakov. Simulacije posipanja oblakov so pokazale vplive na predhodni nastanek dežja ter konkurenco točnih zrn ter posledično zmanjševanja toče iz točonosnih oblakov, ter tudi na povečanje količine toče in dežja iz oblakov, ki primarno niso bili točonosni. Modeli so pokazali, da se točonosna zrna nahajajo blizu območji dvigovanja in močnega vzgornika. Največja rast ledenih kristalov se pojavljaglede na simulacije v temperaturnem območju od -5°C do -35°C , še pogosteje pa med -10°C in -25°C . Analiza trajektorijev je pokazala, da večji ledeni delci začnejo svojo rast v območjih šibkega vzgornika na sprednji bočni strani nevihtnih celic (Farley in sodelavci, 2004 in Farley in Orville, 1999, Thompson in sodelavci, 1999).

Smith in sodelavci so leta 1997 objavili raziskavo, v kateri so opazili 45% zmanjšanje škode nastale na pridelku zaradi posipanja oblaka v nenaključnem poskusu v Severni Dakoti, vendar so se okrog rezultatov tega projekta pojavljali dvomi, kar se je pozneje razkrilo v seriji neobjavljenih analiz (Critical issues in weather modification research, 2004). Ugotovljeno je bilo, da so znanstveniki pri svojem delu uporabljali razmerja, kar je še posebej sporno pri padavinskih nizih podatkov, pravtako je bila v raziskavi ugotovljena nepristranskost znanstvenikov (Critical issues in weather modification research, 2004).

Mesinger in Mesinger sta leta 1992 raziskovala učinkovitost 40 letne zaščite pred točo na območju Jugoslavije. Po odstranitvi vplivov podnebne variabilnosti v opazovanem časovnem obdobju sta ocenila, da je obramba pred točo zmanjšala frkvenco pojavljanja toče med 15 in 20 %. Rudolph in sodelavci (1994) so poročali o rezultatih slučajnega navzkrižnega poizkusa posipanja oblakov kot obrambe pred točo v severni Grčiji med 1984-1988. Podatki so bili zbrani v 37 dneh in 196 točemerih v povprečju med seboj oddaljenih 4,5 km. Velikost točnih zrn na opazovanem območju je pokazala

pozitivne učinek obrambe pred točo. Za posipanje oblakov so bile uporabljene svetilne rakete srebrovega jodida. Rezultati meritev velikosti točnih zrn na kontrolnem poligonu in točemernem poligonu so pokazali, da so v vseh velikostnih razredih točna zrna na posipanih oblakih manjša od 38% do 100%. P-vrednost se je gibala med 0,002 in 0,02. Dessens (1998) je v dolgotrajnem operativnem programu posipanja oblakov z raketami srebrovega jodida iz talnih generatorjev v južni Franciji ugotovil 42 % upad števila točnih zrn na opazovanem področju.

Drugo vprašanje, ki se pojavlja v zvezi z obrambo pred točo je vpliv posipanja oblakov na padavine. Changnon (1977) je ocenil, da se nasplošno uničevalni vplivi toče dogajajo v semi-aridnih regijah, kjer so padavine omejene in zaradi tega so negativni vplivi toče kompenzirani s pozitivnimi učinkom padavin. Ta ugotovitev seveda ne zdrži resnega premisleka, saj v teh območjih gojijo tudi določene pridelke z visoko stopnjo ranljivosti na točo kot so tobak, grozdje in določena zelenjava. Zgodnje študije modeliranja toče kot so Nelsonova (1979) in Farley ter Orvillova (1982) predvidevata, da so padavine in toča pozitivno kolerirane, tako da zmanjšanje količine toče vpliva na zmanjšanje količine padavin. Novejše študije z boljšo mikrofiziko izvedene leta 1987 in 2004 (Farley in sodelavci, 1987, 2004), so pokazale manj toče in več padavin v posipanih oblakih. Še več, raziskave na območju zvezne države Alberta v Kanadi so pokazale, da se količina padavin iz posipanih oblakov poveča za faktor 2,2 (Krauss in Santos, 2004). Posledično je iz danih ugotovitev izhaja, da je potrebno dodatno raziskati vpliv posipanja na oblake v okviru operativnih projektov.

Trenutno je zasnova iz izvedba poizkusa naključnega posipanja točonosnih oblakov z merjenjem vseh ključnih spremenljivk na tleh s ciljem zagotavljanja objektivne ocene vpliva posipanja oblakov iz letal, ki pa mora biti nujni raziskovalni cilj. Izvedba poizkusa je zaradi širokega nabora merjenih spremenljivk ter časa trajanja izredno draga (minimalno mora poizkus trajati vsaj pet let, vendar je dolžina poskusnega obdobja odvisna od podnebne variabilnosti in za Slovenijo znaša minimalno 8 let). Naključni poizkusi kot so Grossversuh IV so bili zasnovani z namenom, da se zazna vpliv posipanja oblakov v 5-letnem opazovalnem obdobju, kjer se je pri poskusu izhajalo iz optimistične predpostavke, da se s posipanjem oblakov zmanjša kinetična energija na tla padle toče za 60 % (Federer in sodelavci, 1986). Samo, da dodamo Mesinger in Mesinger (1992) sta v oceni 40 letne obrambe pred točo v Jugoslaviji ocenila, da se je frkvenca pojavljanja toče zmanjšala le za 15-20%. Iz tega izhaja, da bi se morali programi presojanja učinkovitosti obrambe pred točo izvajati vsaj 10 ali več let. Znanstveno razumevanje obrambe pred točo mora temeljiti na naključnem poizkusu ter mora zajemati nadzor in napovedovanje odzivnih spremenljivk ter jasno določitev človeškega faktorja. Pomembno je, da se v poskus vključijo tudi znanja o numeričnem modeliranju neviht ter napredek na področju učinkovitosti posipnega materiala.

Glavni povzetek vseh raziskovalnih in operativnih programov na področju obrambe pred točo je, da se največja učinkovitost posipanja oblakov doseže s posipanjem majhnih in novo formiranih celicah, vendar le ob dobrem poznavanju mikrosinoptičnih razmer v teh celicah, kar pomeni, da operativno posipanje oblakov ne sme potekati brez tesnega sodelovanja med meteorološko službo in letalskim centrom.

1.5.2 Pregled rezultatov v Avstriji

Obramba pred točo je v Avstiji v obdobju od 1956 do 1976 potekala v okrožjih Langenlois, Krems, Mautern, Kirchberger in Herzogenburg s talnimi generatorji na tleh. Od leta 1978 obramba pred točo na tem območju poteka z letali in temelji na vnašanju srebrovega jodida v nevihtne oblake. Obramba poteka na podlagi tesnega sodelovanja med letališčem Krems in avstrijsko letalsko meteorološko službo, saj le ta letališču Krems med 1.aprilom in 30. septembrom dostavlja dnevne prognoze. Na letališču Krems je leta 1987 postavljen vremenski radar z namenom pravočasnega zaznavanja ključnih procesov pri nastanku toče. Površina poligona, kjer se izvaja obramba pred točo znaša 500 km².

Za vsakega izmed letov z namenom posipanja oblakov je oblikovano poročilo, ki vsebuje:

- sklep, ki dovoljuje letenje in posipanje oblakov,
- področje – regija preleta,
- izmerjeno moč vetra,
- temperaturo na višini letenja,
- višino baze oblaka.

Iz teh poročil so nato nadzorne inštitucije izvedle analizo, ki je temeljila na 1.) kratkoročnem in 2.) dolgoročnem cilju:

- kratkoročni cilj: Ali je zaradi obrambe pred točo nastala manjša škoda na opazovanem poligonu?
- dolgoročni cilj: Kako je mogoče izboljšati oziroma optimizirati nadaljno obrambo pred točo?

Presojanje učinkovitosti obrambe toče je potekalo tudi na podalgi rezultatov meritev na točemernem poligon postavljenem na 500 km^2 . Analize podatkov za časovno obdobje 1981-2000 so pokazale, da je na opazovanem območju največja verjetnost pojavljanja toče v mesecu juniju. V aprilu se je toča pojavil enkrat na 10 let, medtem ko je toča v septembru izredno redka. Analiza točemernega poligona in dnevnikov letenja je pokazala, da se je največkrat posipalo oblake v mesecu juliju. V obdobju od 1981 do 1990 je bila izmerjena toča na 22 postajah, po letu 1990 pa le na 9 postajah (površina ena postaje zajema 4 km^2). V opazovanem obdobju se je spreminjalo povprečno število dnis točo, v prvih 10 letih je bilo 4,6 dni s točo, v obdobju od 1991-2000 pa 3,8 dni. V prvih desetih letih je toča bila zaznana na 4,6 postajah (kar odgovarja 18 do 19 km^2) vletih od 1991 do 2000 pa na 2,7 postajah (kar znaša 11 km^2). Pri ocenjevanju vplivov toče ni samo pomembna trajanje le te, ampak tudi intenziteta le te. Slednja se določa z merjenje velikosti točnih zrn (5 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm) ter določanjem kinetične energije v trenutku trka na točemerni poligon. Analiza rezultatov točemernega poligona ni pokazala nobenega statistično zaznavnega trenda v količini pojavljanja toče. Opazne so razlike v količini pojavljanja zrntoče različnih velikostiv opazovanem obdobju. Na začetku opazovalnega obdobja je bila količina najmanjših točnih zrnec velikosti do 5 mm 60 %, v naslednjih letih se je delež teh zrn povečal na 80 %. Delež zrn z velikostjo 10 mm je v prvih desetih letih še znašal 30%, v naslednjih letih se je delež zmanjšal na 25 %. Delež točnih zrn z velikostjo 15 mm je v prvih opazovanih letih znašal od 6 do 7% po letu 1995 se je zmanjšal 1%. Tudi zmanjšanje količine točnih zrn s premerom 20 mm je zaznati (v obdobju 1986-1990 je bilo teh zrn 2,4 %, v obdobju 1991-1995 pa 1,2%). V koleraciji s tem je zaznana tudi manjša kinetična energija točnih zrn z izjemo leta 1994, ko ta znaša 50 J/m^2 . Raziskava v Avstriji je pokazala, da število dni s točo v opazovanem obdobju ostaja konstantno, manjša se površina prizadetega območja. Analiza točemernih panelov je pokazala, da so na točemernem poligonu najbolj prizadeti tisti paneli obrnjeni na sever in zahod. Na vseh opazovanih ploščah je prevladujoča smer toče severozahod in jugozahod, hkrati je bilo ugotovljeno, da se povprečna kinetična energija na 32 postajah na opazovanem območju giblje do 200 J/m^2 . Kinetična energija točnih neviht na opazovanem poligonu močno varira po opazovanih letih, vendar je moč zaznati območja, ki so bila bolj prizadeta (okrožje Langenlois).

Raziskava v okviru vrednotenja obrambe pred točo v Spodnji Avstriji se je osredotočila na koleracijo med izmerjeno kinetično energijo točnih zrnna posameznih merilnih postajah ter škodo v kmetijstvu. Škoda na kmetijskih kulturah zaradi toče je v veliki odvisnosti od fenofaze posamezne kulture, zato je največja škoda opazna med julijem in septembrom. Najbolj so občutljive kulture z mehкими sadeži kot so breskve; že toča z energijo 5 J/m^2 na tej kulturi povzroči zmanjšanje pridelka za 10%. Metem ko toča z energijo 200 J/m^2 povzroči popolno uničenje pridelka kulture. Na vinski trti toča s kinetično energijo 200 J/m^2 povzroči 50 % zmanjšanje pridelka (toča s kinetično energijo 550 J/m^2 pa popolno uničenje). Kot najbolj robustna kultura se je izkazala koroza, saj je za popolno uničenje pridelka potrebna toča z kar 1000 J/m^2 . Poleg izmerjene kinetične enregije toče, se je toča ocenjevala tudi na

podlagi izplačanih škod, kjer je mogoče opaziti koleracijo med območji z največjo kinetično enregijo ter območji z izplačano največjo škodo.

Uporaba radarja na letališču Krems je omogočila hitrejšo zaganjanje potencialnih točonosnih celic, kar pomeni, da je srebrov jodid bil hitreje vnešen v oblake in se je s tem zmanjšala verjetnost za nastanek večjih točnih zrn. Prav tako je bilo opaženo, da se je površina prizadetih območji iz 19 km² v časovnem obdobju 1981-1990 zmanjšala na povšino 10 km² v časovnem obdobju (1991-2000) (Svabik, 2006).

1.5.3 Vrednotenje učinkovitosti obrambe pred točo na Hrvaškem

Na Hrvaškem sta Počakal in Štalec (2003) primerjala posledice toče na površju v dveh desetletnih obdobjih in sicer 1981-1990 ter 1991-2000. V prvem obdobju se je obramba pred točo izvajala v polni meri, v drugem pa okrnjeno, predvsem zaradi vojnih razmer v prvi polovici. V rezultatih študije sicer povzemata, da so bile posledice toče manjše v obdobju, ko se je obramba izvajala v polni meri. To govori v prid vnosu dodatnih zaledenitvenih jeder v nevihtne oblake. Vendar hkrati poudarjata, da sta obdobji med seboj neprimerljivi, saj je bila uporabljena različna tehnologija. Prav tako se je obramba izvajala v drugačnih delovnih pogojih ter seveda v drugačnih vremenskih razmerah. Povzemata, da na podlagi njune študije s statističnega vidika ni mogoče ne potrditi in ne zanikati učinkovitosti obrambe pred točo na Hrvaškem.

Tako v primeru raziskav na Hrvaškem in v Avstriji tudi ni bil izpolnjen ključni pogoj za znanstveno ustrezno analizo učinkovitosti obrambe pred točo, to je naključna izbira nevihtnih situacij.

Velja tudi omeniti, da je hrvaško Ministrstvo za znanost, izobraževanje in šport skupaj s hrvaškim Državnim hidrometeorološkim zavodom leta 2004 pripravilo obsežno gradivo o obrambi pred točo (MZOŠ in DHMZ, 2004). To gradivo je 31. marca 2005 potrdila Vlada Republike Hrvaške in hkrati sprejela sklep, da za obstoječo obrambo pred točo na Hrvaškem ni ustrezne opore v znanosti in da ni objektivnih pokazateljev učinkovitosti in upravičenosti takšne obrambe.

1.5.4 Vrednotenje učinkovitosti obrambe pred točo v Srbiji

Iz razpoložljive literature na tematiko obrambe pred točo v Srbiji, s poudarkom na zadnjih objavljenih člankih, je bilo ugotovljeno, da ob izključitvi ostalih vplivov na trend toče (naravne variabilnosti in podnebnih sprememb) trend pojavljanja toče v obdobju 2002-2010 narašča, medtem ko je bil v letih 1967-2002 padajoč (Gavrilov, 2011). Rezultat ni v skladu s pričakovanji, da obramba pred točo znižuje trend pojavljanja toče, vendar je razloge za dane rezultate potrebno iskati v pomankljivi metodologiji, ki zadostno ne upošteva naravnih in človeških dejavnikov.

1.5.5 Vrednotenje učinkovitosti obrambe pred točo v Sloveniji

V Sloveniji se je obramba pred točo s protitočnimi raketami pričela izvajati leta 1970 (Roškar, 2004). Leta 1988 je bila tudi opravljena študija Obramba pred točo v SR Sloveniji: osnove, dosedanje izvajanje, uspešnost, bodoča dejavnost (Rakovec s sod., 1988). Študija ni potrdila učinkovitosti takšne obrambe pred točo. Poleg tega se je po osamosvojitvi Slovenije kakovost uvoženih protitočnih raket poslabšala in so nemalokrat povzročile materialno škodo na površju. Zaradi teh dveh vzrokov se je obramba pred točo z raketami po letu 1991 postopoma ukinjala in bila dokončno ukinjena leta 1996. Že v času raketne obrambe pred točo so se v obrambo v SV delu Slovenije občasno vključevala tudi letala. Leta 1999 se je v tem delu Slovenije pričel izvajati tudi Projekt poskusnega posipavanja točonosnih oblakov s srebrovim jodidom z letali, ki se je zaključil v letu 2010. Projekt je izvajal Letalski center Maribor, financiralo pa ga je Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano skupaj z

zainteresiranimi lokalnimi skupnostmi. Kljub več kot desetletnemu izvajanju projekta, izvajalec javnosti in stroki do danes še ni podal nikakršnih strokovnih analiz učinkovitosti svoje dejavnosti. Vseeno izvajalec v medijih podaja pavšalno oceno, da je učinkovitost letalske obrambe pred točo več kot 70%. Trditev nekoliko spominja na trditve sovjetskih izvajalcev obrambe pred točo iz šestdesetih in sedemdesetih let prejšnjega stoletja.

Zaradi stalnih pritiskov izvajalcev obrambe pred točo, je Agencija RS za okolje (ARSO, 2005) pripravila pregled dejstev o toči in obrambi pred njo. V tem pregledu je že takrat jasno poudarila, da ni dokazov o učinkovitosti obrambe pred točo z vnosom dodatnih zaledenitvenih jeder v nevihtne oblake. To dejstvo je Agencija RS za okolje ponovno izpostavila leta 2009 v izjavi za javnost. Prav tako se je do takšne obrambe pred točo kritično opredelilo tudi Slovensko meteorološko društvo (SMD, 2009), Kmetijskोगozdarski zavod Maribor, Fakulteta za matematiko in fiziko Univerze v Ljubljani in Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede Univerze v Mariboru pa so leta 2009 objavili rezultate študije (Klemenčič s sod., 2009), v katerih podajajo celostno analizo upravljanja s tveganjem zaradi toče in podajajo nekaj alternativnih rešitev nesmotrnemu vnosu srebrovega jodida v nevihtne oblake.

1.5.6 Diskusija rezultatov

Že iz opisanih primerov različnih poizkusov vrednotenja je razvidno, da vrednotenje učinkovitosti obrambe pred točo zahteva naključni poizkus, ki traja vsaj pet let, saj je le takrat mogoče zagotoviti ustrezno znanstveno preveritev in potrditev rezultatov. Pri tem je potrebno še dodati, da je za ustreznost rezultatov meritev potrebna vsaj 10x bolj gosta mreža meteoroloških postaj kot za druge meteorološke parametre. Pogosto se škoda nastala zaradi toče ocenjuje in škode nastale na pridelkih in objektih ter zavarovalniških podatkih, kar seveda ni ustrezno (WMO, 1986), saj škoda ob točnih dogodkih ne nastane le zaradi toče, ampak tudi zaradi močnega vetra in dežja in je zelo močno povezana s fenofazami pridelka.

Obramba pred točo se je prvotno razvila na področju nekdanje sovjetske zveze in je temeljila na vnašanju higroskopičnih delcev v oblak s talnimi generatorji, ki je pogosto v literaturi imenovana tudi sovjetska metoda (Sulakvelidze, 1965). V okviru NHRE projekta se je vnašanje srebrovega jodida s talnimi generatorji zaradi zakonodajnih in administrativnih ovir nadomestilo z vnašenjem le tega s pomočjo plamenic nameščenih na letala. Slednje se je izkazalo za manj uspešno, vendar ni jasno ali je do razlik prišlo zaradi različnih klimatoloških pogojev za nastanek toče ali načina obrambe (Schleusener, 1968). Analiza učinkovitosti francoske mreže za obrambo pred točo (Association Nationale d'Etude et de Lutte contre les Fléaux Atmosphériques) v jugozahodni Franciji je ugotovila uspešnost le te med 16 do 30 % v odvisnosti od števila delujočih postaj (Dessens, 1998). Uporaba operativnih podatkov je pokazala, da so rezultati pri analizi učinkovitosti nemalokrat neprepričljivi (Rakovec in sodelavci, 1990 in Počakal in Stalec, 2003).

V okviru operativnih programov obrambe pred točo je bilo opravljenih več poizkusov vrednotenja obrambe pred točo na podlagi merjenja mase toče, kinetične energije točnih zrn, števila točnih zrn in območja, ki ga je zajela nevihta s točo. Ti primeri testiranja niso znanstveno preverljivi, saj rezultati izhajajo iz operativnih programov, kjer ni omogočeno naključno posipanje oblakov in določitev vpliva človeških dejavnikov.

Uporaba numeričnih modelov in radarjev je izboljšala razumevanje procesa nastajanje toče in sposobnost določanja ustreznih lokacij in časa nastanka toče. Poleg tega radarske tehnologije omogočajo sledenje spremembam v nevihtnih oblakih v članku Radar estimation of physical efficiency of hail suppression projects (Abshaev in sodelavci, 2006), se je sledilo spremembam v oblakih po izstrelitvi srebrovega jodida vanj. Posipanje oblakov s srebrovim jodidom tako vpliva na vzročno-posledične zveze v oblaku, slednje vpliva na spremembe v količini mase točnih zrn na m^2 ter velikosti potencialne površine, ki bi jih točonosna nevihta prizadela. Ugotovljeno je bilo, da se močno spremeni dinamika posipanih oblakov v primerjavi z neposipanimi oblaki, saj se v podhlajenem

območju oblaka (območju nastajanja toče) spremeni količina vode, pravtako se v teh oblakih močno zmanjša vzgornik. Rezultati temeljijo na meritvah in opazovanjih radarskih posnetkov v okviru programa obrambe pred točo v Rusiji v časovnem obdobju 2001-2006. Prav tako je z uporabo točemerne poligona z kar 630 točkami bilo ugotovljeno, da se je globalna kinetična energija točnih zrn na območjih, kjer se je izvajalo posipanje oblakov zmanjšala (Abshaev, Sulakvelidze in Malkarova, 2006).

Testiranje učinkovitosti obrambe pred točo po sovjetski metodi v okviru poizkusa Grossversuch IV ni pokazalo vplivov posipanja oblakov na kinetično energijo toče, vendar je Dessens (1987) izpostavil razliko med značilnostjo točnih dogodkov v Sovjetski zvezi in na območju Švice, kjer je prišel do zaključka, da ima toča na testnih poljih v Sovjetski zvezi v povprečju manjšo kinetično energijo in je manj ekstremnih točnih dogodkov kot je le teh na območju Švice. Iz tega izhaja, da je učinkovitost posipanja oblakov na območju Sovjetske zveze večja kot je bila v Švici. Avtor tako predlaga, da bi bilo potrebno pred analizo učinkovitosti obrambe pred točo grupirati podatke o točnih dneh glede na intenziteto le teh. Isti avtor je z analizo vzorca dnevov s točo, ko se je izvajalo posipanje in tistih dnevov s točo, ko se posipanje ni izvajalo ugotovil, da se koncentracija toče v dnevih, ko se je izvajalo posipanje povečuje, kar je odvisno od zmanjševanje koncentracije toče v nekaterih primerih in od dvigovanja koncentracije toče v drugih primerih. Če predpostavljamo, da je distribucija dnevov, ko se oblaki niso posipali pred posipanjem bila enaka distribuciji dnevov, ko se posipanje ni dogajalo lahko zaključimo, da ima posipanje odvisno spremenljivko v intenziteti toče na dan posipanja (Dessens, 1987).

2. Ocena dosedanjega izvajanja poskusnega posipavanja točonosnih oblakov z AgJ

2.1 Splošna ocena

Začetki injektiranja reagensa v oblak s pomočjo letal v Sloveniji segajo v osemdeseta leta prejšnjega stoletja. Zaradi prepovedi streljanja raket v mejnem območju s severnimi sosedi je postal koridor od Dravograda do Lendave od koder največkrat prihajajo nevihte nepokrit. Letalska obramba pred točo postane tako dopolnilna dejavnost raketni obrambi v SV Sloveniji. V Sloveniji je do lanskega leta (2011) potekal projekt poskusne obrambe pred točo z letali. Projekt se je izvajal nekako znotraj področja, ki ga omejujejo reka Mura od Hrvaške meje do Šentilja, nato po slovensko-avstrijski meji do Dravograda, v ravni liniji do Boča in končno po slovensko-hrvaški meji do prehoda reke Mure na Hrvaško. Projekt Poskusne obrambe pred točo z letali je večinoma izvajalo eno letalo. Slednje je sodelovalo s štirimi avstrijskimi centri in njihovimi dvanajstimi letali s katerimi severni sosedi izvajajo obrambo pred točo na področju avstrijske Štajerske.

Učinkovitost projekta poskusne obrambe pred točo, ki se je izvajala v SV Sloveniji še strokovno še ni bila ovrednotena. Prav tako verjetno ni bila nikoli izdelana metodologija, na osnovi katere bi se dala slednja ugotoviti. Zato se postavlja vprašanje ali je sploh mogoče podati mnenje v kolikšni meri je bila poskusna obramba pred točo z letali učinkovita. S koncem leta 2011 se je iztekel projekt poskusne obrambe pred točo in neizogibno se pojavlja vprašanje o učinkovitosti projekta in s tem tudi učinkovitosti in smotrnosti rabe javnega denarja.

Za ugotavljanje učinkovitosti letalske obrambe pred točo praviloma potrebujemo tri sočasne podatke:

- a) padavinska radarska slika kaže lokacijo možnosti pojava točnih zrn
- b) injektiranje reagensa (AgJ) s pomočjo letal je izvedeno (beleženi so podatki o poziciji in višini leta letala; čas in pozicija injektiranja reagensa; smer vertikalnega zračnega toka v času injektiranja reagensa)
- c) znani so podatki o morebitni padli toči na tleh (podatki prostorski porazdelitvi in o kinetični energiji točnih zrn zbrani iz točemernega poligona).

Zagotovljena mora biti slučajnost poskusa, kar pomeni, da po principu slučajnosti odločimo ali oblak injektiramo ali ne. Ko imamo dovolj veliko število vremenskih situacij s točo (dovolj velik statistični vzorec), sledi ustrezna statistična analiza, pri čemer situacije vnaprej razdelimo v štiri skupine:

- a) padavinski radar zazna trde delce v oblaku, oblak injektiramo za AgJ, toče na tleh ni
- b) padavinski radar zazna trde delce v oblaku, oblak injektiramo za AgJ, toča na tleh je
- c) padavinski radar zazna trde delce v oblaku, oblaka ne injektiramo za AgJ, toče na tleh ni
- d) padavinski radar zazna trde delce v oblaku, oblaka ne injektiramo za AgJ, toča na tleh je

Naj omenim, da je v skladu z literaturo (naprimer Federer et al., 1986, Densses, 1988, Knight et al., 1979) proces sistematičnega in kvalitetnega zbiranja teh podatkov praviloma dolgotrajen in da so v tujini podobni procesi trajali od 5 do 10 let.

Primer dobre prakse podobne analize

Eden izmed poskusov ugotavljanja učinkovitosti letalske obrambe pred točo (posipavanje se vrši preko podobnih sistemov kot jih uporablja slovenski operativni izvajalec) z delovanjem (posipavanjem AGJ pod morebitnim točonosnim oblakom) pod oblakom je podan v doktorski disertaciji g. Gunterja C. Pachatz-a iz leta 2005 z naslovom Analyse der Effizienz der Hagelabwehr in der Steiermark anhand von Fallbeispielen.

Disertacija predstavlja obširno študijo teorije o formiranju toče in se nanaša na:

- Topografske, podnebne in meteorološke pogoje potrebne za nastanek toče.
- Fizikalne procese znotraj oblakov, ki vodijo do njenega oblikovanja.
- Različne hipoteze o injiciranju srebrovega jodida v oblake in njihovega vpliva na točo.

Poskus temelji na vnaprej določeni metodologiji (zajem potrebnih parametrov z vnaprej določenimi postopki analize, vključno s primeri, ko je oblak identificiran kot točenosni a se posipavanje ne vrši).

Obravnavana disertacija skuša skozi vnaprej določene korake potrditi ali ovreči v disertaciji vnaprej določeno hipotezo na osnovi katere bi se dalo argumentirano zapisati zaključke o učinkovitosti letalske obrambe pred točo s posipavanjem AgJ pod oblakom. Na osnovi tako zastavljenega dela se je zbiranje podatkov izvajalo v letih od 1991 do 2002. Nato so se na osnovi vseh zbranih razpoložljivih podatkih poiskale primerljive situacije pojava nevihtnih oblakov tako imenovani »twin cases« primeri. In kot zadnji korak se je izvedla študija treh različnih meteoroloških scenarijev, ki vključujejo zaznavanje točnih zrn z radarjem, pojav toče na tleh in injiciranje srebrovega jodida v oblake z letali.

Podajam skope zaključke te disertacije:

- Izkaže se, da stanje današnjega znanja (govorim o letu 2005) dinamike in mikrofizikalnih procesov znotraj nevihtnih oblakov ni zadostno, da bi lahko popolnoma razumeli kako se srebrov jodid, ko je injektiran v oblak razprostre znotraj njega.
- Pojav številnih tehničnih pomanjkljivosti:
 - premalo natančen radarski sistem
 - nemogoče je bilo natančno locirati pozicije letal pri injiciranju AgJ
 - ne eksaktni podatki o vzgornikih
 - nepopolni podatki o škodah zaradi pojava toče.

Postavljena teza disertacije iz leta 2005 privede do zaključka, da je fenomenološka verifikacija učinka srebrovega jodida injeciranega v nevihtne oblake s strani letal »Steirische Hagelabwehrgenossenschaft« ta trenutek zaradi opisanih razlogov takrat ni bila nemogoča. Novi izsledki in znanja kakor tudi tehnične izboljšave, ki se nanašajo na nove radarske sisteme in učinkovitejše generatorje pomenijo obetaven korak v pravi smeri. Tudi v prihodnje se priporoča nadaljevanje pridobivanja statističnih podatkov iz točemernih poligonov in znanstvenih metod, ki so v uporabi že več let.

Nabor podatkov za evalvacijo druge projektne faze

Za kakršnokoli oceno uspešnosti dosedanjega izvajanja bi bilo potrebno najmanj pridobiti:

1. podatke o metodologiji na osnovi katerih se bo odločalo o smotrnosti (stroški <-> učinkovitost) uvedbe letalske obrambe pred točo po preteku obdobja poskusne letalske obrambe pred točo
2. podatke o izvedbi letov v okviru poskusne letalske obrambe pred točo in spremljanju letalskih parametrov
3. meteorološke podatke v času izvajanja letov poskusne letalske obrambe pred točo
4. podatke o kinetični energiji morebitno padlih točnih zrn ali podatke o škodah zaradi padle toče

Podatki navedeni pod alinejami 2-4 morajo biti časovno usklajeni.

Ad. 1) Na osnovi pregledanih dokumentov ni bilo mogoči najti vnaprej določene in zapisane metodologije na osnovi katere bi se v letih delovanja poskusne obrambe pred točo lahko ovrednotila učinkovitost le-te in bi se po izteku obdobja delovanja poskusne obrambe pred točo le-ta vsaj kar se tiče financiranja iz državne blagajne nadaljevala ali ukinila.

Ad. 2) Obstajajo letna poročila Letalskega centra Maribor o opravljenih aktivnostih iz naslova pogodbe o raziskovalnem posipavanju oblakov z letali in so bila dana na voljo. Zajame se vzorec med leti 2007-2010.

Ad. 3) V sklopu letnih poročil izvajalca poskusne obrambe pred točo Letalskega centra Maribor so dodani tudi meteorološki podatki v času trajanja akcij poskusnega posipavanja potencialnih točenosnih oblakov. To so največkrat podatki s spletne strani www.arso.si: napoved za letalstvo, vremenska napoved v besedi. V toku akcij so večinoma dodane tudi radarske slike padavinskih radarjev iz Lisce in spletne strani Austocontrol-a. Kot mi je znano se podatki o vremenu (aktualni v okviru obravnavane problematike) hranijo tudi v bazah Agencije RS za okolje.

Ad. 4) Za zajem adekvatnih in kvalitetnih podatkov o točni škodi bi potrebovali učinkovit sistem monitoringa. V letu 2007 je bil skupaj s slovenskimi meteorologi izdelan projekt umestitve točemerne poligona za merjenje kinetične energije točnih zrn. Slednji je bil v letu 2008 postavljen na področju, kjer deluje letalo poskusne letalske obrambe pred točo. Točemerne poligon se razprostira na 660 kvadratnih kilometrih in predstavlja mersko področje pravokotne oblike s stranicama 30 x 22 kilometrov in približnimi lokacijami oglišč (Tepanje-Rogatec-Dornava-Vihra pri Trčovi). Merska mesta so razporejena v čim bolj pravilni mreži 2 x 2 kilometra, kar doprinese 192 merilnih mest določenih v mreži GPS WGS84. Točemerne poligon na branjenem področju je bil v letu 2009 prvo leto aktiven (izvajala se je menjava kalibriranih plošč). Vendar je uporabnost podatkov iz točemerne poligona pridobljenih v letu 2009 vprašljiva, saj ni bil izdelan ustrezen protokol monitoringa kakor tudi ni vzpostavljen ustrezen logistični sistem izmenjave kalibriranih plošč. Za učinkovito in kvalitetno delo zajema podatkov iz točemerne poligona so izrednega pomena znanja meteorologov. Slednja omogočajo študije oblakov (radarske slike in spremljajoči meteorološki podatki) in identifikacijo točenosnih oblakov ob sočasni informaciji iz točemerne poligona.

Pobiranje kalibriranih plošč na tako velikem prostoru predstavlja velik logistični zalogaj. Še posebej v primeru, ko se lahko na istem področju v kratkem obdobju pojavi več morebitnih točenosnih oblakov.

Analiza podatkov z zaključki

Nalogo »Ocena dosedanjega izvajanja poskusnega posipavanja točenosnih oblakov z AgJ« se da razumeti na dva načina:

- a) Kako je izbrani izvajalec operativne poskusne obrambe pred točo v letih izvajanja izvedel aktivnosti določene s pogodbami
- b) Kakšna učinkovitost (zmanjšanje škod zaradi padlih točnih zrn) je bila z aktivnostmi operativnega izvajalca dosežena?

Ad a) Ugotoviti kako je izbrani izvajalec operativne poskusne letalske obrambe pred točo z letali izvajal aktivnosti določene z letnimi pogodbami načeloma ne predstavlja strokovno zahtevnega zalogaja. Preverijo se letne pogodbe, izdelava nabor podatkov, ki jih je bil izvajalec poskusne letalske obrambe proti toči dolžan zajemat in pregledajo se letna poročila izvajalca. Na osnovi tega se ugotovi ali je izvajalec opravljal svoje aktivnosti v skladu z letnimi pogodbami (glej tudi poglavje v nadaljevanju).

Ad. b) Podati kredibilno oceno o učinkovitosti dosedanjega izvajanja poskusne letalske obrambe proti toči je strokovno izredno zahteven zalogaj. Strokovna ocena mora temeljiti na nekaterih vnaprej zastavljenih smernicah in izhajati na vnaprej postavljenih izhodiščih. Le na osnovi tako podane strokovne ocene lahko kasneje razvijemo nadaljnje vprašanje, ki se nanaša na relacijo stroški <-> učinkovitost. In naj še morda omenim nekatera vprašanja, ki jih v kasnejši fazi ni za prezreti, kot so naprimer tista, ki se dotikajo kako posipavanje potencialnih točenosnih oblakov z različnimi sredstvi (ne samo AgJ) vpliva na zdravje ljudi, ekologijo,..., kaj prinaša takšno umetno vplivanje na vreme v globalnem smislu?

Danes smo postavljeni pred zelo zahtevno nalogo, ki pa kot sem omenil v prejšnjem odstavku bi morala temeljiti na trdno postavljenih izhodiščih iz preteklosti, v čas predno je bil izveden prvi polet poskusne letalske obrambe proti toči.

V konkretnem primeru moramo najprej ugotoviti ali so tedaj bila postavljena »pravila igre«? Ali je bila zastavljena metodologija za ugotavljanje ali lahko tedaj postavljena poskusna letalska obramba proti toči z dosego vnaprej določenih rezultatov po izteku poskusnega obdobja »preraste« v - na primer - zakonjeno pravico naših državljanov po obrambi proti toči?

Najprej smo raziskali na osnovi katere metodologije ali kakršnegakoli drugega dokumenta je bilo letalski obrambi proti toči tedaj dodan atribut »poskusna«. Preiskali smo veliko dokumentov pri čemer smo imeli dodatno nujno potrebno in koristno pomoč ministrstva. Dokumenta, kjer bi bilo zapisano kako se bo ugotavljala učinkovitost poskusne letalske obrambe proti toči v njenem mandatnem obdobju nismo našli. Na osnovi slednjega odstavka lahko ugotavljam, da ocene o učinkovitosti poskusne letalske obrambe proti toči, ki bi temeljila na vnaprej znanih postopkih in pragovih ugotavljanja, ni mogoče podati.

Podajam še mnenje, da se v obdobju, ko je delovala poskusna letalska obramba proti toči, NI povzročala materialna ali kakršnakoli druga škoda.

V tem obdobju (poskusne letalske obrambe proti toči) je vsekakor napredovala tudi stroka in znanost na tem področju. Znanega in raziskanega je marsikaj novega. Takratni izsledki in aktualnost problematike, vsekakor pa dobra vera pomagati ljudem pri dvigu njihovega življenjskega standarda in pri tem nikomur ali ničemur škodovati je botrovala po mojem mnenju takrat upravičeni odločitvi o začetku aktivnosti vnosa reagensa v oblak s pomočjo letal.

Dejstvo pa je, da je bilo obdobje poskusne letalske obrambe proti toči, kljub novim izsledkom stroke in znanosti in tudi drugačnim mnenjem nekaterih naših strokovnjakov preveč časa na nivoju začetnih aktivnosti. Šele v letu 2007 se je pristopilo k umeščanju točemernega poligona. A tudi kasneje umeščen točemerni poligon ne more sam po sebi posredovati odgovora o učinkovitosti aktivnosti poskusne letalske obrambe proti toči.

2.2 ANALIZA LETOV LETALSKEGA CENTRA MARIBOR (LCM)

Narejen je bil pregled in kratka analiza letnih poročil Letalskega centra Maribor (LCM) o opravljenih aktivnostih iz naslova pogodbe o raziskovalnem posipanju oblakov z letali v obdobju 2007-2010.

V omenjenih letih je bilo s strani LCM letno opravljenih okoli 20 poletov z namenom izvajanja aktivne obrambe proti toči (preglednica 1). Za vse situacije letenja so podane radarske slike pridobljene na ARSO ter pri Austrocontrol. Naše ugotovitve so naslednje:

- V vseh poročilih je navedeno, da radar na Lisci daje radarsko sliko na 15 minut, s strežniškim zamikom 10 minut, kar ni v skladu z dejanskim stanjem na ARSO. Radar osvežuje sliko na 10 minut. Radarska slika iz Austrocontrol-a se osvežuje na pet minut in pokriva celotno branjeno področje.
- Nikjer v poročilih ne navajajo kriterija odločitve za polet, ki bi bil povezan z analizo radarske slike. Opravljenih je bilo več poletov, ko radarska slika ARSO ni kazala na ekstremno intenziteto padavin (rdeča barva na radarski sliki), ki je pogoj za nastanek toče. V nekaterih vremenskih situacijah, ko so bili izpolnjeni pogoji za nastanek toče, niso poleteli ali pa so polet zaradi ocene nevarnosti prekinili.
- V poročilih ne navajajo potrebnih tehničnih lastnosti letala, prav tako ne mejnih meteoroloških razmer, v katerih letalo še lahko leti.
- V času aktivne obrambe v poročilih ni bilo zaslediti podatkov s točernih poligonov, torej koliko in kje je toča dejansko padala. Tudi v času trajanja projekta nam ni uspelo pridobiti ustreznih podatkov s točernih poligonov, čeprav smo na Biotehniški fakulteti prošnjo naslovili tudi na ustrezno ministrstvo.
- V poročilih ravno tako ni naveden kriterij za uporabo AgI z agregatom oz. plamenicami ter količina izpusta. Omenjeni podatki predstavljajo pomembno informacijo pri izdelavi metodologije za izvajanje znanstvenega poskusa za oceno uspešnosti aktivne obrambe proti toči.
- V dosedanjih izvajanih posipavanju oblakov ni bil izpolnjen pogoj slučajne izbire dogodkov, ko letalo leti ali ne. Na podlagi razpoložljivih podatkov 4-letnega aktivne obrambe ne moremo oceniti njene uspešnosti.

Pri analizi smo ugotovili, da je bilo ocenjeno število dni z meteorološkimi razmerami za pojav toče v vseh navedenih letih (Preglednica 1) zelo visoko v primerjavi s klimatološko pojavnostjo toče v Sloveniji v obdobju 1961-2004 (Dolinar, 2005; Klemenčič in sod., 2009). Na večini branjenega področja klimatološko povprečje znaša manj kot en dan s točo na leto, na manjšem območju pa 1 do 2 točna dneva na leto.

Preglednica 1: Pregled izvajanja aktivne obrambe proti toči

| Leto | Ocenjeno število dni s pogoji za pojav toče | Število poletov | Trajanje poleta | Poraba tekočega reagenta (v litrih) | Število plamenic |
|------|---|-----------------|-----------------|-------------------------------------|------------------|
| 2007 | 24 | 36 | 22 ur, 30 min | 700 | 51 |
| 2008 | 17 | 30 | 33 ur, 54 min | 1342 | 63 |
| 2009 | 21 | 34 | 33 ur, 54 min | 1067 | 49 |
| 2010 | 20 | 28 | 29 ur, 18 min | 1275 | 54 |

V preglednici 2 je zbran pregled 81 situacij (dni), ko je bil v arhivu ARSO zabeležen možen pojav toče na branjenem območju. Podano je tudi, ali se je ta dan izvajala obramba ali ne. V 30 primerih (kar predstavlja 37%) je radarska slika jasno kazala na možen pojav toče, a obrambe iz različnih vzrokov ni bilo. Sočasno lahko iz preglednice tudi zaberemo informacijo o poročanju o pojavu toče na branjenem območju, v času aktivne obrambe v obdobju 2007-2010. Prikazane so različne možnosti, na primer situacije, ko je obramba potekala, ni pa poročila o morebitni toči. Bili so tudi primeri, ko je

potekala obramba, pa je vseeno padla toča in primeri, ko je obramba potekala in toče ni bilo. Pogoste pa so tudi situacije, ko je toča padala, obrambe pa ni bilo, saj je bila verjetno vremenska situacija prenevarna za letenje.

Preglednica 2: Pojav toče na branjenem območju v obdobju 2007-2010 (Vir: ARSO, 2011) in delovanje obrambe proti toči (vir: poročila LCM)

| LETO | IME | DATUM | OBRAMBA | POROČANJE LCM O TOČI |
|---------|------------------------------|-----------|---------|----------------------|
| 2007 | CIRKULANE | 28.8.2007 | DA | DA |
| | KADRENCI | 6.5.2007 | DA | * |
| | | 24.7.2007 | DA | * |
| | | 20.8.2007 | NE | * |
| | MARIBOR - LETALIŠČE | 23.5.2007 | DA | NE |
| | | 24.7.2007 | DA | DA |
| | | 20.8.2007 | NE | * |
| | MARIBOR - TABOR | 28.5.2007 | NE | * |
| | MURSKA SOBOTA - RAKIČAN | 11.9.2007 | NE | * |
| | STARŠE | 3.4.2007 | DA | * |
| | | 23.5.2007 | DA | * |
| | | 20.7.2007 | NE | * |
| | ZAGORCI | 6.5.2007 | DA | * |
| | | 5.7.2007 | DA | NE |
| | 20.8.2007 | DA | * | |
| 2008 | CIRKULANE | 14.7.2008 | DA | * |
| | | 15.8.2008 | DA | NE |
| | ŠENTILJ V SLOVENSKIH GORICAH | 24.6.2008 | DA | DA |
| | KADRENCI | 22.4.2008 | NE | * |
| | | 13.7.2008 | DA | DA |
| | | 15.8.2008 | DA | NE |
| | | 12.9.2008 | DA | DA |
| | MARIBOR - LETALIŠČE | 19.5.2008 | NE | * |
| | | 15.8.2008 | DA | NE |
| | MARIBOR - TABOR | 13.7.2008 | DA | DA |
| | | 15.8.2008 | DA | NE |
| | | 16.8.2008 | NE | * |
| | MURSKA SOBOTA - RAKIČAN | 30.5.2008 | NE | * |
| | | 13.7.2008 | DA | DA |
| | | 16.8.2008 | NE | * |
| | PTUJ | 13.7.2008 | DA | DA |
| | | 15.8.2008 | DA | NE |
| | | 23.8.2008 | DA | NE |
| | | 7.9.2008 | NE | * |
| | STARŠE | 5.5.2008 | NE | * |
| | | 15.8.2008 | DA | NE |
| VERŽEJ | 15.8.2008 | DA | NE | |
| ZAGORCI | 5.5.2008 | NE | * | |
| | 24.6.2008 | DA | * | |
| | 13.7.2008 | DA | DA | |
| | 15.8.2008 | DA | NE | |
| 2009 | CIRKULANE | 14.4.2009 | NE | * |
| | ŠENTILJ V SLOVENSKIH GORICAH | 16.6.2009 | DA | DA |
| | IVANJKOVCI | 16.6.2009 | DA | DA |
| | KADRENCI | 26.5.2009 | DA | DA |
| | | 11.6.2009 | DA | * |
| | | 16.6.2009 | DA | DA |
| | MARIBOR - LETALIŠČE | 30.4.2009 | NE | * |
| | | 18.5.2009 | NE | * |
| | 26.5.2009 | DA | DA | |

| | | | | |
|-------------|--------------------------------|-----------|----|----|
| | | 27.5.2009 | NE | * |
| | | 11.6.2009 | DA | * |
| | | 16.6.2009 | DA | DA |
| | | 25.7.2009 | NE | * |
| | MARIBOR – TABOR | 18.5.2009 | NE | * |
| | | 22.5.2009 | DA | NE |
| | | 26.5.2009 | DA | DA |
| | | 16.6.2009 | DA | DA |
| | | 25.7.2009 | NE | * |
| | MURSKA SOBOTA - RAKIČAN | 16.6.2009 | DA | DA |
| | | 25.7.2009 | NE | * |
| | POLIČKI VRH | 11.6.2009 | DA | * |
| | | 16.6.2009 | DA | DA |
| | PTUJ | 14.4.2009 | NE | * |
| | | 7.6.2009 | NE | * |
| | | 11.6.2009 | DA | * |
| | | 3.8.2009 | DA | NE |
| | STARŠE | 1.5.2009 | NE | * |
| | | 3.5.2009 | NE | * |
| | | 12.5.2009 | NE | * |
| | | 27.5.2009 | NE | * |
| | | 11.6.2009 | DA | * |
| | VERŽEJ | 16.6.2009 | DA | DA |
| | SV. DUH NA OSTREM VRHU | 12.5.2009 | NE | * |
| | | 11.6.2009 | DA | * |
| | | 16.6.2009 | DA | DA |
| | | 22.8.2009 | DA | NE |
| 2010 | CIRKULANE | 27.3.2010 | NE | * |
| | MARIBOR - LETALIŠČE | 11.4.2010 | NE | * |
| | | 14.8.2010 | DA | NE |
| | MARIBOR-TABOR | 4.7.2010 | DA | NE |

* - ni informacije o toči v poročilu LCM

V preglednici 3 pa so analizirane samo situacije, ko je obramba potekala. Analizirano je bilo 51 primerov obrambe v štirih letih. V 14 primerih (kar predstavlja 27,5 %) obrambe ni poročila LCM o toči, torej sploh ne moremo sklepati o rezultatu obrambe. V 21 primerih (kar predstavlja 41,1 %) je obramba potekala, a je vseeno prišlo do pojava toče. V 16 primerih (kar predstavlja 31,4 %) je obramba potekala, in pojava toče ni bilo. Za nobenega od teh primerov žal nismo uspeli pridobiti podatkov s točemerne poligona. Opozorimo naj, da podatka, da v 31,4 % ,ko je obramba potekala in pojava toče ni bilo, nikakor ne moremo komentirati, da je to merilo »uspešnosti« obrambe.

Preglednica 3: Pregled situacij, ko je potekala obramba pred točo in sočasnost poročanja o pojavu toče na branjenem območju, v času aktivne obrambe v obdobju 2007-2010. Obarvana polja prikazuje situacije, ko je obramba potekala, ni pa poročila o morebitni toči. Z modro barvo so označene situacije, ko je potekala obramba, pa je vseeno padla toča in z zeleno situacije, ko je obramba potekala in toče ni bilo.

| LETO | IME | DATUM | OBRAMBA | POROČANJE LCM O TOČI | |
|-------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------|----------------------|----|
| 2007 | CIRKULANE | 28.8.2007 | DA | DA | |
| | KADRENCI | 6.5.2007 | DA | * | |
| | | 24.7.2007 | DA | * | |
| | MARIBOR - LETALIŠČE | 23.5.2007 | DA | NE | |
| | | 24.7.2007 | DA | DA | |
| | STARŠE | 3.4.2007 | DA | * | |
| | | 23.5.2007 | DA | * | |
| | ZAGORCI | 6.5.2007 | DA | * | |
| | | 5.7.2007 | DA | NE | |
| | | 20.8.2007 | DA | * | |
| | 2008 | CIRKULANE | 14.7.2008 | DA | * |
| | | | 15.8.2008 | DA | NE |
| | | ŠENTILJ V SLOVENSKIH GORICAH | 24.6.2008 | DA | DA |
| | | | 13.7.2008 | DA | DA |
| | | 15.8.2008 | DA | NE | |
| | | 12.9.2008 | DA | DA | |
| MARIBOR - LETALIŠČE | | 15.8.2008 | DA | NE | |
| MARIBOR - TABOR | | 13.7.2008 | DA | DA | |
| | | 15.8.2008 | DA | NE | |
| MURSKA SOBOTA - RAKIČAN | | 13.7.2008 | DA | DA | |
| | | 13.7.2008 | DA | DA | |
| | | 15.8.2008 | DA | NE | |
| | | 23.8.2008 | DA | NE | |
| STARŠE | | 15.8.2008 | DA | NE | |
| VERŽEJ | | 15.8.2008 | DA | NE | |
| ZAGORCI | | 24.6.2008 | DA | * | |
| | | 13.7.2008 | DA | DA | |
| | | 15.8.2008 | DA | NE | |
| 2009 | ŠENTILJ V SLOVENSKIH GORICAH | 16.6.2009 | DA | DA | |
| | IVANJKOVCI | 16.6.2009 | DA | DA | |
| | KADRENCI | 26.5.2009 | DA | DA | |
| | | 11.6.2009 | DA | * | |
| | | 16.6.2009 | DA | DA | |
| | MARIBOR - LETALIŠČE | 26.5.2009 | DA | DA | |
| | | 11.6.2009 | DA | * | |
| | | 16.6.2009 | DA | DA | |
| | MARIBOR - TABOR | 22.5.2009 | DA | NE | |
| | | 26.5.2009 | DA | DA | |
| | | 16.6.2009 | DA | DA | |
| | MURSKA SOBOTA - RAKIČAN | 16.6.2009 | DA | DA | |
| | | 11.6.2009 | DA | * | |
| | POLIČKI VRH | 16.6.2009 | DA | DA | |
| | PTUJ | 11.6.2009 | DA | * | |
| | | 3.8.2009 | DA | NE | |
| | STARŠE | 11.6.2009 | DA | * | |
| | VERŽEJ | 16.6.2009 | DA | DA | |
| SV. DUH NA OSTREM VRHU | 11.6.2009 | DA | * | | |
| | 16.6.2009 | DA | DA | | |
| | 22.8.2009 | DA | NE | | |
| 2010 | MARIBOR - LETALIŠČE | 14.8.2010 | DA | NE | |
| | MARIBOR-TABOR | 4.7.2010 | DA | NE | |

* - ni informacije o toči v poročilu LCM

Na podlagi pregledane literature, bi za kakršno koli oceno uspešnosti obrambe potrebovali tudi številne podatke o letenju, ki bi jih morali spremljati in podati piloti oz. LCM:

- Višina leta v času posipavanja glede na bazo oblaka
- Dopustna vertikalna hitrost vetra, ki jo letalo še prenese
- Geografski položaj območja posipavanja

Omenjenih podatkov poročila ne vsebujejo.

2.3 Ocena uporabnosti delovanja točemerne poligona¹

Zakaj točemerne poligon?

Neurja s točo prizadejajo velikanske materialne škode na:

- kmetijskih površinah
- gospodarskih subjektih
- zasebnih subjektih.

Škode zaradi neurij s točo so samo v kmetijstvu v obdobju 2004 – 2007 v materialnem smislu dosegle vrednosti, kot jih prikazuje spodnja tabela.

Preglednica 4: Škode v kmetijstvu zaradi neurij s točo v obdobju 2004 - 2007

| Leto | škoda (SIT) | škoda (EUR) |
|------|------------------|---------------|
| 2004 | 8,308,672.176,00 | - |
| 2005 | 8.764.660.412,00 | - |
| 2006 | 3.958.000.658,00 | 16.516.287,08 |
| 2007 | - | 11.532.781,08 |

Še večje – nepopravljive ali okoljske škode pa nastajajo zaradi:

- dodatnega onesnaževanja okolja (gradbeni odpadki, lahko hlapne organske spojine,
- povečana uporaba pesticidov in fungicidov,...)
- delnega ali trajnega uničenja (izsek) vinogradov, sadovnjakov, gozdov
- poškodovanja ali uničenja naravnih parkov in kulturnih znamenitosti.

Strategija trajnostnega razvoja EU, sprejeta v Gothenburgu temelji na dejstvu, da bodo emisije CO₂ v prihodnosti še okrepile ekstremne vremenske nepravilnosti in da je potrebno storiti vse, da se zavarujemo in poskusimo preprečiti te pojave. Poleg tega strategija ugotavlja, da vsak šesti evropejec živi v revščini, kar ima v povezavi z naravnimi katastrofami lahko hude posledice za socialno varnost in medgeneracijsko trajnost. Poleg ukrepov za zmanjšanje izpusta toplogrednih plinov, ki bodo (upajmo) dolgoročno prispevali k preprečevanju podnebnih sprememb, je v kratkoročnem in srednjeročnem obdobju smiselno izvajati ukrepe za zavarovanje pred posledicami podnebnih sprememb. To je pomembno še posebej zato, ker države v razvoju (zlati Azijske) nekontrolirano izpuščajo toplogredne pline, ki bodo lahko spremenili podnebje, kljub vsemu trudu, ki ga bo Evropa vložila na tem področju.

S celovito obravnavo obrambe in zavarovanja pred točo lahko prispevamo k zmanjšanju okoljske škode saj bo prispevek k zmanjševanju izpusta hlapnih organskih spojin, gradbenih odpadkov, škropiv kar bo posledično pozitivno vplivalo za zdravje ljudi in okolja. V gospodarske smislu bo zaradi kombinacije aktivne in pasivne obrambe pred točo projekt prispeval k prihranku v milijonskih zneskih, kar bo prispevalo v prvi vrsti k izboljšanju kakovosti življenja vseh prebivalcev, zmanjšanju socialne ogroženosti najbolj ranljivih, kot tudi k zmanjšanju gospodarske in kmetijske škode. V širšem smislu z zmanjšanjem škode prispevamo tudi k počasnejšemu dvigovanju zavarovalnin in s tem prispevamo k manjši finančni obremenjenosti prebivalstva in posledično večji kakovosti življenja.

V osnovi lahko ukrepe zaščite pred točo razdelimo v:

- Sistem zavarovanj (eksistirajo različni predlogi ureditve sistema zavarovanj)

¹ Poglavlje je povzeto po samostojnem izdelku: *CRP_Ocena uporabnosti delovanja točemerne poligona.pdf* (Pliberšek, avgust 2012)

- Pasivna obramba pred točo (protitočne mreže tam kjer je to mogoče, uporaba primernih gradiv ob ustrezni arhitekturi, informiranost širših ciljnih skupin o primerih dobrih praks,...)
- Aktivna obramba pred točo (injektiranje reagensa v oblak, sistem informiranja in obveščanja).

Za zajem adekvatnih in kvalitetnih podatkov o točni škodi potrebujemo učinkovit sistem monitoringa. Tega zagotavljamo skozi tri osnovne aktivnosti:

- mersko področje -> točemerni poligon
- radarske slike in spremljajoči meteorološki podatki
- ocena količine in intenzivnosti toče.

Na osnovi večletnega (deset in več let) učinkovitega monitoringa zajema podatkov o toči lahko:

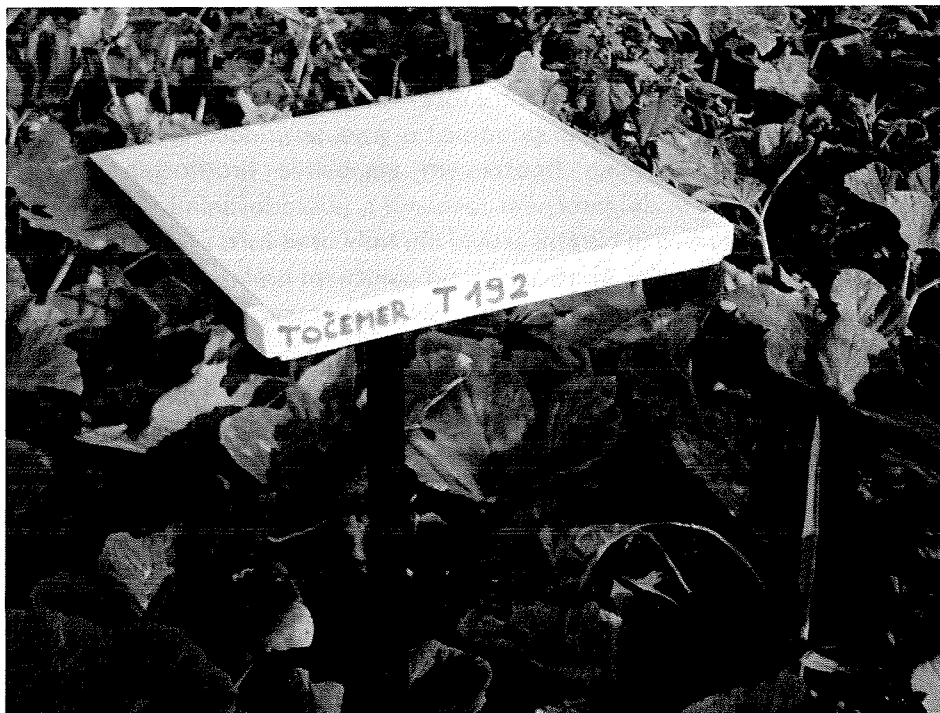
- Zmanjšamo izpuste lahko hlapnih organskih spojin (HOS) v okolje, zaradi novih primerno zaščiteneh parkirnih mest doma, podjetjih, trgovskih centrih (vzpodbujanje garažnih hiš, ki istočasno pripomorejo tudi k kvalitetnejši izrabi bivanjskega prostora) in prodajalcih vozil, pravočasne obveščeniosti prebivalstva in s tem pravočasnega umika vozil na varno (pred točo) ter tudi aktivne letalske obrambe pred točo,
- Zmanjšamo nastanek gradbenega odpada, zaradi priporočil o izbiri gradbenega materiala in ustreznih konstrukcijskih rešitev. Zmanjšanje odpadkov je lahko doseženo z kombinacijo aktivne obrambe pred točo, ki zmanjšuje intenzivnost toče in uporabo priporočil za gradnjo in izbiro ustreznih materialov, ki bodo svetovala o izvedbi in vrsti kritin, ter fasad in drugih elementov objektov odpornejšim na udare toče.
- Zmanjšamo uporabo škropiv zaradi priporočil o gojenju pridelkov, ki so manj občutljivi na točo, preventivnemu delovanju (možnostim postavitve protitočnih mrež), strokovnim nasvetom o trenutnem in dolgoročnem ravnanju s poškodovanimi kmetijskimi površinami, vinogradi, nasadi in gozdovi in hkratni aktivni obrambi pred točo z letali.
- Zmanjšamo telesne poškodbe, ki nastanejo pri paničnem prekrivanju in zavarovanju lastnine ob močni toči, saj bodo ljudje pred pojavom toče pravočasno obveščeni naprimer preko SMS sporočil ali portala.
- Zmanjšamo in ponudimo možnost optimalnejše porabe denarnih sredstev fizičnih in pravnih oseb. Izdelana priporočila bi lahko svetovala na različnih področjih v kaj je smotrno financirati (kritina, ki zdrži malo več in je morda dražja proti cenejši a ne tako efikasni kritini), kasko zavarovanje vozila ali postavitve primerne garažnega boksa, osveščenost glede zavarovanj (ljudje imajo zavarovane avtomobile, hiš ponavadi ne), možnosti državnih in drugih subvencij (te so najrazličnejše in razsipane po celotnem spletu in občilih, tako da jih marsikdo ne najde a bi jih lahko izkoristil).
- Smotrnejše porabljam proračunska sredstva (optimalnejša zaščita fizičnih in pravnih oseb pomeni tudi manj škod in s tem manj subvencij iz različnih naslovov (nekdanji MKGP, MOP,...)).
- Optimalnejša poraba časa (fizičnim in pravnim osebam, javnim uslužbenecem bodo hitreje dostopne informacije kot da bi jih morali iskati po celotnem svetovnem spletu in raznih občilih).
- Nepristranskost pri ocenjevanju škod (zavarovalni agenti, pooblaščenca nekdanje MKGP, MOP, njihovi nadrejeni in širše ciljne skupine bodo imele na vpogled podatke iz točemernega poligona, kjer se bodo zbirali adekvatni podatki in na osnovi katerih se bodo dali primerjati s tistimi ocenjenimi).
- Ugotavljanje učinkovitosti različnih metod pasivne in aktivne obrambe pred točo (to je stalna dilema, kaj je učinkovito in kaj ne, se pravi če nekaj ni tega ni vredno financirati in obratno).
- Testiranje priporočil v realnih pogojih (nekaj je bilo narejeno v skladu z napisanimi priporočili, pride do pojava toče in podamo rezultat kako so se v priporočilih zapisane metode obnesle in kaj se še da dodatno storiti).
- ...

Vložena finančna sredstva monitoringa in vseh spremljajočih aktivnosti (nekateri sem navedel) imajo skupno vodilo v izboljšanju kakovosti življenja prebivalcev s pomočjo zmanjševanja okoljskih tveganj kakor tudi konkretni cilj **zmanjšanja onesnaženosti zraka in voda ter zmanjšanja škode na naravni in kulturni dediščini.**

Kaj je to točerni poligon?

Trenutno najbolj uveljavljena tehnologija spremljanja posledic toče je metoda registriranja padavin toče s t.i. točernimi poligoni, kjer se s styrodurnimi ploščami standardne debeline in površine, ki so lahko enakomerno ali tudi neenakomerno (praviloma) razporejene na opazovanem področju, na osnovi premera, gostote in globine poškodb ugotavlja intenzivnost padavin toče. Ta metoda zahteva relativno malo finančnih vlaganj, potrebno pa je precej časa, da se po končani toči omenjene plošče pregledajo in analizirajo.

Posamezna merilna mesta točernega poligona so sestavljena iz nosilca kalibrirane plošče in vstavljene kalibrirane plošče standardnih dimenzij in praviloma styrodurnega materiala lahko različnih proizvajalcev. Za vstavljeno kalibrirano ploščo je priporočljiva prevleka s tanko plastjo posebne emulzije za zaščito pred staranjem (in s tem izgubljanjem specifičnih mehanskih lastnosti ter gladkosti merskih ploskev) zaradi različnih vplivov.



Slika 4: Merilno mesto T192.

(Viden je nosilec kalibrirane plošče in kalibrirana plošča z oznako T192)

Umestitev točernega poligona v SV Sloveniji

Hkrati s sprejetjem sklepa o uvedbi poskusne letalske obrambe proti toči v SV Sloveniji se je zavezalo tudi k vzpostavitvi monitoringa takšne oblike protitočnega posredovanja in posledično ugotavljanja uspešnosti izvajanja le-tega. Spremljanje učinkovitosti letalske obrambe proti toči z vnosom AgJ in tehniko letenja pod potencialnim točenosnim oblakom bi moralo v poskusnem obdobju opravičiti porabo proračunskih sredstev in podati jasen odgovor ali je poskusna letalska obramba učinkovita. Omeniti je potrebno, da takrat ni bila znana ali podana metodologija za ugotavljanje uspešnosti

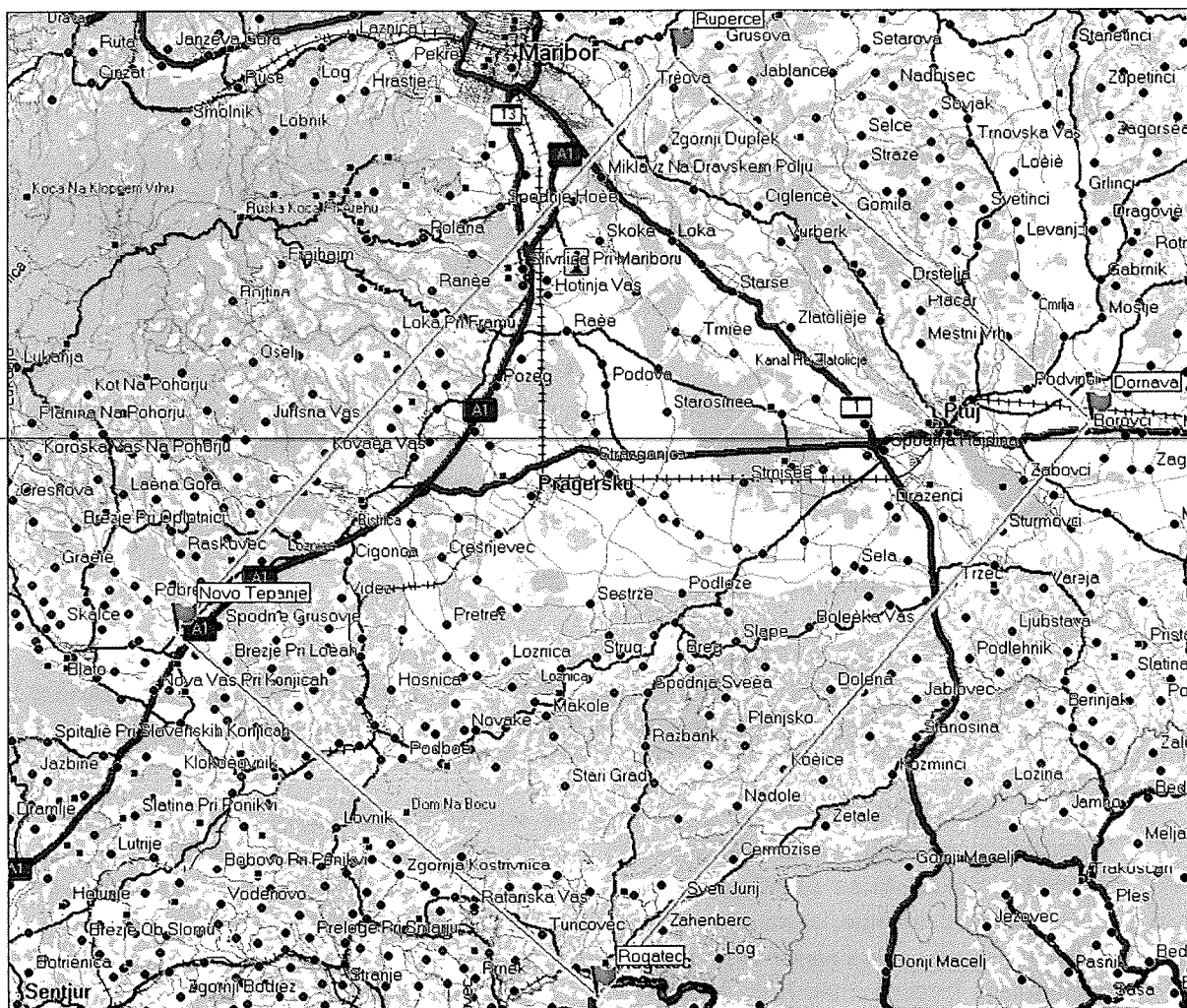
omenjenih aktivnosti. Žal se je tudi šele proti izteku obdobja poskusne letalske obrambe proti toči pristopilo k umestitvi merskega področja – točemerne poligona.

Iz literature je znano, da je potrebno vsaj deset let zbiranja podatkov na opazovanem področju, da je teh podatkov dovolj in lahko s tem zagotavljamo njihovo kredibilnost. Da so podatki kredibilni je potrebna tudi utečenost postopkov, zakar je potrebno vsaj eno leto delovanja ali vzdrževanja merskega področja (izdelava kalibriranih plošč, sistem obveščanja in zamenjave plošč, analiza kalibriranih plošč,...). Še največji problem predstavlja analiza kalibriranih plošč, saj kolikor je meni znano v Sloveniji takšnega strokovnjaka, ki bi znal analizirati pobrane kalibrirane plošče ni. Že pred postavitvijo točemerne poligona na branjenem področju (tam kjer se vrši letalska obramba proti toči) se je v manjšem obsegu izvajalo spremljanje pojava toče na Primorskem. Analiza teh plošč se je izvajala v Italiji. Pred postavitvijo točemerne poligona v SV Sloveniji na branjenem področju je bilo verbalno dogovorjeno, da se tudi plošče s tega področja prepeljejo na analizo v Italijo. Analizo kalibriranih plošč bi lahko izvajali tudi na Hrvaškem, kjer njihov točemerne poligon nameščen v širši okolici Varaždina deluje že vrsto let. Tamkajšnji meteorologi pa posedujejo ustrezna znanja in izkušnje ter izvajajo tudi analize pobranih kalibriranih plošč.

V letu 2007 je bil skupaj s slovenskimi meteorologi izdelan projekt umestitve točemerne poligona za merjenje kinetične energije točnih zrn v SV Sloveniji in sicer na branjenem področju. Izdelanih je bilo več predlogov umestitve oziroma pozicioniranja gabaritov merskega področja z ozirom na sledeči predpostavki:

- pozicija (V skladu z do tedaj izdelano karto pogostosti padavin s točo. Tudi s stališča operativnega izvajalca letalske obrambe proti toči je pozicioniranje dokaj logično saj se nevihtne celice, ki se obdelujejo nad Dravsko dolino nad vrhovi Pohorja znova okrepijo (največkrat delovanje letala ni mogoče, saj nevihtni oblak zakrije vrhove Pohorja) in nato kljub delovanju letala na vzhodnih obronkih Pohorja največkrat na tem področju pade toča),
- orientacija (pravokotnik, ki ga tvorita dve medsebojno vzporedni daljši in dve medsebojno vzporedni krajši stranici je orientiran tako, da se po do tedaj znanih meteoroloških podatkih potencialni točenosni oblak zadržuje v merskem polju čim dlje <-> sled oblaka).

Po uskladitvi so bile približne lokacije ogljišč novo nastajajočega točemerne poligona: Tepanje-Rogatec-Dornava-Vihra pri Trčovi.



Slika 5: Pozicija točemernega poligona na branjenem področju.
(ogljjišča so približno v krajih: Tepanje-Rogatec-Dornava-Vihra pri Trčovi)

Tako zasnovan točemer ni poligon predstavlja mersko področje pravokotne oblike s stranicama 30 x 22 kilometrov in se razprostira na 660 kvadratnih kilometrih. Čez področje točemernega poligona smo v kontekstu matematično čim bolj pravilne razporeditve posameznih merskih mest razpeli mrežo 2 x 2 kilometra. Tako razdeljeno mersko področje je ponujalo dve razporeditvi posameznih merilnih mest – točemerov:

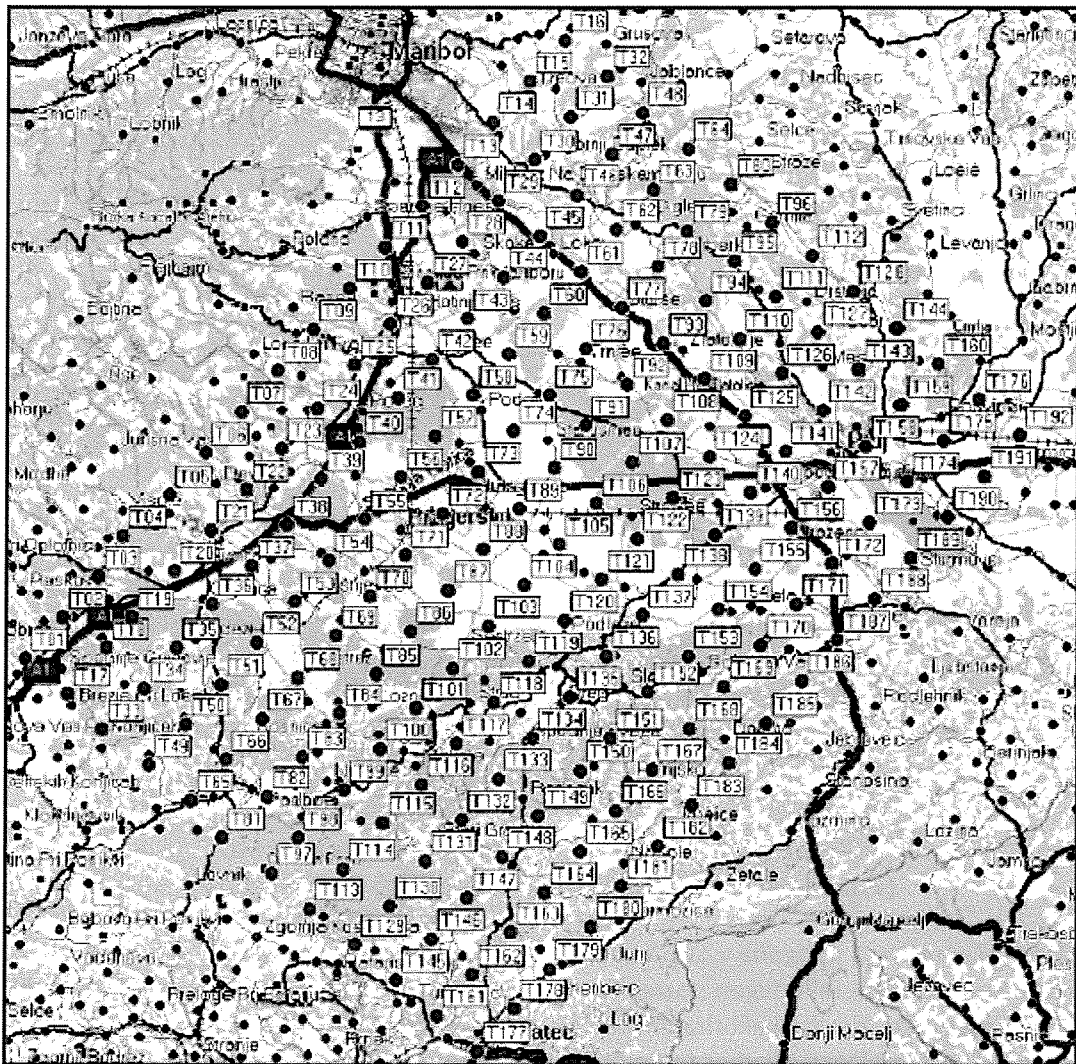
- točemerji se postavijo nekje znotraj kvadranta 2 x 2 kilometra (v literaturi često zaznana),
- točemerji se postavijo v ogljjišča posameznih kvadrantov 2 x 2 kilometra (v literaturi še ne zaznana).

Prva opcija omogoča lažje pozicioniranje posameznih merilnih mest (dostopnost terena, lažjo pridobitev soglasja za postavitvev točemerja, bližina hiš, bližina cest, poti,...), manjše število dislokacij pri postavitvi (tudi ortofoto posnetek zmeraj ne more pokazati realne slike na terenu), vendar je mreža, ki jo sestavljajo posamezni točemerji redkejša (manj natančni podatki) in zaradi dokaj poljubne postavitve nekje v kvadrantu 2 x 2 kilometra manj matematično pravilna kar otežuje matematične postopke za izboljšave oziroma validacijo meteoroloških kart pogostosti pojava toče – lahko bi jih imenovali karte ogroženosti pred pojavom toče (po vzoru kart potresne ogroženosti).

Druga opcija zraven lažje izvedljivih in bolj natančnih matematičnih postopkov za izboljšave oziroma validacijo meteoroloških kart pogostosti pojava toče zahteva bistveno več napora za umestitev točemerov v prostor. Merilnih mest je bistveno več, povečajo se omejitve za postavitvev točemerja (čim bližje ogljjišču posameznega kvadranta 2 x 2 kilometra), kar pa ni nujno zraven naseljenih krajev

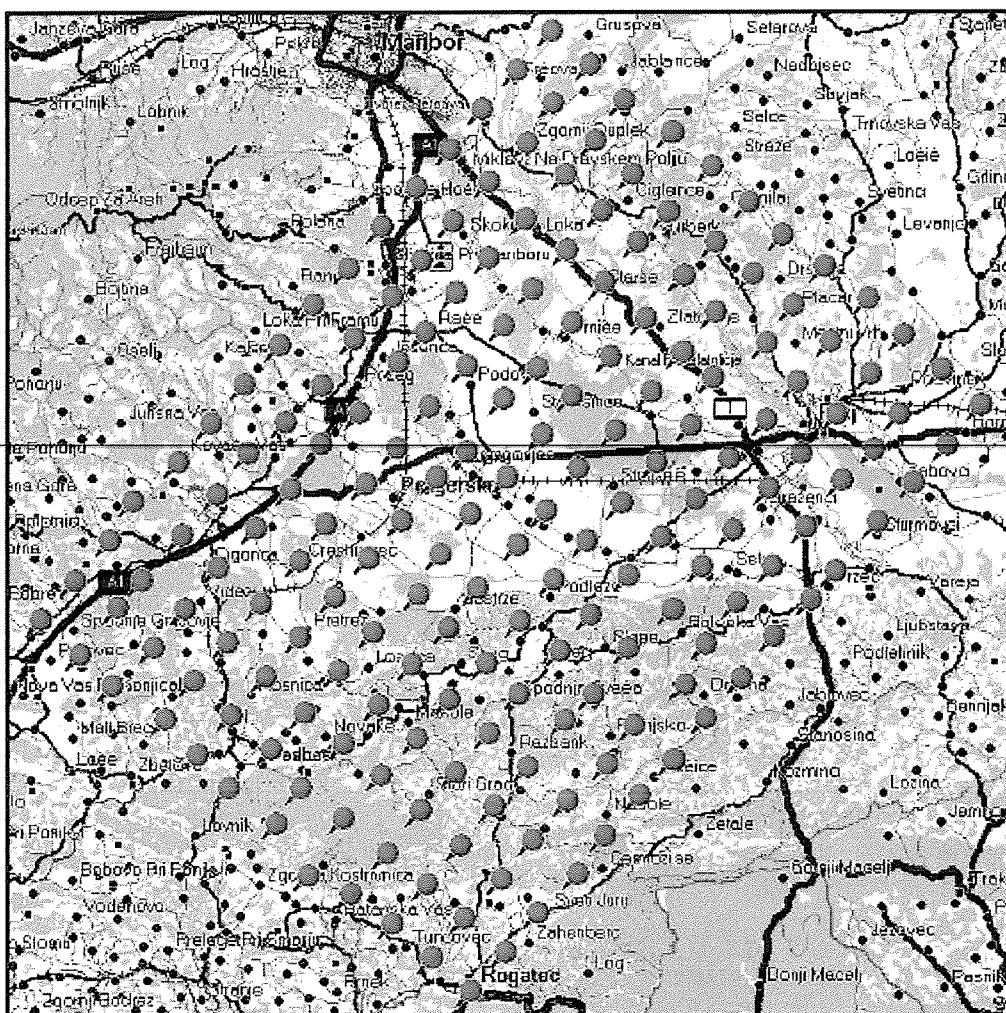
oziroma poti, cest, v naravi je bistveno več dislokacij, omejenost pri pridobitvi soglasij za postavitev točema,...

Takšen način razporeditve točemerov doprinese 192 merilnih mest določenih v mreži GPS WGS84.



Slika 6: Merska mesta v pravilni mreži.

(indeksirani točemaer so postavljeni v oglišča pravilne mreže 2 x 2 kilometra)



Slika 7: Merska mesta po dislokacijah faze postavitve.
(vidne so nekatere dislokacije točemerov po fazi umestitve)

Postavitev točemernega poligona v SV Sloveniji

V letu 2008 je bil točemerne poligon postavljen (pozicije posameznih točemerov so bile identificirane in na njih postavljeni nosilci kalibriranih plošč) na področju, kjer deluje letalo poskusne letalske obrambe pred točo in sicer v skladu s projektom:

PLIBERŠEK, Tomaž, ŠTUMBERGER, Leonida. *Projekt točemerne poligon na branjenem področju, Priprava na postavitev točemerne poligona* : [naročnik: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS]. Ptuj: Znanstveno raziskovalno središče BISTRA, 2007. 1 mapa (loč. pag.), ilustr. [COBISS.SI-ID 11960854].

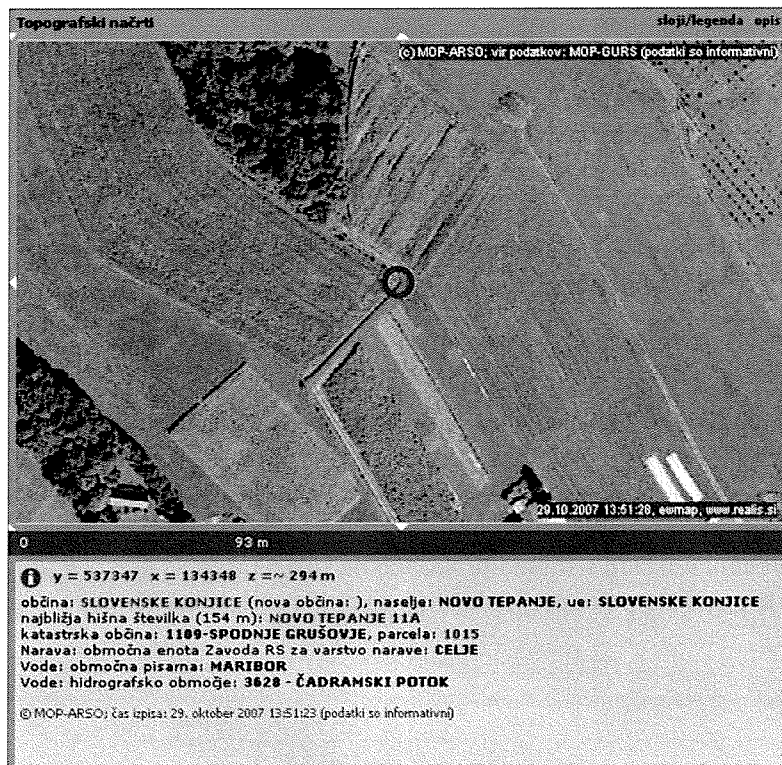
Zastavljene so bile projektne faze postavitve točemerne poligona:

- Izdelava zadostnega števila nosilcev kalibriranih točemerne plošč
- Pridobivanje soglasij lastnikov zemljišč potencialnih pozicij postavljenih točemerov
- Izdelava logistike fizične postavitve:
 - relociranje v projektu umestitve točemerne poligona določenih pozicij zaradi nepridobljenih soglasij ali drugih razlogov (pozicije na sredini obdelovalnih površin, zaraslih gozdnih posek,...)
 - izbira in priprava kart poteka postavitve
 - vnašanje GPS koordinat v GPS napravo ter kreiranje poti (rut)
 - izdelava poti do posameznih merskih mest
 - priprava postopkov za pridobivanje sledi (trackov) do posameznih merskih mest
 - konzultacije z postavljalci (razlaga načina dela, upravljanje z napravami,...)

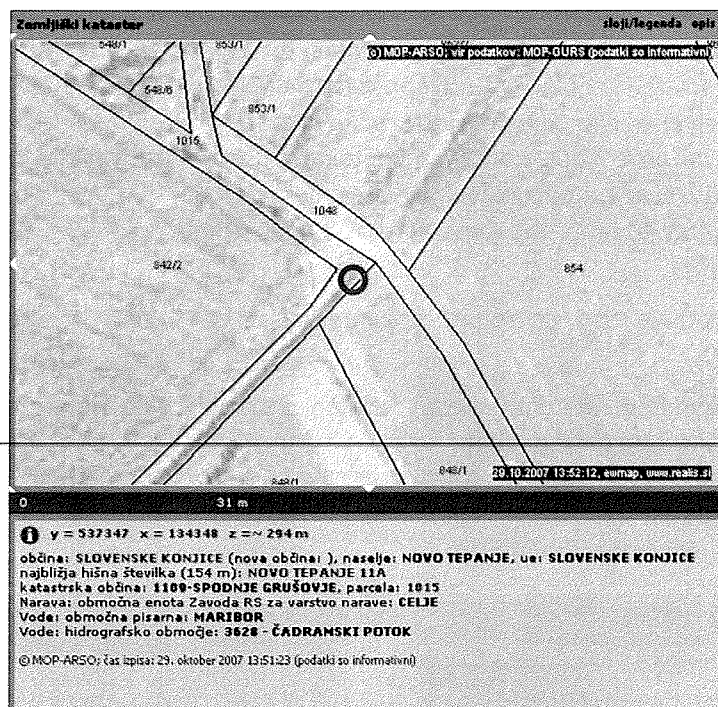
- priprava postopkov za snemanje realnih pozicij postavljenih točemerov
- vzpostavitev kontaktov z novimi potencialnimi lastniki zemljišč (tam kjer nismo dobili soglasij ali ni bilo odgovorov) za postavitev točemerov
- Vzpostavitev dežurne ekipe v stalnem kontaktu z postavljalci (iskanje lastnikov, priklic tistih, ki so želeli biti zraven pri postavitvi merskega mesta,...)
- Fizična postavitev 192 merskih mest
- Priprava poročila.

Omenjeni projekt vsebuje vso potrebno dokumentacijo za fizično vzpostavitev točemernege poligona, ki vsebuje:

- podatke o zemljiščih merilnih mest, podatke o zemljišču točemerar - topografski načrt - ortofoto pogled, katastrski pogled
- podatke o lastnikih zemljišč
- podatke o soglasjih lastnikov zemljišč na katerih bodo (so) postavljena merilna mesta
- končne pozicije točemerov v mreži.



Slika 8a: Merska mesta (ortofoto)



Slika 8b: Merska mesta (katastrski podatki)

Vzdrževanje točmernega poligona v SV Sloveniji

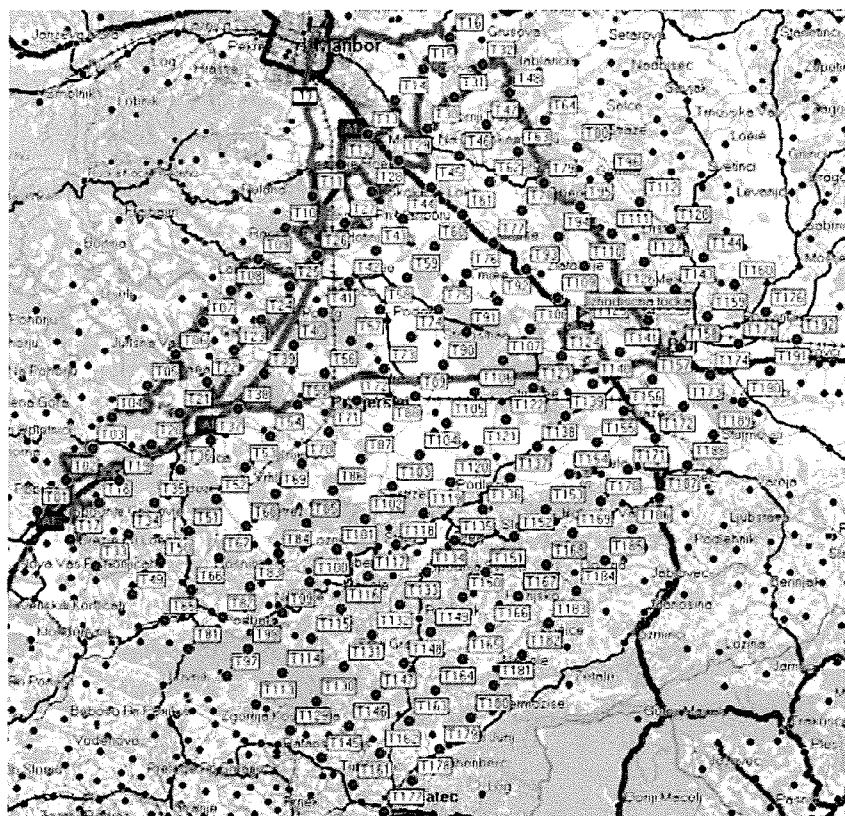
V letih vzdrževanja točmernega poligona so se izvajali tako imenovani redni (a) in izredni (b) obhodi merilnih mest točmernega poligona.

a) Redni obhodi

Izvajala sta se dva redna obhoda točmernega poligona. Prvi v spomladanskem času, ki je služil vstavljanju kalibriranih plošč v nosilce kalibriranih plošč pred letnim obratovanjem.

Zraven tega je služil redni kontroli posameznih merilnih mest (zamenjavi dotrajanih nosilcev (deformiranih) ali kompletiranje odtujenih nosilcev kalibriranih plošč) ter morebitnim mikro spremembam lokacije posameznega točmera.

Redni obhodi so izvedeni v skladu s shemo prikazano na sliki 6 (Merska mesta v pravilni mreži). Vstavljanje je potekalo po naprej določenih cestnih rutah (slika 9).



Slika 9: Plan vstavljanja kalibriranih plošč.

Slika 7 prikazuje shemo točmernege poligona z oznakami posameznih kalibriranih plošč pred začetkom letnega obratovanja poligona. Podatki so prikazani tudi tabelarično (preglednica 5).

| Zap. št. | Cat. | Oznaka točmera | Koordinate točmera WGS 84 | | Vstavljena kalibrirana plošča | | Zamenjana kalibrirana plošča | |
|----------|------|-----------------|---------------------------|------------|-------------------------------|----------|------------------------------|-------|
| | | | | | Oznaka | Datum | Oznaka | Datum |
| 0 | 0 | Izhodišna točka | N46 24.871 | E16 00.766 | \ | \ | \ | \ |
| 1 | 8 | T01 | N46 21.132 | E15 28.828 | TR101 | 2.6.2011 | \ | \ |
| 2 | 8 | T02 | N46 21.946 | E15 29.855 | TR102 | 2.6.2011 | \ | \ |
| 3 | 7 | T03 | N46 22.760 | E15 30.880 | TR103 | 2.6.2011 | \ | \ |
| 4 | 7 | T04 | N46 23.567 | E15 31.600 | TR104 | 2.6.2011 | \ | \ |
| 5 | 6 | T05 | N46 24.386 | E15 32.932 | TR105 | 2.6.2011 | \ | \ |
| 6 | 6 | T06 | N46 25.199 | E15 33.960 | TR106 | 2.6.2011 | \ | \ |
| 7 | 5 | T07 | N46 26.012 | E15 34.987 | TR107 | 2.6.2011 | \ | \ |
| 8 | 5 | T08 | N46 26.821 | E15 36.028 | TR108 | 2.6.2011 | \ | \ |
| 9 | 4 | T09 | N46 27.637 | E15 37.044 | TR109 | 2.6.2011 | \ | \ |
| 10 | 4 | T10 | N46 28.449 | E15 38.073 | TR110 | 2.6.2011 | \ | \ |
| 21 | 3 | T11 | N46 29.261 | E15 39.103 | TR111 | 2.6.2011 | \ | \ |
| 32 | 3 | T12 | N46 30.074 | E15 40.132 | TR112 | 2.6.2011 | \ | \ |
| 43 | 2 | T13 | N46 30.859 | E15 41.161 | TR113 | 2.6.2011 | \ | \ |
| 54 | 2 | T14 | N46 31.698 | E15 42.168 | TR114 | 2.6.2011 | \ | \ |
| 65 | 1 | T15 | N46 32.509 | E15 43.225 | TR115 | 2.6.2011 | \ | \ |
| 76 | 1 | T16 | N46 33.320 | E15 44.258 | TR116 | 2.6.2011 | \ | \ |
| 87 | 8 | T17 | N46 20.429 | E15 30.015 | TR117 | 2.6.2011 | \ | \ |

Preglednica 5: Oznake kalibriranih plošč pred začetkom obratovanja (izsek iz tabele)

b) Izredni obhodi

Izredni obhodi so bili naročeni s strani naročnika (ker so se pogodbe nanašale na letno vzdrževanje točmernege poligona za pridobitev hidrometeoroloških podatkov z namenom ugotovitve učinkov poskusne letalske obrambe pred točo za leto) je bila ekipa na teren napotena po akcijah operativnega izvajalca poskusne obrambe pred točo z letali. Enostaven protokol vzdrževanja ali obhoda po posamezni akciji operativnega izvajalca letalske obrambe proti toči je bil:

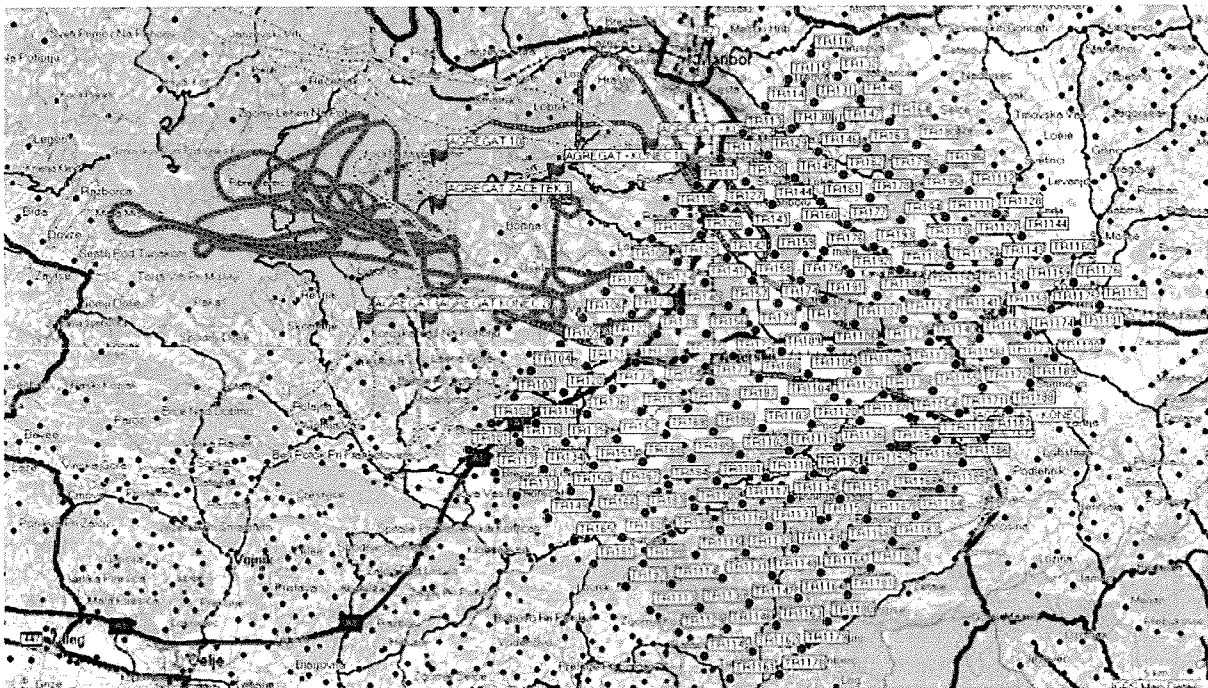
Po prejemu podatkov o posamezni akciji operativnega izvajalca letalske obrambe pred točo skrbnika pogodbe se je aktiviralo pobiranje posameznih kalibriranih plošč.

Po prejemu podatkov o letu (sled letala (x,y,z;t)) je izvajalec izdelal plan pobiranja kalibriranih plošč in izvedel njihovo fizično pobiranje oziroma zamenjavo določenih kalibriranih plošč.

Plošče so se primerno odložile in naredil se je grafični in tabelarni zapis o posameznem izrednem obhodu.

Delo v okviru vsakega izrednega obhoda je bilo sestavljeno iz sledečih aktivnosti:

- Prejem podatkov o letu operativnega izvajalca poskusne letalske obrambe pred točo. V enem dnevu je lahko bilo izvedenih tudi več letov.
- Izvajalec vzdrževanja točmernege poligona je nato izvedel prekrivanje nivojev prvega in drugega leta
- Ker so se v letna poročila o vzdrževanju točmernege poligona dodajale tudi slike vertikalnih posnetkov letov letala je izvajalec vzdrževanja točmernege poligona izluščil tudi te.
- Izvajalec izvede prekrivanje slojev letov letala z grafično shemo pozicij točmerov in njihovimi oznakami.



Slika 10: Prekrivanje slojev letov letala z grafično shemo pozicij točmerov

- Izdelal se je grafični prikaz zamenjanih kalibriranih plošč.
- Izdelal se je načrt pobiranja kalibriranih plošč.