

IZJAVA SVJETSKJE METEOROLOŠKE ORGANIZACIJE O STANJU PREINAČIVANJA VREMENA

UVOD

Tisućama godina ljudi su nastojali preinačiti vrijeme i klimu u svrhu povećanja vodenih resursa i ublaživanja vremenskih nepogoda. Moderna tehnologija preinačivanja vremena započela je koncem 40-ih godina pronalaskom načina kako kapljice prehladnog oblaka pretvoriti u kristale leda pomoću umjetanja ohlađenog sredstva kao što je suhi led ili jezgra umjetnog leda poput srebrenog jodida. Tijekom sljedećih 50 godina istraživanja naše se znanje o mikrofizičici, dinamici i procesima stvaranja oborina iz prirodnih oblaka (kiša, tuča, snijeg) uvelike povećalo, kao i znanje o utjecaju djelovanja ljudi na te procese.

Danas veliki broj zemalja radi na više od stotinu projekata o preinačivanju vremena, naročito u suhim i polusuhim regijama diljem svijeta, gdje nedostatak dovoljnih resursa vode ograničava njihove mogućnosti snabdijevanja hranom, vlaknima i energijom. Svrha ovog dokumenta je dati pregled stanja preinačivanja vremena.

Energija uključena u vremenske sustave je tako golema da je nemoguće umjetno stvoriti oluje ili izmijeniti tipične vjetrove koji bi regiji donijeli vodenu paru. Najrealniji pristup preinačivanju vremena je iskoristiti prednosti mikrofizičkih senzitivnosti gdje relativno mali poremećaj sustava izazvan ljudskim djelovanjem može bitno izmijeniti prirodni razvoj atmosferskih procesa.

Mogućnost utjecaja na mikrostrukture oblaka pokazana je u laboratoriju, simulirana je u brojčanim modelima, a provjeravana pomoću fizikalnih mjerenja u nekim prirodnim sustavima kao što su magle, stratiformni oblaci i kumulusi. Međutim, izravan fizički dokaz da se oborine, tuča, munja i vjetrovi mogu znatno preinačiti pomoću umjetnih sredstava, ograničen je. Složenost i raznolikost oblaka uzrokuje velike poteškoće u razumijevanju i uočavanju učinaka naših pokušaja da ih preinačimo na umjetan način. Kako se povećalo znanje o fizici i statistici oblaka i njihova primjena na preinačivanju vremena, razvili su se novi kriteriji procjene za vrednovanje pokusa na zasijavanju oblaka. Razvoj nove opreme kao što su zrakoplovne platforme s mikrofizičkim sustavima i sustavima za mjerenje kretanja zraka, radara (uključujući dopler i mogućnost polarizacije), satelita, mikrovalnih radiometara, vjetrovnih presječnika, mreže automatskih kišomjera, stanica srednjerazmjerne mreže - unijeli su novu dimenziju. Jednako je važan i napredak u kompjuterskim sustavima koji omogućuje procesuiranje velikog broja podataka. Novi skupovi podataka koji se koriste zajedno sa sve sofisticiranijim brojčanim modelima oblaka pomažu u ispitivanju različitih hipoteza o preinačivanju vremena. Kemijska proučavanja i proučavanja metaliziranih plastičnih vlakana pomažu u identifikaciji protoka zraka u i iz oblaka i identificiranju izvora leda ili higroskopskog zametanja kao sredstva za zasijavanje. Pomoću nekih od ovih novih mogućnosti može se prirediti bolja klimatologija oblaka i oborina za provjeru hipoteza zasijavanja prije nego što se počne s projektima na preinačivanju vremena.

Kada bi se moglo točno predvidjeti oborine iz sustava oblaka, bilo bi jednostavno otkriti učinak umjetnog zasijavanja oblaka na taj sustav. Očekivani učinci zasijavanja, međutim, gotovo su uvijek unutar granica prirodnih varijabilnosti (niski omjer između signala i šuma) pa je naša mogućnost predviđanja o ponašanju prirode još uvijek ograničena.

Uspoređivanje oborina koje se promatraju tijekom razdoblja zasijavanja i onih tijekom povijesnih razdoblja predstavlja problem zbog klimatskih i drugih promjena od razdoblja do razdoblja pa to stoga nije pouzdana tehnika. Ta je situacija još otežana sve većim dokazima o tome da klimatske promjene mogu dovesti do promjena u globalnim količinama oborina kao i do preraspodjele oborina u prostoru. U danas prihvaćenoj praksi ocjenjivanja metode slučajnih uzoraka (cilj/kontrola, cross-over ili pojedinačno područje) smatraju se najpouzdanijima u otkrivanju učinaka zasijavanja oblaka. Takvo ispitivanje metodom slučajnih uzoraka zahtijeva određeni broj slučajeva koji se mogu odmah izračunati na temelju prirodne varijabilnosti oborine i veličine očekivanog učinka. U slučaju vrlo niskog omjera između signala i šuma možda je potreban pokus u trajanju od 5 - do preko 10 godina. Kadgod je potrebna statistička procjena kako bi se ustanovilo da je neka značajna promjena rezultat zasijavanja, mora biti popraćena fizikalnom procjenom kako bi se:

- potvrdilo da je statistički promatrana promjena vjerojatno uzrokovana zasijavanjem; i
- utvrdile mogućnosti metode zasijavanja u stvaranju željenih učinaka pod različitim okolnostima. Učinak varijabilnosti prirodne oborine na potrebno trajanje pokusa može se smanjiti korištenjem fizikalnih pretskazatelja čija je učinkovitost upravno razmjerna našem razumijevanju pojave. Traženje fizikalnih pretskazatelja ima stoga visok prioritet u našem istraživanju preinačivanja vremena. Fizikalni pretskazatelji mogu se sastojati od meteoroloških parametara (kao što su stabilnost, smjerovi vjetra, gradijenti tlaka), ili brojčanih pokazatelja oblaka (kao što su količina tekuće vode, uzlazne brzine, koncentracije velikih kapljica, koncentracija kristala leda ili radarska odrazljivost).

Tehnike objektivnog mjerenja količine oborina treba prvenstveno koristiti za ispitivanje metoda preinačivanja vremena. To uključuje i izravna mjerenja na tlu (npr. kišomjeri i tučomjeri) i tehnike daljinskog praćenja (npr. radar, satelit). Sekundarni izvori, kao što su podaci iz osiguravajućih društava (koji su se u prošlosti koristili kao pokazatelji promjena o jačini tuče) su sami po sebi nezadovoljavajući u većini situacija.

Radni programi trebaju se izvoditi uz prihvaćanje rizika koji je nužni dio nedovoljno razvijene tehnologije. Na primjer, ne smijemo ignorirati da u određenim uvjetima zasijavanje može uzrokovati više tuče ili smanjiti oborine. Međutim, dobro osmišljeni i vođeni radni projekti nastoje uočiti i maksimalno smanjiti tekve neželjene učinke. Stoga one koji rukovode preinačivanjem vremena potiče se na uvođenje znanstveno prihvaćenih metodologija procjene koje obavljaju stručnjaci neovisni od djelatnika koji se time bave.

U sljedećim je odjeljcima dat kratak sažetak postojećeg stanja preinačivanja vremena. Ti se sažeci odnose samo na radnje preinačivanja vremena koje se izgleda temelje na prihvaćenim fizičkim načelima i koje su ispitane na terenu.

Rasap magle

Za rasap toplih (npr. temperature veće od 0 °C) i hladnih magli koriste se različite tehnike. Relativna pojavnost toplih i hladnih magli ovisi o geografskom položaju i o godišnjem dobu.

Termalna tehnika koja koristi intenzivne izvore topline (kao što su mlazni motori) za izravno zagrijavanje zraka i isparavanje magle pokazala se kratkoročno učinkovitom za rasap nekih tipova toplih magli. Instaliranje i upotreba takvih sustava je skupo. Druga tehnika koja se koristi je poticanje uvlačenja suhog zraka u maglu upotrebom lebdećih helikoptera ili motora na tlu. Te su tehnike također skupe za svakodnevno korištenje.

Uklanjanje toplih magli pokušalo se postići zasijavanjem s higroskopskim materijalima. U takvim se pokusima katkada može uočiti povećanje vidljivosti ali način i mjesto rasapa i raspodjela veličine materijala za zasijavanje od bitne su važnosti i teško ih je odrediti. U praksi je ta tehnika rijetko toliko učinkovita koliko modeli ukazuju. Trebalo bi koristiti samo ona higroskopska sredstva koja ne predstavljaju problem za okoliš i zdravlje.

Hladna (prehladna) magla može se raspršiti rastom i zasijavanjem ledenih kristala. To se s velikom pouzdanošću može potaknuti tako da se magla rasprši jezgrama umjetnog leda iz sustava na zemlji ili u zraku. Ta se tehnika koristi na nekoliko aerodroma ili autoputeva gdje postoji relativno visoka mogućnost pojave prehladne magle. Prikladne tehnike ovise o vjetru, temperaturi i ostalim čimbenicima. U sustavima u zraku obično se koristi suhi led. Ostali sustavi koriste brzo širenje komprimiranog plina kojim se zrak dovoljno ohladi za stvaranje kristala leda. Na primjer, na nekoliko aerodroma i mjesta na autoputevima koristi se tekući dušik ili ugljični dioksid u sustavima na tlu. Nova tehnika koja je prikazana u malom broju pokusa koristi topove sa suhim ledom za stvaranje kristala leda i pospešivanje njegovog brzog miješanja s maglom. Budući da se učinci tog tipa rasapa lako mjere, a rezultati su vrlo predvidljivi, smatra se da je randomizirana statistička provjera nepotrebna.

POBUĐIVANJE OBORINA (KIŠA I SNIJEG)

Ovaj se dio bavi onim tehnikama pobuđivanja oborina koje se temelje na znanstvenoj osnovi i koje su bile predmet istraživanja. Ostale neznanstvene i nedokazane tehnike o kojima se povremeno govori treba uzeti s potrebnom sumnjom i oprezom.

Sustavi orografskih oblaka miješane faze

S današnjim znanjem smatra se da zasijavanje oblaka nastalih strujanjem zraka iznad planina pomoću leda pruža najbolje mogućnosti za povećanje oborina na ekonomski održiv način. Ovi tipovi oblaka privukli su veliku pažnju prilikom preinačivanja vremena zbog njihovog potencijala u smislu upravljanja vodama, tj. njihove mogućnosti da budu rezervoari vode ili snijega na većim visinama. Postoje statistički dokazi da se u određenim uvjetima oborine iz prehladnih orografskih oblaka mogu povećati pomoću postojećih tehnika. Statističke analize evidencije oborina na tlu iz nekih dugoročnih projekata upućuju na zaključak da su ostvarena povećanja u godišnjim dobima.

Fizičke studije koje koriste nova sredstva promatranja i koje su potkrepljene brojčanim modelima upućuju na zaključak da prehladna voda u tekućem stanju postoji u količinama dovoljnim za stvaranje promatranih pobuđivanja oborina i da bi se mogla koristiti u vodovodu uz primjenu odgovarajućih tehnologija zasijavanja. Proces koji kulminiraju u povećanim oborinama bili su također predmet promatranja tijekom pokusa zasijavanja koji su obavljani na određenom prostoru i u određenom vremenskom roku. Dok takva promatranja dodatno potkrepljuju rezultate statističkih analiza, do danas su se koristila samo u ograničenom opsegu. Odnos uzroka i posljedica nije dovoljno dokumentiran, te se stoga ne može procijeniti ekonomski učinak povećanja.

To ne znači da je problem pobuđivanja oborina u takvim situacijama riješen. Mora se još mnogo učiniti kako bi se osnažili rezultati i dobili jači statistički i fizikalni dokazi o tome da se povećanje dogodilo na ciljanom prostoru i kroz dulje vrijeme kao i vidjeti postoje li učinci izvan područja. Treba poboljšati postojeće metode za identifikaciju mogućnosti zasijavanja kao i razdoblja i situacija u kojima zasijavanje nije preporučljivo i na taj način optimizirati tehnike i kvantificirati rezultat.

Takođe treba priznati da je uspješno obavljanje pokusa ili radnje težak zadatak koji zahtijeva kvalificirane znanstvenike i radno osoblje. Teško je i skupo sigurno upravljati zrakoplovom u regijama prehladnih oblaka. Jednako je teško odabrati sredstvo za zasijavanje iz izvora na tlu ili zasijavanje u velikim razmjerima iz zrakoplova uz vjetar prema sustavu orografskih oblaka.

Stratiformni oblaci

Zasijavanjem hladnih stratiformnih oblaka počelo je razdoblje preinačivanja vremena. Pod određenim uvjetima možemo izazvati oborine iz plitkih stratiformnih oblaka što često za posljedicu ima razvedranje u području zasijavanja. Sustavi dubokih stratiformnih oblaka (ali još uvijek s vrhovima oblaka iznad ≈ 20 °C) povezanih s ciklonama i frontama stvaraju značajne količine oborina. Niz pokusa na terenu i brojčanih simulacija dokazali su prisustvo prehladne vode u nekim regijama ovih oblaka, a postoji i nešto dokaza da se oborine mogu povećati.

Kumuliformni oblaci

U mnogim područjima u svijetu kumuliformni oblaci su glavni izvor oborina. Ovi oblaci (od malih oblaka za lijepa vremena do golemih olujnih oblaka) karakteristični su po velikoj vertikalnoj brzini i visokom stupnju kondenzacije. Od svih oblaka, oni mogu sadržavati najveće količine kondenzirane vode i mogu dati najveće omjere oborina. Pokusi zasijavanja i nadalje upućuju na zaključak da oborine iz jednostaničnih i višestaničnih konvektivnih oblaka daju različite rezultate. Ne razumije se u potpunosti varijabilnost rezultata.

Tehnike pobuđivanja oborina pomoću zasijavanja ledom koriste se za djelovanje na procese faza stvaranja leda dok se higroskopska tehnika zasijavanja koristi za djelovanje na procese stvaranja tople

kiše. Metode za procjenu tih tehnika kreću se od izravnog mjerenja pomoću kišomjera na tlu do neizravnih procjena o oborinama pomoću radara. Obje metode imaju svoje prednosti i nedostatke.

Tijekom zadnjih deset godina temeljito su proučavani prošli pokusi koji su koristili zasijavanje ledom. Čini se da rezultati zasijavanja variraju ovisno o promjenama u prirodnim karakteristikama oblaka a u nekim se pokusima pokazalo da nisu u skladu s izvornim hipotezama o zasijavanju.

Pokusi koji uključuju jako zasijavanje konvektivnih oblaka tople baze pomoću leda (s bazom od +10 °C ili toplijom) dali su miješane rezultate. Svrha im je bila stimulirati uzlazno kretanje zraka pomoću latentnog otpuštanja topline kojemu je pak cilj bio povećati oborine. Neki su pokusi ukazali na pozitivan učinak na pojedine konvektivne stanice ali još nema čvrstih dokaza da takvo zasijavanje može povećati količinu kiše iz višestaničnih konvektivnih olujnih oblaka. Mnoge faze navedenog fizičkog lanca događaja još nisu dovoljno dokumentirane promatranjima ili pokusima sa simuliranim numeričkim modelima.

Posljednjih godina ponovo se, putem modela simulacije i pokusa na terenu, poklanja pažnja zasijavanju toplih i hladnih konvektivnih oblaka pomoću higroskopskih kemijskih sredstava s ciljem da se pobuđivanjem procesa tople kiše poveća količina oborina (kondenzacija/ sudaranje-sraščivanje/mehanizmi raspada). Proučavane su dvije metode procesa stvaranja tople kiše: prva, zasijavanje pomoću malih čestica (umjetni CCN srednje veličine oko 0,5 do 1,0 mikrometara promjera) koristi se za ubrzanje početka oborina simuliranjem procesa kondenzacije-sraščivanja, tako da se povoljno modificira početni spektar kapljica na bazi oblaka, i druga, zasijavanje velikim higroskopskim česticama (umjetni embrio oborina od oko 30 mikrometara promjera) za ubrzanje stvaranja oborina stimuliranjem procesa sudaranja/sraščivanja. Nedavni pokus koji je koristio ovu posljednju tehniku statistički dokazuje povećanje oborina u skladu s radarskom procjenom. Međutim, povećanja nisu bila jednaka onima o kojima se govorilo u konceptualnom modelu, već su se izgleda događala kasnije (1-4 sata nakon zasijavanja), a razlog tome nije poznat.

Nedavni pokusi zasijavanja metodom slučajnih uzoraka with flares koji proizvode male higroskopske čestice u uzlaznim regijama konvektivnih oblaka miješanih faza daju statistički dokaz o povećanju oborina u skladu s radarskom procjenom. Pokusi su obavljani u različitim dijelovima svijeta a važan dio rezultata bio je ponavljanje statističkih rezultata u različitim geografskim područjima. Uz to, fizička mjerenja koja su dobivena upućuju na zaključak da je zasijavanje stvorilo širi spektar kapljica bliže bazi oblaka što pobuđuje stvaranje velikih kapi na početku životnog vijeka oblaka. Ta su mjerenja potkrepljena studijama brojčanih modela.

Iako su rezultati ohrabrujući i zanimljivi, ne razumijemo razloge trajanja promatranih učinaka koji su dobiveni zasijavanjem pomoću higroskopskih čestica, te neka temeljna pitanja ostaju otvorena. Mjerenja ključnih faza u lancu fizičkih događaja vezanih za zasijavanje pomoću higroskopskih čestica potrebna su za potvrdu koncepcije modela zasijavanja i raspona učinkovitosti ovih tehnika za povećanje oborina iz toplih i konvektivnih oblaka miješane faze.

SUZBIJANJE TUČE

Tuča uzrokuje znatne ekonomske gubitke usjevima i imovini. Postoji mnogo hipotetičnih prijedloga za suzbijanje tuče, a u mnogim se zemljama koriste metode zasijavanja. Fizičke hipoteze uključuju koncepte korisnog natjecanja (stvaranje mnogih dodatnih embrija tuče koji se međusobno učinkovito bore za prehladnu vodu), snižavanje putanje (c ciljem smanjenja veličine zrna tuče) i preuranjeno ispiranje kišom. U skladu s ovim konceptom, metode zasijavanja usredotočuju se na periferne regije velikih olujnih sustava prije nego na glavno uzlazno strujanje.

Naše razumijevanje oluja još uvijek nije dovoljno za pouzdanu prognozu o učincima zasijavanja na tuču. Mogućnosti povećanja ili smanjenja tuče ili kiše u određenim uvjetima bile se predmetom rasprava u znanstvenoj literaturi. Oluje sa superćelijama prepoznate su kao poseban problem. Numeričke simulacije modela oblaka pružile su uvid u složenost procesa stvaranja tuče, no te simulacije još uvijek nisu dovoljno točne za davanje konačnih odgovora. Znanstvenici u radnim i

istraživačkim programima rade na određivanju povoljnih vremena, mjesta i količine zasijavanja za postizanje učinkovitog preinačavanja.

Učinjeno je nekoliko randomiziranih pokusa za suzbijanje tuče uz korištenje elemenata poput mase tuče, kinetičke energije, broja zrna tuče, i područja na koje je pala tuča. Međutim, većina pokušaja procjene uključila je nerandomizirane radne programe. U njima su često korišteni povijesni načini mjerenja jačine tuče u odnosu na veličinu štete, katkada uz ciljana i kontrolna područja uz vjetar, no takve se metode mogu pokazati nepouzdanima. Mnoge su grupe zahtijevale velika smanjenja. Težina znanstvenih dokaza do danas ne ukazuje na zaključke, koji bi bilo potvrdili ili zanijekali učinkovitost radnji vezanih uz suzbijanje tuče. Takva je situacija motivacija za radne programe koji bi ojačali fizičke komponente i komponente procjene njihovih napora.

Posljednjih su se godina za suzbijanje tuče ponovo počeli koristiti topovi koji proizvode jaku buku. Nema ni znanstvene osnove ni vjerodostojne hipoteze koje bi potkrijepile takve aktivnosti.

Značajan napredak u tehnologiji u zadnjih deset godina otvorio je nove putove kojima dokumentiramo i bolje razumijemo razvoj jakih oluja i tuče. Potrebni su novi pokusi o organizaciji oluje i stvaranju oborina uključujući tuču.

DRUGI NAČINI UBLAŽAVANJA NEVREMENA

Tropske ciklone značajno doprinose godišnjoj količini kiše u mnogim područjima no one su isto tako odgovorne za znatne štete na imovini i za brojne izgubljene živote. Stoga bi ciljevi svake promjene na vremenu trebali biti da se smanji vjetar, spriječi izbijanje oluje i šteta od kiše, no ne nužno i ukupna količina kiše. U šezdesetim i početkom sedamdesetih godina rađeni su pokusi za promjenu uragana. Međutim, nema opće prihvaćenog konceptualnog modela koji bi uputio na zaključak da se uragani mogu preinačiti.

Dok je preinačavanje tornada ili štetnog vjetra poželjno zbog sigurnosti i ekonomskih razloga, za sada ne postoje prihvatljive fizičke hipoteze koje bi pomogle ispunjenju tog cilja.

Za suzbijanje groma bilo je nešto zanimanja. Motiviranost uključuje smanjenje pojava šumskih požara uzrokovanih udarom groma i smanjenje te opasnosti za vrijeme lansiranja svemirskih brodova. Koncept koji se obično predlaže uključuje smanjenje električnih polja u području oluja kako one ne bi postale dovoljno jake za stvaranje i pražnjenje munja. U tu svrhu u oluju se unose metalizirana plastična vlakna ili srebreni jodid. Metalizirana plastična vlakna trebaju stvoriti točke za pražnjenje korone, što pak smanjuje električno polje na vrijednost nižu od one koja je potrebna za stvaranje munje, dok bi povećanje koncentracije kristala leda trebalo izmijeniti brzinu povećanja naboja i raspodjelu naboja u oblacima. Pokusi na terenu koristili su ove koncepte a ograničeni broj brojčanih rezultata brojčanih modela ih potkrepljuje. Rezultati nemaju statističke važnosti.

NEHOTIČNO PREINAČAVANJE KLIME

Ima mnogo dokaza da sagorijevanje biomase, poljoprivredne i industrijske djelatnosti preinačavaju lokalne a katkada i regionalne klimatske uvjete. Promjene korištenja zemljišta (npr. urbanizacija i sječa šuma) također preinačuju lokalnu i regionalnu klimu. Kakvoća zraka, vidljivost, površinski i niski vjetar, vlažnost i temperatura te procesi stvaranja oblaka i oborina također su pod utjecajem velikih urbanih područja. Kako se poboljšavaju mogućnosti praćenja okoliša i modeliranja atmosfere, postaje sve očitije da ljudska djelatnost ima značajan utjecaj na meteorološke parametre i klimatološke mehanizme koji utječu na našer zdravlje, produktivnost i društvenu infrastrukturu. Pri planiranju i analizi pokusa i radnji za preinačavanje vremena trebaju se uzeti u obzir nehotični učinci (npr. promjene u pozadinskoj raspodjeli aerosola utječu na strukturu oblaka i mogu utjecati na procese stvaranja oborina).

GOSPODARSTVENI, DRUŠTVENI ASPEKTI I ASPEKTI OKOLIŠA U PREINAČAVANJU KLIME

Kada u zemlji postoji potreba za poboljšanjem gospodarstva u određenom sektoru djelatnosti (na primjer: povećati količine vode za poljoprivredu ili proizvodnju energije), ponekad se razmišlja o preinačavanju klime ili smanjenju rizika koji su povezani s opasnim pojavama (mrizevi, magle, tuča, grom, oluje itd). Uz postojeću nesigurnost vezanu uz mogućnost postizanja tih ciljeva potrebno je razmotriti utjecaje na druge djelatnosti ili grupe stanovništva. Treba uzeti u obzir ekonomske, društvene, ekološke i pravne aspekte problema. Stoga je važno razmotriti svu važnu složenost i prepoznati različitost mogućih utjecaja za vrijeme faze planiranja neke radnje.

Pravni aspekti mogu biti naročito važni kada se aktivnosti vezani uz preinačavanje klime obavljaju u blizini granica drugih država. Međutim, bilo koji pravni sustav kojem je cilj unapređivanje ili reguliranje preinačavanja vremenom mora priznati da je znanstvena spoznaja još uvijek nepotpuna.

Potrebno je procijeniti utjecaj na eko-sustav svih planiranih dugoročnih radnji vezanih uz preinačavanje klime. Takve studije mogle bi otkriti promjene koje treba uzeti u obzir. Tijekom rada treba pratiti moguće utjecaje na okoliš za sprječavanje očekivanih nepovoljnih utjecaja.

SAŽETAK IZJAVE I PREPORUKE

U zadovoljavanju potreba za više vode i manje tuče u mnogim dijelovima svijeta došlo je do poboljšanja u posljednjih deset godina na području znanosti i tehnologije o preinačavanju klime. Primjenjuju se mnogi programi za raspršivanje magle, za pobuđivanje kiše i snijega i za suzbijanje tuče. Neke zemlje podržavaju nekoliko pokusnih programa istraživanja i uključuju statističke procjene slučajnih uzoraka. Poboljšanje uređaja za promatranje, mogućnosti računala, brojčanih modela, i razumijevanja danas omogućuju detaljnije proučavanje procesa stvaranja oblaka i oborina nego ikada prije i stoga su mogući značajni pomaci. Počinju se primjenjivati nove tehnologije i metode koje će dovesti do daljnjeg razumijevanja i razvoja na tom polju.

U svjetlu ovog pregleda stanja preinačavanja klime članovima Svjetske Meteorološke Organizacije upućuju se sljedeće preporuke:

- Treba osnovati klimatologije oblaka, magle i oborina u svim zemljama kao izvor bitnih informacija u preinačavanju klime te za studije i radnje vezane za vodene resurse;
- Treba ojačati radne projekte zasijavanja oblaka tako što će se omogućiti nezavisna procjena rezultata zasijavanja. To bi trebalo uključiti mjerenja varijabla fizičkih rezultata i randomiziranu statističku komponentu;
- Obrazovanje i obučavanje iz područja fizike oblaka, kemije oblaka i drugih srodnih znanosti treba biti bitna komponenta projekata za preinačavanje klime. Tamo gdje nema potrebnih kapaciteta treba koristiti uređaje drugih članica;
- Bitno je da osnovna mjerenja podrže i ocijene materijal za zasijavanje i predložene hipoteze zasijavanja za bilo koji pokus preinačavanja klime koji će se obavljati prije i za vrijeme trajanja projekta;
- Potiče se da programi preinačavanja klime koriste nova sredstva promatranja te mogućnosti brojčanog modeliranja prilikom projektiranja, vođenja, i ocjene projekata na terenu. Dok neke članice možda nemaju pristup ili sredstva za primjenu tih tehnologija, potiče se suradnja među zemljama članicama (npr. multinacionalni programi na terenu, ocjena nezavisnih stručnjaka, obrazovanje itd.) koja će pružiti potrebna sredstva za primjenu ovih tehnologija.

SMJERNICE ZA SAVJETE I POMOĆ U VEZI PLANIRANJA AKTIVNOSTI ZA PREINAČIVANJE VREMENA

1. Ove su smjernice namijenjene članicama koje traže savjete ili pomoć u vezi aktivnosti za preinačivanje vremena. One uključuju preporuke koje se temelje na sadašnjem iskustvu koje je stečeno kroz rezultate teorijskih studija širom svijeta te kroz pokuse u laboratorijima i na terenu. Sinteza glavnih temeljnih koncepcija i glavnih rezultata dobivenih putem programa za preinačivanje vremena iznesena je u "Izjavi Svjetske Meteorološke organizacije o stanju preinačivanja vremena". Ta je izjava revidirana tijekom 20. Zasjedanja Izvršnog savjeta okruglog stola stručnjaka/CAS radne grupe za fiziku i kemiju oblaka i istraživanje preinačivanja vremena, a prihvaćena je na pedesettrećem zasjedanju Izvršnog savjeta u lipnju 2001.
2. Članice koje žele razvijati aktivnosti na polju preinačivanja vremena trebaju biti svjesne činjenice da su istraživanje i operativne primjene još uvijek u razvoju. Ne smije se zanemariti da pod određenim uvjetima zasijavanje može biti neučinkovito, a može čak pojačati neželjene učinke (pojačati tuču ili smanjiti kišu). Međutim, ispravno planirani i vođeni projekti nastoje uočiti i minimalizirati takve neželjene učinke. Poznato je da znanstvena ocjena zna biti težak zadatak, no za sada je to jedini poznati način za izbjegavanje negativnih rezultata i brojčano izražavanje poznatih ekonomskih učinaka te omogućavanje poboljšanja u razumijevanju i metodologiji koja se koristi. Revidirana Izjava Svjetske meteorološke organizacije o stanju preinačivanja vremena na koju upućuje stavak 1. razlikuje različite tipove preinačivanja vremena i stupanj sigurnosti u postizanju željenih učinaka nakon zasijavanja oblaka. Stupanj sigurnosti je vrlo visok za operativno raspršivanje prehladne magle i umjeren za povećanje sniježnih oborina iz orografskih oblaka. Stupanj sigurnosti nije visok za suzbijanje tuče.
3. Svjetska meteorološka organizacija preporučuje da se operativni projekti zasijavanja oblaka za preinačivanje oborina planiraju tako da omoguće ocjenu rezultata zasijavanja putem fizikalnih mjerenja i statističke kontrole vezane uz randomizaciju zasijavanja. Fizikalna mjerenja trebaju uključiti karakterizaciju materijala za zasijavanje. To s velikom pažnjom treba povjeriti kvalificiranim djelatnicima. Objektivnu ocjenu treba dati grupa koja je neovisna od radne grupe. Potrebno je planirati dugotrajne programe budući da je varijabilnost oborina općenito mnogo veća od povećanja ili smanjenja za koje se tvrdi da su rezultat umjetnog preinačivanja vremena. Korištenje prikladnih brojčanih modela može pomoći pri skraćivanju vremena potrebnog za ocjenu projekta.
4. Svjetska meteorološka organizacija preporučuje da se detaljno ispituju prikladnosti lokacije za zasijavanje oblaka na način sličan onome u Projektu za povećanje oborina (Precipitation Enhancement Project - PEP) za koji su dostupni izvještaji Svjetske meteorološke organizacije. Za povećanje mogućnosti uspjeha u posebnoj situaciji, u preliminarnim studijama treba provjeriti da:
 - klimatologija oblaka i oborina na lokaciji upućuje na mogućnost povoljnih uvjeta za preinačivanje vremena;
 - uvjeti odgovaraju dostupnim tehnikama preinačivanja;
 - studije modeliranja podržavaju predloženu hipotezu o preinačivanju vremena;
 - za učestalost kojom se događaju pogodni uvjeti, možemo, na prihvatljivoj razini statističke važnosti, uočiti promjene koje su rezultat tehnike preinačivanja;
 - operativnu radnju možemo provesti uz trošak prihvatljivo niži od društveno ekonomske koristi do koje će vjerojatno doći.

Sve buduće studije zahtijevaju prosudbu stručnjaka i očekuje se da će rezultati ovisiti o odabranoj lokaciji i godišnjem dobu.

- 1. Ne postoje kvantitativni kriteriji za prihvaćanje rezultata pokusa na preinačivanju vremena. Prihvaćanje ovisi o stupnju znanstvene objektivnosti i dosljednosti s kojom je pokus vođen te o mjeri u kojoj je to pokazano. Također je važna fizikalna vjerodostojnost pokusa, stupanj do kojeg je isključena pristranost u provođenju i analizi pokusa te o postignutom stupnju statističke važnosti. Malo je pokusa na preinačivanju vremena koji udovoljavaju zahtjevima znanstvene zajednice u pogledu ovih općih kriterija. Međutim, postoje privlačne mogućnosti za napredak u našem razumijevanju problema vezanih uz preinačivanje vremena, a koje koriste moderna sredstva istraživanja, uključujući sofisticirani radar, nove zrakoplovne instrumente i snažne brojčane modele.*
- 2. Preinačivanje vremena treba smatrati dijelom integralne strategije za upravljanje vodenim resursima. Teško je postići momentalno ublažavanje suše. Posebice, ako nema oblaka, oborine se ne mogu umjetno pobuditi. Vjerojatno je da će mogućnosti za povećanje biti veće tijekom razdoblja normalne ili iznadnormalne količine kiše nego tijekom suhih razdoblja.*
- 3. Članice moraju imati na umu da obujam napora uključenih u projektiranje, provođenje ili ocjenu programa za preinačivanje vremena sprječava Tajništvo Svjetske meteorološke organizacije u pružanju detaljnih savjeta. Međutim, na zahtjev, Glavni tajnik može pružiti pomoć (dobivanjem savjeta od znanstvenika o drugim projektima za preinačivanje vremena ili pomoću posebne ekspertize) pod uvjetom da:
 - i. Troškove snosi zemlja tražiteljica,*
 - ii. Organizacija ne može preuzeti odgovornost za posljedice savjeta što ga je dao pozvani znanstvenik ili stručnjak,*
 - iii. Organizacija ne prihvaća pravnu odgovornost u bilo kojem sporu do kojega može doći.**