

Il Rischio Meteo in Friuli Venezia Giulia

Atti del VII Convegno di Meteorologia
del Friuli Venezia Giulia



21 OTTOBRE 2007
Castello di Udine

www.umfvg.org



Unione Meteorologica del Friuli venezia Giulia
Affiliata European Meteorological Society



IL RISCHIO METEO IN FRIULI VENEZIA GIULIA

Atti del VII Convegno di Meteorologia del Friuli Venezia Giulia

Publicazione realizzata dall'Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia
con il contributo della
Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia

ORGANIGRAMMA DELL'UMFVG

Presidente

Renato R. Colucci

Consiglieri

Ester Colizza
Rodolfo Gratton
Furio Pieri
Arturo Pucillo

Amministrazione

Responsabile contabile
Pietro Cicuttini

Ufficio stampa

Responsabile contatti con i Media
Micol Brusaferrò

Coordinamento Convegni e supervisione scientifica

Fabio Pagan

Sito web

Web Master
Riccardo Sluga

Moderatori "Forum meteo"

Stefano Zeraushek
Giorgio Del Vecchio

Rivista "Meteorologica"

Direttore Responsabile
Marco Virgilio

Capo redazione

Renato R. Colucci

Redazione

Massimo Ongaro
Fulvio Crisciani
Fabio Raicich
Angelo Tavoschi
Rodolfo Gratton
Gianfranco Mazzilli
Marco Fancello
Franco Stravisi
Pietro Cicuttini

Segreteria

Dario Giaiotti

Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia – ONLUS

Sede Legale, Via Silvio Pellico n. 19

33043 Cividale del Friuli (UD)

P.IVA 02150490304

www.umfvg.org

Raccolta e organizzazione testi ed immagini a cura di Renato R. Colucci

Redazione e impaginazione a cura di Studio PF

33010 Feletto Umberto Tavagnacco (Ud)

Tel. 0432 575380

Fax 0432 573118

In copertina: fulmini sulla città di Trieste (foto grande) e squall line in arrivo sulla città di Trieste (foto lunga) a cura di Renato R. Colucci; tornado in località Cassacco (UD) il 9 dicembre 2006 (foto piccola in basso a sinistra) a cura di Raffaele Fantino, Funnel cloud in località San Lorenzo di Manzano (foto piccola in basso a destra) a cura di Paolo Zamparutti.

INDICE

- Il settimo Convegno di Meteorologia del Friuli Venezia Giulia** pag. 9
Renato R. Colucci
Presidente Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia
- Activities on the interface of journalism and meteorology** pag. 11
Tanja Cegnar
Responsabile Commissione Mass Media per la European Meteorological Society
- Caratteristiche degli eventi meteo estremi in Friuli Venezia Giulia** pag. 13
Stefano Micheletti
Direttore Osservatorio Meteorologico Regionale dell'ARPA-FVG
- Le trombe d'aria e le trombe marine in Italia** pag. 23
Fulvio Stel
Osservatorio Meteorologico Regionale dell'ARPA-FVG
- Rischio e pericolo di valanghe sulla montagna friulana** pag. 31
Enrico Filafferro
Direzione centrale risorse agricole, naturali, forestali e
montagna Regione Friuli Venezia Giulia
- Applicazioni della climatologia al "rischio neve"** pag. 37
La carta dinamica dell'innevamento della Provincia di Trento
Massimiliano Fazzini
Università di Ferrara, Dipartimento di Scienze della Terra
- La gestione del rischio meteorologico in Friuli Venezia Giulia** pag. 53
Guglielmo Berlasso
Direttore Centrale della Protezione Civile della Regione Friuli Venezia Giulia
- La curva di Mann, una icona mediatica che nega la storia** pag. 63
Guido Guidi
Aeronautica Militare Italiana, Meteo RAI
- Gli eventi estremi nel Mediterraneo** pag. 69
Rossella Ferretti
Centro di Eccellenza per la Previsione di fenomeni meteo violenti, CETEMPS
- Eventi estremi in Friuli negli ultimi 500 anni** pag. 71
Paolo Zamparutti
Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia e MeteoGiornale Climate

IL SETTIMO CONVEGNO DI METEOROLOGIA DEL FRIULI VENEZIA GIULIA

Il tardo pomeriggio del 17 ottobre 2004, sul piazzale del Castello di Udine, in una suggestiva cornice meteorologica in seguito al passaggio di un fronte perturbato e con una splendida visuale delle Prealpi Giulie al tramonto, ci si congedava dal IV Convegno di Meteorologia dando appuntamento a quello successivo che si sarebbe tenuto a Trieste.

Dopo 3 anni l'annuale appuntamento, organizzato dall'Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia, trova nuovamente dimora presso il prestigioso Salone del Parlamento del Castello di Udine e raggiunge la sua VII edizione, dedicata quest'anno al "Rischio Meteo" nella nostra Regione. Ogni Convegno ha avuto il suo carattere distintivo, e quello di quest'anno è riscontrabile sicuramente nella massiccia presenza di importanti istituzioni regionali che si occupano più o meno direttamente di meteorologia, di clima e dei loro impatti sull'ambiente; l'Osservatorio Meteorologico Regionale dell'ARPA FVG, La Protezione Civile Regionale del FVG e l'Ufficio Neve e Valanghe del FVG. Tutti hanno accettato con entusiasmo il nostro invito, per rendere ancora una volta possibile la realizzazione di una giornata interamente dedicata alla divulgazione delle tematiche legate alla meteorologia ed al clima rivolta al grande pubblico. Lo spirito fondante di tutte le iniziative dell'UMFVG è infatti quello di unire il rigore scientifico delle trattazioni, garantito dall'alta professionalità dei relatori presenti anche in questa edizione, all'utilizzo di un linguaggio non specialistico ed accessibile anche ai non esperti, aspetto imprescindibile per poter rimanere, ed anzi divenire sempre più, il vero "punto d'incontro" tra il ricercatore scientifico od il tecnico professionista, e l'appassionato o il semplice "fruitore" del prodotto meteorologico.

Non possiamo non dimenticare di trovarci a pochi metri dalla "torre meteorologica" fatta costruire agli inizi del '900 da Arturo Malignani, scienziato e meteorologo friulano; ed è grazie a lui, ed alle generazioni successive della famiglia, se la città di Udine può vantare il primato di possedere una delle poche serie temporali di dati meteorologici esistenti al mondo lunghe più di un secolo. In particolare mi preme sottolineare l'opera della Signora Giulia Stocchi, che quotidianamente annota i dati della stazione meteorologica posizionata sulla torre riportando nei registri meteorologici anche le osservazioni a vista. Il recente interessamento personale di Federico Malignani ha inoltre permesso all'UMFVG di poter rendere pubblico tutto l'archivio, che è disponibile in formato fotografico sulle pagine del sito web dell'associazione, ed a breve lo sarà anche nel formato "dati"; tale traguardo sarà possibile grazie all'opera straordinaria di Fulvio Stel (il nostro Presidente uscente) e Piero Cicuttini, soci fondatori dell'UMFVG che con grande dedizione hanno fotografato tutte le pagine dei registri. Paolo Zamparutti, altro socio

dell'UMFVG e grande appassionato esperto di climatologia locale, sta poi completando la totale digitalizzazione dei dati trascritti sui registri che saranno quindi a breve disponibili anche su supporto informatico. Da poco, seppur con qualche problema tecnico, è stata anche attivata la prima webcam meteorologica permanente sulla città di Udine posizionata proprio sulla torretta meteorologica; voluta e proposta dall'UMFVG, i costi per la sua installazione sono stati sostenuti interamente dalla famiglia Malignani.

In ultimo, ma non perché di minor importanza, mi preme ringraziare tutti coloro che hanno collaborato all'organizzazione di questo Convegno e che hanno contribuito con il loro lavoro alla sua realizzazione: i soci, il direttivo e l'ufficio stampa dell'UMFVG, ed in particolar modo Francesca Geatti, Paolo Minen, Cristina Parente, Luca Pravisano, Fabio Raicich, Ester Scaini; i relatori; gli Enti e le Istituzioni che vi partecipano, il Comune di Udine; la Provincia di Udine; la Regione Friuli Venezia Giulia.

Renato R. Colucci

*Presidente Unione Meteorologica
del Friuli Venezia Giulia*

ACTIVITIES ON THE INTERFACE OF JOURNALISM AND METEOROLOGY

Tanja Cegnar

Agenzia Regionale per l'Ambiente della Repubblica di Slovenia
Responsabile Commissione Mass Media per la European Meteorological Society
Past President della Società Meteorologica Slovena

Under the umbrella of the European Meteorological Society operates the Media Committee (MC). Goals of the Media Committee are: (i) investigate the way presentations have an impact on the public (e.g. survey from universities), (ii) serve as a forum for experience exchange between meteorologists working in media in different countries (e. g. web site on consequences of unusual weather events), (iii) co-operate with weather presenters members of the AMS, IABM, WMO expert team and IWF (e. g. suggest additions to the WMO forecast cities web site; add probabilities), (IV) harmonize (future) accreditation protocols (or seals of approval) in European countries together with Accreditation Committee (credibility is enhanced when presenter is qualified).

The EMS MC each year organize the media session as part of the EMS Annual assembly, which is the main platform for members of the MC to meet and share examples of good practice.

A digital publication is prepared based upon the material collected during the Media session each year. The Media session is addressing all the aspects of weather, climate and climate change communication. Usually it consists of two parts, in one of them is dedicated to climate and climate change specific communication aspects, the second to weather forecasts and warning. We discuss the most efficient ways for training and use of the Internet as one of the very popular media. Representative of the WMO Public Weather Services is involved regularly at each session and many colleagues working with NHMSs give examples how climate and climate change is reflected in the media. Of course, there is also room for TV weather forecasts. The EMS media awards are handed over during the Media session, one for live achievement and one for the best TV weather forecast. Due attentions is being paid to the climate and climate change reporting in the media and the role of scientists in communicating climate change science through the media to the general public and policymakers.

CARATTERISTICHE DEGLI EVENTI METEO ESTREMI IN FRIULI VENEZIA GIULIA

Stefano Micheletti (1)(2), Arturo Pucillo(1)(2)

(1) Osservatorio Meteorologico Regionale dell'ARPA-FVG

(2) Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia

Introduzione

Nel corso della storia il Friuli Venezia Giulia si è dimostrato territorio soggetto alle insidie del tempo meteorologico. Una regione speciale, quindi, non solo dal punto di vista amministrativo. La ragione, come è noto, risiede nella complessità orografica che la contraddistingue, nella posizione geografica che la sottomette ad un regime di circolazione atmosferica specifico, nelle particolarità locali che interferiscono con tale circolazione e determinano una differenziazione nei fenomeni anche molto marcata su distanze di poche decine di chilometri. Quale migliore laboratorio, dunque, per esercitare la capacità di prevedere il tempo e controllarne gli effetti sulle attività antropiche? Esiste una varietà di fenomeni meteorologici, ciascuno associato ad un diverso effetto sul territorio e sulla vita umana, che possono essere indicati come portatori di rischio meteorologico e possono essere osservati ovunque: temporali violenti anche con grandinate, tornado non dissimili dai più noti e impressionanti cugini americani, alluvioni estese o alluvioni lampo col loro carico di frane, smottamenti, esondazioni di fiumi o tracimazioni di bacini lacustri, per non parlare delle mareggiate.

Di tutto questo resta memoria nel territorio stesso, tra la popolazione che spesso ha visto cambiare radicalmente i destini della propria esistenza a causa di fenomeni meteorologici e idrogeologici, ma anche presso chi si occupa di studiare e, possibilmente, prevenire tali eventi. In questo lavoro si cerca di metterne in luce i principali occorsi negli ultimi 17 anni, grosso modo in coincidenza con l'esistenza del servizio meteorologico regionale, caratterizzati dalla necessità di un'azione di Protezione Civile, in particolare quando riveste carattere macroscopico in seguito ad un'alluvione che ha interessato magari un intero bacino fluviale.

1. Un approccio meteorologico

Un esercizio utile alla conoscenza può essere quello di utilizzare la banca dati degli interventi di Protezione Civile per creare una climatologia dei fenomeni meteorologici che li hanno sollecitati. Ciò dovrebbe permettere di capire con quali pericolose manifestazioni dell'atmosfera abbiamo a che fare e in che misura esse si siano intensificate o ridotte, diversificate o uniformate nel corso degli anni. Da ciò si può anche valutare se il progresso scientifico e tecnologico in campo atmosferico abbia contribuito al miglioramento della fase predittiva: dalle previsioni a lungo, medio e breve termine al cosiddetto "nowcasting", ossia l'azione di previsione a brevissimo termine (2-6 ore) che più di tutte, attualmente, permette di coordinare al meglio le azioni di Protezione Civile.

<i>Data dell'evento</i>	<i>Bacini o aree interessate</i>	<i>Pioggia totale registrata (mm)</i>
23 Settembre 1990	Dati mancanti	Dati mancanti
27 Ottobre 1990	Torre, Versa	70
29 Ottobre 1990	Torre, Versa	90
23 Novembre 1990	Area montana	90
14 Novembre 1991	Torre, Cornappo, Urana-Soima	40
21 Novembre 1991	Torre, Cornappo, Urana-Soima	40
2 Ottobre 1993	But, Chiarsò, Degano, Cellina, Iudrio, Corno, Versa	250
14 Settembre 1994	Degano, Fella, Cellina	160
22 Giugno 1996	Fella	500
15 Ottobre 1996	Prealpi Carniche	330
6 Ottobre 1998	Rio Tresemane, Torre	160
3 Novembre 2000	Livenza, Tagliamento, Isonzo	160
6 Novembre 2000	Livenza, Tagliamento, Isonzo	300
14 Novembre 2000	Livenza, Tagliamento, Isonzo	150
20 Novembre 2000	Livenza, Tagliamento, Isonzo	75
6 Giugno 2002	Livenza, Meduna	250
25 Novembre 2002	Livenza, Meduna, Cellina	320
29 Agosto 2003	Fella, Aupa, Bombaso, Uque	500
31 Ottobre 2004	Livenza, Meduna, Tagliamento, Isonzo, Corno, Cormor	260
9 Settembre 2005	Fiume, Sile, canale Malgher	220
18 Novembre 2006	Malina, Grivò, Cornappo	110
27 Maggio 2007	Latisana	300

Tab. 1 Date, bacini interessati e pioggia totale registrata nei principali eventi alluvionali degli ultimi 17 anni (fonte: Protezione Civile della Regione Friuli Venezia Giulia)

Tra i fenomeni estremi indicati qualche riga sopra, i più complessi dal punto di vista della gestione delle conseguenze sono le piogge intense accompagnate da grandi eventi alluvionali, che rappresentano circa il 50% del totale degli eventi di rischio meteorologico alluvionale registrati (22 casi su 41, vedi tab. 1). Grandinate, tornado o colpi di vento legati a forti temporali generalmente provocano danni localizzati e in un certo senso limitati. Una seconda importante considerazione è la distribuzione annuale di questi eventi. La figura 1 mostra come il mese più frequentemente funestato, negli ultimi 17 anni, da eventi di rischio meteorologico di questo tipo sia stato settembre. Se si guardano i soli eventi effettivamente alluvionali, allora lo scettro

passa al mese di novembre, seguito da ottobre. In buona sostanza, il trimestre autunnale (ricordando che l'autunno meteorologico va dal 1 settembre al 30 novembre) è il più esposto al rischio meteorologico e idrogeologico.

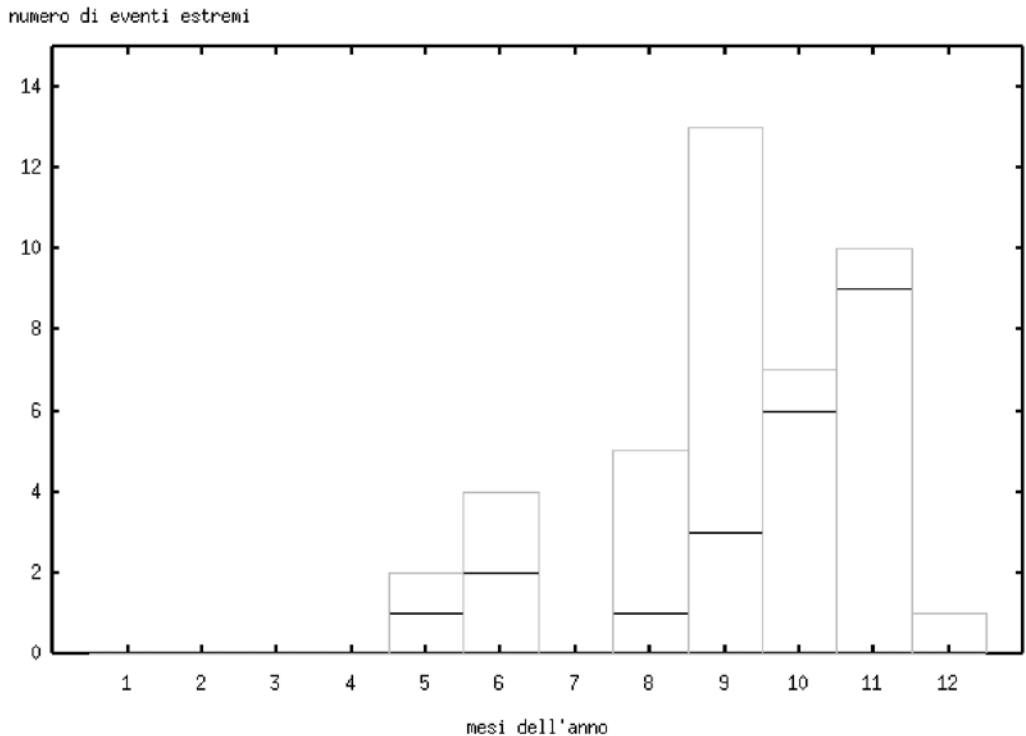


Fig. 1 - Istogramma con le frequenze annuali (in ascissa i mesi) degli eventi di rischio meteorologico (in grigio chiaro) e degli eventi alluvionali su scale medio-vaste (in nero).

La figura 2, invece, porta ad una terza considerazione. Nel corso degli ultimi 17 anni gli eventi di rischio meteorologico non hanno dimostrato un trend particolare, nè per quanto riguarda la frequenza nè per quanto riguarda l'intensità. Vi sono tuttavia stati degli anni, come il 1996 o il 2000, che hanno vissuto anche quattro o cinque episodi. Inoltre tale diagramma mostra come spesso gli eventi con la minor quantità totale di pioggia caduta siano quelli che fanno registrare i ratei di precipitazione più elevati, ossia le piogge più intense in un breve lasso di tempo, mentre le alluvioni sono figlie di piogge sì intense, ma soprattutto prolungate per molte ore. A questo punto è quindi opportuno analizzare nel dettaglio le configurazioni meteorologiche che hanno accompagnato questi 22 eventi, per cercare di capire come mai nel recente passato si siano verificate situazioni così devastanti per l'uomo e per la terra su cui vive.

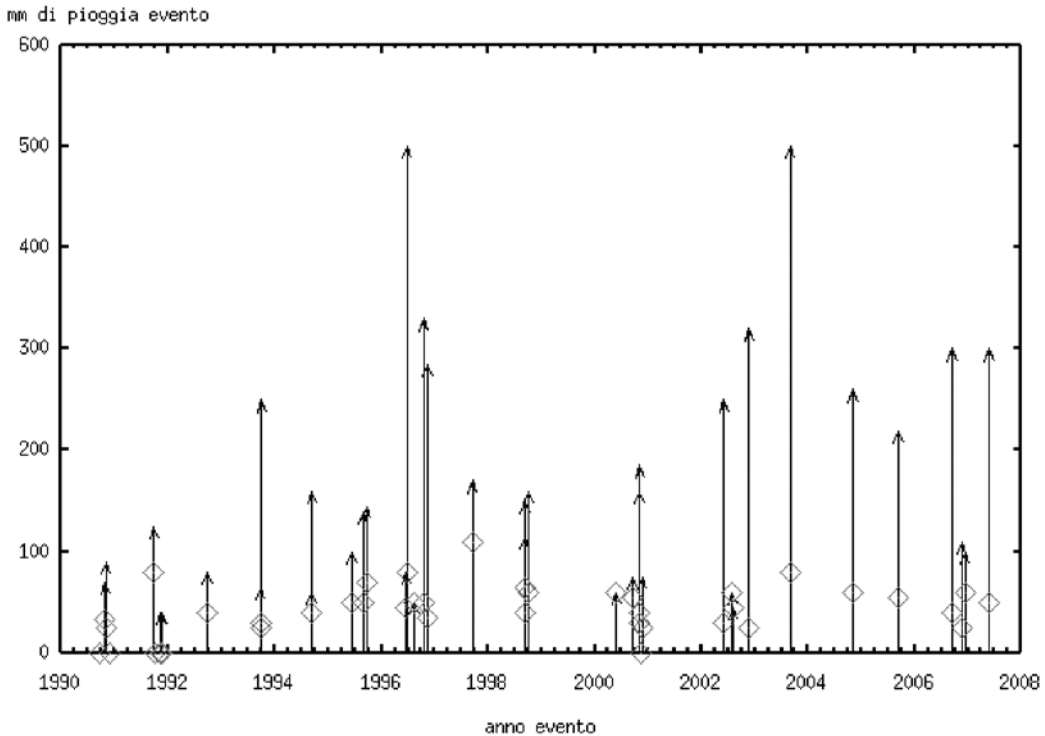


Fig. 2 - Pioggia totale cumulata in ogni evento negli ultimi 17 anni (freccie) e picco di intensità oraria di precipitazione in mm/h (rombi)

3. Climatologia degli eventi alluvionali

L'intento di questa sezione del lavoro è approfondire gli eventi di piogge alluvionali che hanno richiesto un intervento della Protezione Civile ed hanno interessato uno o più bacini idrografici. Come detto in precedenza, tali eventi sono stati 22 da settembre 1990 a maggio 2007. Di essi, si sono considerati i valori di pioggia totale cumulata nell'arco dell'evento (comunque di durata mai superiore alle 24 ore) e i valori orari di picco del rateo di precipitazione, indipendentemente dalla località in cui si sono verificate le precipitazioni. Si è provveduto poi al recupero dei dati grezzi della radiosonda di Udine Campoformido dell'Aeronautica Militare, disponibili nella banca dati dell'OSMER - ARPA FVG, e su di essi si sono elaborati alcuni indici termodinamici significativi per quanto concerne il grado di instabilità della massa d'aria, l'avvezione di umidità a tutte le quote e alcune caratteristiche termodinamiche della particella più instabile del sondaggio, supponendo di sollevarla forzatamente lungo un asse verticale (procedura di analisi meteorologica diffusissima in tutto il mondo perché molto redditizia dal punto di vista scientifico). I radiosondaggi considerati sono stati acquisiti immediatamente prima o durante gli eventi, quindi rappresentano abbastanza bene lo stato dell'atmosfera in ciascun caso. In particolare, si sono calcolati i seguenti indici:

- Vflux (Vapour Flux): è la misura del flusso di umidità lungo la componente meridiana del vento (Nord-Sud, quindi venti meridionali porgono valori negativi).
- DT500 (Differenza di Temperatura a 500 hPa): è la differenza misurata ad una quota di 500 hPa (circa 5300 metri) tra la temperatura dell'ambiente e la temperatura della particella più instabile forzosamente sollevata dal suo livello di origine.
- LFC (Lifting Condensation Level): altezza in metri a cui la particella instabile forzosamente sollevata raggiunge la galleggiabilità, ossia può salire ancora senza alcuna altra spinta che non sia la forza di Archimede.
- MEL (Melting Level): è l'altezza in metri a cui la particella più instabile forzosamente sollevata raggiunge la temperatura di 0 °C.

Tutti questi indici sono stati messi in relazione tra di loro e con la pioggia cumulata per trovare delle connessioni statisticamente significative.

2. Analisi degli eventi

Le configurazioni sinottiche che hanno guidato la circolazione atmosferica in questi 22 eventi sono abbastanza simili tra di loro, infatti hanno visto tutte la presenza di una saccatura sull'Europa occidentale con correnti sudoccidentali in quota ad investire il Friuli Venezia Giulia, e venti meridionali, prevalentemente di Scirocco, al suolo, come mostrato in figura 3.

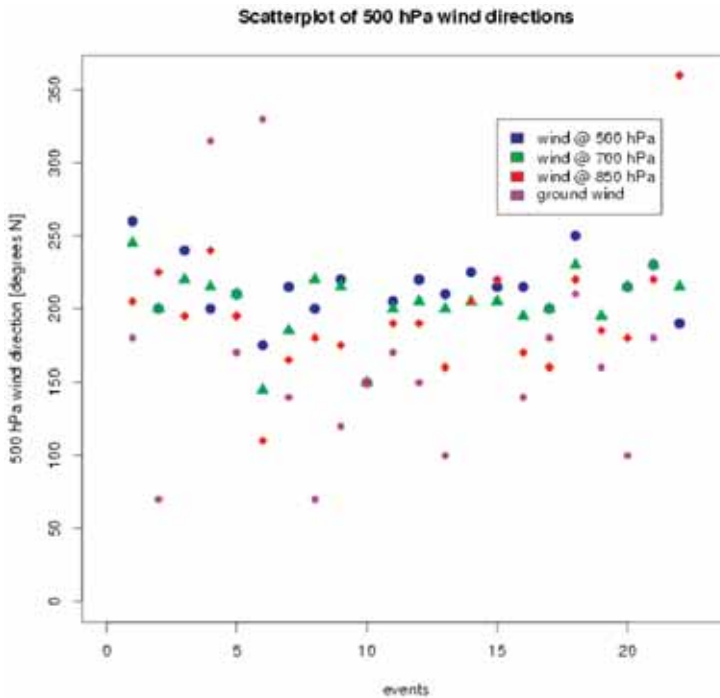


Fig. 3 - Diagramma con le direzioni del vento alle varie quote (esprese in livelli isobarici, hPa) estrapolate dalla radio-sonda di Udine Campoformido. Si nota come le direzioni di provenienza siano prevalentemente tra sud-est e sud-ovest.

Avendo a che fare con correnti essenzialmente meridionali dobbiamo fare i conti con l'umidità, che nel caso del Friuli Venezia Giulia nasce da quell'enorme serbatoio di acqua che è il Mar Mediterraneo e la sua propaggine a noi molto vicina, il mare Adriatico. Inoltre, avendo presente l'orografia della nostra regione, che offre alle correnti meridionali una barriera quasi ortogonale e con un versante esposto piuttosto ripido, dobbiamo considerare l'effetto di sollevamento forzato cui la massa d'aria è sottoposta interagendo con la barriera montuosa. Pertanto l'indice del radiosondaggio che meglio coniuga contenuto di umidità e intensità del vento negli strati medio-bassi dell'atmosfera (i primi 3 km) è il Vflux (vedi sopra). D'altra parte, molti studi hanno evidenziato che per avere quantità così rilevanti di pioggia sia necessaria una sorta di "sovralimentazione" dei meccanismi di condensazione e formazione della pioggia. Questa "marcia in più" è data dalla convezione atmosferica, a sua volta legata all'instabilità della massa d'aria. Uno degli indici termodinamici più significativi in tal senso è il DT500 (vedi sopra). La relazione che intercorre tra questi due indici è evidenziata in figura 4 e mostra come le piogge più consistenti sono figlie dell'azione combinata dell'umidità portata dal vento e della convezione atmosferica liberata dall'instabilità.

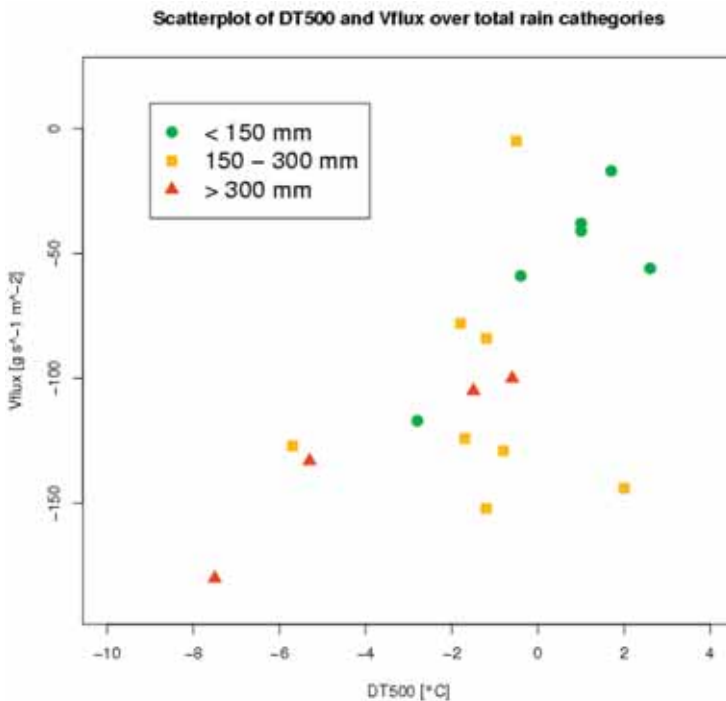


Fig. 4 - Diagramma Vflux – DT500 su tre categorie di pioggia cumulata. Tenendo presente che la situazione peggiore si ha per valori negativi di entrambi gli indici, è abbastanza evidente che più consistenti sono state le piogge, più instabile e ricca di vento e umidità è stata l'atmosfera.

D'altro canto, è possibile definire un altro indice (si veda in bibliografia Manzato, 2007) che racchiude in sé le informazioni sia del Vflux che del DT500; tale indice si chiama BuDyn ed è composto dalla somma dei due indici opportunamente normalizzati. Mettendo in relazione tale indice con il logaritmo della pioggia totale cumulata, e applicando una regressione lineare, il coefficiente di correlazione lineare che ne risulta è piuttosto alto (0.66), segno che questo indice è piuttosto "robusto" nel descrivere l'atmosfera di un evento meteorologico significativo (fig. 5).

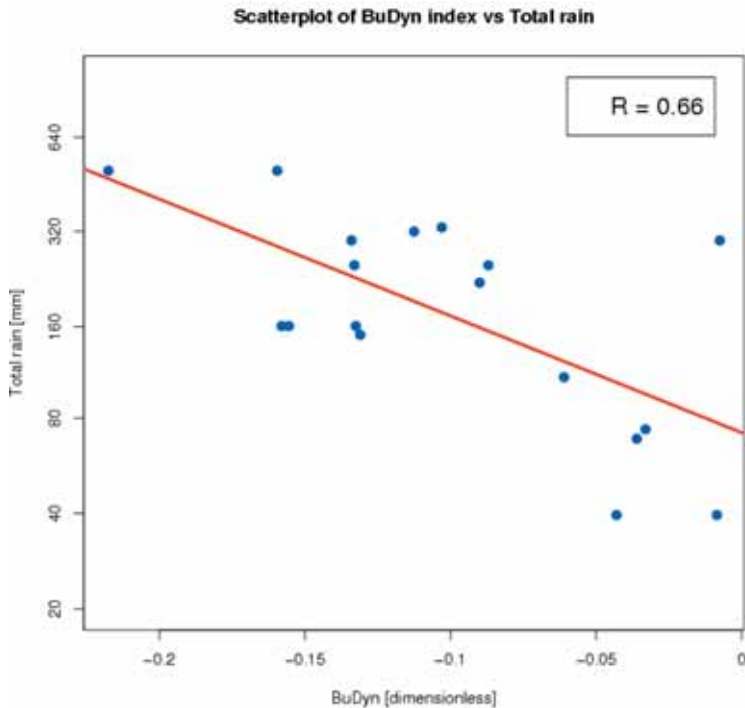


Fig. 5 - Diagramma BuDyn – Rtot con retta di regressione e coefficiente di correlazione lineare.

Altre considerazioni di carattere meteorologico possono coinvolgere indirettamente la microfisica delle nubi, ossia quella branca della fisica atmosferica che si occupa dei meccanismi locali (risoluzione della frazione di millimetro) di formazione della pioggia. Una delle teorie che spiegano la formazione delle gocce di pioggia molto grosse caratteristiche delle piogge alluvionali è la teoria della coalescenza, che in parole povere prevede urti successivi tra gocce di pioggia di diverse dimensioni presenti nella nube le quali in tal modo danno origine a gocce sempre più grosse fino ad essere insostenibili dalle correnti convettive ascendenti. Tale processo avviene solo nelle nubi cosiddette "calde", ossia a temperature superiori a 0 °C, non coinvolgendo cristalli di ghiaccio. E' possibile inferire la porzione di nube convettiva capace di accogliere que-

sto processo microfisico considerando la differenza tra l'LFC, ossia il livello di libera convezione a partire dal quale possiamo dire che la nube convettiva esiste e produce correnti ascendenti di una certa consistenza, e il MEL, ossia il livello di fusione del ghiaccio contenuto nella particella d'aria più instabile (per le definizioni, si veda il terzo paragrafo). Più grande sarà questa differenza, maggiore sarà la porzione di nube potenzialmente soggetta alla coalescenza. La figura 6, quindi, mostra come effettivamente l'indice differenza tra MEL e LFC mostri una buona correlazione con la quantità di pioggia caduta al suolo; addirittura, mostra la migliore correlazione tra tutte (0.77).

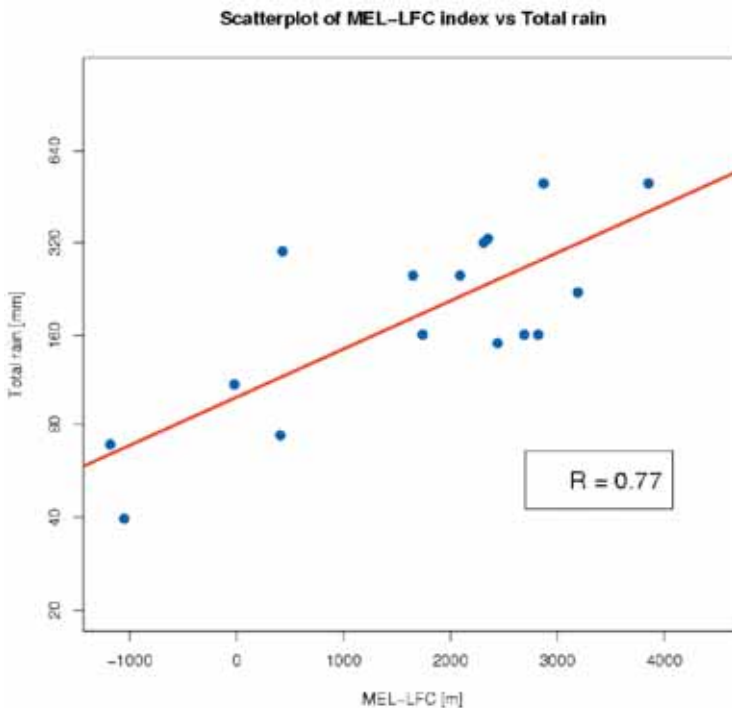


Fig. 6 - Diagramma MEL-LFC su pioggia totale cumulata. La migliore correlazione!

Questo è un dato importante, anche alla luce di un'altra considerazione. La presenza di uno zero termico elevato procura precipitazioni piovose anche alle quote più alte di un rilievo montuoso, aumentando il volume di acqua che impegna i bacini idrologici, e quindi favorendo il rischio di alluvioni, unitamente alla maggior probabilità che il meccanismo della coalescenza incrementi il rateo di precipitazione. Uno zero termico più basso può consentire la precipitazione nevosa che invece riduce il volume di acqua liquida, o meglio lo diluisce nel tempo, riducendo il rischio di alluvioni e al contempo riducendo la probabilità che si verifichi la coalescenza.

4. Conclusioni

In conclusione si può affermare che il rischio meteorologico associato alla pioggia in Friuli Venezia Giulia è variegato, si presenta con una certa frequenza (in media più di due volte in un anno) e per il 50% dei casi conduce a fenomeni alluvionali significativi, considerati i più problematici alla luce delle azioni di Protezione Civile da compiere. Vi sono tuttavia degli indicatori climatologici e meteorologici precisi e abbastanza nitidi che caratterizzano l'atmosfera capace di produrre tanta pioggia:

- la stagione preferita è l'autunno;
- la configurazione meteorologica più frequente è la fase pre-frontale associata ad una profonda saccatura posizionata su Francia o Mediterraneo Occidentale;
- lo Scirocco è il vento prevalente nei bassi strati, mentre il sud-ovest è il vento prevalente in quota;
- la presenza di umidità dev'essere accompagnata da venti consistenti che la trasportino dal Mediterraneo/Adriatico verso le Alpi e la massa d'aria deve essere molto instabile;
- l'intensità e la quantità della precipitazione è proporzionale all'intensità dell'avvezione di umidità e all'instabilità disponibile a generare convezione;
- più "calda" è la nube, maggiore è la probabilità che si formino gocce di pioggia molto grosse;
- più alto è lo zero termico, maggiore è la quantità d'acqua che il terreno deve sopportare in poco tempo.

Lo studio e l'approfondimento relativo a queste tematiche è portato avanti da diverso tempo nella comunità scientifica e particolarmente in OSMER – ARPA FVG. Alcuni risultati sono stati ottenuti, soprattutto dal punto di vista della comprensione, altri sono ancora di là da venire, soprattutto dal punto di vista della previsione. Ma la meteorologia è scienza giovane e in costante crescita e saprà offrire all'uomo qualche arma in più per difendersi da questo tipo di calamità naturali.

BIBLIOGRAFIA

A. Manzato, "The 6 h climatology of thunderstorms and rainfalls in the Friuli Venezia Giulia Plain", *Atmospheric Research* 83 (2007) 336 - 348

Annali dell'ufficio idrografico, compartimento di Venezia, disponibili al sito www.annali.apat.gov

LE TROMBE D'ARIA E LE TROMBE MARINE IN ITALIA

Dario Gaiotti (1)(2), Mauro Giovannoni (3), Ivan Gladich (4),
Arturo Pucillo (1)(2), Fulvio Stel (1)(2),

(1) Osservatorio Meteorologico Regionale dell'ARPA-FVG

(2) Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia

(3) Geodata SCARL Roma

(4) Università di Trieste, ICTP

1. Cosa sono le trombe d'aria e le trombe marine

Le trombe d'aria e le trombe marine sono, per definizione, dei vortici d'aria che si sviluppano tra la base di una cella temporalesca e il suolo. Gli elementi che caratterizzano la tromba d'aria sono pertanto quattro: i) un vortice d'aria verticale; ii) una cella temporalesca che, per motivi termodinamici spiegati in seguito, dà origine al vortice; iii) la connessione del vortice alla base della nube temporalesca; iv) la connessione del vortice con il suolo. Quando uno qualsiasi di questi quattro elementi viene a mancare non si può parlare di "tromba d'aria". Se infatti un vortice risulta connesso alla nube temporalesca ma non al suolo allora non si ha una tromba d'aria ma quella che viene chiamata "nube a imbuto" o in inglese "funnel cloud".

Se il vortice si sviluppa solo sul terreno in assenza di una nube temporalesca allora non si può parlare di tromba d'aria ma di "mulinello d'aria" o in inglese "dust devil". Se il vortice si sviluppa a causa di una cella temporalesca, partendo dal terreno senza però essere connesso alla base della nube, allora non si ha una tromba d'aria ma quello che viene chiamato, mutuando l'inglese, "gustnado". La differenza tra trombe d'aria e trombe marine è, per definizione, solo dovuta al fatto che le trombe d'aria si sviluppano sul terreno e le trombe marine sull'acqua. Il fatto di equiparare trombe marine e trombe d'aria, oltre a semplificare la vita dei climatologi e di chi cura le banche dati (molto spesso, in regioni a geografia complessa come l'Italia, le trombe marine diventano trombe d'aria e viceversa nel corso della loro vita), è anche legata al fatto che, come vedremo, i meccanismi alla base della formazione dei vortici (in realtà sarebbe più giusto parlare di "intensificazione dei vortici") possono essere gli stessi. Trombe d'aria e tornado, inoltre, debbono essere considerati come sinonimi anche se, purtroppo, molto spesso i mass-media considerano come trombe d'aria ogni fenomeno locale che produce danni a causa della velocità del vento.

Questa confusione, al di là delle mere distinzioni accademiche, comunque importanti in fase di previsione e di realizzazione di un'opportuna climatologia dei fenomeni, ha anche delle sgradevoli ripercussioni economiche. Alcune polizze assicurative, infatti, anche se comprendenti generalmente le "avversità atmosferiche", nella realtà dei fatti non coprono i danni prodotti dalle trombe d'aria in quanto considerate "eventi eccezionali". Il fatto di indicare un fenomeno come "tromba d'aria" ha pertanto, in questi casi, una valenza economica e dovrebbe essere fatto con cognizione di causa, magari sospendendo il giudizio utilizzando termini neutri come "forte vento" o "fortunale" in casi di dubbio.

2. Come e perché si formano le trombe d'aria e le trombe marine

Molto spesso si parla di “formazione dei vortici d'aria” anche se questo non è strettamente corretto dal punto di vista fisico. Sarebbe infatti più corretto parlare di “intensificazione dei vortici d'aria” o, meglio ancora, di “intensificazione della vorticità”. L'equazione che descrive il comportamento della vorticità, cioè della rotazione dei fluidi su se stessi, prende il nome di “equazione della vorticità”; si ricava direttamente dal sistema di equazioni che descrivono il moto dei fluidi (equazioni di Navier-Stokes, le stesse utilizzate nei modelli numerici utilizzati per la previsione del tempo) ed è nota da molto tempo. Nonostante l'equazione risulti molto difficile da risolvere (infatti viene quasi esclusivamente trattata numericamente) ed abbia un aspetto a prima vista sinistro, in realtà è molto semplice se vista in termini qualitativi. Facendo solo riferimento alla vorticità verticale (cioè puntando l'attenzione solo ai vortici che si sviluppano in altezza) l'equazione che si ottiene è la seguente.

$$\frac{d(\mathcal{N} + f)}{dt} = - \left((\mathcal{N} + f) \left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) \right) + \left(\frac{\partial a}{\partial y} \frac{\partial p}{\partial x} - \frac{\partial a}{\partial x} \frac{\partial p}{\partial y} \right) + \left(\frac{\partial w}{\partial y} \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial v}{\partial z} \right)$$

Il primo termine a sinistra dell'uguale ci dice di quanto e in quanto tempo un vortice si può intensificare per dare origine ad una tromba d'aria. Questa intensificazione è il risultato dei tre termini che si osservano sulla destra. In particolare il primo termine sulla destra descrive l'intensificazione dei vortici a seguito della convergenza del fluido ed è lo stesso meccanismo che utilizzano i ballerini per ruotare più velocemente e che mettono in pratica portando le braccia verso il corpo (d'ora in avanti lo chiameremo “termine del ballerino”).

Il secondo termine alla destra dell'uguale descrive l'intensificare dei vortici verticali mediante inclinazione di vortici orizzontali pre-esistenti. Questo meccanismo, che a prima vista può sembrare astruso, è in realtà molto importante ed è quello utilizzato dai motociclisti per fare le curve quando sono lanciati ad alta velocità. Per questo motivo verrà d'ora in poi chiamato “termine del motociclista”. È evidente che questo meccanismo può risultare efficace solamente in presenza di vortici orizzontali, e in effetti questi sono molto spesso presenti in atmosfera, anche se in maniera nascosta. Per avere dei vortici orizzontali, infatti, è necessario avere delle differenze nella direzione o velocità del vento, cosa molto frequente in atmosfera specie nelle medie latitudini ove il vento aumenta rapidamente di intensità con l'altezza. Questa variazione del vento con la quota (di solito indicata con il termine inglese “shear”) dà origine alla vorticità orizzontale che, se inclinata ad esempio ad opera delle correnti ascendenti, può diventare verticale. Per questo motivo attualmente si ritiene che questo termine giuochi un ruolo molto importante nei temporali delle medie latitudini proprio perché i temporali naturalmente possono fungere da “verticalizzatori” della naturale vorticità orizzontale. Sempre secondo le attuali e più accreditate conoscenze, sembra che sia proprio questo termine alla base della formazione dei mesocicloni (Fig. 0 a, b, c, d, e, f), cioè delle strutture rotanti che si osservano nei temporali di tipo “supercella” e che, oltre ad intense grandinate, alle volte ospitano anche delle trombe d'aria. Risulta pertanto abbastanza chiaro, almeno dal punto di vista qualitativo, che questo termine sarà tanto più importante quanto maggiore sarà lo shear del vento e tanto più forti saranno le correnti ascendenti.

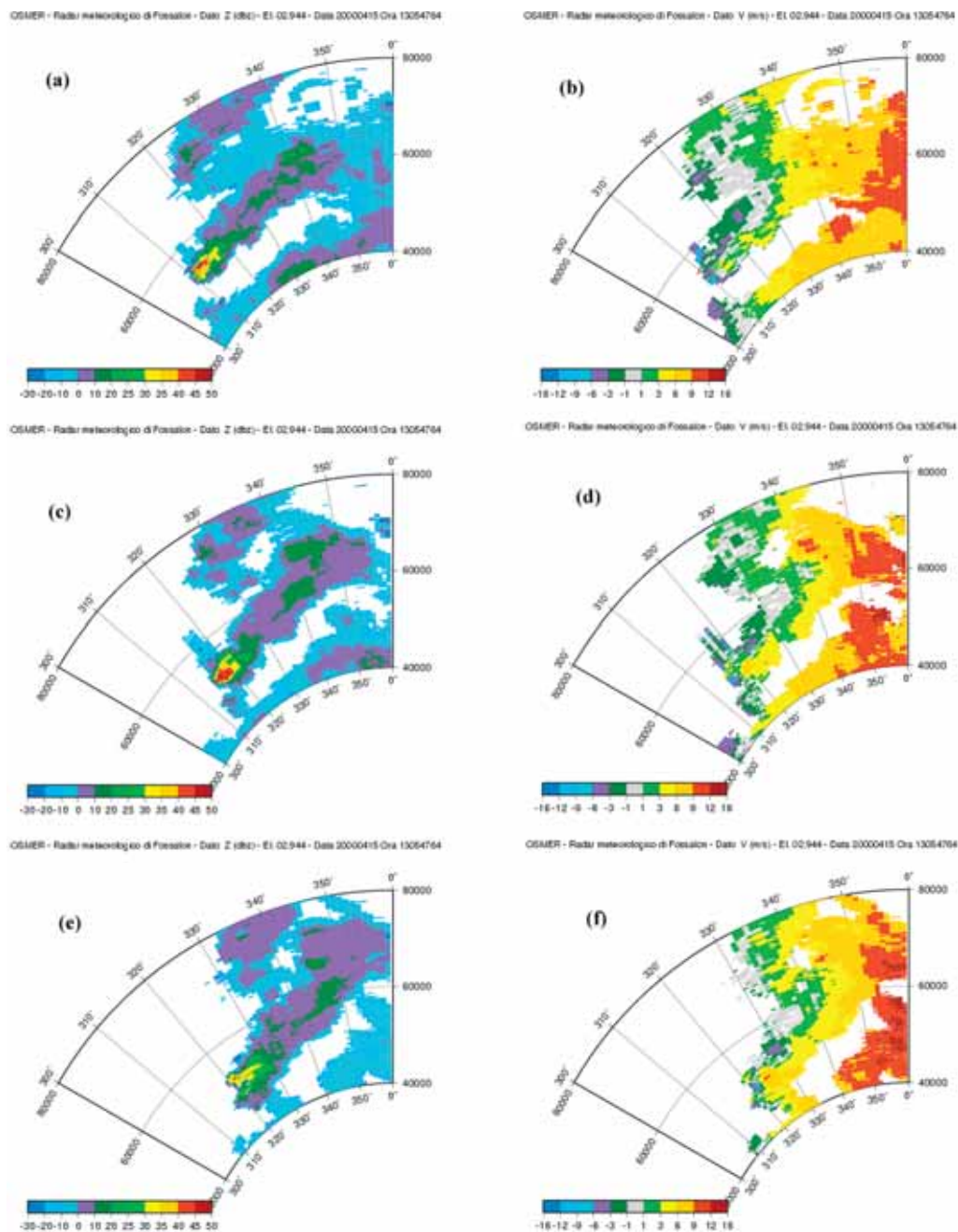


Fig. 0 a, b, c, d, e, f - Tre scansioni RADAR ottenute alle 13:00 UTC a diverse angolazioni del mesociclone che ha prodotto la tromba d'aria di Barazzetto di Coseano (UD; evento accaduto il 15 aprile 2000 alle 15:30 UTC). La riflettività radar in ordine crescente di elevazione è riportata nei pannelli (a), (c), (d) mentre la velocità Doppler è mostrata nei pannelli (b), (d), (e).

Il terzo e ultimo termine è molto importante e permette di ottenere l'intensificazione dei vortici verticali giocando sulla termodinamica e in particolare sulle differenze nella densità dei fluidi. Questo meccanismo è quello che permette di ottenere dei vortici versando olio (meno denso) sopra l'aceto (più denso) e, in atmosfera, è il meccanismo alla base della formazione delle brezze. Proprio per come è strutturato, questo termine potrà essere importante solo in presenza di differenze di temperatura e/o densità dell'aria. Queste differenze si osservano spesso proprio nelle zone di confine tra le correnti ascendenti e discendenti dei temporali e infatti le trombe d'aria e soprattutto quelle marine si formano proprio tra corrente ascendente e discendente (fig. 1).



Fig. 1 - Due trombe marine fotografate il 17 settembre del 2002 al largo di Lignano alle ore 15:30 UTC (Cortesia Dino Viezzoli).

Anche se una teoria autoconsistente sulla formazione delle trombe d'aria e marine ancora non esiste, attualmente si ritiene che tutti e tre i meccanismi sopra esposti possano essere importanti, anche se in momenti diversi, per l'intensificazione dei vortici atmosferici. Questo è anche uno dei motivi per cui la loro previsione è molto difficile, infatti le possibili vie e combinazioni di vie per ottenere vortici intensi sono molteplici e risulta molto difficile poter capire in tempo quale sarà il percorso scelto dalla Natura.

3. Dove e quando si formano le trombe d'aria e le trombe marine in Italia

Grazie alle segnalazioni raccolte dagli appassionati di meteorologia è stato possibile creare una banca dati abbastanza ampia ed estesa da poter fare una preliminare climatologia delle trombe d'aria e marine in Italia. Va comunque precisato che questa banca dati non è certamente né completa (mancano degli eventi reali) né corretta (sono presenti degli eventi errati), cionondimeno si è abbastanza confidenti sul fatto che con questi dati si possa mostrare dove e quando le trombe marine e le trombe d'aria si formano in Italia.

La prima sorpresa che emerge da questi dati è il fatto che la maggior parte di questi eventi hanno luogo nella tarda estate e in autunno (fig. 2). Questa è una sorpresa in quanto la distribuzione mensile di trombe d'aria e marine italiane è molto diversa da quella degli Stati Uniti (ha un massimo in primavera) e molto diversa da quella dell'Europa continentale (la Germania mostra un massimo in piena estate). Una spiegazione consolidata di questa differenza non è ancora disponibile, anche se è abbastanza sicuro che non sia tanto legata alla temperatura del mare (i.e., le temperature di luglio e agosto non sono molto diverse tra di loro anche se il numero di eventi di questi due mesi è molto differente) quanto alle differenze che si hanno nei tipi di circolazione atmosferica che caratterizzano i diversi mesi. In tarda estate ed autunno, infatti, iniziano a diventare frequenti le discese di aria fredda e umida (di solito con provenienza atlantica) che spesso evolvono nella formazione di basse mediterranee. Per loro natura, questi sistemi sono caratterizzati da un marcato shear del vento e da una significativa instabilità atmosferica, cioè da moti verticali potenzialmente intensi. Questi sistemi sono pertanto un ambiente particolarmente favorevole per ottenere vortici intensi grazie al "meccanismo del motociclista". Il legame tra le trombe d'aria e la circolazione atmosferica, oltre che per la sua diretta applicabilità nella previsionistica, risulta anche utile per quanto riguarda gli effetti dei cambiamenti climatici sulla frequenza e intensità delle trombe d'aria, come vedremo in seguito. La distribuzione spaziale delle trombe d'aria riserva altrettanto interessanti sorprese (fig. 3) soprattutto quando suddivisa nei

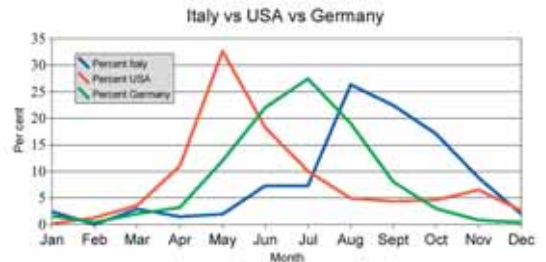


Fig. 2 - Distribuzione mensile delle trombe d'aria e marine in Italia confrontata con le analoghe distribuzioni per gli Stati Uniti d'America e per la Germania.

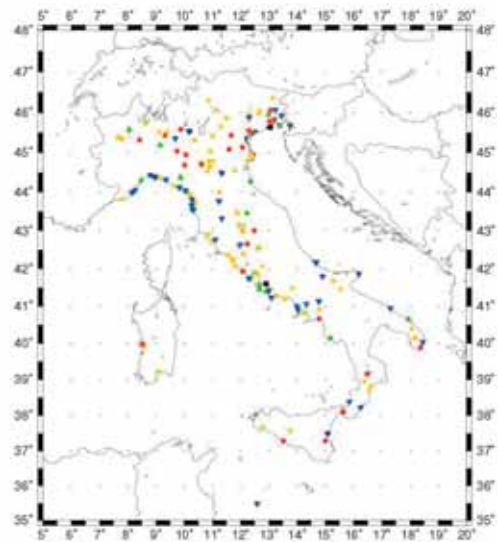


Fig. 3 - Distribuzione spaziale delle trombe d'aria e marine in Italia dal 1991 al 1999. I triangoli verdi indicano una intensità F0, gli asterischi gialli una intensità F1, i cerchi rossi una intensità F2 e i quadrati neri una intensità F3 secondo la classificazione di Fujita. Gli eventi di intensità incerta sono indicati con i triangoli blu.

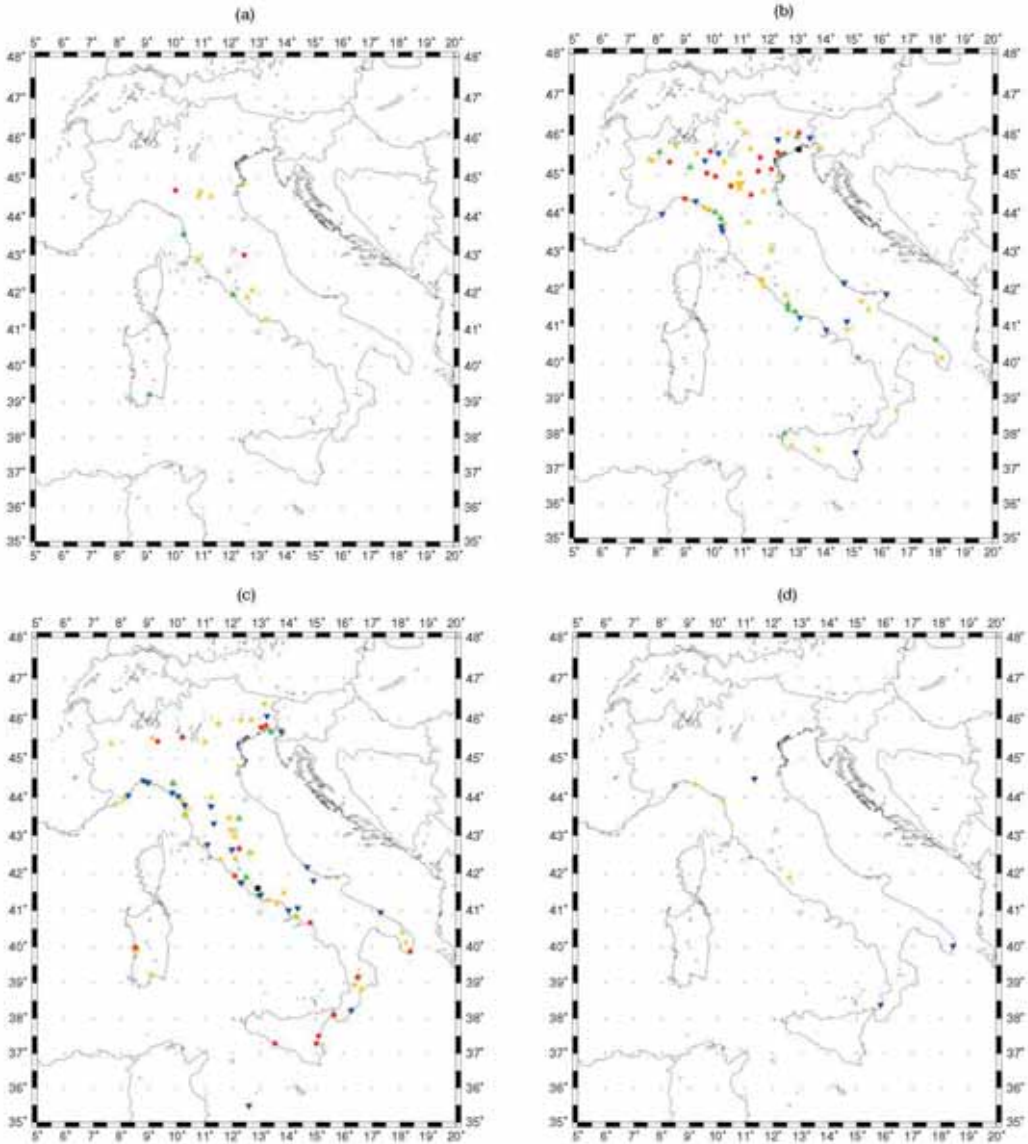


Fig. 4 a, b, c, d. Distribuzione spaziale delle trombe d'aria e marine suddivisa per stagioni. La primavera corrisponde al pannello (a), l'estate al pannello (b), l'autunno al pannello (c), l'inverno al pannello (d). I triangoli verdi indicano una intensità F0, gli asterischi gialli una intensità F1, i cerchi rossi una intensità F2 e i quadrati neri una intensità F3 secondo la classificazione di Fujita. Gli eventi di intensità incerta sono indicati con i triangoli blu.

vari mesi e stagioni (fig. 4 a, b, c, d). Come si poteva facilmente immaginare le trombe d'aria e marine prediligono le zone pianeggianti ed evitano le zone montuose. Probabilmente questo effetto è anche dovuto alla non completezza del campione di dati utilizzato. Nelle zone imper-

vie, infatti, ci sono poche persone e molti eventi, verosimilmente, non sono né visti né segnalati. Attualmente si ritiene comunque che la mancanza di trombe d'aria sui rilievi sia sostanzialmente reale e dovuta al fatto che le orografie complesse, si pensi ad una valle alpina, rendono particolarmente articolato e, alle volte caotico, lo shear del vento che, come visto in precedenza, è importante sia grande ma anche abbastanza omogeneo nello spazio per dar tempo ai moti verticali dell'aria (le correnti ascendenti dei temporali) di "raddrizzarlo" (meccanismo del "motociclista") e intensificarlo (meccanismo della "ballerina") per dare origine alle trombe d'aria.

Molto più interessante, comunque, è osservare come in primavera questi eventi siano frequenti nella valle del Tevere e in Pianura Padana, in estate siamo molto più frequenti sulla pianura Padana e Friulana mentre solo con l'autunno le trombe d'aria e marine iniziano a frequentare l'Italia meridionale. Questa suddivisione stagionale degli eventi rafforza l'interpretazione delle basse mediterranee come ambiente particolarmente favorevole allo sviluppo di questi fenomeni.

4. Gli effetti dei cambiamenti climatici sulle trombe d'aria e le trombe marine

Attualmente non si hanno sufficienti informazioni per poter capire se i cambiamenti climatici (sostanzialmente l'aumento della temperatura media atmosferica) favorisca o sfavorisca l'insorgenza delle trombe d'aria sul Mediterraneo (né altrove). I dati a nostra disposizione, infatti, sono troppo pochi e risalgono, nella migliore delle ipotesi, ad una decina di anni fa. Ciononostante, vista l'importanza di questa questione, gli studiosi stanno cercando di affrontare anche questa questione. Nello specifico le strade intraprese per poter trovare una domanda al rapporto tra i cambiamenti climatici e l'insorgenza delle trombe d'aria sono due: la prima sostanzialmente basata su questioni termodinamiche; la seconda basata invece sul tipo di circolazione atmosferica favorevole alla formazione di questi eventi. La prima strada si basa sul fatto che gli ambienti favorevoli allo sviluppo di questi fenomeni sono quelli caratterizzati da alto shear (vorticità orizzontale) ed alta instabilità atmosferica (moti verticali potenzialmente intensi). Mediante i modelli numerici climatici si cerca pertanto di capire se, aumentando le temperature medie della troposfera, lo shear e l'instabilità aumentano o diminuiscono. I risultati che si ottengono variano a seconda della regione del mondo nella quale ci si trova (e, alle volte, a seconda del modello numerico che si utilizza). Comunque per l'area mediterranea quello che si osserva è una sostanziale stabilità dello shear e un aumento della instabilità, soprattutto sul Mediterraneo centrale. Se confermata, questa tendenza lascerebbe presagire una intensificazione (e forse un aumento in numero) delle trombe d'aria e marine soprattutto sull'Italia centrale e meridionale. La questione però potrebbe essere molto più complessa infatti, come detto in precedenza, la formazione delle trombe d'aria e marine sembra essere associata a particolari tipi di circolazione atmosferica. Non sarebbe quindi tanto importante conoscere l'evoluzione delle variabili termodinamiche a seguito dei cambiamenti climatici, quanto conoscere l'evoluzione dei tipi di circolazione. Questo approccio, sviluppato in particolare dai gruppi di ricerca europei (gli Statunitensi prediligono gli aspetti termodinamici), è relativamente nuovo e sembra essere abbastanza promettente, soprattutto per le zone orograficamente e geograficamente complesse. Il problema di fondo è che, comunque, la previsione sui cambiamenti nei tipi di circolazione atmosferica deve necessariamente passare attraverso i modelli numerici climatici e, purtroppo, i tipi di circolazione non sono ben previsti dai modelli numerici attualmente a disposizione.

5. Come ci si protegge dalle trombe d'aria e dalle trombe marine

La protezione dalle trombe d'aria e marine passa necessariamente attraverso una buona consapevolezza del rischio ad esse connesso. Innanzi tutto è necessario precisare che i danni prodotti dalle trombe d'aria e marine sono essenzialmente dovuti al vento orizzontale (non alla depressione ad esse associata, come alle volte viene erroneamente riportato) e ai detriti trasportati dal vento orizzontale che, viste le velocità raggiunte, sono a tutti gli effetti dei proiettili. Assodato questo punto la gestione del rischio associato a questi fenomeni si può distinguere in due aspetti: quello del medio-lungo periodo e quello del breve e brevissimo periodo. Per quanto riguarda il medio-lungo periodo è necessario poter disporre di una solida climatologia di questi tipi di eventi (molto importante a questo riguardo è l'attività condotta tramite lo European Severe Weather Database; www.essl.org/ESWD) per individuare quelle che sono le zone a rischio. Una volta individuate le zone a rischio è allora possibile adottare delle modalità di costruzione delle abitazioni per ridurre il carico del vento orizzontale sugli edifici. È comunque importante ricordare che, viste le normative antisismiche attualmente vigenti in molte regioni italiane, le abitazioni moderne sono sufficientemente robuste per offrire un solido riparo a eventi di intensità medio-forte. Per quanto riguarda il breve periodo, è sostanzialmente necessario seguire le previsioni del tempo in modo da conoscere in anticipo quali sono le giornate che possono ospitare temporali favorevoli alla formazione di tromba d'aria. In questi casi è importante evitare di "fornire" alla tromba d'aria degli oggetti che possano diventare dei proiettili pericolosi per cose e persone. Un classico esempio è rappresentato dai vasi dei fiori sui terrazzi o, peggio ancora, dagli attrezzi e strumenti lasciati sulle gru nei cantieri edili. Nel brevissimo termine è molto utile poter disporre di immagini RADAR, e in particolare di immagini RADAR riportanti anche la velocità Doppler delle "nubi" (si veda la figura 0 a, b, c, d, e, f) in modo da individuare le zone situate sul possibile percorso dei temporali potenzialmente tornadigeni. Qualora si avesse la sventura di imbattersi in uno di questi fenomeni, è di fondamentale importanza pensare alla propria incolumità personale. È di fondamentale importanza trovare riparo nella parte più interna delle abitazioni o comunque in zone ove gli oggetti trascinati dal vento non possano arrecare danno. Fortunatamente, anche se molto intensi, questi fenomeni sono molto circoscritti nello spazio e insistono per poco tempo su una stessa zona. Una prassi assolutamente da evitare è quella di aprire porte e finestre per favorire la "compensazione" della pressione. Come detto in precedenza, la quasi totalità dei danni associati alle trombe d'aria e marine viene prodotta dal vento orizzontale. Aprire porte e finestre non fa altro che offrire "appigli" al vento orizzontale per produrre più danni. Un altro aspetto da non trascurare riguardo a questi fenomeni è quello del rischio associato ai fenomeni "di contorno" quali grossi chicchi di grandine e fulmini che spesso accompagnano le trombe d'aria e marine e che, a loro volta, possono diventare pericolosi per cose e persone.

BIBLIOGRAFIA

- Dotzek, N., 2001. Tornadoes in Germany. *Atmos. Res.*, 56, pp. 233-251.
Palmieri, S. and Pulcini, A., 1978. Trombe d'aria sull'Italia. *Riv. Met. Aeron.*, 4, 263-277.
Giaiotti, D., Giovannoni, M., Pucillo, A. and Stel F., 2007. The climatology of tornadoes and waterspouts in Italy. *Atmos. Res.*

RISCHIO E PERICOLO DI VALANGHE SULLA MONTAGNA FRIULANA

Enrico Filaferro

Direzione centrale risorse agricole, naturali, forestali e montagna Regione Friuli Venezia Giulia
Servizio territorio montano e manutenzioni, Udine

Abstract

Viene descritto il problema delle valanghe in genere, quindi la differenza tra pericolo e rischio. Vengono poi analizzate funzioni e uso della cartografia delle valanghe, i mezzi di protezione dalle stesse e l'utilizzo del bollettino valanghe. Segue una quantificazione del problema valanghe sui siti antropizzati.

Premessa

Tutto l'arco alpino, e quindi anche le montagne del Friuli Venezia Giulia, è interessato da caduta di valanghe che ogni anno provocano decine di morti e danni considerevoli a boschi, strade, centri abitati. L'entità di questi fenomeni rende quindi necessaria un'attività mirata alla sicurezza di chi vive, opera o semplicemente si sposta in territorio montano innevato. Ciò ha notevoli implicazioni in settori diversi che vanno dalla protezione civile alla pianificazione territoriale, dalla valutazione di impatto ambientale alla difesa del suolo e dell'assetto idrogeologico, dall'organizzazione degli apparati amministrativi alle professioni della montagna, allo sviluppo del turismo. Per meglio comprendere il problema e le attività messe in atto a tutela della pubblica incolumità, sono forse opportune alcune premesse. Che cos'è una valanga? "Massa di neve che precipita a valle ingrossandosi progressivamente e trascinando con se tutto quello che incontra". Questa definizione, tratta dal *Dizionario Garzanti della lingua italiana*, riporta, sia pure in maniera ancora poco precisa, una definizione di che cosa sia il fenomeno naturale sul quale daremo alcuni ragguagli. Da un punto di vista più tecnico, è necessario tenere presente che le precipitazioni nevose che si verificano durante una stagione si sovrappongono cronologicamente formando strati con caratteristiche fisiche e meccaniche differenti. Questi, sotto l'influsso della forza di gravità, tendono a sviluppare forze e tensioni che non sempre vengono controbilanciate dall'attrito: se vi è sufficiente pendenza, e questi movimenti avvengono velocemente, abbiamo una *valanga*. È necessario, preliminarmente, dare due ulteriori definizioni riguardanti due termini spesso utilizzati, trattando di valanghe, quali sinonimi: *pericolo* e *rischio*. *Pericolo* si definisce "la possibilità e la probabilità dell'evento valanghivo" con tutte le sue caratterizzazioni tecniche (tempi di ritorno, intensità, ecc.). Non si tiene qui in conto l'influenza della valanga sull'attività umana: date uguali condizioni di neve, temperatura, pendenza e altro, il pericolo è lo stesso, sia in una sperduta zona dell'Alaska, sia in una stazione sciistica delle Alpi. Quando si tenga in considerazione, oltre al *pericolo*, anche la gravità dei danni prodotti dall'evento a carico dei beni vulnerabili (vite umane, abitazioni, infrastrutture, ecc.), si parla di *rischio*. Quindi:

$$\text{RISCHIO} = \text{PERICOLO} \times \text{VULNERABILITÀ}$$

Il pericolo è una variabile che, nel campo delle valanghe, può essere valutato: a tale fine è necessaria la raccolta di una mole considerevole di dati che, per semplificare, possono essere inquadrati in due categorie: dati *cartografici*, che inquadrano in un contesto territoriale le aree percorse o percorribili dagli eventi valanghivi, e dati *nivometeorologici*, che permettono di stimare la stabilità del manto nevoso e quindi il pericolo di caduta di valanghe.

Poiché non è pensabile intervenire su tutto il territorio montano con opere mirate alla eliminazione del pericolo di valanghe, si rende necessario attivare misure per ridurre il rischio, operando con misure di prevenzione sulle sole aree dove la presenza di elementi vulnerabili lo renda necessario.

1. Cartografia siti valanghivi

Sulla base dei dati cartografici relativi alle valanghe cadute o ai siti che per pendenza, esposizione e copertura vegetale possano essere considerati potenzialmente soggetti a valanga, si è provveduto, con metodologie accettate a livello internazionale, alla redazione della CLPV (*Carta di localizzazione probabile delle valanghe*), redatta in scala 1:25.000. Tali documenti costituiscono una cartografia di base, con funzioni di pianificazione di massima. Qualora si ritenga di dover utilizzare aree poste in valanga, o in prossimità di essa, si rendono necessari studi più dettagliati, che portano a definire, per i luoghi interessati, *tempi di ritorno* e *pressioni massime prevedibili*, fattori questi che determinano la qualità e la quantità delle espansioni o delle nuove infrastrutturazioni. Questi documenti sono redatti da tecnici specializzati in scala 1:5.000 o maggiore.

Se invece ci troviamo davanti alla possibilità che un bene, o meglio ancora un luogo, frequentato da persone possa essere interessato da una valanga, si possono attivare misure strutturali o gestionali delle valanghe.



2. Misure strutturali

Si tratta di opere di ritenuta della neve in zona di distacco, di opere di deviazione o di frenaggio delle valanghe lungo la zona di scorrimento, opere di protezione a valle (gallerie antivalanga, cunei spartitori).



3. Misure gestionali

Consistono principalmente nel distacco programmato e nell'interdizione al transito. Il distacco programmato consiste nel fare scendere una valanga, mediante esplosioni, ogni qual volta lo spessore della nuova neve raggiunge una misura predeterminata. In tal modo il fenomeno valanghivo si sviluppa con dimensioni ridotte, senza raggiungere zone sensibili. Nel contempo viene ridotto lo spessore del manto nevoso che, in assenza dell'intervento, potrebbe raggiungere una massa critica tale da consentire alla valanga di provocare i danni temuti. L'interdizione al transito, si tratti di una strada o di una pista, viene disposta e mantenuta sino a quando persistono le condizioni di instabilità del manto nevoso.

4. Previsione valanghe

Non sempre, però, tutte le operazioni descritte sopra sono applicabili: basti solo pensare alle attività che possono essere liberamente intraprese in zone soggette a valanga (sci alpinismo, alpinismo, ecc.). In questo caso l'unica possibilità per ridurre il rischio per le persone è quella di un avvertimento preventivo dei possibili pericoli che si incontreranno sul terreno innevato: ecco quindi la necessità di un *bollettino nivometeorologico*.

Il documento è strutturato in tre parti: ad una parte descrittiva della situazione meteorologica e nivologica attuale, che illustra il grado presente di pericolo, fa seguito una succinta indicazione del tempo previsto per le 48-72 ore successive. L'influenza che queste condizioni meteo eserciteranno sulla stabilità del manto nevoso conduce alla terza parte, la valutazione del pericolo di valanghe per il successivo periodo di validità.



I tecnici preposti, che operano nel settore valanghe del Servizio Territorio Montano e Manutenzioni, nel panel più ampio della Protezione Civile regionale, emettono il bollettino in genere tre volte alla settimana, al *lunedì, mercoledì e venerdì*; in condizioni eccezionali possono essere emessi bollettini straordinari. Il grado di pericolo viene evidenziato utilizzando la *Scala europea* del pericolo di valanghe.

Ma da dove provengono i dati che permettono la redazione del bollettino? La rete di monitoraggio nivometeorologico della Regione autonoma Friuli Venezia Giulia è composta da *stazioni manuali* e da *stazioni automatiche* che, con cadenze diverse, misurano i parametri che maggiormente influenzano la stabilità del manto nevoso: *temperatura, vento, precipitazioni*. Nelle stazioni operate da rilevatori, si eseguono anche osservazioni e misure non possibili in modo automatico: misurazione della *densità* della neve e della temperatura all'interno di essa, valutazione delle caratteristiche *superficiali* della neve, osservazione delle *valanghe cadute*. La rete di stazioni automatiche è in fase di ristrutturazione e di ampliamento grazie alla Protezione Civile della Regione.

Vi sono poi degli altri campi di rilevamento dove vengono eseguite misure e osservazioni per la valutazione della composizione e quindi della stabilità del manto nevoso: sono le cosiddette *prove penetrometrico-stratigrafiche* che vengono eseguite con cadenza settimanale. Durante queste prove vengono effettuate misurazioni della resistenza alla penetrazione ed al taglio dei vari strati che compongono la coltre nevosa; ne vengono misurate anche la temperatura e la densità, e

vengono stimate, con l'ausilio di lenti e piastrene, forma, dimensione e umidità dei grani di neve. Ritornando al concetto di rischio, è possibile quantificare le aree dove tale rischio esiste? Dal 1970 il Corpo Forestale regionale effettua un censimento dei siti valanghivi, il cui numero ammonta ora a 7352.

Appare subito evidente come la maggior parte dei siti debba svilupparsi in zone non antropizzate. Tralasciando quindi le infinite aree dove solo un alpinista o uno sci alpinista possono mettere a rischio la propria incolumità, segnaliamo alcuni punti salienti:

- una dozzina sono i centri abitati coinvolti, in tempi più o meno prossimi e in misura maggiore o minore, da valanghe (Sauris di Sopra, Sauris di Sotto, Forni Avoltri, Collina, Sostasio, Cleulis, Timau, Pramollo, Tarvisio, Sella Nevea, Tamaroz, Stupizza, Drenchia);
- una dozzina i comprensori sciistici o le piste da sci singole (Piancavallo, Varmost, Sauris di Sotto, Pradibosco, Timau/Laghetti, Zoncolan, Sella Chianzutan, Sella Nevea, Tarvisio/Prisnig, Val Saisera, Passo Tanamea);
- due sono i siti interessati da valanga sulla autostrada A23 (monte Obuas, Tarvisio)
- circa 170 i tratti di strada statale sui quali è stata registrata la caduta di valanghe (SS 251 Val Cellina, SS 552 Passo Rest, SS 465 Valcalda/Val Pesarina, SS 355 Val Degano, SS 52 Carnica, SS 52 bis Passo Monte Croce Carnico, SS 54 Passo Predil/Stupizza, SS 646 di Passo Tanamea);
- oltre 150 analoghi tratti di strada provinciale (Piancavallo, Passo Pramollo, di Sauris, di Forcella Duron, della Val Aupa, della Val Raccolana, Valli del Natisone).



Non vengono qui considerate le strade comunali, di difficile elencazione, o le piste forestali, in genere non aperte durante il periodo invernale.

Per quanto riguarda la sicurezza dei nuclei abitati, molto è stato fatto: ponti da neve, deviatori, dighe di contenimento, cunei di dissipazione, Gaz.Ex., per cui si può ritenere che il problema, a meno di eventi eccezionali, sia drasticamente ridimensionato.

Per quanto riguarda i comprensori sciistici, sono state attuate sia misure strutturali (ombrelli da neve, ponti da neve), sia misure gestionali, con distacco programmato mediante Gaz.Ex. o, in misura molto minore, con chiusura temporanea. Qui i pochi problemi rimasti sono legati all'indisciplina degli utenti: gli ultimi incidenti verificatisi in comprensori sciistici sono stati provocati dagli stessi sciatori che, abbandonate le piste battute, si sono avventurati in percorsi fuori pista. Rimane ancora in sospeso il problema della sicurezza delle piste di fondo che, presentando pericoli limitati, in genere poco noti, e molteplicità di punti di accesso, è di difficile gestione.

APPLICAZIONI DELLA CLIMATOLOGIA AL “RISCHIO NEVE” LA CARTA DINAMICA DELL’INNEVAMENTO DELLA PROVINCIA DI TRENTO

Massimiliano Fazzini (1), Paolo Billi (1)

con la collaborazione di Alessandro Cinnirella (2)

(1) Università di Ferrara, Dipartimento di Scienze della Terra

(2) Università di Roma 3, Dipartimento di Scienze Geologiche

Premessa

Qualsiasi studio inerente la distribuzione spazio-temporale di parametri meteo-climatici non può oggi essere limitato alla semplice analisi statistica del dato disponibile ma deve necessariamente essere finalizzato all'applicazione dei risultati nel campo dell'operatività. Gli studi sull'innevamento, relativamente poco frequenti anche in area alpina, devono essere concepiti tenendo conto delle possibilità di sviluppo socio-economico e delle diverse problematiche esistenti in un determinato territorio, dallo sviluppo delle attività turistiche invernali alla gestione delle risorse idriche, dal rischio idrogeologico (dunque sia valanghivo che idrologico) sino alle ripercussioni viarie in occasione di eventi particolarmente severi. Il progetto della “Carta dinamica dell'innevamento nella Provincia Autonoma di Trento” risulta essere innovativo nell'ambito di questo settore scientifico, dato il suo approccio multidisciplinare, basato su validazione ed omogeneizzazione del dato bruto, su analisi statistiche superiori, su una successiva individuazione dei tipi di tempo responsabili degli eventi nevosi e su applicazioni GIS molto complesse ma estremamente efficaci e di facile sviluppo.

L'originalità del prodotto poi si evidenzia nelle potenziali applicazioni che permette nei campi appena menzionati, con particolare riferimento al calcolo automatico dell'altezza della neve fresca mediante specifici algoritmi, con una risoluzione estremamente elevata. Utilizzando dunque gli *output map* del modello, è possibile un notevole miglioramento nella stima del grado di pericolo di valanghe anche alla mesoscala; la carta si rivela poi come un fondamentale strumento da affiancare agli output dei modelli fisico-matematici nella previsione meteorologica di *nowcasting*, relativamente alla quantificazione degli apporti nevosi. Proprio per le sue notevoli peculiarità, la carta dinamica dell'innevamento sarà dunque utilizzata operativamente dalla Protezione Civile della Provincia Autonoma come fondamentale strumento di monitoraggio operativo ma sarà allo stesso tempo accessibile all'utente grazie ad internet.

1. Inquadramento climatologico e nivologico

La Provincia Autonoma di Trento (fig. 1) è ubicata interamente all'interno del sistema alpino orientale italiano, presenta una superficie di circa 7000 km² con un'altitudine media di oltre 700 metri mentre alcune vette dei massicci montuosi Adamello-Presanella ed Ortles-Cevedale superano i 3500 metri. Il clima assume caratteri di transizione tra il sub-mediter-

raneo ed il sub-continentale nonostante che la complessità orografica e la latitudine sia caratteristica del territori omiteuropeo.

Le temperature diminuiscono gradualmente con l'altitudine; Il gradiente medio annuo è pari a 0.53 °C ogni 100 metri di quota (Bisci et al, 2000), tuttavia esso risulta essere molto più basso in inverno (0.44) in virtù delle frequenti condizioni di inversione termica che caratterizzano i fondovalle. L'area più temperata è sicuramente quella della riviera benacense (Riva del Garda), ove le medie annue, di gennaio (mese più freddo) e di luglio (mese più caldo) sono rispettivamente di 13 °C, 3 °C e 23 °C; la Val d'Adige mostra già caratteri più continentali: a Trento si registrano rispettivamente di 11,5°C, 0.7 °C e 22,6 °C. Intorno ai 1500 metri di quota, in generale i valori termici scendono a 6 °C, -3 °C e 15 °C.

Le precipitazioni totali annue sono estremamente diversificate i quantità e distribuzione spaziale; esse oscillano tra minimi di 700 mm e massimi prossimi ai 2000 mm. I massimi di precipitazione caratterizzano l'area dove sembra evidente la relazione tra aumento di quota e aumento delle precipitazioni; i minimi si collocano nei fondovalle aventi orientamento ovest-est situati in situazione di "rain shadow" rispetto ai flussi meridionali maggiormente forieri di precipitazioni. Dalla caratterizzazione climatica appena descritta si evince che il territorio provinciale è interessato, almeno oltre i 500 metri, da un innevamento relativamente abbondante e costante i tutti gli anni. In realtà, la neve cade e ricopre il territorio provinciale in maniera irregolare, quantitativi di neve fresca più abbondanti si osservano lungo la catena prealpina più vicina alla pianura padana ed in generale alle testate delle valli aventi esposizione a mezzogiorno - maggiormente interessate dai flussi perturbati di origine mediterranea forieri delle nevicate più abbondanti.

Apporti inferiori si registrano nelle valli più interne (es. Val di Fassa) o i quelle aventi direzione generale ovest-est. Gli apporti medi variano dai 35-50 cm nel fondovalle dell'Adige ai 100-180 cm intorno ai 1000 metri di quota per attestarsi sui 280-420 cm a 2000 metri di quota. Il numero di giorni nevosi varia tra i 5 del Benacense, i 25 della maggior parte delle valli interne, i 40 dei valichi più esposti (Rolle, Tonale) ed i 70-90 delle vette maggiori. La continentalità termica e l'esposizione dei versanti condizionano invece la permanenza della neve al suolo. Alla quota di 1000 metri il manto staziona al suolo da metà dicembre a metà marzo, mentre a 1500 metri il periodo si allunga a 120-140 giorni (da fine novembre alla metà di aprile) ed è tale da favorire la pratica degli sport invernali.

Lo spessore del manto nevoso cresce di circa 22 cm e rimane al suolo per 8, 7 giorni in più ogni 100 metri di quota (Fazzini e Gaddo, 2003). Pertanto l'innnevamento risulta essere un fattore determinante nella vita quotidiana della popolazione trentina ed anzi ricopre un'importanza fondamentale nell'economia provinciale, notoriamente basata sullo sfruttamento della risorsa neve attraverso la gestione e la pratica degli *sports invernali*. L'innnevamento risulta tuttavia essere un fattore limitante in altri ambiti, determina ad esempio notevoli e prolungati ostacoli alla circolazione stradale molto più raramente può addirittura essere causa di gravi danni e di morte in relazioni a eventi valanghivi eccezionali.

Nel territorio provinciale trentino sono circa 5000 mila i siti valanghivi censiti, oltre 800 di essi interessano nuclei o centri abitati, strutture turistico-sportive e vie di comunicazione. Ne consegue che molti dei comuni situati alle quote più elevate stanno predisponendo studi finalizzati alla riduzione o all'abbattimento di tali rischi naturali, attraverso il calcolo di "Carte della Pericolosità da Valanghe", da utilizzare nei piani urbanistici provinciali e comunali.

2. Metodologia dello studio

2.1 analisi statistica del dato nivometrico

I dati nivometeorologici utilizzati per la ricerca sono appartenono alla rete gestita dal Dipartimento della Protezione Civile della PAT - Ufficio Previsione ed Organizzazione, che vanta un archivio più che ventennale (stagioni 1981/1982- 2004-05) di dati giornalieri inerenti le condizioni nivo-meteorologiche del territorio prettamente montano della Provincia (modelli 1 AINEVA). I dati, sono stati validati ed omogeneizzati in modo da eliminare qualsiasi errore di misurazione o di informatizzazione esistente e di colmare le frequenti lacune temporali nelle serie di dati disponibili. Avendo in tal senso solamente 14 stazioni di rilevamento con serie storiche complete o completabili, si è preferito considerare un periodo più breve ma comunque ventennale (stagioni 1985/1986-2005/2006) per poter disporre di 25 serie storiche complete (tab. 1 e fig. 1).

Codice	Denominazione	Coordinate piane (Gauss-Boaga s.r. ROMA40 - espresse in metri)		Quota m. s.l.m.	Coordinate geografiche - sistema di riferimento ED50 (UTM) - espresse in gradi sessadecimali (**)	
		Est	Nord		Lat	Long.
1PEI	PEJO - TARLENTA	1 627 598	5 136 569	2 010	46.3713°	10.6596°
2RAB	RABBI	1 639 161	5 141 170	1 315	46.4105°	10.8113°
3PIN	PINZOLO - PRA' RODONT	1 637 889	5 114 116	1 500	46.1674°	11.7868°
4SMC	S.MARTINO DI CASTROZZA	1 715 535	5 126 941	1 465	46.2625°	11.7974°
5PSV	PASSO S. VALENTINO	1 648 554	5 071 731	1 320	45.7839°	10.9117°
6BON	BONDONE - VIOTE	1 659 102	5 097 640	1 490	46.0145°	11.0558°
7PVA	PASSO VALLES	1 715 601	5 135 604	2 045	46.3404°	11.8022°
8PAN	PANEVEGGIO	1 711 582	5 132 131	1 545	46.3104°	11.7485°
9PTA	PANAROTTA	1 679 499	5 102 262	1 775	46.0511°	11.3209°
10PM	PAMPEAGO	1 695 459	5 135 249	1 760	46.3433°	11.5406°
11AN	ANDALO	1 654 724	5 114 799	1 005	46.1699°	11.0049°
12FO	PASSO SOMMO	1 671 100	5 087 403	1 360	45.9196°	11.2071°
13PR	PREDAZZO - GARDONE'	1 698 248	5 135 108	1 675	46.3412°	11.5767°
14PO	POZZA DI FASSA	1 706 886	5 144 969	1 385	46.4272°	11.6932°
15TR	TREMALZO	1 630 807	5 077 857	1 560	45.8426°	11.6851°
16PT	BROCON - MARANDE	1 705 538	5 110 479	1 605	46.1176°	11.6607°
17CA	CAORIA	1 706 125	5 119 836	915	46.2015°	11.6723°
18SB	CANAL SAN BOVO	1 714 214	5 116 765	1 150	46.1714°	11.7756°
19PF	PIAN DELLE FUGAZZE	1 667 967	5 069 354	1 170	45.7580°	11.1604°
20BA	MALGA BAESSA	1 690 679	5 112 594	1 265	46.1409°	11.4694°
21MB	MALGA BISSINA	1 617 163	5 101 065	1 780	46.0538°	10.5152°
22CI	CIAMPAC	1 712 887	5 147 468	2 145	46.4478°	11.7724°
23MC	MADONNA DI CAMPIGLIO	1 638 949	5 120 900	2 020	46.2282°	10.8025°
24NO	VAL NOANA	1 719 326	5 113 410	1 020	46.1397°	11.8402°
25TO	PASSO TONALE	1 623 087	5 124 477	1 875	46.2634°	10.5978°
26SP	PASSO S. PELLEGRINO	1 714 957	5 140 554	1 965	46.3850°	11.7961°

Tab. 1 - Caratteristiche delle stazioni nivometeorologiche analizzate nello studio



Fig. 1 - *Mapa del territorio trentino con evidenziata la Rete ufficiale del Dipartimento Provinciale della Protezione Civile -Ufficio Previsioni ed Organizzazione - situazione al 1 marzo 2006*

La compilazione del modello 1 AINEVA inizia e termina generalmente all'apertura ed alla chiusura della stagione invernale, per cui non hanno a disposizione dati relativi ad eventi meteorici precoci o tardivi anche estesi all'intero territorio provinciale. A causa di questa incongruenza, si è deciso di analizzare gli eventi nevosi accaduti nel periodo dicembre-aprile. I 25 punti di rilevamento nivometrico sono ubicati a quote comprese tra gli 910 metri di Caoria ed i 2150 metri del Ciampac pur in maniera non particolarmente omogenea nel territorio provinciale, con una notevole densità nelle valli e nei massicci montuosi maggiormente interessati dalla pratica degli *sports invernali* (Val Rendena, Val Di Fassa, Val Cison) ed aree quasi totalmente sprovviste benché caratterizzate da forte innevamento medio e facenti parte di ambienti di alta montagna a forte pericolo di valanghe. Allo stato attuale tuttavia la Provincia sta installando una nuova moderna ed omogenea rete di rilevamento nivo-meteorologico automatico, particolarmente utile al funzionamento della carta oggetto di studio e fondamentale per il monitoraggio della situazione di innevamento anche a quote medio-basse (fig. 2). È stato di seguito effettuata un'approfondita analisi a scala regionale della climatologia della neve, identificabile *in primis* nella distribuzione spaziale degli apporti nevosi mensili e stagionali e delle massime altezze della neve al suolo e della sua permanenza e successivamente nell'analisi mensile e stagionale dei trend più che ventennali. Per la realizzazione della carta relativa all'altezza della neve fresca, sono stati selezionati ed analizzati tutti gli episodi nevosi che hanno determinato almeno nell'80% dei campi neve apporti nevosi al suolo di circa 10 centimetri o precipitazioni piovose di equivalente apporto. In tal senso, nelle venti stagioni analizzate sono stati selezionati circa 130 eventi nevosi. Per ciascuna stazione nivometrica e per ciascun tipo sinottico sono state di seguito ricavate le medie aritmetiche relative agli apporti di neve fresca in 24 ore.



Fig. 2 - Carta della distribuzione spaziale delle stazioni nivo-meteorologiche attive (situazione al settembre 2007), comprendenti anche quelle della rete strategica nazionale.

A questo punto, per cercare di quantificare alla mesoscala le caratteristiche geografiche e morfologiche del territorio, sono state calcolate venticinque misure lineari ed angolari (tab. 2) che descrivono la posizione geografica e morfometrica delle stazioni all'interno del territorio e che sono state considerate nella successiva analisi di regressione multipla lineare come variabili indipendenti. Più in particolare, per le misure angolari, quali ad esempio quelle azimutali relative alle caratteristiche di esposizione e direzione delle valli, sono stati utilizzate fornite misure in seno e coseno comparabili con le altre misure lineari.

2.2. analisi dei tipi di tempo

Contemporaneamente all'analisi statistica del dato nivometrico, per ciascuno degli eventi meteorici selezionati, sono state esaminate le relative condizioni sinottiche foriere delle precipitazioni; a tal proposito ci si è avvalsi delle mappe meteorologiche di rianalisi al suolo ed al geopotenziale di 500 hPa (fonte NCEP), sia inerenti l'evento che nei giorni che lo hanno preceduto.

A completamento dell'analisi delle mappe, sono stati analizzati anche i radiosondaggi esaorari disponibili e relativi alle stazioni di Milano ed Udine, oltre che alcuni *wind profiler* della stazione di Innsbruck. Da una prima analisi effettuata sulla distribuzione della pressione al suolo, del geopotenziale in occasione di situazioni perturbate estese all'intero territorio e come emerso in occasione di studi precedenti (cfr Borghi, 1989; Giuliacci, 1994; Kappenberger e Kerkmann 1997, Stefanuto et al, 1999, Panziera, 2004) si è osservato che il segnale rilevato dalla distribuzione di pressione al suolo meglio giustifica le precipitazioni nevose, probabilmente perchè la distribuzione della pressione risente in maniera notevole della complessità orografica, prima causa dell'ascensione delle masse d'aria umide responsabili poi delle precipitazioni stesse, spe-

Nome	Descrizione
ALT	quota in metri
LONG	longitudine UTM in metri
LAT	latitudine UTM in metri
SPN	distanza spartiacque nord
SPE	distanza spartiacque est
SPS	distanza spartiacque sud
SPW	distanza spartiacque ovest
ASPN	altezza spartiacque nord
ASPE	altezza spartiacque est
ASPS	altezza spartiacque sud
ASPW	altezza spartiacque ovest
LV	larghezza della valle tra i due spartiacque
HFV	altezza sul fondovalle
HPE	altezza del pendio
DSPPR	distanza dallo spartiacque principale
DPRE	distanza dalle prealpi
DTV	distanza dalla testata della valle
SINAZTV	seno dell'azimut della testata della valle
COSAZTV	coseno dell'azimut della testata della valle
SINAZSBV	seno dell'azimut dello sbocco della valle
COSAZSBV	coseno dell'azimut dello sbocco della valle
SINAZAV	seno dell'azimut dell'asse vallivo
COSAZAV	coseno dell'azimut dell'asse vallivo
DPIA	distanza dalla pianura
DMARE	distanza dal mare

Fig. 2 - Carta della distribuzione spaziale delle stazioni nivometeorologiche attive (situazione al settembre 2007), comprendenti anche quelle della rete strategica nazionale.

climatologico-dinamico dell'area tridentina (Fliri, 1975, Borghi, 1989; Giuliacci, 1989; Kappenberger e Kerkmann, 1997; Panziera, 2005) traendone numerose indicazioni ed evidenze e giungendo al riconoscimento di 7 tipi di circolazione sia al suolo che al geopotenziale di 500 hpa, di seguito elencati e dettagliatamente descritti nella genesi e nell'evoluzione ed identificabili nei successivi documenti grafici e tabellari dalle corrispondenti sigle e qui di seguito indicati e caratterizzati.

Tipo 1 - DEPR: depressioni centrate sulle Alpi o sulla Pianura padana

Tipo 2 - DEPRGG: depressioni sottovento centrate tra il Golfo di Genova ed il Golfo del Leone ed altre depressioni centrate sul Mediterraneo occidentale sino alle Isole Baleari

Tipo 3 - DMED: depressioni posizionate sul Mediterraneo centro-meridionale

Tipo 4 - SW: flussi rettilinei o a lieve curvatura ciclonica provenienti da sud-ovest

Tipo 5 - NNW: flussi rettilinei o a curvatura ciclonica provenienti da nord o da nord-ovest

Tipo 6 - NE: flussi rettilinei o a curvatura ciclonica provenienti da nord-est

Tipo 7 - W: Flusso zonale (da ovest)

cialmente nei casi di avvezione di aria calda dai quadranti meridionali. Dunque nella discriminante dei tipi di circolazione ci si è riferiti principalmente alla situazione al suolo, cercando poi eventuali conferme nella situazione in quota. Ne è risultata un'identità di situazioni per oltre il 90% degli eventi esaminati.

I tipi sinottici responsabili di precipitazioni estese e significativamente spesse, sono stati discriminati cercando di renderne più semplice possibile la scelta da parte del nivologo di turno. Occorre tuttavia sottolineare che la quasi totalità degli eventi studiati presenta un'evoluzione dinamica piuttosto lenta, per cui all'interno dell'evento visto come unica entità si verificano naturali cambiamenti nella posizione delle strutture frontali o depressionarie con conseguenti variazioni del regime anemometrico alla differenti quote e della baroclinicità del sistema perturbato. Dunque si è ritenuto opportuno analizzare il quadro sinottico che meglio approssima e descrive la situazione dinamica responsabile dei fenomeni, nel momento della loro massima intensità.

Sono dunque stati esaminati dettagliatamente i differenti studi esistenti nell'ambito

Occorre inoltre sottolineare che molto spesso sono state evidenziate situazioni "limite" tra i differenti sette tipi di circolazione sinottica selezionati che potrebbero essere interpretati in maniera assolutamente soggettiva dai diversi esperti di turno. Per tentare di ovviare a tale problema, si è deciso di ricorrere all'analisi dei radiosondaggi disponibili, riferiti ai lanci delle ore 00, 06, 12 e 18 UTC (se disponibili) per le stazioni di Udine Rivolto e Milano Linate - così da sanare qualsiasi dubbio relativamente al tipo sinottico responsabile dell'evento nevoso.

Tipo 1 - depressioni centrate sulle Alpi o sulla Pianura Padana (depr)

Appartengono a questo tipo di situazione le circolazioni caratterizzate dalla presenza di una depressione "chiusa" centrata tra le Alpi a nord e l'Appennino Tosco-Emiliano a sud (fig. 3), che interessa con fenomenologie più o meno intense tutto l'arco alpino centro-orientale. Talvolta il minimo depressionario in questione si identifica con la parte più meridionale di una profonda saccatura presente a tutte le quote (vortice polare in quota). Sul Trentino tale tipo di circolazione determina l'arrivo di correnti dapprima meridionali in graduale rotazione ad est e quindi a nord-est a fine episodio.

Questo tipo di circolazione, molto frequente nel territorio trentino - 24 casi di studio - apporta nevicate significative generalmente dai 700 metri di quota, tuttavia piuttosto frequentemente si osservano nevicate significative sino in fondovalle.

Questo tipo di circolazione è generalmente responsabile di nevicate moderate, quantificabili mediamente in 25 cm con valori massimi di circa 45 cm e valori minimi di circa 10 cm. I quantitativi più abbondanti interessano le aree prealpine più meridionali del territorio provinciale e le valli aperte a sud-est, sopravento rispetto a tale tipo di flussi atmosferici. In generale i maggiori apporti nevosi si verificano quando il rapido avvicinamento dell'asse della saccatura, in movimento verso est, provoca un massiccio richiamo di aria caldo umida.

Tipo 2 - depressioni centrate tra il Golfo di Genova ed il Golfo del Leone o depressione a due minimi centrati tra il Golfo di Genova e le Isole Baleari

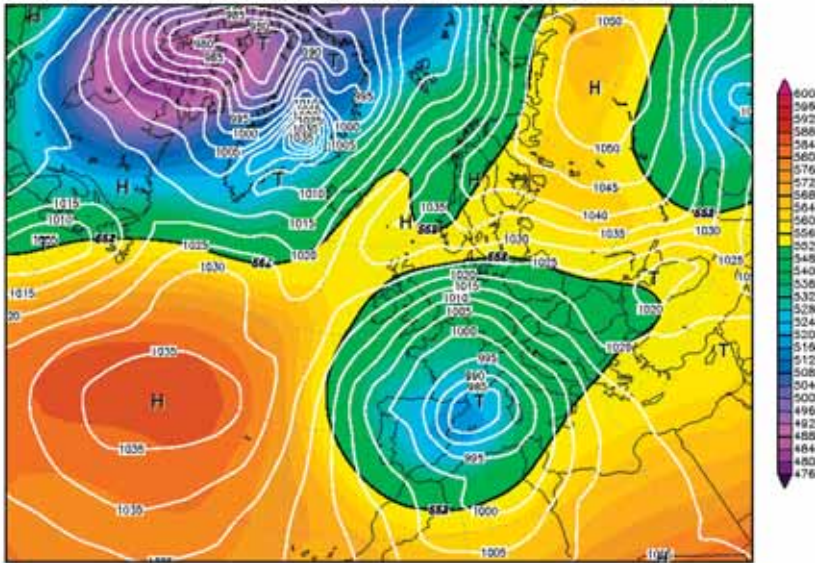
Questo tipo di circolazione interessa le alpi tridentine in maniera egualmente frequente rispetto al tipo sinottico 1 (23 casi); risulta essere quella che mediamente determina le precipitazioni nevose più abbondanti, con una media di oltre 50 cm di neve fresca/evento; oltretutto il limite medio della quota neve è decisamente basso, ponendo si al di sotto dei 500 metri e, con una certa frequenza, nevicate significative interessano l'intero territorio provinciale sino in fondovalle. In tal senso, condizione necessaria è la persistenza di un anticiclone termico continentale nei giorni precedenti l'evento, con formazione di spessi strati di inversione termica nei fondovalle e nelle conche pedemontane.

L'Elemento caratterizzante la circolazione atmosferica di questa configurazione è la presenza di una depressione chiusa, presente quasi sempre a tutte le quote, centrata tra il golfo di Genova, l'alto Tirreno e la Corsica (fig. 4) oppure sull'adiacente Golfo del Leone, poco ad ovest del delta del Fiume Rodano. Essa si origina spesso per "cut-off" da una saccatura estesa nel senso dei meridiani e derivante da una profonda depressione centrata sulle isole Britanniche ed avente asse poco inclinato che collega i due minimi barici.

Le precipitazioni più abbondanti si osservano lungo l'intero settore prealpino, nei massicci occidentali della provincia (Adamello-Presanella) e nelle valli, aperte ai flussi sciroccali (tab. 3). L'abbondanza delle precipitazioni nevose, caratteristica di tale tipo sinottico va ricercata nel con-

31JAN1986 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)

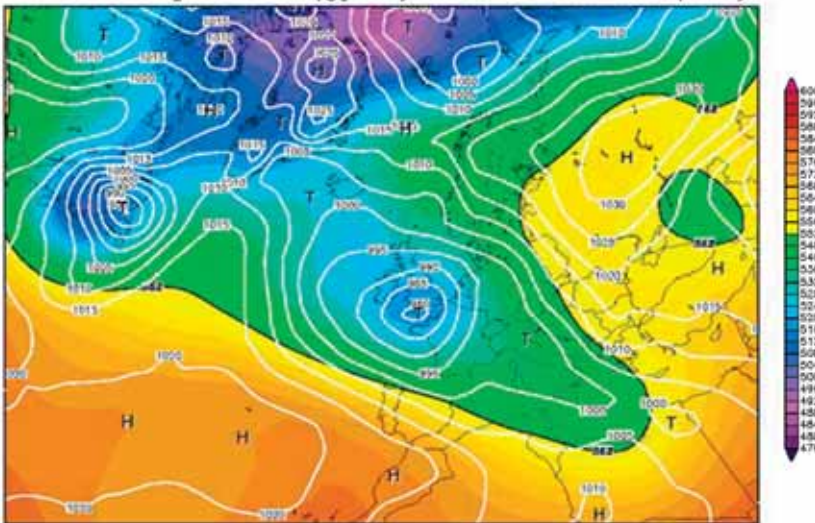


Daten: Reanalysis des NCEP
 (C) Wetterzentrale
 www.wetterzentrale.de

Fig. 3 - Depressione centrata a tutte le quote sulla Manica e annessa saccatura a minimo secondario sull'Italia nord-orientale

22MAR1985 00Z

500 hPa Geopotential (gpm) und Bodendruck (hPa)



Daten: Reanalysis des NCEP
 (C) Wetterzentrale
 www.wetterzentrale.de

Fig. 4 - Intenso evento nevoso causato dalla presenza di una depressione centrata in prossimità del delta del Rodano

trasto termico esistente tra l'aria fredda proveniente dall'Atlantico ed il notevole valore proprio del Mediterraneo settentrionale che "mette a disposizione" enormi quantità di vapore acqueo.

TIPO	par	qn	1PEJ	2RAB	3PIN	4SMC	5PSV	6BON	7PVA	8PAN	10PA	11AN	12FO	13PR	14PO	15TR	16PT	17CA	18SB	19PF	20BA	21MB	22CI	25TO	26SP	MED	
TIPO 1	hn	652	25	20	31	26	30	27	39	25	23	17	26	18	14	28	27	16	18	26	17	41	31	31	30	25	
DEPR	dstd	329	15	12	17	15	16	11	23	14	13	14	11	12	10	19	11	10	10	18	10	26	20	18	14	15	
N°24 CASI																											
TIPO 2	hn	495	48	45	51	51	52	53	80	41	48	41	62	36	25	55	47	39	47	58	42	86	62	74	58	53	
DEPR GG	dstd	168	19	25	27	31	31	26	52	33	22	34	38	25	14	64	25	47	41	35	20	52	38	36	45	34	
n°23 CASI																											
TIPO 3	hn	648	27	23	28	25	24	23	38	29	22	16	25	15	14	33	26	15	21	20	21	51	26	39	30	26	
DEPR MED	dstd	329	14	17	15	16	13	13	25	18	15	16	22	10	10	26	15	18	17	14	17	42	18	26	20	18	
N°14 CASI																											
TIPO 4	hn	710	24	10	8	7	6	5	19	12	15	7	5	9	18	8	8	4	4	9	6	22	20	23	17	12	
NNW	dstd	78	10	2	1	1	1	1	9	10	14	6	1	4	22	2	2	1	1	2	3	12	5	11	4	5	
N°10 CASI																											
TIPO 5	hn	650	24	8	19	15	12	11	26	13	16	9	12	10	9	17	11	6	8	19	8	23	27	23	26	15	
NE	dstd	311	6	4	9	3	8	6	14	3	6	6	8	8	5	9	9	7	7	12	6	21	9	11	5	8	
N°7 CASI																											
TIPO 6	hn	698	47	28	43	34	29	34	48	28	27	17	22	17	15	30	29	16	17	19	22	67	34	61	36	31	
SW	dstd	310	38	26	28	27	23	20	38	26	22	15	18	17	14	26	22	17	17	16	22	45	27	44	30	25	
N°24 CASI																											
TIPO 7	hn	554	42	27	35	30	26	27	43	27	24	16	20	17	15	28	25	17	17	18	22	56	31	52	33	28	
W	dstd	144	5	1	8	3	3	7	5	1	2	1	2	0	1	2	3	1	0	2	0	11	3	8	3	3	
N°10 CASI																											

Tab. 3 - Tipi di tempo individuati, quota media neve, apporti medi di neve fresca e deviazione standard per le stazioni oggetto di studio. Legenda - par: parametro; hn: altezza neve fresca; qn: limite altitudinale delle nevicate; med: media generale dell'altezza della neve fresca per ogni evento nevoso

TIPO 3 - depressione centrata sul Tirreno centro-meridionale e sul Canale di Sicilia

Questa situazione, caratterizzata dalla formazione o dallo spostamento di un minimo di pressione di tipo dinamico a sud del Capo Palinuro, con maggiore ricorrenza sulla Sicilia occidentale o sul Canale di Sicilia, determina tempo spesso piuttosto perturbato sulla provincia trentina; a tale struttura si contrappone l'anticiclone delle Azzorre che si dispone con il suo asse principale da sud a nord ed interessa latitudini settentrionali (situazione di NAO negativa - Fazzini et al 2005). Durante la stagione invernale, poi, la presenza dell'anticiclone termico continentale spesso ostacola il movimento della depressione mediterranea verso est. Nel presente studio sono stati evidenziati 14 episodi che hanno determinato nevicate generalmente moderate - con apporti medi di circa 28 centimetri e con il limite delle nevicate posizionato mediamente intorno ai 600 metri.

Le correnti si dispongono su Trentino da sud-est e spesso manca di una seppur lieve curvatura ciclonica, determinando i maggiori fenomeni laddove intersecano i rilievi prealpini in maniera ortogonale oppure presso le testate delle valli aperte da sud a sud est. In generale, poi, a parità di latitudine e di quota, il settore occidentale riceve apporti più abbondanti rispetto a quello orientale.

TIPO 4 - flusso da sud-ovest

Questo tipo di circolazione è tra le più frequenti e nevose nel settore alpino e prealpino trentino. A generarlo è prevalentemente la presenza di una profonda saccatura dinamica avente asse nord-ovest-sudest è generalmente centrata sulle Isole Britanniche; essa interessa gran parte dell'Europa

centro occidentale, spingendosi talvolta sino a latitudini inferiori ai 40 gradi. Si genera un richiamo di aria molto calda ed umida di origine mediterranea o subtropicale che interessa il Trentino come intenso flusso da sud-ovest. (fig. 5).

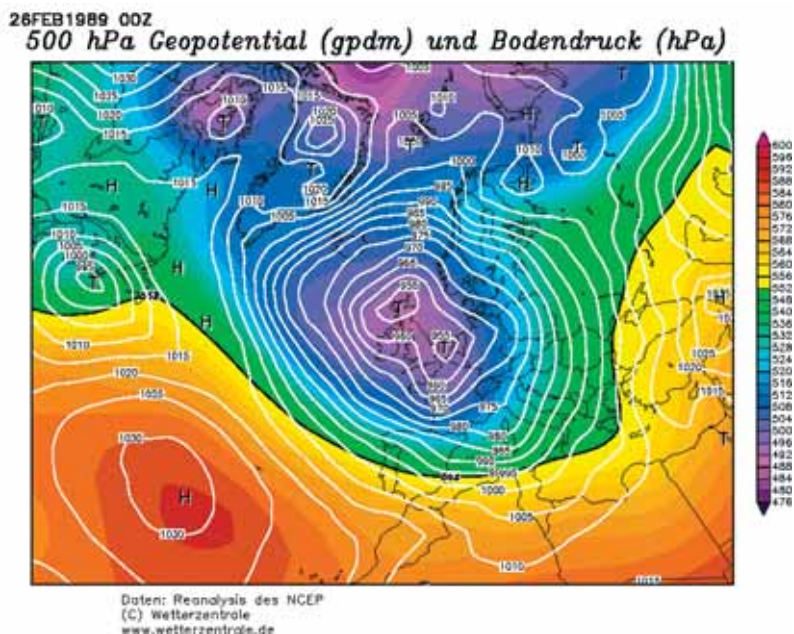


Fig. 5 – Flusso da sudovest responsabile di un intenso evento nevoso del 24-26 febbraio 1989. si noti la profonda depressione estesa a tutti i livelli e centrata sulle isole Britanniche, che richiama masse d'aria sudoccidentali sul Triveneto. Evidente la presenza dell'anticiclone Russo ad est del Mar Nero

Nel periodo analizzato sono stati rilevati oltre 25 casi apportatori di nevicate estese e persistenti sull'intero territorio provinciale. Il limite delle nevicate è estremamente variabile e strettamente dipendente dalla situazione meteorologica pregressa: in presenza di un cuscinetto di aria molto fredda di natura continentale, le nevicate interessano anche il fondovalle principale mentre nel periodo tardo autunnale e di inizio inverno - quando tale tipo di circolazione risulta essere frequente - le nevicate interessano prevalentemente quote superiori ai 1000 metri. Gli apporti medi sono generalmente cospicui in tutti i settori montani della provincia, con una media di circa 35 cm/evento. Durante alcuni eventi prolungatisi per almeno 48 ore, gli accumuli medi hanno superato gli 80 cm con locali punti prossime ai 200 cm. Tali accumuli si verificano più facilmente, a parità di quota, sul settore più occidentale della provincia - gruppo Adamello - e nelle valli prealpine aperte a sud.

Tipo 5 - flusso da nord nord-ovest

Caratteristica fondamentale di tale tipo sinottico è data dalla disposizione delle correnti che, ai vari livelli troposferici, si dispongono da nord-ovest, senza spesso presentare alcuna curvatura. Lo sviluppo di forti correnti nordoccidentali è effetto dell'elevata differenza di pressione determinata dal con-

trasto esistente tra l'anticiclone atlantico - esteso in maniera non caratteristica dalla Spagna verso le Isole britanniche e la depressione islandese posizionata appena ad est della sua posizione naturale, spesso tra Danimarca e Scandinavia meridionale. Questa situazione provoca nevicate irregolarmente distribuite nel territorio provinciale; i fenomeni sono generalmente di breve durata e si sviluppano spesso sotto forma di rovesci nevosi di moderata intensità. L'irregolarità della distribuzione delle nevicate e gli scarsi apporti registrati sono da imputare all'ostacolo determinato dallo spartiacque principale alpino, per cui si registrano estesi fenomeni di *stau* sui versanti sopravento esteri mentre i cumuli medi apportati dai flussi settentrionali sono nell'ordine dei 12-15 centimetri.

I settori maggiormente interessati dalle nevicate sono quelli più settentrionali come l'alta Val di Fassa e l'alta Val di Pejo, oltre che le aree sommitali quasi mai poste in situazioni di "snow shadow".

Tipo 6 - flusso da nord-est

Tale situazione, è caratterizzata da un'avvezione di aria solitamente molto fredda ma piuttosto secca e limitata in spessore dall'Europa centro-orientale, associato alla persistenza della porzione più occidentale dell'anticiclone termico Russo o da una struttura altopressoria secondaria centrata tra Germania, Polonia e Balcani. Talvolta accade che l'anticiclone continentale si "saldi" all'anticiclone dinamico delle Azzorre determinando un richiamo di correnti orientali che solitamente non apportano precipitazioni nevose significative. Una situazione intermedia tra le due appena menzionate e spesso foriera di estese seppur deboli nevicate è individuabile nell'espansione dell'anticiclone atlantico verso l'Europa orientale, senza che vi sia la formazione del ponte anticiclonico appena menzionato. In questo caso l'umidità trasportata dal flusso lievemente ciclonico presente nei bassi strati dell'atmosfera non del tutto "scaricata" sui versanti alpini esteri determina nuvolosità medio-bassa estesa ed associate nevicate. Tali avvezioni "fredde" e "secche" sono richiamate dalla presenza di una profonda depressione centrata sul basso Adriatico o sul Mar Ionio-Egeo. Nel ventennio oggetto di studio, tale tipo di circolazione ha provocato estese e significative nevicate solamente in cinque casi. La media degli apporti nevosi si aggira intorno ai 20 cm e la deviazione standard risulta essere piuttosto bassa. Occorre Tuttavia evidenziare che i massicci dolomitici più settentrionali - Sella, Marmolada, Sassolungo) o le valli aperte ad est (Alta Val di Fassa, Val Cisson, Val S. Pellegrino), sono spesso interessate da episodi nevosi brevi ma intensi, a prevalente carattere di rovescio nevoso.

Tipo 7 - flusso atlantico o zonale

Questa situazione è caratterizzata dalla presenza sull'intero arco alpino, di un flusso di correnti occidentali - o zonali - nel quale si sviluppano frequentemente ondulazioni più o meno profonde che permettono alle masse d'aria polari e subtropicali di penetrare in ambiti termodinamici differenti. Tale circolazione è solitamente generata dal contrasto tra la depressione nord atlantica - centrata tra Islanda, Scandinavia ed Isole Britanniche ed anticiclone delle Azzorre, che si espande con asse principale ovest-est all'altezza del 40° parallelo circa. I contrasti tra le due masse d'aria permettono lo sviluppo e/o lo scorrimento di sistemi frontali più o meno intensi che solitamente provocano precipitazioni diffuse sul versante nord-alpino mentre determinano deboli, o al più moderati fenomeni sul settore meridionale della catena. La quota media del limite delle nevicate è peraltro molto irregolare, quella media è appena superiore ai 600 metri. Nel periodo oggetto di studio, a fronte di numerosi passaggi frontali di origine atlantica si riconoscono solamente 10 situazioni foriere di nevicate significative nell'intero territorio

provinciale. I maggiori apporti medi si verificano sul settore centro-occidentale della provincia, evidentemente più esposto, e solo localmente l'area di Passo Rolle, Passo Valles, situati agli estremi opposti. Tale secondo massimo si potrebbe spiegare con un rientro delle correnti moderatamente umide attraverso le numerose valli aperte verso la pianura padano-veneta.

2.3 - risultati dell'analisi statistica multivariata

La relazione tra variabile dipendente (altezza della neve fresca) e variabili indipendenti geografiche e morfometriche è stata ricercata tramite un'analisi di regressione multipla lineare di tipo "stepwise" nella modalità in avanti ("forward"). L'analisi multiregressiva ha permesso di ricavare per ciascuno dei sette tipi sinottici, l'equazione di regressione multipla lineare che permette il calcolo dei valori dell'altezza della neve fresca per qualsiasi punto del territorio provinciale, con una variabilità spiegata quasi sempre superiore al 90% (tabb. 4a e 4b). Occorre sottolineare che sono stati considerati ai fini del calcolo della variabilità spiegata totale, i contributi dei regressori con un p-level $\leq 0,05\%$ e che contemporaneamente fossero superiori al 2%.

1. Y (neve fresca per depressione al nord) = - 29,39 - 0,0000001 long + 0,02 quota + 0,082 dpian
2. Y (neve fresca con depressione sul Golfo di Genova) = 194,13 - 0,0001 long + 0,022 quota - 0,71 dtestva
3. Y (neve fresca per depressione mediterranea) = 68,29 - 0,00002 long + 0,015 quota - 0,515 dprealpi
4. Y (neve fresca per flusso da sud-ovest) = 234,97 - 0,00002 long + 0,038 quota - 7,85 cosazav + 5,96 altpen
5. Y (neve fresca per flusso da nord nord-ovest) = -16,91 + 0,288 sinazav + 0,017 quota + 0,18 dpian
6. Y (neve fresca con situazioni da nord-est) = - 8,18 + 0,031 sinazav + 0,017 quota
7. Y (neve fresca con flusso da ovest) = 76,61 - 0,00005 long + 0,0031 quota - 0,031 dprealpi

Tab. 4a - Riepilogo equazioni di regressione multipla lineare per i sette tipi di tempo selezionati

Tra le variabili che maggiormente contribuiscono alla spiegazione della distribuzione della neve fresca (tab. 4b) spiccano la longitudine, inversamente correlata, ed intesa come distanza dal bacino occidentale del Mediterraneo - notoriamente più umido e perturbato del Bacino adriatico - la quota, direttamente correlata, la distanza dalle Prealpi, inversamente correlata e per le situazioni perturbate di origine nord-atlantica o continentale, il seno della direzione dell'asse delle valli, direttamente correlato.

3. Applicazioni GIS e realizzazione della carta dell'innevamento

Le applicazioni GIS utilizzate in questo studio sono state di fondamentale importanza dapprima nel calcolo dei valori delle variabili indipendenti e successivamente nel calcolo dei valori della neve fresca al suolo. La quantificazione dei valori morfologici e geografici è stata possibile, attraverso applicazioni di analisi superiori, derivandoli dal modello digitale del terreno (DEM), avente risoluzione spaziale di 20x20 m. Una volta quantificati, i dati morfogeografici, sono stati

TIPI SINOTTICI	REGRESSORE 1	REGRESSORE 2	REGRESSORE 3	REGRESSORE 4	TOTALE
DEPR	Long - 80%	Quota 9%	Dpian 3,6%		93,2%
DEPR GG	Long - 49,7 %	Quota 18,6%	Dtestva 9,6%		81,4%
DMED	Long - 78,3%	Quota 9,4%	Dprea 2,3%		89,9%
FLUSSO SW	Long 56,3%	Quota 24,1%	Cosazav 9,5%	Altpen 3%	93,0%
FLUSSA NNW	Sinazav - 77,8%	Quota 13,4%	Dpian 2,5%		93,7%
FLUSSO NE	Sinazav - 91,1%	Quota 4,9%			96,0%
FLUSSO W	Long - 74,6%	Quota 14,3%			89,9%

Tab. 4b - Contributi dei singoli repressori alla variabilità spiegata totale pwr ciascuno dei sette tipi di tempo

memorizzati in un apposito geodatabase, in quanto rimangono invariati poiché legati alla morfologia del territorio. Il calcolo, da parte del modello, dell'altezza della neve fresca si compone di varie fasi (fig. 6). Il nivologo di turno raccoglie e valida i dati provenienti dai vari sistemi di raccolta (Yeti, stazioni automatiche, eventuali comunicazioni verbali, dati CFS-Comando Truppe Alpine) secondo una formattazione in tabella standard del tipo: *id stazione, coordinata x GB, coordinata y GB, neve misurata*. Vengono di seguito eseguiti procedimenti di interpolazione tra i dati disponibili attraverso la tecnica dell'inverso del quadrato della distanza. Tale interpolazione permette di stimare i dati relativi alla neve fresca laddove non ci sono possibilità di avere misure.

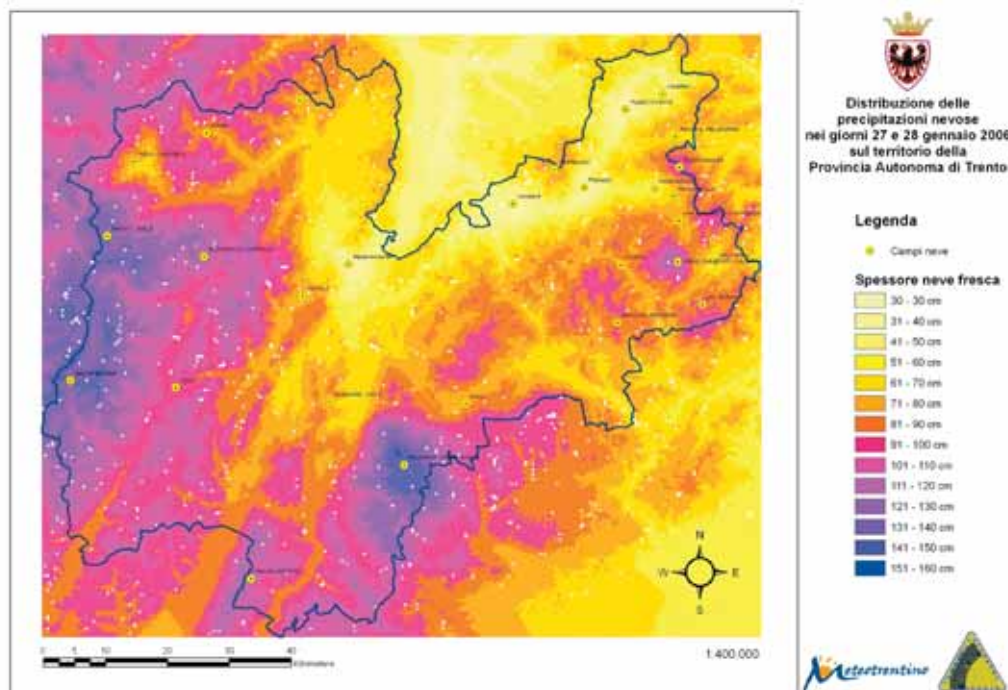


Fig. 6 - Esempio di carta dinamica dell'innevamento relativo all'evento nevoso del 27-28 gennaio 2006

Una volta ottenuta la copertura dell'intero territorio provinciale con i valori di neve fresca interpolati, gli stessi vengono "corretti" secondo coefficienti corrispondenti al tipo di tempo selezionato volta per volta dal nivologo. La correzione avviene eseguendo una semplice operazione algebrica *cell by cell*, in quanto tutti i dati sono espressi come una griglia ordinata di *pixel* della stessa dimensione ed aventi le stesse coordinate geografiche. Il risultato dell'operazione analitica è una terza griglia nella quale, per ogni *pixel*, è riportato il valore della neve fresca "corretto", espresso in centimetri, che tiene conto della misura della neve, delle condizioni morfologiche a scala locale e del tipo di tempo in atto in quel determinato giorno.

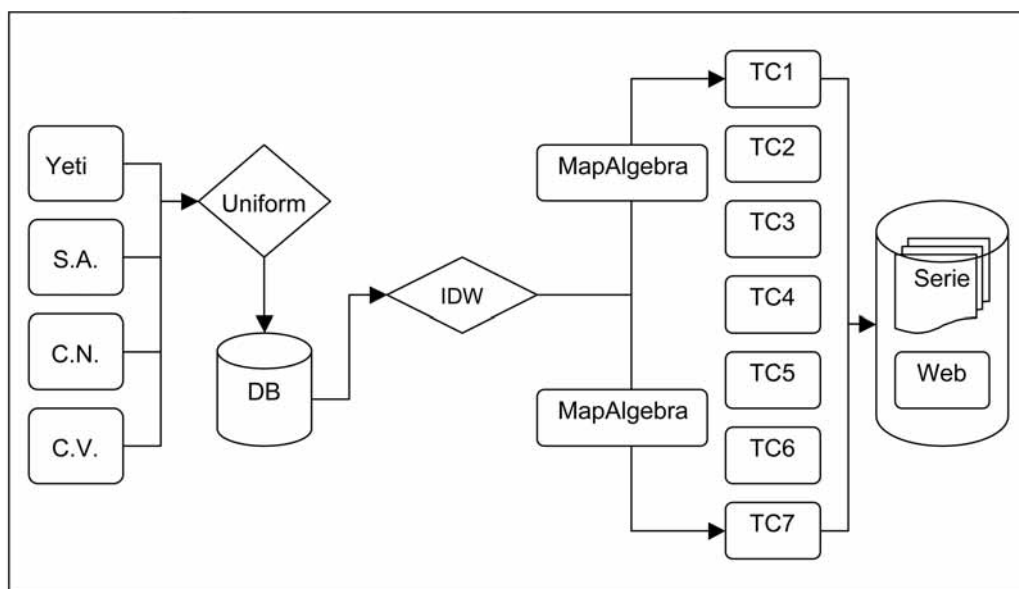


Fig. 7 - Schema del sistema di calcolo per la neve fresca; Yeti, S. A. (stazioni automatiche), C.N. (campi neve), C.V. (comunicazioni verbali): sono le fonti di dati che indicano i valori di neve fresca in determinati punti del territorio della provincia autonoma di Trento. IDW: Inverse Distance Weighted, tecnica di interpolazione. Map Algebra: operazioni algebriche tra griglie di pixel omologhi (*cell by cell*) eseguita tra il dato interpolato e il tipo climatico scelto. TC1-TC7: tipi climatici, da uno a sette a seconda del tipo di perturbazione in atto al momento della registrazione ed elaborazione. Serie e Web: sono i tipi di output del sistema.

Tale calcolo è stato integrato, semplificato e automatizzato all'interno di un sistema GIS. In tal senso, attraverso l'implementazione del sistema ArcGIS 9.2 di ESRI è stata realizzata una *toolbar* che permette attraverso pochi semplici "click" di effettuare le analisi appena descritte. Il risultato di tale analisi è la produzione di una cartografia sempre aggiornata che per le sue peculiarità grafiche e per la sua semplicità nell'interpretazione è particolarmente adatta alla pubblicazione su sito internet (fig. 7); allo stesso tempo, i dati analizzati e derivati vanno a popolare un database relativo alla serie storica degli eventi e potrà essere utilizzato per ulteriori affinamenti del modello di analisi, per successive elaborazioni di natura statistico-climatologica, per *back-analysis* di tipo previsionistico, sia di tipo meteorologico che nivologico o ad uso dei professionisti del settore.

4. Applicazioni operative

La carta dinamica dell'innevamento qui presentata, risulta essere un prezioso strumento di valutazione dell'innevamento ai fini di studi di climatologia statistica oltre che un notevole strumento di comunicazione tra ente preposto al controllo di tale fenomenologia e l'utente.

Essa ha però anche una importante valenza operativa e pertanto verrà utilizzata dal Dipartimento della Protezione Civile per interventi diretti di varia natura.

- La notevole precisione nella valutazione dell'altezza della neve fresca, specialmente in prossimità delle aree di accumulo delle valanghe potenzialmente più pericolose, ed in generale dei percorsi abituali da valanga - quasi mai oggetto di monitoraggio diretto - permetterà al nivologo di individuare su basi scientifiche avanzate il grado di pericolo valanghe sia alla mesoscala che a scala locale, in considerazione del fatto che permane una mancanza assoluta dell'informazione relativa ad eventuali accumuli eolici.
- A livello di previsione meteorologica a brevissimo o a breve termine, il meteorologo potrà avvalersi delle informazioni derivanti dalle equazioni di regressione multipla lineare ricavate per ciascun tipo di tempo - così da apportare eventuali "correzioni" nella "lettura" e nell'interpretazione degli *output* dei modelli fisico-matematici utilizzati dall'Ufficio di competenza. In caso di precipitazioni nevose estese e persistenti, sarà così possibile individuare più facilmente le aree maggiormente interessate da apporti più consistenti e conseguentemente da maggiori problematiche alla viabilità. Sulla base di questa informazione sarà possibile una dislocazione più razionale e tempestiva dei mezzi a disposizione della struttura di Protezione Civile per garantire un servizio più efficace alla popolazione.

BIBLIOGRAFIA

BORGHI S. (1987) - *Tipi di tempo e distribuzione delle precipitazioni sulla montagna veneta*. Quaderni di Ricerca n.10, Regione Veneto, Dipartimento Foreste, Centro Sperimentale Valanghe e Difesa Idrogeologica, Padova.

M. FAZZINI, D. LANZARONE, V. ROMEO E P. BILLI (2005) - *Le nevicate eccezionali sull'Italia centrale: analisi meteo-climatica e nivologica dell'evento*. In neve Valanghe, 55, Agosto 2005-AINEVA ed.; 6-15

FLIRI, F. (1975) - *Das Klima der Alpen im Raume von Tirol* - (Monographien zur Landeskunde Tirols 1, 332 p.

GIULIACCI M., (1989) - *Climatologia fisica e dinamica della Val Padana*. ERSA Servizio Meteorologico Regionale, Bologna.

KAPPENBERGER G., KERKMANN J. (1997) - *Il tempo in montagna*. Manuale di meteorologia alpina. - Ed. Zanichelli, Bologna, 255 p.

L. STEFANUTO, S. MICHELETTI, S. NORDIO (1999) - *Neveadis in Friuli - Studio nivoclimatico del Friuli V. G.* In neve Valanghe, 39, Settembre '99 - AINEVA ed., 33-4.

PANZIERA L. (2004) - *Climatologia dinamica delle nevicate sul Trentino* Tesi di Laurea ined. Università di Ferrara, 60 pp., anno accademico 2003-2004.

LA GESTIONE DEL RISCHIO METEOROLOGICO IN FRIULI VENEZIA GIULIA

Guglielmo Berlasso

Direttore Centrale della Protezione Civile della Regione Friuli Venezia Giulia

Il rischio meteorologico, inteso generalmente come quello derivante da condizioni meteorologiche avverse, racchiude in sé una molteplicità di fenomeni che possono determinare condizioni di pericolo per l'incolumità di persone, cose e in generale per l'integrità dell'ambiente.

Gli eventi emergenziali legati alle precipitazioni, in particolare nubifragi e alluvioni, determinano condizioni di rischio idraulico ed idrogeologico elevato sia con fenomeni estesi di dissesto del territorio come allagamenti, esondazioni, frane e smottamenti, sia con fenomeni più localizzati come caduta di alberi e danneggiamenti alle coperture degli edifici o alle infrastrutture viarie e alle reti tecnologiche: tali eventi sono quelli che maggiormente hanno interessato la nostra regione negli ultimi 15-20 anni, con frequenza sempre maggiore.

Si possono ricordare gli eventi del 1983, del 1990, del giugno e novembre 1996, del settembre e ottobre 1998, del novembre 2000, del giugno, agosto e novembre 2002 nel pordenonese, del 29 agosto 2003 in Val Canale, del 31 ottobre -1 novembre 2004, fino ai recenti nubifragi del 9 settembre 2005 nei bacini del fiume Fiume e del fiume Sile, del 18 novembre 2006 nel bacino del Torrente Malina e del 18 maggio 2007 su Latisana e Pavia di Udine.



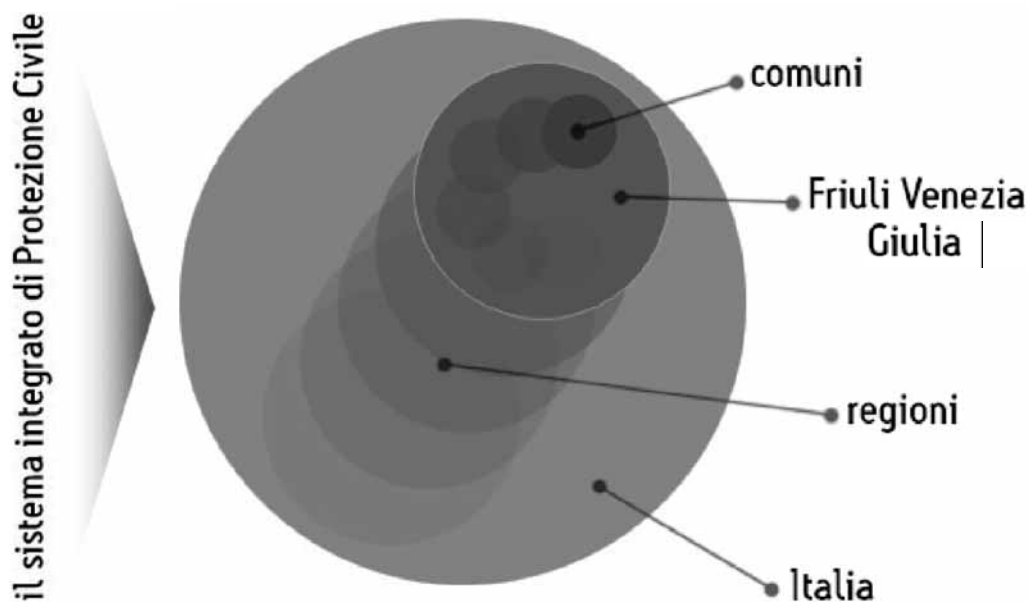
Alluvione del 29 agosto 2003: asportazione del terrazzo alluvionale con la viabilità e un'intera borgata a Pietratagliata (Pontebba).

La frequenza e la violenza di tali fenomeni ha avuto pesanti conseguenze sia in termini di danni al territorio, alle sue infrastrutture e a beni pubblici e privati sia a volte, purtroppo, anche in termini di vite umane.

La gestione di tali emergenze richiede una efficiente integrazione tra tutte le istituzioni impiegate da una parte nella prevenzione, previsione e conoscenza dei fenomeni, dall'altra nel porre in essere le azioni di soccorso, di contrasto e pronto intervento in emergenza. A questa esigenza ha cercato di rispondere - fin dalla sua nascita con la legge regionale n° 64 del 1986 - la Protezione Civile regionale con un approccio che ha trovato riscontro anche nella legge n. 225/1992 che istituisce il Servizio Nazionale di Protezione Civile.

Il "Sistema integrato di protezione civile" operante sia a livello nazionale che regionale, si basa sul concetto che la protezione civile è un servizio pubblico fondamentale, da fornire alla collettività nel modo più efficiente ed efficace possibile, per la tutela della vita umana, dei beni e dell'ambiente all'insorgere di eventi calamitosi. Tale servizio, in una moderna società, non può essere rimesso all'intervento di una sola struttura o di più strutture centralizzate, ma deve essere piuttosto la risultante dell'apporto delle diverse componenti della società, istituzionali e non, che possono contribuire a fronteggiare gli eventi.

Tutte le componenti del "Sistema integrato", vale a dire Comuni, Regioni e Governo (Dipartimento della Protezione Civile, presso la Presidenza del Consiglio dei Ministri), concorrono unitariamente al "Sistema integrato di protezione civile", con precise competenze e chiare responsabilità di intervento mantenendo i propri diversi riferimenti organizzativi, operativi e gestionali, ma coordinati fra di loro.



Schema del "Sistema integrato di protezione civile"

A livello regionale il sistema integrato di protezione civile è costituito da:

- la **“Protezione Civile della Regione”**, organizzazione permanente e fortemente strutturata cui attiene il ruolo principale di coordinamento, effettuato per il tramite della Sala operativa regionale, degli interventi di prevenzione e di salvaguardia della pubblica incolumità effettuati dal suo personale tecnico, dai Comuni e dal Volontariato di protezione civile;
- i **Comuni** che, con riguardo al territorio di propria competenza, costituiscono l'ente di base per la protezione civile, con la responsabilità primaria d'intervento all'insorgere di situazioni o eventi d'entità tale da poter essere fronteggiati con misure ordinarie;
- il **Volontariato di protezione civile**, formato sia da una componente radicata sul territorio costituita dai 219 Gruppi comunali, sia dalle Associazioni di volontariato accreditate, con le loro specializzazioni in molteplici campi (sanità, logistica, comunicazioni, ecc.).

La Regione, inoltre, riveste un ruolo importante nel Sistema nazionale della protezione civile, ruolo riconosciuto dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri - Dipartimento della Protezione Civile con la sottoscrizione del Protocollo d'intesa con la Regione stessa in data 4 maggio 2002. Il Protocollo in particolare ha individuato la Sala Operativa regionale di protezione civile come Centro di Coordinamento Soccorsi, ai sensi della Legge 225/1992, per quanto riguarda la gestione delle emergenze di protezione civile in ambito regionale, e ha inoltre assegnato alla stessa Sala Operativa la funzione di Centro Funzionale ai sensi della legge 267/98 per curare, in sinergia con gli organi statali competenti, le attività tecnico scientifiche di previsione ed allerta idrometeorologica ai fini di protezione civile.

Il “Sistema regionale integrato di protezione civile” si completa infine grazie alla stretta collaborazione con le Prefetture della Regione, sancita anche dal Protocollo d'intesa sottoscritto il 10 gennaio 2005, che riconosce nelle Prefetture – Uffici territoriali di Governo, le autorità competenti per la gestione ed il coordinamento delle Forze dello Stato, quali le Forze Armate, le Forze dell'Ordine, il Corpo forestale dello Stato, il Corpo dei Vigili del Fuoco, mentre la Protezione Civile della Regione, a sua volta, è individuata come competente per la gestione e per il coordinamento di tutte le componenti regionali del sistema integrato di protezione civile (i Comuni, i Sindaci e il Volontariato di protezione civile), sia nelle azioni di previsione – prevenzione che nel ripristino delle condizioni di normalità, oltre che nella prestazione, in termini di massima tempestività ed efficienza, delle necessarie opere di soccorso all'atto o immediatamente dopo il verificarsi di eventi calamitosi.



Schema del “Sistema regionale integrato di protezione civile”

Nella gestione dei rischi ambientali, e di quello meteorologico in particolare, il sistema regionale di protezione civile privilegia, nelle loro connessioni dirette ed indirette, le azioni di **prevenzione**; queste ultime sono da qualificare, come stabilito dalla legge 64/86, su tre livelli:

- **livello primario**: azioni tendenti ad abbassare sotto la soglia ritenuta accettabile, il rischio dell'insorgere di situazioni o eventi calamitosi (studi, opere, pianificazione d'emergenza, addestramento e strutturazione del sistema di protezione civile, ...);
- **livello secondario**: azioni destinate ad intervenire all'atto dell'insorgere di situazioni di rischio o eventi calamitosi, al fine di contenerne l'impatto e gli effetti (attività di sorveglianza e presidio del territorio, opere di pronto intervento e soccorso, ...);
- **livello terziario**: azioni dirette a predisporre i necessari strumenti d'intervento per il ripristino di situazioni di normalità (interventi di messa in sicurezza del territorio, ripristino di viabilità e servizi, ripristino e/o allestimento di strutture di uso pubblico e privato e di attività produttive, ...).

I principali strumenti di cui dispone il sistema regionale integrato di protezione civile per la gestione dei rischi e l'attuazione delle succitate azioni sono:

- *La Sala Operativa Regionale (SOR) di Palmanova;*
- *Reti e sistemi di monitoraggio del territorio;*
- *Pianificazione di attività di emergenza;*
- *Opere di prevenzione, pronto intervento e ricostruzione.*

1. La Sala Operativa Regionale (SOR)

La Sala Operativa Regionale, istituita ai sensi dell'art. 28 della L.R. 64/86, è attiva dal 1993 presso la sede della Protezione Civile della Regione a Palmanova; essa è il luogo tecnico di comando, coordinamento, comunicazione e controllo del servizio regionale di protezione civile.

La SOR è operativa 24 ore su 24 per 365 giorni l'anno. Gli operatori rispondono al numero verde della Protezione Civile Regionale **800500300** e dispongono degli strumenti informatici e tecnologici per analizzare e valutare in tempo reale tutte le informazioni raccolte dalle reti di monitoraggio e controllo fisico del territorio regionale. In tal modo la SOR costituisce un presidio permanente e continuativo ed assicura la connessione con l'intera rete di comunicazione delle strutture sovra e subregionali di protezione civile. Il sistema per le comunicazioni operative vede, accanto alle tradizionali linee telefoniche, un sistema informatico di distribuzione di messaggi SMS ai 1000 cellulari di protezione civile assegnati alle strutture comunali di protezione civile, la centrale radio delle due reti radio regionali di emergenza e il collegamento via ISDN con le 219 sedi comunali di protezione civile, i Vigili del Fuoco, le Capitanerie di Porto e le Prefetture della regione.

La SOR è costantemente in grado di avviare le idonee procedure di risposta e contrasto all'insorgere delle emergenze o in vista di un rischio di emergenza, in base alle richieste di soccorso pervenute o dalle segnalazioni riferite dal territorio o fornite dai sistemi di rilevamento strumentale. Gli operatori in ogni momento possono attivare e coordinare le azioni delle varie componenti del Sistema Regionale di Protezione Civile: i tecnici specializzati, le squadre dei volontari, gli elicotteri o altri mezzi specialistici, nonché l'invio di risorse materiali.



La nuova Sala Operativa Regionale di protezione civile a Palmanova

Per la gestione ed il coordinamento degli interventi di emergenza la Protezione Civile ha necessità di disporre di tutti gli strumenti di telecomunicazione e connessione tra la SOR e le squadre operative impegnate sul territorio in operazioni di soccorso, siano esse squadre di volontari di protezione civile o squadre di tecnici specializzati. La certezza di disporre di efficaci sistemi di telecomunicazione è fondamentale soprattutto in quelle occasioni in cui il maltempo è caratterizzato da intensissimi e rapidi fenomeni temporaleschi che richiedono un tempestivo allertamento dei volontari di protezione civile e il loro rischieramento nelle aree colpite dalle celle temporalesche.

Lo schema seguente riassume sinteticamente le procedure di gestione del rischio ambientale operanti nel sistema regionale di protezione civile.

In caso di emergenza o in vista di un rischio di emergenza di tipo idrometeorologico, mediante il Centro Funzionale – Sala Operativa Regionale – sulla base delle previsioni o del nowcasting meteorologico e dei dati dei sistemi di monitoraggio e della modellistica idrologico-idraulica, viene perseguita l'omogenea percezione e valutazione degli scenari di rischio e degli eventi calamitosi e viene altresì attuata la piena collaborazione tra i rappresentanti delle Prefetture e della Regione, al fine di delineare il quadro operativo per il coordinamento sinergico degli interventi.

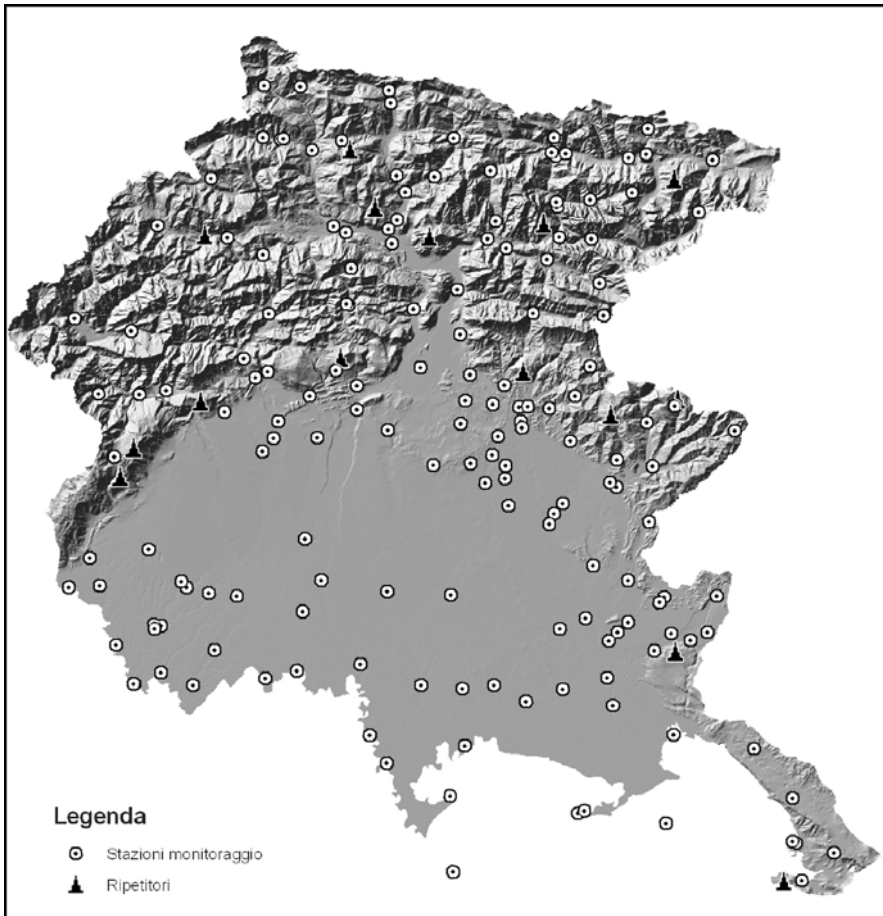


2. Reti e sistemi di monitoraggio del territorio

La sorveglianza fisica del territorio è un elemento fondamentale per le azioni di prevenzione, previsione e pronto intervento effettuate dalla Protezione Civile in tutti gli scenari di rischio che si possono presentare sul territorio regionale, e in modo particolare nel caso del rischio idraulico e idrogeologico.

Nella Regione Friuli Venezia Giulia il monitoraggio idrometeorologico finalizzato a scopi di Protezione civile è realizzato per mezzo di un'unica rete integrata in telemisura, facente capo alla Sala operativa di Palmanova.

Il sistema attualmente è costituito da più di 168 stazioni automatiche, 21 ripetitori, 1 centrale principale a Palmanova e 7 centrali secondarie dislocate presso altre strutture regionali.



Mapa di ubicazione delle centraline della rete di monitoraggio idrometeorologico della Protezione Civile

I dati idrometeorologici raccolti dalle stazioni attraverso diverse tipologie di sensori, vengono trasmessi in tempo reale per mezzo di una rete radio digitale UHF dedicata. L'architettura di questo sistema estremamente affidabile è basata su moduli intelligenti collegati in rete, in grado di comunicare via radio, garantendo l'acquisizione periodica dei parametri ambientali e permettendo l'interrogazione selettiva delle stazioni e dei singoli sensori.

A completamento del sistema di monitoraggio idrometeorologico, la Protezione Civile della Regione utilizza inoltre un sistema di monitoraggio ambientale marino integrato. Tale sistema, realizzato avvalendosi dell'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale di Trieste (OGS), è in grado di acquisire e sottoporre a controllo evolutivo i principali processi fisici che caratterizzano l'ambiente costiero lungo il litorale regionale ed è costituito da:

- 3 boe meteo-oceanografiche tipo MAMBO;
- 3 boe ondametriche e di moto ondoso direzionale DWR;
- 2 stazioni correntometriche fluviali ad ultrasuoni, poste in prossimità della foce del Tagliamento e dell'Isonzo per la misura delle portate fluenti.

Il sistema di monitoraggio ambientale marino è di grande importanza per la previsione dei fenomeni dell'acqua alta (anche in concomitanza con eventi di piena) e delle mareggiate, a salvaguardia della pubblica incolumità e degli insediamenti urbani lungo i litorali; garantisce inoltre la possibilità di intervento efficace nel caso di episodi di inquinamento (sversamenti accidentali di idrocarburi ed altri inquinanti).

Insieme ai dati della rete idrometeorologica, strumenti fondamentali nella gestione del rischio meteorologico sono il satellite Meteosat e i radar meteorologici, oltre alla costituenda rete di sorveglianza video dei nodi idraulici e ai monitoraggi in telecontrollo dei dissesti franosi.

La raccolta e l'analisi sistematica dei dati dei sistemi di monitoraggio, che permettono una conoscenza dinamica, nello spazio e nel tempo, dei fenomeni calamitosi, consente un accurato studio dei fenomeni e quindi la definizione di scenari di rischio potenziale, migliorando così la capacità di previsione degli eventi calamitosi e l'efficacia sia delle attività di prevenzione primaria che quelle di pronto intervento in emergenza.

3. Pianificazione di attività di emergenza

Per la difesa dai rischi alluvionali è di fondamentale importanza non solo la pianificazione a scala di bacino, ma anche l'organizzazione delle attività di sorveglianza e controllo del territorio esposto al rischio alluvionale che può derivare anche da opere idrauliche realizzate dall'uomo, qualora vengano meno le condizioni di sicurezza per il funzionamento delle stesse. È necessario pertanto valutare tra i possibili rischi idraulici anche la tenuta degli argini e degli sbarramenti sui corsi d'acqua, l'efficienza di manufatti di scolo e scolmatura (canali e tombinature), la funzionalità dei sistemi di drenaggio delle acque piovane nelle zone urbanizzate e il corretto funzionamento dei sistemi di pompaggio per le aree di bonifica: l'efficacia di tali opere al verificarsi di eventi di piena è legata infatti al grado di controllo che viene realizzato sulle opere stesse.

A questa esigenza di monitoraggio e controllo risponde il "Servizio di piena", che è l'insieme di procedure ed attività che devono essere avviate al sopraggiungere di una piena di un corso d'acqua arginato.

Il Servizio di piena, che per i corsi d'acqua di competenza regionale è stato riorganizzato di recente dagli uffici regionali competenti con l'ausilio dei Gruppi comunali di protezione civile, si sviluppa in più fasi:

- 1) fase di pianificazione preliminare, svolta dalla Protezione Civile della Regione in accordo con le Direzioni Provinciali dei Lavori Pubblici;
- 2) fase di monitoraggio e allerta idrometeorologico, che è svolta dalla Protezione Civile della Regione per tramite della Sala Operativa Regionale qualora si abbiano previsioni di forti precipitazioni o significativi aumenti del livello dei corsi d'acqua;
- 3) fase di sorveglianza degli argini, svolta dai volontari dei gruppi comunali di Protezione civile qualora vengano superati i livelli di allarme agli idrometri di riferimento;
- 4) fase di pronto intervento per la prevenzione ed il ripristino che è una competenza affidata alla Protezione Civile della Regione in collaborazione con le Direzioni Provinciali dei Lavori Pubblici, qualora si verificano e vengano rilevati dissesti delle opere di presidio idraulico.

4. Opere di prevenzione, pronto intervento e ricostruzione

La Protezione Civile della Regione vanta un'esperienza ormai ventennale nel settore sia delle opere di pronto intervento per fronteggiare situazioni calamitose, conseguenti a fenomeni naturali quali frane e alluvioni, sia nel settore delle opere preventive atte a ridurre le condizioni di rischio derivanti da eventi dannosi di origine naturale.

Con l'intervento della Protezione Civile, l'Amministrazione regionale assume a proprio carico l'esecuzione di opere di somma urgenza e di pronto intervento, anche se di pertinenza di enti territoriali subregionali quali province e comuni, in relazione al carattere eccezionale dei fenomeni di dissesto rispetto alle normali condizioni ambientali e climatologiche delle località considerate.

La tempestività nell'esecuzione di tali opere è un fattore determinante per limitare i danni derivanti dai fenomeni meteorologici violenti, al fine di mettere in sicurezza il territorio e riportare quanto prima le popolazioni alle normali condizioni di vita. Ancora più efficaci si rivelano gli interventi preventivi, spesso svolti alle prime evidenze di fenomeni di dissesto del suolo o di scarsa officiosità idraulica di punti critici del reticolo idrico sia principale che minore.



Alluvione del 29 agosto 2003: immagini del T.U.que a Ugovizza dopo l'evento e dopo il pronto intervento effettuato per il ripristino della capacità di deflusso dell'alveo.

5. Conclusioni

La Protezione Civile della Regione, in questi 20 anni di attività, ha sempre perseguito l'obiettivo di organizzare e migliorare costantemente tutte le componenti del suo sistema per fornire risposte sempre più efficaci e tempestive al presentarsi di situazioni emergenziali, in particolare verso quelle di tipo meteorologico, per salvaguardare la pubblica incolumità e l'integrità dei beni e dell'ambiente.

Accanto a questo impegno, che viene costantemente rinnovato con la ricerca e l'innovazione nel campo dello studio dei fenomeni calamitosi, nell'implementazione di modelli previsionali affidabili e nell'applicazione delle più moderne tecnologie di monitoraggio e di comunicazione in emergenza, non bisogna comunque trascurare altri elementi basilari per un'efficace gestione del rischio meteorologico:

- la corretta pianificazione di territorio e dei suoi utilizzi;
- la costante sorveglianza e manutenzione del territorio, che deve coinvolgere non solo le Istituzioni a ciò deputate, ma i singoli cittadini che vivono sul territorio;
- la diffusione nella popolazione della conoscenza corretta dei fenomeni meteo-climatici e degli eventuali rischi a questi connessi, per la formazione di una moderna cultura di protezione civile che costituisca un valore aggiunto importante per la tutela della pubblica incolumità e la difesa dell'ambiente dai pericoli legati ai fenomeni meteorologici violenti che sempre più spesso colpiscono il nostro territorio.

LA CURVA DI MANN, UNA ICONA MEDIATICA CHE NEGA LA STORIA

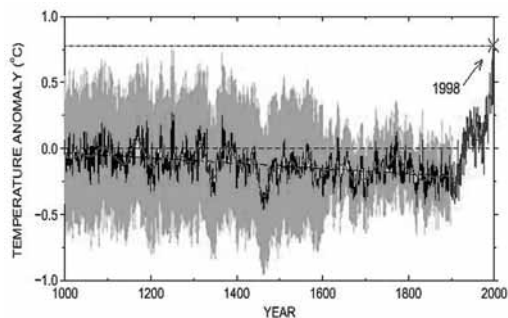
Guido Guidi
Aeronautica Militare Italiana, Meteo RAI

Le ricostruzioni dell'andamento delle temperature nel corso della storia del pianeta sono irrinunciabili per la conoscenza del clima. Per questa ragione, specialmente negli ultimi anni, i lavori che si sono occupati di questi aspetti sono stati molto numerosi. Il limite forse più importante che unisce a fattori comune la maggioranza di questi lavori, è costituito dal fatto che essi hanno quasi sempre carattere regionale o locale, per cui adattare le teorie ad una scala spaziale più ampia risulta sempre molto difficile e questo spesso compromette i risultati finali e condiziona le conclusioni.

La temperatura, del resto, come parametro che esprime direttamente l'energia termica, è alla base del comportamento del sistema clima. Nel passato recente, la ricostruzione della temperatura che ha riscosso maggior successo è certamente quella nota agli addetti ai lavori come curva di Mann, e ancora più nota al resto del mondo come Hockey Stick; il bastone da Hockey appunto, diritto, ma con una leggera pendenza verso il basso, per la maggior parte della sua lunghezza e decisamente proteso verso l'alto nella sua parte terminale. Internet è il luogo dove ormai avviene la quasi totalità dello scambio di informazioni in tutti i campi dello scibile umano. Ebbene, se si prova a cercare Hockey Stick con un qualsiasi motore di ricerca, si ottengono più risultati sull'argomento clima che output che parlano di uno degli sport più popolari nel paese che ha inventato la rete e che ne fa il maggior utilizzo. Perché tanta notorietà per quello che tutto sommato è stato un lavoro di ricerca scientifica come tanti altri? Per due ragioni sostanzialmente. La prima è che le conclusioni cui Mann ed i suoi collaboratori sono arrivati hanno rappresentato una drastica inversione di tendenza sull'accezione del comportamento della temperatura negli ultimi dieci secoli.

La seconda è una conseguenza della prima: associare all'effetto antropico e, più specificatamente, all'aumento della concentrazione di CO₂ nell'atmosfera, la causa di un trend di aumento delle temperature riscontrato a partire dal 1850 ai giorni nostri.

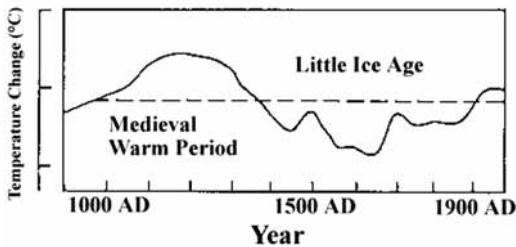
Questo ha fatto dell'Hockey Stick la base della strategia di informazione e comunicazione posta in essere dall'IPCC (il panel delle Nazioni Unite che si occupa di clima) a partire dalla fine degli anni '90. Su queste basi si è scelto di sensibilizzare l'opinione pubblica sulla teoria del riscaldamento globale e quindi, indirizzare le decisioni delle autorità nazionali e soprannazionali in materia di clima, ambiente ed energia. Il lavoro è infatti comparso nel Terzo Rapporto dell'IPCC nonostante avesse in origine il titolo "Le temperature dell'emisfero settentrionale nel corso dell'ultimo millennio: conclusioni, incertezze e limitazioni".



Una vera icona mediatica, un formidabile strumento di comunicazione globale, che ha pienamente centrato l'obiettivo di portare l'argomento clima e, più precisamente la tendenza al cambiamento del clima, sulla ribalta della scena mondiale. Di fatto, tutte le ricostruzioni prodotte in ambito IPCC negli anni a seguire hanno ricalcato la filosofia di impostazione dell'Hockey Stick, anche se questo studio è stato oggetto di critiche severe da parte della comunità scientifica, al punto da obbligare l'autore ad una pubblica difesa in una audizione al Congresso degli Stati Uniti.

Non è questa la sede per dissertare sull'opportunità, sui mezzi e soprattutto sui fini di questa sensibilizzazione. Va però sottolineato che la critica scientifica cui sono stati sottoposti i dati, i metodi di elaborazione ed i risultati di questa ricerca ha incontrato un clima di assoluta indisponibilità al contraddittorio degli autori. È stato innescato un processo di politicizzazione degli schieramenti, per effetto del quale i dati hanno perso il loro significato scientifico e appaiono forse ingiustamente ma inevitabilmente assimilabili ad una speculazione mediatica e finanziaria, più che ad un contributo alla conoscenza del clima. Questi argomenti tuttavia meriterebbero ben più autorevoli approfondimenti, per cui mi limiterò ad una analisi del contenuto intrinseco di questa ricostruzione, ossia alla scomparsa dalla descrizione del clima dell'ultimo millennio, di due eventi climatici fondamentali. Il "periodo caldo medioevale" e la "piccola era glaciale".

Una prima obbligata considerazione riguarda il fatto che paradossalmente, negli studi ufficiali, i contesti sociali ed economici dai quali è possibile risalire all'evoluzione del clima, non sono presi



in grande considerazione. Tecniche di approssimazione che necessitano di pesanti aggiustamenti e supposizioni hanno maggiore risalto e credito, arrivando, almeno in questo caso a negare l'evidenza dei fatti.

Il corso della storia acquista invece credito quando i risvolti sociali ed economici futuri divengono fondamentali per prevedere l'evoluzione futura della stessa curva. Il rateo di cre-

scita delle società è infatti indispensabile per la definizione dell'impatto antropogenico. Come dire, il clima non ha influenzato la storia, ma la storia influenzerà il clima. Corro il rischio di essere banale, ma la storia è la colonizzazione della Groenlandia prima e l'abbandono delle colonie poi; la storia è la diffusione della coltivazione della vite in Inghilterra prima ed il Tamigi aperto al pattinaggio sul ghiaccio poi; la storia è una battaglia navale tra olandesi e francesi vinta da questi ultimi a piedi, con la fanteria, perché la flotta dei primi era bloccata in porto dai ghiacci. Tutti eventi che, guarda caso, coincidono storicamente con gli eventi climatici apparentemente mai avvenuti.



Rovine vichinghe - 1408

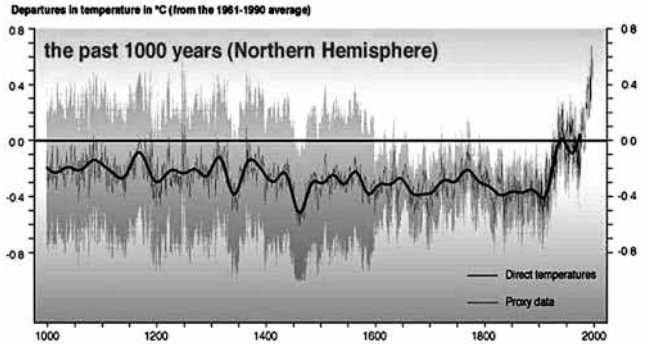


Laguna Veneta 1709



Texelstroom Olanda - 1795

Certamente, questi eventi storici riguardano l'Europa. Infatti le più accese controcritiche che la squadra di Hockey ha mosso a chi, dati alla mano, ha contestato l'esattezza delle ricostruzioni, hanno riguardato proprio una supposta visione eurocentrica della scienza del clima, che invece è affare globale. La curva dell'Hockey Stick, se si fosse fermata al bastone, cioè alla finestra temporale dei primi

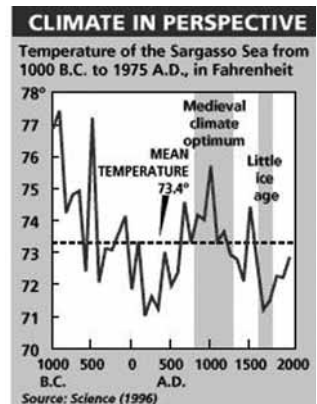


nove secoli, per i quali sono stati utilizzati dati sull'accrescimento degli alberi, avrebbe mantenuto carattere regionale, appunto la regione d'origine degli stessi alberi e sarebbe stata più che valida. Invece con l'aggiunta di altri dati proxy, ma soprattutto di osservazioni terrestri e di dati relativi alle temperature di superficie degli oceani per l'ultimo secolo, si è provato ad attribuirle una scala di riferimento emisferica.

Successivamente, privata degli intervalli di approssimazione della prima versione, eliminando in pratica qualsiasi incertezza, la scala di riferimento è divenuta addirittura globale. Tutto ciò confrontando grandezze troppo diverse tra loro per poter essere paragonate a causa delle rispettive caratteristiche peculiari. Da un lato le grandi approssimazioni ed i limiti propri della dendrologia, esistono infatti traccianti molto più affidabili. Dall'altro le osservazioni dell'era moderna, soggette a pesanti modifiche ambientali nel tempo, ad una drastica riduzione di numero e quindi rappresentatività spaziale, specie nelle zone artiche e ad inevitabili modifiche metodologiche nella collezione dei dati, indotte dall'adozione di strumenti a diversa tecnologia e diverso margine di errore.

Tuttavia, per non apparire eurocentrici, tralasciamo anche questo aspetto e vediamo se la "piccola era glaciale" ed il "periodo caldo medioevale" hanno avuto riscontro anche in altre zone del mondo. Sinceramente c'è l'imbarazzo della scelta; certamente nulla di tanto famoso o mediaticamente paragonabile all'Hockey Stick, ma di dati ce ne sono in abbondanza. Ricerche precedenti che successive a quella che stiamo esaminando.

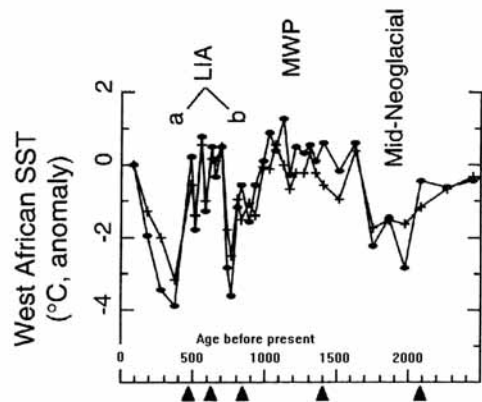
1. C'è un'area famosa come "il triangolo delle Bermuda", più precisamente il Mar dei Sargassi che va dalle isole Azzorre alle coste delle Antille nell'atlantico, nella quale uno studio pubblicato sulla rivista *Science* nel 1996, ha identificato, analizzando i sedimenti dei fondali marini ed effettuandone la datazione con il radiocarbonio, delle oscillazioni di temperatura ben definite. Un periodo attorno al 500 AC nel quale le temperature si aggiravano su valori di oltre 2 °C superiori alle attuali; una fase attorno all'anno mille nella quale le temperature erano di circa 1 °C più alte di oggi; per finire con un periodo di temperature all'incirca 1 °C sotto la media attuale più o meno 400 anni fa. Rispettivamente queste fasi sono storicamente note come Ottimo Climatico Olocene, il periodo caldo medioevale e la piccola era glaciale.



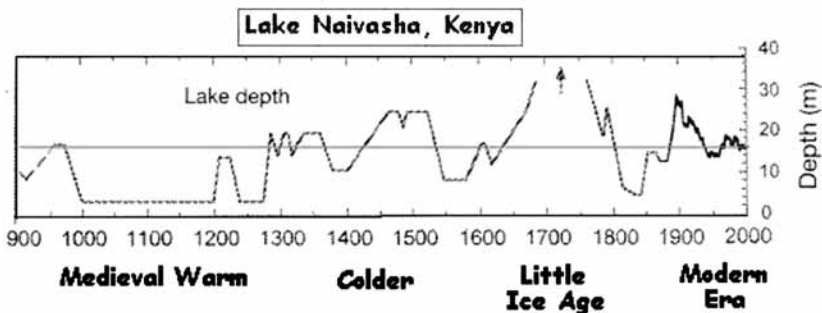
2. Si passa ad una diversa serie di dati proxy per il prossimo esempio, ovvero dai sedimenti marini agli scheletri dei coralli nei quali è stata misurata la quantità di isotopi di ossigeno. Per calibrare le informazioni raccolte con quelle delle epoche recenti sono state utilizzate le SST (Sea Surface Temperature) della zona circostante l'area di prelievo dei campioni nel periodo 1983-1989, cioè un po' più a sud del precedente esempio, nel Mar dei Caraibi e più precisamente a Portorico. L'analisi dei campioni ha prodotto dei valori di stima delle temperature per gli anni compresi tra il 1700 ed il 1710, il 1780 ed il 1785 ed infine il 1810 ed il 1815 di $2/3$ °C superiori alle medie attuali. Valori questi che pur se approssimati superano abbondantemente qualunque possibilità di essere causati da anomalie strettamente locali.

3. Ci spostiamo adesso sulle coste della Mauritania, Sud Africa, cioè a Cap Blanc dove sono stati analizzati vari dati proxy provenienti dai fondali marini, sia di origine minerale che biologica.

Nello studio si sottolinea come siano evidenti negli ultimi mille anni una serie di rapidi raffreddamenti delle SST di quest'area subtropicale. Delle ricorrenti avezioni di acqua meridionale più fredda o degli intensi fenomeni di risalita di acque di profondità potrebbero essere alla base di questi raffreddamenti. Il più recente di questi periodi per il quale è stata stimata una temperatura di superficie $3/4$ °C più bassa delle medie attuali, appare essere collocabile durante la piccola era glaciale.

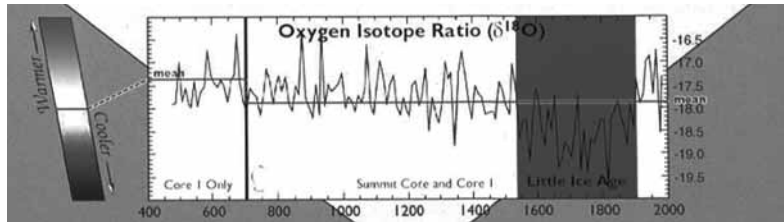


4. In Kenia nel 2000 è stato condotto un esperimento basato sempre sulla sedimentazione, non marina ma lacustre. Nell'impossibilità di disporre di dati ad alta risoluzione temporale come gli anelli di accrescimento degli alberi o i carotaggi nel ghiaccio si è fatto ricorso all'analisi della sedimentazione del lago Naivasha. Studiando la diversa natura dei sedimenti sono stati determinati il livello e la salinità del lago nell'ultimo millennio, identificando un'alternanza di periodi climatici contrastanti con condizioni di significativa siccità durante il periodo che va dall'anno 1000 all'anno 1200 e con un clima relativamente umido nella fase di picco della piccola era glaciale.



Sono stati trovate inoltre importanti correlazioni anagrafiche tra la variabilità della piovosità, dedotta dai livelli delle acque del lago e la storia delle cultura pre-coloniale dell'Africa orientale. Si mette ancora una volta in risalto quanto le variazioni della piovosità nel lungo periodo siano importanti ai fini della sostenibilità dello sviluppo socio-economico. I dati relativi all'ultimo secolo mostrano infine come il lago abbia recentemente un livello che si pone più o meno a metà strada tra questi due eventi.

5. Ancora dati, ma andiamo nell'emisfero meridionale, in Perù. Studiando la stratificazione del ghiacciaio Quelccaya ed analizzando gli isotopi di ossigeno presenti nei campioni a diverse profondità, si evidenzia un andamento delle temperature nel quale non sembra essere particolarmente visibile il periodo caldo medioevale, ma appare certamente evidente il raffreddamento successivo, ovvero di quattro secoli fa. L'accumulo della stratificazione è assolutamente evidente, così come lo è il consistente raffreddamento occorso dalla seconda metà del 1550 al 1850 circa.



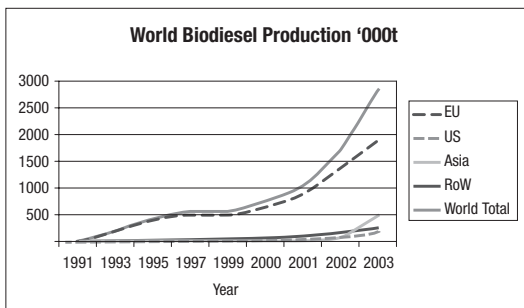
Anche in questo caso la variabilità interessa un intervallo di temperatura decisamente ampio, attorno a 3 °C circa.

6. Molte altre ricerche inoltre, basate sull'analisi di una abbondante varietà di dati proxy hanno trovato analogia evidenza dell'esistenza di una accentuata variabilità climatica anche in Cina, in altre zone del sud America e nelle isole delle Indie Occidentali. In questi casi, con particolare riferimento alla Cina, si associano ai periodi di anomalia climatica degli interessanti contraccolpi sulle dinamiche di sviluppo sociale ed economico.

Dunque questi eventi climatici hanno avuto risonanza globale e sono stati causati esclusivamente da forzanti interne al sistema, comprese le cause astronomiche, molto probabilmente prima fra tutte l'attività solare, in un quadro di assoluta variabilità naturale. Perché negarne l'esistenza? Per la necessità di stabilizzare la temperatura per un periodo abbastanza lungo perché il riscaldamento successivo alla "piccola era glaciale" fosse più evidente? Di lì ad individuare come unico responsabile di questo riscaldamento il contestuale aumento della concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera il passo è breve.

Certamente le emissioni antropiche di gas ad effetto serra hanno un ruolo importante nell'equilibrio del sistema clima. Tale ruolo pur essendo qualitativamente abbastanza chiaro, è quantitativamente ancora indefinito. Il problema è altrove, nell'uso del territorio, nelle isole di calore, nella deforestazione, nella cementificazione, nell'uso delle risorse idriche e nelle coltivazioni intensive. In sostanza un problema di salvaguardia ambientale più che di clima.

Proprio riguardo alle coltivazioni su larga scala vorrei aprire una piccola parentesi di riflessione. Il sistema clima è dominato dagli effetti di feedback, ma nessuno ha tenuto conto, lo si sta facendo solo ora, quando i buoi sono già scappati da un pezzo, della incompatibilità ecologica, sociale ed economica delle coltivazioni di cereali per la produzione di biocarburanti. Prima che il meccanismo si mettesse in moto, nessuno ha calcolato quanta CO₂ si emette per produrli, quanta biodiversità si perde per coltivarli, quanta acqua serve per irrigarli, quale sia in sostanza l'impatto ambientale di una scelta del genere. Però siamo partiti lo stesso e da qualche mese sono anche partiti gli allarmi, curiosamente sempre delle Nazioni Unite, perché il carburante ecologico sia anche eco-compatibile e non si trasformi nell'ultimo strumento di vessazione che i paesi ricchi impiegano con quelli poveri, per i quali i cereali sono alla base della catena alimentare e l'aumento del loro prezzo ha, questo sì, un impatto catastrofico sulle loro già fragili economie di sviluppo. Non è forse speculazione questa? I combustibili fossili presto o tardi saranno esauriti, certamente il loro impiego va limitato, non fosse altro perché bruciare petrolio per produrre energia è come mettere mobili di antiquariato nel caminetto, altri ben più utili profili d'impiego possono essere riservati agli idrocarburi.



Ma anche centellinandone l'utilizzo, non c'è nessuna possibilità che si arrivi ad emettere tanta CO₂ quanta ne è prevista negli scenari delle simulazioni climatiche, perché queste risorse finiranno. Nel frattempo il pianeta soffrirà ancora di problemi irrisolti, saranno stati spesi un sacco di soldi e le città, dove vive la stragrande maggioranza della popolazione mondiale, continueranno ad essere afflitte da gravi problemi di invivibilità.

BIBLIOGRAFIA

Mann M.E. et al., "Northern Hemisphere Temperatures During the Past Millennium: Inferences, Uncertainties, and Limitations", AGU GRL, v.3.1, 1999

Intergovernmental Panel on Climate Change – Third Assessment Report - 2001.

Keigwin L.D., "The Little Ice Age and Medieval Warm Period in the Sargasso Sea", Science, v.274 pp.1504-1508, 1996.

Winter et al. "Caribbean Sea Surface Temperatures: Two-to-Three Degrees Cooler than Present During the Little Ice Age", Geophysical Research Letters, v.27, 20, p.3365, Oct 15 2000

DeMenocal P. et al. "Coherent High- and Low-Latitude Climate Variability During the Holocene Warm Period", Science, v.288, p.2198-2202, Jun 23 2000

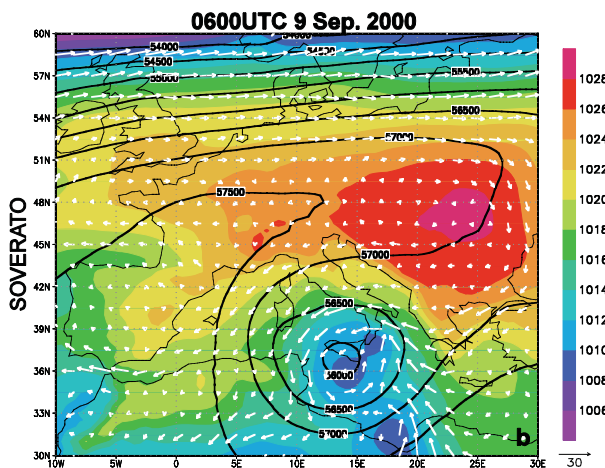
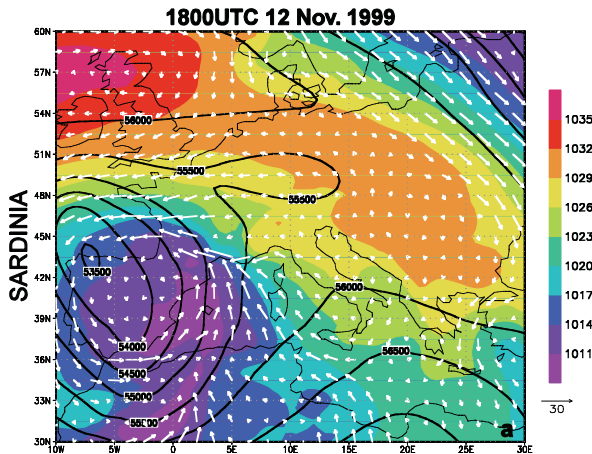
Kuo-Yen Wei et al., "Documenting Past Environmental Changes in Taiwan and Adjacent Areas", Department of Geology, National Taiwan University, 1996.

GLI EVENTI ESTREMI NEL MEDITERRANEO

Rossella Ferretti

Centro di Eccellenza per la Previsione di fenomeni meteo violenti, CETEMPS

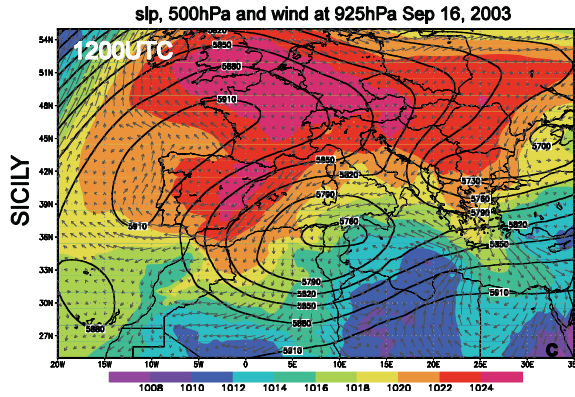
Nel corso degli anni il bacino del Mediterraneo è stato ripetutamente teatro di eventi di precipitazione intensa. Alcuni degli eventi severi che hanno colpito il nostro bacino (Soverato, Piemonte, Sicilia etc.) sono associati a strutture meteorologiche tipiche del bacino del Mediterraneo.



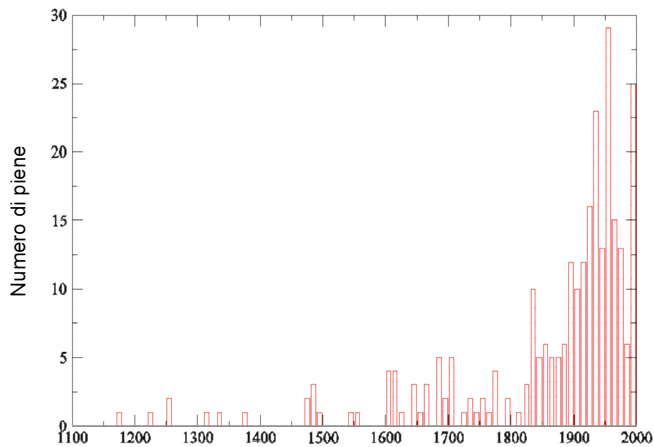
La previsione meteorologica di questi eventi severi è noto essere affetta da un errore spazio temporale (Brewester, 2003) che la complessità del bacino del Mediterraneo rende ancora più grande.

Alcuni studi realizzati nell'ambito del progetto Mesoscale Alpine Programme (MAP) hanno permesso di definire i meccanismi fisici e dinamici che determinano un evento severo e la sua localizzazione nella zona dell'arco Alpino. Si è visto che l'interazione stretta tra la struttura a larga scala e le caratteristiche orografiche della valle del Po (Alpi-Pianura Padana) portano alla generazione di sistemi più o meno intensi a seconda di alcuni fattori individuati in uno studio di Rotunno e Ferretti (2001). In quello studio gli autori mettono in luce due meccanismi principali:

- effetto barriera delle Alpi sul flusso da sud-est
- flusso da sud-ovest umido e meno stabile che determinano lo sviluppo di una zona di convergenza con intensificazione della precipitazione.



Eventi di precipitazione intensa dovuti a convezione profonda (locale e non) sono frequenti nel bacino del Mediterraneo, ma difficilmente prevedibili.



Gruppo Nazionale Per la difesa dalle Catastrofi, 1999

Questa difficoltà è dovuta alla mancanza di informazioni sulle strutture locali nelle condizioni iniziali (Ferretti e Faccani, 2005) e sia per problemi di innesco della convezione nei modelli di previsione.

EVENTI ESTREMI IN FRIULI NEGLI ULTIMI 500 ANNI

Paolo Zamparutti
Unione Meteorologica del Friuli Venezia Giulia
MeteoGiornale Climate

Premessa

Il Friuli Venezia Giulia è stato interessato storicamente da eventi meteorologici estremi, quali temporali violenti associati a grandinate e trombe d'aria.

Mentre le trombe d'aria hanno carattere di occasionalità, le grandinate sono eventi piuttosto frequenti, ed essendo in grado di devastare le coltivazioni, hanno rappresentato nei secoli scorsi un'incognita importante per la vita delle persone, legata profondamente alla resa dei campi che coltivavano.

Anche le alluvioni si sono ripetute con frequenza, tanto che eventi di questo tipo hanno creato danni anche recentemente nelle nostre terre.

I tornado

Dobbiamo premettere che il termine tornado, che di solito sentiamo associato presso i notiziari a quanto accade negli Stati Uniti, è sinonimo di tromba d'aria. Non vi è differenza fra i due fenomeni, e non va usato alcuna distinzione nei termini per quanto riguarda la violenza. È corretto sostenere che nella nostra regione episodi di grande potenza sono molto più rari rispetto agli Stati Uniti, tuttavia abbiamo constatato che si verificano con frequenza di uno o due volte al secolo.

Per fenomeno estremo, o "di grande potenza" sottintendiamo tornado classificabili come F4 o F5.

Ebbene sì, nella nostra regione si sono verificati in passato eventi paragonabili agli episodi più violenti accaduti negli Stati Uniti.

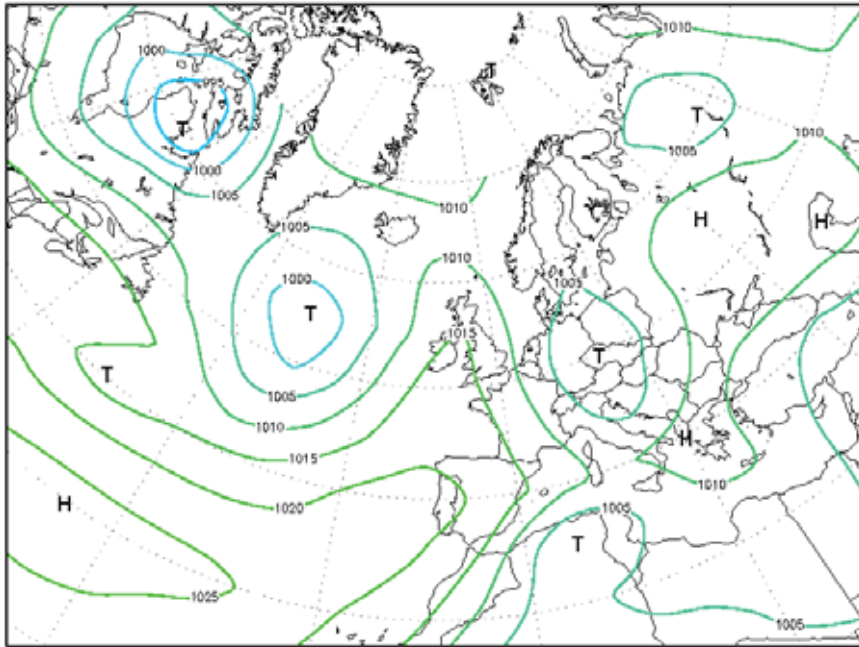
Sono episodi che lasciano spesso una memoria di sé, presso la gente dei paesi che li hanno subiti, tanto che è possibile ad esempio rintracciare lapidi, o voti "pgr" (per grazia ricevuta) presso le chiese dei nostri paesi.

Uno dei fenomeni più noti, accadde il 24 luglio del 1930, ed interessò le province di Treviso e Pordenone. Secondo TORRO, un'organizzazione inglese con valenza europea per lo studio dei tornado, si tratta probabilmente del fenomeno tornadico più violento mai accaduto in Europa negli ultimi 200 anni.

Si tratta a tutti gli effetti di un evento catalogabile come F5, che provocò decine di morti e vasta distruzione su un'area complessiva di quasi 90 km.

Disponiamo di ricostruzioni delle situazioni bariche presenti in quei giorni, questa è presente presso il sito <http://www.wetterzentrale.com>:

24JUL1930

Bodendruck (hPa)

Daten: NCAR Daily Northern Hemisphere SLP grids
 (C) Wetterzentrale
 www.wetterzentrale.de

Non ci dilungheremo molto sulla sinottica di questo evento, facciamo solo notare alcune cose importanti: vi sono due aree depressionarie, una centrata sulla Repubblica Ceca ed un'altra posizionata sull'Africa Settentrionale. Notiamo poi un promontorio di alta pressione che si spinge sull'Inghilterra. È chiara la dinamica di innesto del fenomeno violento; l'aria fredda proveniente da nordovest ha contrastato con una imponente risalita calda ed umida, favorendo l'insorgenza dei fortunali.

Dai resoconti di allora, rintracciabili presso i giornali dell'epoca, e dai dati del Malignani, possiamo rintracciare una "dinamica" comune nei fenomeni temporaleschi estremi della nostra regione: si verificano in occasione di lunghi periodi perturbati, spesso in coda a questi. Molto più rari sono gli episodi che si verificano a rottura di lunghi eventi siccitosi e caldi. Nei giorni precedenti al 24 luglio 1930, le cronache descrivono un clima temporalesco non caldissimo, ma di umidità opprimente. Nei dati di Udine, notiamo che nei dieci giorni precedenti era piovuto spesso.

Questo può forse darci un indicazione per il futuro. Noi consideriamo che il riscaldamento globale potrà portarci ad eventi meteorologici sempre più violenti, ma se le previsioni dicono che il futuro ci riserverà lunghi periodi siccitosi, è possibile che per la nostra regione i fenomeni estremi piuttosto diventino più rari, per lo meno per quanto riguarda i tornado.

Altre fonti di indagine per gli eventi tornadici, sono i resoconti che troviamo presso le biblioteche.

Proponiamo alcuni stralci di documenti di un altro evento tornadico verificatosi in Friuli, di eccezionale portata.

Accadde il 28 luglio del 1867 ed interessò particolarmente il paese di Palazzolo dello Stella. Troviamo un appassionante resoconto scritto da Alfonso Cossa e Giovanni Clodic del Regio Istituto Tecnico di Udine, presente e consultabile presso la Biblioteca Civica di Udine.

Tutto annunzia vicino lo scoppio d'un uragano. Un vento impetuoso, che fischia acutissimo quasi preludio della tempesta, piega a terra le piantagioni e torce violentemente e scuote gli alberi della foresta che da lontano si sente agitata e sconvolta. Il tuono va sordamente romoreggiando e il balenare dei lampi si fa sempre più ratto o abbagliante. L'afa opprimente che all'infuriare del vento era cessata, calmata la straordinaria agitazione dell'aria, ridiviene ancor più soffocante e affannosa. Al fragore degli elementi sconvolti, a quell'indefinibile strepito della natura che sta per attraversare una crisi, succede una calma terribile, nunzia della vicina catastrofe. Ed ecco apparire a nord-ovest di Palazzolo, nella direzione di S. Mauro al Tagliamento, una nube a foggia d'imbuto che si distacca nettamente dal fondo grigiastro del cielo e che si avvanza rapidamente verso il villaggio.

L'immane cono atmosferico ha la base rivolta all'insù e che si confonde nella oscurità delle nubi, mentre la punta ondeggiante come un immensa nappa di fumo agitata dal vento, sembra quasi rasentare la terra. Nel suo rapido movimento in avanti, la tromba presenta ora una tinta cinerea, ora giallognola a screzi di un colore più carico. Giunta in vicinanza al villaggio sembra una piramide che un vulcano abbia infocata e capovolta. Essa si avvanza da levante a ponente turbinando sul proprio asse a foggia di vortice. Alla vista dello spaventoso fenomeno il cui avanzarsi è accompagnato da uno strano rumore, come di sassi rinchiusi in sacchi ed agitati con forza, una parte degli accorsi a vedere il temporale s'affretta a guadagnare le proprie abitazioni; ma non tutti arrivano a chiudersi in casa prima che la tromba sia piombata impetuosa sopra il villaggio.

La natura supercellare del temporale risulta evidente; per esempio il movimento della base della tromba d'aria denota il tipico andamento a cuspidi indotto dal mesociclone.

Continuiamo:

Un villico colto dal nembo, ha appena il tempo di afferrare il martello di un uscio, e rimane alcuni minuti in balia della bufera, che non potendo strappare dal ferro a cui s'era aggavignato con una vigenza raddoppiata dalla gravità del pericolo, lo sbattacchia a guisa di campana suonata a distesa, cagionandoli delle contusioni alla testa che ad ogni movimento del corpo dava con forza nell'architrave. Un'altro paesano, avendo aperta la porta nel punto in cui la tromba attraversava il paese ed essendosi posto in tal modo in una violenta corrente atmosferica, viene improvvisamente levato di terra e scagliato di viva forza contro l'opposta parete, onde rimane schiacciato come dentro un pressoio. Quelli che sono giunti a rinchiudersi nella parte dell'abitato non toccato dalla meteora, scossi da uno spaventoso fragore che desta in essi i più tristi presentimenti, si precipitano nuovamente nelle vie del paesello. È un sogno od una realtà? È un fatto od una illusione? Il villaggio è in gran parte ruinato, demolito, atterrato! Trenta case sono completamente rovesciate e distrutte; altre trenta sono ridotte al solo piano terreno; a quindici fu strappato il coperto; molte altre colpite di sghembo presentano gravissimi guasti, spaccature profonde, e minacciano di rovinare. Ecco quindi quattrocento persone rimaste senza un'a-

silo, rese in un istante mendiche. La meteora ha rovesciato tutto ciò in cui s'è imbattuta nel suo vorticoso passaggio ed ha trasportato a grande distanza tetti, impalcature, turbinando nelle sue spire travi, materiali, mobilie che volavano per l'aria come fuscilli. In taluna delle case completamente distrutte, i materiali sconnessi e sfasciati sono anche spezzati e ridotti in frantumi. Non v'hanno parole a descrivere lo spettacolo che presenta il villaggio dopo la fatale catastrofe. Ove sorgevano case, muraglie di cinta, non hawi che un mucchio enorme di ruderi.

Si nota l'eccezionale violenza del fenomeno. Persone sollevate da terra, il gran numero di case distrutte e scoperchiate. A nostro parere, ci troviamo di fronte ad un fenomeno classificabile almeno come "F4".

Ma il flagello desolatore non doveva discatenarsi ed imperversare soltanto su Palazzolo. Lungo il tratto che corre tra questa borgata e la località fra i casali di 5. Mauro o di Ronchis ove si formò la meteora, otto chilometri circa, la campagna per una estensione notevole presenta il più squallido aspetto. Le messi sono estirpato, disperse, le piante, quasi colpite da brina, lasciano al più leggero tocco cadere le foglie essiccate. La meteora giunta su Palazolo toccò il lembo meridionale del caseggiato, poi ripiegò verso settentrione ed attraversò il paese quasi seguendo la diagonale del trapezio cui s'assomiglia la disposizione dei fabbricati di Palazzolo. E notevole che per un momento essa ha assorbito nelle sue spire le acque del fiume Stella che corrono a mezzo chilometro da Palazzolo, ciò che risulta dall'essersi trovata viva in un cortile di questo villaggio una delle anguille che vengono pescate in quel fiume. La tromba si allontanò dalla borgata descrivendo un arco la cui convessità era rivolta a nord-est della borgata medesima e si scagliò sul bosco erariale Volpares lontano due chilometri da Palazzolo.

Nel suo tragitto fino al bosco Volpares la meteora lasciò cadere tutti gli oggetti che aveva, per così dire, inghiottiti nel vuoto delle sue spire nell'attraversare il villaggio; e fra questi una pesantissima pietra a forma piramidale divelta dalla sua base a cui era fortemente saldata, od una imposta del peso approssimativo di centoventicinque chilogrammi che fu strappata dai cardini e trasportata al di sopra dei tetti.

Altre testimonianze di un evento di eccezionale portata, per otto chilometri sono rintracciabili i danni a terra, nonché l'episodio della pietra denota la velocità del vento.

Concludiamo il racconto del fenomeno con alcune curiose considerazioni fatte dagli autori: consideravano le trombe d'aria fenomeni di natura elettrica.

I materiali delle case distrutte, come pietre, chiodi, bandinelle non presentano alcuna traccia di fusione o le ferramenta non danno indizio di polarità magnetica. Questa circostanza avvalorava l'ipotesi che la tromba abbia urtato il paese soltanto col sito lembo inferiore, ipotesi che trova non conferma anche nel fatto, che ne' cadaveri disseppelliti dalle rovine non si riscontra alcuno dei segni che si verificano nei fulminati, mentre nei cardini e nello fasce di ferro dell'imposta balestrata per aria, essendosi con questa elevazione trovati nell'ambiente o nel raggio d'azione della meteora, i segni della polarità magnetica, cioè dell'azione dell'elettricità, sono chiari e manifesti. All'uscire da Palazzolo soltanto la tromba assunse un moto saltuario, alzandosi ed abbassandosi fin quasi a toccare la terra; e lo provarono alcune aiuole coltivate a canape affatto essiccate, mentre in altre aiuole vicine lo pianticelle nulla soffersero. Le piante essiccate contenevano soltanto 11.76 per cento di acqua; mentre nelle altre ascendeva al 23.64 per cento. In vicinanza al bosco Volpares si alzò nuovamente, non lasciando alcuna traccia di sé

sui manufatti della strada provinciale prossima al bosco. Le piante del bosco non presentano di carbonizzati, nè traccia di carbonizzazione presentano i legnami trasportati in alto dalla tromba e seminati per la campagna. Fra i particolari notati nel rapporto dei due professori dell'istituto, citiamo quello di un villico a cui la bufera fu strappato dalla braccia un bambino. il villico fu atterrato e il bambino portato a qualche distanza. Entrambi ne uscirono senza alcun male. Egualmente fortunato fu un altro paesano che sollevato in aria fu nuovamente deposto salvo, dopo aver sorpassato volando uno stagno d'acqua e un boschetto.

L'analisi degli eventi che interessavano il Friuli, oltre a fornirci spunti di climatologia, offrono uno spaccato storico della vita delle persone che abitavano i nostri paesi. Il Friuli ha vissuto momenti di straordinaria povertà, nei secoli passati. Gli eventi meteo che oggi osserviamo con interesse, in passato erano in grado di gettare paesi interi nella povertà più assoluta, nella fame e nella carestia.

Il sedicesimo secolo, ad esempio, da questo punto di vista fu terribile. Eccezionali ondate di gelo si alternavano a siccità gravissime. Troviamo numerose testimonianze di questi eventi. Una particolare, si riferisce all'anno 1540. Nel 1540 ci fu in Friuli un lungo periodo secco che, come indicato anche da altre fonti, arrecò gravissimi danni alle coltivazioni con conseguenze nefaste per le popolazioni. Nei quaderni del Malignani, troviamo un articolo scritto dallo stesso che riporta:

"Si narra, ad esempio, che dai primi del settembre 1539 fino al 31 marzo del 1540 il cielo si sia mantenuto costantemente sereno. L'Isonzo ed il Natisone sarebbero totalmente inariditi e le popolazioni anche più lontane, si sarebbero portate al fiume Torre per attingere un po' d'acqua, in quanto questo era l'unico fiume che ne avesse conservata una parte".

Siccità che interessò anche il resto dell'anno. Narra un cronista dell'epoca (notizia ritrovata presso il sito comunale di Santa Maria la Longa)

suplicando la pioza tanto bramata, ne succedette la grandine.

Non scordiamoci che, salvo gli ultimi decenni, la vita delle persone, della società stessa, era segnata in modo profondo dalle vicende della meteorologia.

Finito di stampare nel ottobre 2007

