

# NAPOVEDOVANJE NEVIHT

## Storm Forecasting

Gregor Gregorič\*, Aleš Poredoš\*\* UDK 551.50

### Povzetek

Zelo kratkoročno in zdajšnje napovedovanje vremena (angl. nowcasting) sta posebni veji vede o napovedovanju vremena. Omejujeta se na pojave v kratki časovni skali (po definiciji – zelo kratkoročno napovedovanje do 12 ur, zdajšnje napovedovanje do 2 uri). Značilni objekt zelo kratkoročnega in zdajšnjega napovedovanja vremena so nevihte in nevihtni sistemi. V članku je opisana problematika teh napovedi in značilnosti obstoječih prognozičnih postopkov, ki morajo biti povezani v enoten proces. O tem nas učijo tudi slabe izkušnje.

### Abstract

Slovenia belongs among those areas with the highest storm activity in the world. Hail causes considerable damage to both crops and property. Therefore,

accurate short-term forecasts and early warnings of intense convective activity are of great value.

Short term forecasting and nowcasting is a branch of weather forecasting with emphasis on local details in a time range up to 12 hours ahead. Nowcasting techniques integrate information on the state of the atmosphere from various sources: numerical models, remote sensing devices such as satellites and weather radars, ground measurements and radio sounds. Since the time of action is very limited, a detailed plan of action on both the forecaster's and the end-user's side is needed. A forecasting and decision-making process must be established. Another important issue is media policy. Some unpleasant experiences have been recorded in relation to extensive publicity in the nowcasting process (30th June 1998).

## Uvod

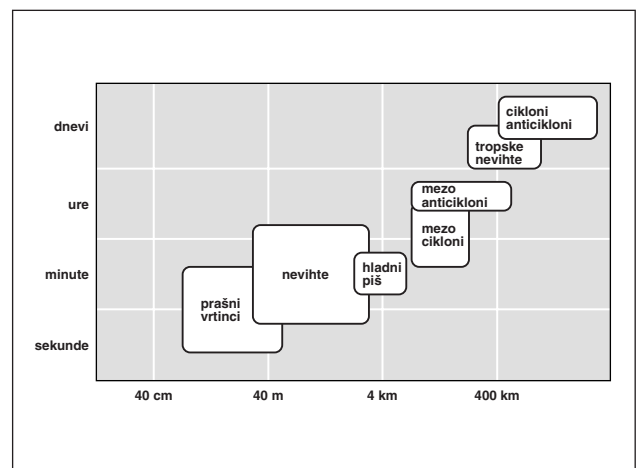
V topli polovici leta so v Sloveniji močne nevihte zelo pogost pojav. Huda neurja s točo so pogosta predvsem v juniju in juliju; leta 1997 je bilo kar 30 dni s poročili o hudih nevihtah in spremljajočo škodo zaradi toče, strel, orkanskega vetra ter poplav in zemeljskih plazov (Šipeč, 1998).

Slovenija sodi med območja z največjo pogostnostjo neviht v Evropi. To dejstvo je znano že nekaj desetletij, raziskovalci so se do njega dokopali z analizo števila nevihtnih dni (Petkovšek, 1966). Kot nevihtni dan opredeljujemo dan, ko je opazovalec na meteorološki postaji vsaj enkrat slišal grom ali v bližini postaje ali v okolici opazil za nevihto značilne pojave ter to zabeležil v opazovalni dnevnik. Tak postopek je zaradi subjektivnosti sicer precej dvomljiv, vendar je bilo število nevihtnih dni dolga leta edini dostopni podatek o nevihtni aktivnosti. Prof. Petkovšek je na podlagi te analize odkril, da sodi območje, ki sega od Tržaškega zaliva prek osrednje Slovenije in vzhodne Avstrije do Dunaja, celo med najbolj nevihtna območja na svetu. Razlog za tako pogoste nevihte v Sloveniji je njena geografska lega: Sredozemsko morje je vir topllega in vlažnega zraka v nižjih plasteh ozračja, gorske pregrade pa vplivajo na gibanje frontalnih motenj ter skrbijo za proženje neviht v labilnem ozračju.

S stališča nevihtne aktivnosti smo torej v Sloveniji v razmeroma neugodnem položaju. Vprašanje je, kaj lahko glede tega storimo. V osemdesetih letih je bilo veliko dela in finančnih sredstev vloženi v obrambo pred točo. Vendar so analize pokazale, da smemo upravičeno dvomiti v rezultate te obrambe. V Ljubljani je bil leta 1987 mednarodni simpozij o obrambi pred točo (Rakovec, 1987). Mnenja so bila sicer različna. Udeleženci simpozija iz zahodne Evrope so poročali o rezultatih velikega mednarodnega poskusa (Grossversuch IV), s katerim so na velikem številu nevihtnih oblakov poskusili oceniti vpliv posipanja oblakov. Statistično vpliva niso mogli dokazati. Tudi naši strokovnjaki niso mogli poročati o dokazanem vplivu posipanja oblakov v Sloveniji. Zato so države v zahodni Evropi obrambo pred točo v glavnem opustile. Hudih neviht s točo torej ne moremo preprečiti, lahko pa poskusimo nanje pravočasno opozarjati.

## Napovedovanje razvoja neviht

Poudariti je treba, da tu ne gre za klasične vremenske napovedi, ki so ljudem znane iz medijev. Meteorolog-prognostik, ki napoveduje vreme za večje področje (npr. za Slovenijo s sosednjimi deželami ali pa kar za celo Evropo), še nima razvitih ustreznih orodij, predvsem pa operativnih postopkov za pravočasno opozarjanje pred hudimi nevihtami. Razvoj neviht namreč pogojujejo specifični procesi v ozračju v povsem drugi, manjši prostorski skali, kot razvoj »splošnega« vremenja. Pa še nekaj je pomembno – druga časovna skala (slika 1). Razvoj neviht in nevihtnih sistemov namreč poteka zelo hitro, zato morajo biti take tudi reakcije prognostika in uporabnikov njegovih opozoril. Pri opazovanju in napovedovanju neviht in spremljajočih pojavov, npr. nalivov, toče, sunkov vetra itd., se torej gibljemo v razsežnostih od nekaj minut do nekaj ur in od nekaj deset metrov do nekaj deset kilometrov.



Slika 1. Značilne prostorske razsežnosti (vodoravna logaritemska skala) in časovne razsežnosti (navpična logaritemska skala) nekaterih vremenskih sistemov  
Figure 1. Typical space and time scales of some weather systems

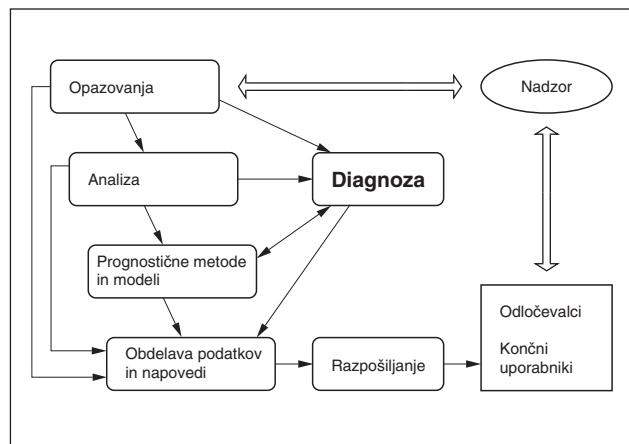
\* mag., Fakulteta za matematiko in fiziko, Katedra za meteorologijo, Jadranska 19, Ljubljana, gregor.gregoric@uni-lj.si

\*\* Ministrstvo za okolje in prostor, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, Vojkova 1b, Ljubljana, ales.poredos@rzs-hm.si

Takšne prognoze delimo glede na čas napovedi na zelo kratkoročne (do 12 ur naprej) in zdajšnje (do 2 uri naprej). Zdajšnje napovedi z angleškim izrazom imenujemo nowcasting. Lahko bi rekli, da sta ti dve vrsti napovedovanja že kar posebni veji vede o napovedovanju vremena. V zadnjem času je bilo temu področju v Evropi posvečeno precej pozornosti (Conway et al., 1996). V tem članku uporabljamo izraz zelo kratkoročna napoved za obe vrsti napovedovanja vremena.

## Tehnika zelo kratkoročnega napovedovanja razvoja neviht

Dobra vremenska informacija je brez vrednosti, če je ne uporabimo učinkovito (Conway et al., 1996). V našem primeru, ko želimo zmanjšati škodo, ki nam jo povzročajo nevihte, se s to trditvijo zlahka strinjamo. Osnovni podprocesi pri napovedovanju vremena in vremenskih pojavov so prikazani na sliki 2. Če torej želimo, da bo vremenska informacija koristno uporabljena, moramo zagotoviti ustrezno izvedbo vseh podprocesov, zaradi časovnih omejitev pri kratkoročnem napovedovanju pa še posebej učinkovito povezavo med njimi. Radi bi poudarili, da so za uspešno in koristno izvedbo kratkoročnega napovedovanja izredno pomembne ravno aktivnosti zadnjih členov v procesu – razpošiljanje informacij (opazovanj, napovedi opozoril itd.) in končni uporabniki, ki morajo biti za ustrezno reakcijo na določeno informacijo tudi pripravljeni in izurjeni.



Slika 2. Osnovni podprocesi operativne prognoze  
Figure 2. Data flow in operational forecasting

## Problematika zelo kratkoročne vremenske prognoze

V aplikativni meteorologiji trenutno obstaja v časovni skali zelo kratkoročne prognoze t.i. »vrzel v vedenju« o stanju atmosfere med 2. in 12. uro. Trenutne meritve takrat namreč že izgubijo določeno del svoje vrednosti, medtem ko je meteorološka napoved še nima. Čeprav so rezultati numeričnih modelov za simulacijo dogajanja v atmosferi postali najpomembnejše orodje v kratko- in srednjeročni prognozi in so sposobni ustvariti neverjetne lokalne podrobnosti, so v prvih urah kratkoročne napovedi zaenkrat skoraj neuporabne zaradi počasnega prilagajanja modela hidrološkemu ciklu (»spin-up« efekt). Operativni mezometeorološki modeli trenutno ne zajemajo opazovanj neposredno, temveč le posredno prek analiz drugih modelov. Zelo kratkoročna napoved vremena, ki bi temeljila pretežno na prognozi mezometeoroloških modelov, bi torej prezrla dostopno informacijo o vremenu, ki jo prinašajo kontinuirane meritve in opazovanja.

## Orodja in metode zelo kratkoročnega napovedovanja neviht

### Opazovanja na daljavo

**Meteorološki radarji** so osnovno orodje za odkrivanje in sledenje nevihtnih celic. Meteorološki radarji delujejo z valovno dolžino 1–10 cm in zaznavajo odboje od padavinskih delcev v ozračju. V Sloveniji imamo en meteorološki radar, ki je nameščen na Lisci. Poleg odbojnosti od padavinskih delcev pa lahko radarji s t.i. Dopplerjevim modulom zaznavajo tudi hitrost premikanja teh delcev, kar je zlasti pri zdajšnjem napovedovanju zelo dobrodošlo.

**Meteorološki sateliti** so pomembni za spremljanje konvektivnih (s tem tudi nevihtnih) sistemov nad večjim, regionalnim področjem.

**Sistemi za detekcijo razelektritev** – v zadnjem času postajo pomembno dopolnilo radarskim meritvam (Kosmač, 1998). S sistemom, ki zaznava razelektritve, lahko le-te zelo natančno lociramo. Dobra stran tovrstnih sistemov je odlična časovna ločljivost, saj so podatki dostopni z zakasnitvijo le nekaj sekund. Slaba stran pa je v tem, da se strele pojavijo šele, ko je nevihta že dobro razvita (v zreli fazi) in jo torej lahko opazimo kasneje kot z meteorološkim radarjem.

### Prizemna opazovanja in radiosondažne meritve

Edina radiosondažna meritev vertikalnega profila ozračja v Sloveniji je ljubljanska sondaža vsak dan ob 6. uri zjutraj po standardnem času (UTC). Ta sondaža je pomembna za določanje nestabilnosti ozračja zlasti zato, ker je nestabilnost v veliki meri odvisna od temperature in vlage blizu tal. Prizemna opazovanja (klasične sinoptične in avtomatske postaje) zaradi zelo razgibanega reliefa in relativno redke merilne mreže v Sloveniji pri zelo kratkoročnih napovedih igrajo sicer tudi pomembno vlogo, vendar manjšo kot sistemi za opazovanja na daljavo.

### Analiza in diagnoza

Pri zelo kratkoročnem napovedovanju v nasprotju s sinoptičnim napovedovanjem vremena prognostik nima časa in pogosto niti dovolj relevantnih podatkov za podrobno subjektivno analizo dogajanja.

Zato mora uporabljati čim bolj avtomatizirane računalniško podprte metode za t.i. objektivno analizo in diagnozo, ki mu z izločitvijo za razvoj neviht nepomembnih podatkov omogočijo osredotočanje na bistveno, vsebinsko plat v procesu odločanja o predvidenem razvoju vremenske situacije. Poznamo celo vrsto orodij, od povsem numeričnih operacij za kombiniranje opazovanih podatkov do kompleksnih grafičnih operacij na ravni vizualizacijske programske opreme. Najtežje pa je seveda vsa ustrezna orodja povezati v časovno učinkovit sistem, ki pa mora zaradi cele vrste približkov, ki jih vsebujejo objektivne metode še vedno nujno dovoljevati tudi subjektivno prognostikovo interakcijo.

### Prognozične metode in modeli

V nadaljevanju si oglejmo dve vrsti orodij za napovedovanje: »objektivne« računalniške numerične modele za simulacijo dogajanj v atmosferi in »subjektivne« konceptualne modele.

### Numerični meteorološki modeli za simulacijo dogajanj v atmosferi

Tak model v Sloveniji imamo – gre za model ALADIN/SI. Ta model se je pri napovedovanju intenzivnih orografskih padavin že izkazal in o tem je bilo nekaj zapisano tudi v Ujmi (Žagar et al., 1998). Model se požene vsak dan dvakrat in izračuna polja meteoroloških spremenljivk v mreži točk z medsebojno razdaljo približno 11 km in na 30 vertikalnih nivojih. Rezultati modelskih izračunov prinašajo podrobno poznavanje stanja atmosfere v lokalni skali, vendar je njihova vrednost prvih nekaj ur prognoze zaradi že omenjene vrzeli o vedenju majhna.

### Konceptualni modeli

Konceptualni modeli so opisi značilnih struktur v atmosferi, njihovih življenjskih ciklov in spremljajočih vremenskih pojavov. So neke vrste nujno zlo pri zelo kratkoročnem napovedovanju. Prognostiku nadomeščajo objektivno analizo dogajanj v atmosferi, ki je na voljo pri sinoptični prognozi vremena. Opažene meteorološke fenomene – v našem primeru nevihte – prognostik pripiše atmosferskim sistemom, ki jih opredeli s pomočjo konceptualnih modelov.

Če torej določeno vremensko dogajanje prepoznamo kot atmosferski sistem, opisan s konceptualnim modelom, lahko po analogiji tudi napovemo običajni nadaljnji razvoj, smer gibanja, življenjsko dobo in spremljajoče vremenske

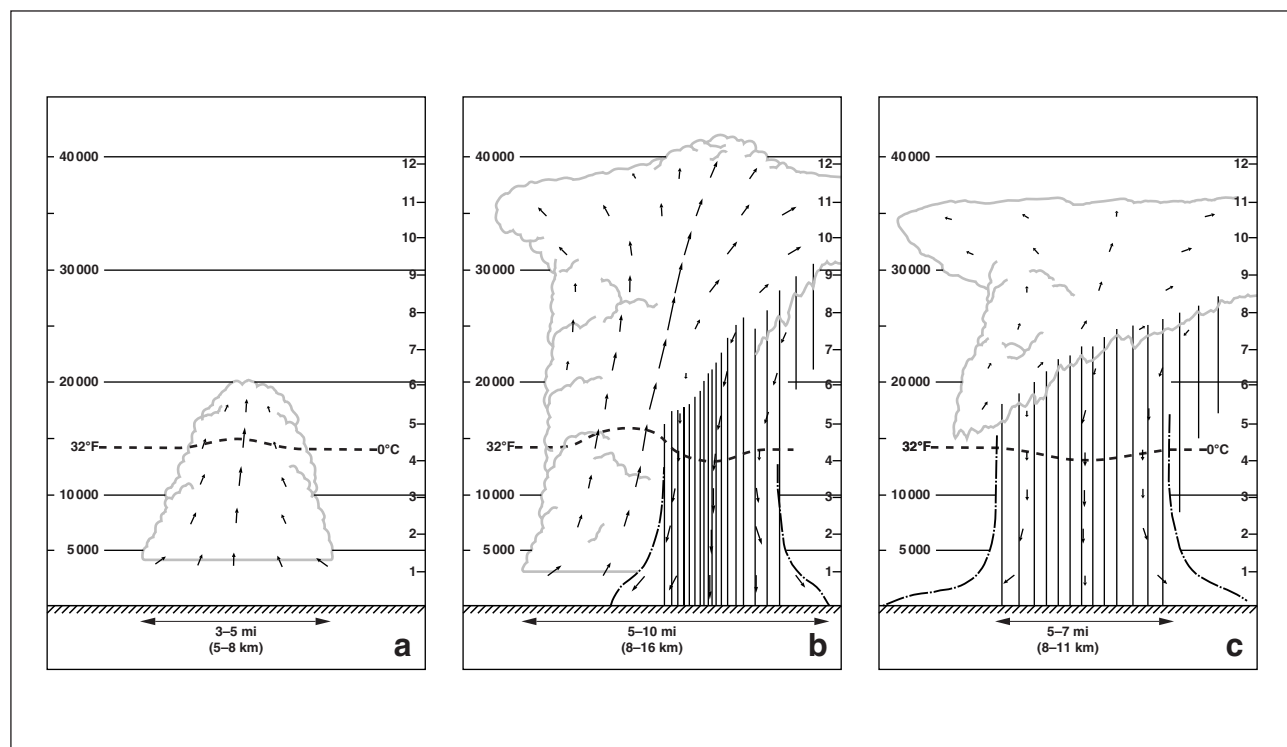
pojave. To je osnovna tehnika zelo kratkoročnega napovedovanja.

Seveda ima taka metoda velike pomanjkljivosti; vremenski pojavi se pač ne dajo vedno razdeliti »v predalčke«, vsak ima svojo specifiko in določeno nepredvidljivost. Zato tudi rezultatov zelo kratkoročnih in zdajšnjih napovedi ni moč uporabljati na enak način kot tiste klasične, medijske.

Konceptualnih modelov nevihtnih celic je sicer več; posamezne nevihte se lahko z medsebojnim vplivanjem in vplivom morebitne bližine fronte povezujejo v večcelične nevihte, nevihtne linije ali v konvektivne skupke (ang. cluster) itd.

Za ilustracijo pa opišimo dva najpreprostejša konceptualna modela nevihtnih celic: kratkotrajne nevihte in dolgotrajne, supercelične nevihte.

**Kratkotrajne nevihte** so po konceptualnem modelu nevihtne celice z življenjsko dobo do ene ure in tremi razvojnimi fazami (slika 3). Takšne nevihte največkrat nastanejo poleti zaradi pregrevanja zraka pri tleh (termične nevihte). Za kratkotrajne nevihte je značilno, da se lahko razvijejo tudi v brezvetrju, denimo ob anticiklonalnem vremenu. Pogoj je le dovolj velika labilnost ozračja. Takšne nevihte redko povzročijo večjo škodo. Ob veliki nestabilnosti ozračja v njih lahko nastane toča, vendar le-ta hitro zaduši dotok vlažnega zraka z vzgornikom. Nevihtni piš (hladen veter, ki nastane v območju najmočnejših padavin zaradi evaporativnega ohlajanja) hitro izgubi svojo moč.



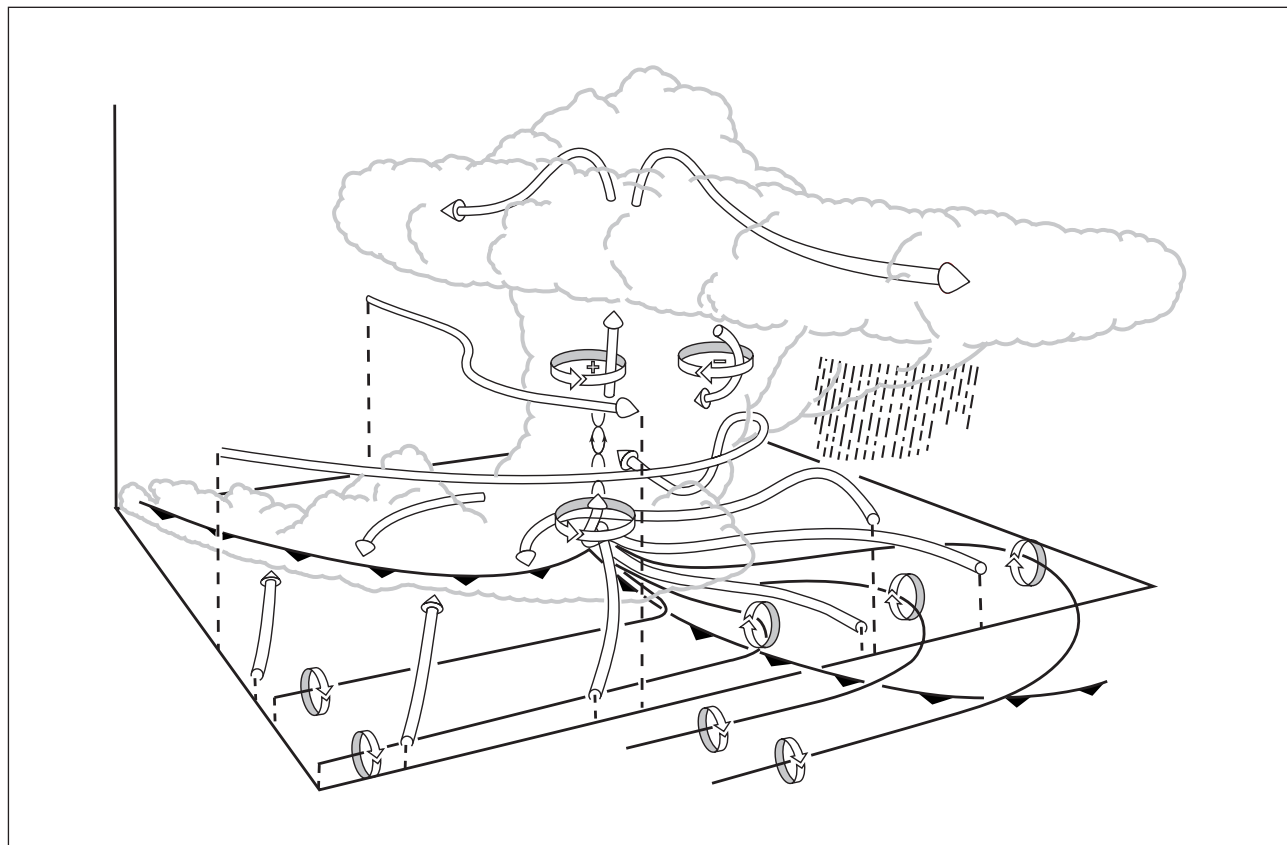
Slika 3. Konceptualni model kratkotrajne nevihtne celice. a) kumulusna faza, b) zrela faza in c) faza odmiranja  
Figure 3. Conceptual model of a short-lasting convective cell: a) cumulus stage, b) mature stage, and c) dissipation stage

**Dolgotrajne, supercelične nevihte** so pri konceptualnih modelih neviht neke vrste druga skrajnost; gre za hude, dolgotrajne nevihte z lastnim načinom gibanja in življenjsko dobo več ur. Shema razvite supercelične nevihte je na sliki 4.

Glavna značilnost supercelične nevihte je njeno vrteče se jedro. Vrtenje jedra nevihte ima dve posledici: stabilnost celice in ločitev vzgornika od območja padavin. Vsa nevihtna celica se spremeni v velik ciklostrofsko usklajen vrtinec in postane stabilna. Včasih se v spodnjih plasteh zaradi vpliva nevihtnega piša vrtničnost lokalno zelo okrepi in nas-

tane tornado. Ločitev območja vzgornika od območja padavin pa prepreči zadušitev vzgornika in omogoči dotok vlažnega in toplega zraka iz spodnjih plasti, ki je nujen za življenje nevihte.

Vzrok za vrtenje vzgornika v nevihtni celici leži v okolju, v katerem se celica sproži. Pogoj je striženje vetra (spreminjanje smeri in hitrosti) z višino. Na sliki 4 je striženje vetra označeno z vrtinci na tokovnicah horizontalnega toka zraka proti celici; striženje se namreč z dvigovanjem zraka lahko pretvori v vrtenje.



Slika 4. Konceptualni model hude, dolgotrajne nevihtne celice. Debele puščice označujejo tok zraka relativno glede na gibanje celice, ploščate puščice označujejo območja vrtinčenja  
 Figure 4. Conceptual model of a severe, long-lasting storm. Thick arrows denote air flow relative to storm motion, flat arrows denote zones of increased vorticity

## Razpošiljanje rezultatov zelo kratkoročnih napovedi

Razpošiljanje ali diseminacijo vremenskih podatkov in rezultatov napovedi lahko razdelimo na interno (med meteorološko službo in končnimi odločevalci, npr. prometnimi službami ali regionalnimi centri za obveščanje ipd.) ter eksterno (odločevalci oskrbujejo končne uporabnike, npr. center za obveščanje informira skupine na terenu).

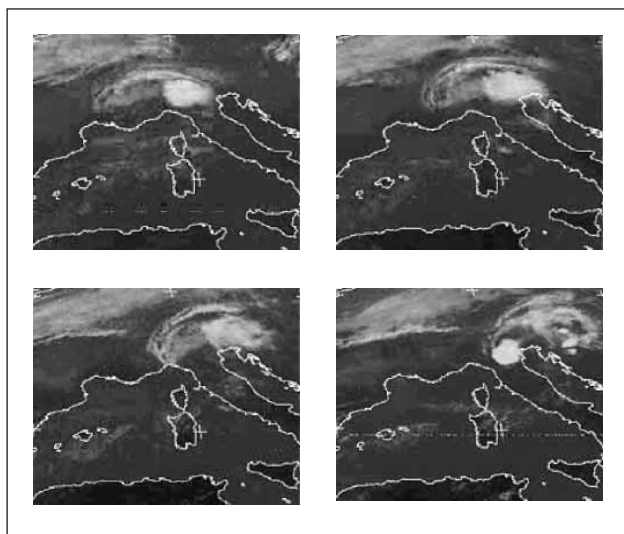
Tehnološko lahko uporabljamo aktivno razpošiljanje (informacije se avtomatično pošljejo uporabniku) in pasivno razpošiljanje (podatki se hranijo centralno, uporabniki morajo do njih priti sami, npr. prek interneta, telefonskega odzivnika, »fax-pullinga« itd).

## Odločanje o nujnih ukrepih in ravnanje končnih uporabnikov

Značilni glavni operativni sklopi pri napovedovanju neviht naj bi bili: zgodnje opozorilo pred nevihtami (verjetna območja za proženje neviht), nadzor nad dejanskim vremenom, prognoza nadaljnjega razvoja, nadzor nad samo prognozo.

Vsak od teh sklopov lahko ustvari tudi ustrezno informacijo za končnega uporabnika, npr. možnost nastanka neviht nad določenim območjem, sporočilo o območjih z nevihtami in točo, verjetnost premikov nevihtnih celic na določeno območje v naslednji uri, sporočilo o spremembi prejšnjega sporočila itd.

Za ilustracijo pomembnosti vseh podprocesov pri operativnem zelo kratkoročnem napovedovanju neviht si poglejmo zanimiv primer – 30. junij 1998 (slika 5).



Slika 5. Satelitski posnetki nevihtnega sistema z dne 30. junija 1998 ob 10. uri po UTC času (zgoraj levo), ob 12. uri UTC (zgoraj desno), ob 14. uri UTC (spodaj levo) in ob 16. uri UTC (spodaj desno)  
 Figure 5. Satellite figures of a convective system on 30th June 1998 at 10h UTC (upper left figure), at 12h UTC (upper right figure), at 14h UTC (lower left figure) and at 16h UTC (lower right figure)

Splošno stanje atmosfere je bilo precej labilno, tako da so se posamezne nevihte, tudi z lokalnimi neurji, pojavljale že v prejšnjih dneh. Dopoldne je vremenska služba začela na

posnetkih vremenskega satelita spremljati obsežen nevihtni sistem, ki se je razvil nad Padsko nižino in se pomikal proti zahodni slovenski meji (slika 5, zgoraj levo). Kljub temu da glede na konceptualne modele niso bili izpolnjeni vsi pogoji za dolgoživost nevihtnega sistema, je splošna situacija napovedovala veliko verjetnost sekundarnega proženja hudih neviht tudi na slovenski strani. Zato je vremenska služba izdala opozorilo upravi za zaščito in reševanje. Taka opozorila so običajna in po poslovniku določena kot obvezna, kadar se pričakujejo izjemni vremenski pojavi (npr. intenzivne padavine, sunki vetra itd.) nad določenim pragom. Zaradi ozračja, ki se je ustvarilo v javnosti zaradi nevihtnih dogodkov preteklih dni, je bilo opozorilo posredovano v nespremenjeni obliki večini lokalnih radijskih postaj, ki so nato samoiniciativno pogosto predvajale opozorilo. Seveda taka praksa niti malo ni običajna in je povzročila nemir med ljudmi, ki so med drugim celo zapuščali delovna mesta, da bi pravočasno zaščitili vozila ali izklopili električne aparate itd. Veliki nevihtni sistem pa je zgodaj popoldne, ko je od zahoda dosegel Slovenijo, že precej oslabil in počasi odmril (slika 5 spodaj levo), tako da je bilo nekaj manjših neviht v glavnem le v Posočju, drugod pa so ljudje zaman čakali na sodno uro. Oglejmo si dogajanje s stališča uspešnosti podprocesov zelo kratkoročne napovedi neviht: opazovanja, analiza in diagnoza – uspešno, prognostična metoda – delno uspešno, razpošiljanje informacij – uspešno, razumevanje in reakcija odločevalcev (uprave) in končnih uporabnikov (javnosti) – neuspešna. Splošna ocena javnosti – katastrofalna neuspešnost (seveda pripisana samo neuspešni napovedi vremenske službe).

Proti večeru istega dne je nad beneško laguno nastal nov velik dolgotrajen nevihtni sistem (slika 5 spodaj desno), za katerega je vremenska služba napovedala še precej večjo verjetnost, da bo dosegel Slovenijo (Primorje). Ker je bila že tako ali tako vsa vremensko občutljiva javnost na nogah, vremenska služba novega opozorila ni izdala. Zvečer je bilo v Primorju in delu južne Slovenije neurje (ponekod npr. z intenziteto 40 mm padavin v pol ure in s sunki vetra čez 100 km/h), ki pa ni povzročilo nobene večje škode, ker so bili vsi zaščitni ukrepi izvedeni že popoldne (celo večina čolnov je bila dobro privezana). Ocena podprocesov: opazovanja, analiza in diagnoza – uspešno, prognostična metoda – uspešno, razpošiljanje informacije – izostalo, reakcija končnih uporabnikov – uspešno. Splošna ocena javnosti v Primorju – uspešno. Ljudje na Obali pa so se vendarle spraševali, kako da jih je neurje iz opozorila zadelo tako pozno... No, v bistvu je šlo za popolnoma drug nevihtni sistem.

Vse akcije (vremenske službe, uprave, medijev, uporabnikov) so bile torej zelo dobronamerne, vendar ne izvedene po ustaljenem postopku, ki bi upošteval specifikko procesa.

## Sklepne misli

Rezultati zelo kratkoročnih napovedi so hitro pokvarljivo blago s stalno možnostjo preklica in zato zahtevajo tudi ustrezen odziv končnih uporabnikov. Če se hočemo izogniti zmedi in tudi škodi zaradi nesmiselnega delovanja, moramo pri načrtovanju prognostičnega procesa upoštevati:

- Krog končnih uporabnikov mora biti omejen in precej natančno določen (npr. nadzorniki v prometu, intervencijske službe, vremensko občutljive gospodarske dejavnosti itd., splošni mediji le v zelo omejenem obsegu).
- Uporabniki morajo biti ustrezno pripravljene na različne vrste vremenskih informacij ter imeti pripravljene scenarije za ukrepanje v svoji dejavnosti (najsi bodo še tako preprosti), saj v času »veljavnosti« vremenske informacije ni časa za pojasnjevanje, kaj le-ta vsebuje in česa ne zagotavlja.
- Ukrepi uporabnikov morajo upoštevati zanesljivosti prognoz in nastajati v sodelovanju s prognostično službo. Pri tem je namreč pametno uporabiti stroškovno strategijo: razmerje med oceno t.i. polnih stroškov, ki nastanejo brez kakršnihkoli zaščitnih ukrepov ob nevihtnih pojavih, in stroškov preventive, ki so cena izvedenih zaščitnih ukrepov v primeru, da napovedanih pojavov potem ni. Za vsakega uporabnika posebej se lahko z analizo uspešnosti prognostične metode tako določi prag zanesljivosti, ki mu še omogoča prihranek kljub lažnim alarmom ali nenapovedanim pojavom.
- Ena najpomembnejših sestavin uspešnega in kakovostnega zagotavljanja operativnega napovedovanja neviht je tudi sistematično urjenje prognostikov in uporabnikov za uporabo komunikacijskih sistemov, za uporabo definiranih prognostičnih metod in njihovih rezultatov ter za poznavanje medsebojnih potreb in zahtev.
- Pri dogovoru o operativnem napovedovanju je treba tudi natančno opredeliti področja odgovornosti za posamezna področja v procesu, npr. meteorološka služba je odgovorna za napovedovanje vremenskih pojavov, uporabnik za odločitve glede ukrepov itd. S tem se lahko v veliki meri izognemo nesporazumom.

## Literatura

1. Conway, B. J., Gerard, L., Labrousse, J., Liljas, E., Senesi, S., Sunde, J. in Zwatz-Meise, V. (uredniki), 1996. COST78-Meteorology; Nowcasting, a survey of current knowledge, techniques and practice – zbornik del, Luxembourg.
2. Conway, B., (urednik), 1998. COST78, Development of Nowcasting Techniques, Proceedings of the 2nd international workshop, Dresden.
3. Jaeneke, M., 1998: Nowcasting, *ICCED Training Workshop on Nowcasting 1998*
4. Kosmač, J., 1998. Slovenski sistem za lokacijo atmosferskih razelektritev v realnem času. *Časopis Delo*.
5. Petkovšek, Z., 1966. Nevihtna karta in nevihtna pogostnost v Sloveniji. *Razprave-Papers VII*, Društvo meteorologov Slovenije, Ljubljana.
6. Raatz, W., 1997: Concept of a Nowcasting System at the DWD, *ICCED 1st Workshop on Nowcasting 1997*
7. Rakovec, J., (urednik) 1987. 2. mednarodni simpozij o obrambi pred točo – zbornik del. Hidrometeorološki zavod, Ljubljana.
8. Šipec, S., 1998. Pregled naravnih in drugih nesreč v Sloveniji leta 1997. *Ujma 12*, Ljubljana
9. Žagar, M., Gregorič, G. in Vrhovec, T. Modelska napoved močnih padavin v zahodni Sloveniji. *Ujma 12*, Ljubljana.