

ANDREA JR. SACCHI (*)

ANALISI METEOROLOGICA DEGLI EVENTI ALLUVIONALI ECCEZIONALI TRA L'ALTA TOSCANA E L'ESTREMO LEVANTE LIGURE DAL 2009 AL 2011

Abstract - *Meteorological analysis of floods between Northern Tuscany and Eastern Liguria from 2009 to 2011.* The Magra River basin located between Northern Tuscany and Eastern Liguria. It has often been affected by extreme rainfall events that have led to flooding. In the last years these events have intensified causing floods in December 2009, December 2010 and October 2011. The meteorological analysis shows similarities and differences among the last three events that affected the provinces of La Spezia and Massa-Carrara: a special focus is made to the flood of October 25, 2011 because it was an event particularly extreme. The analysis shows the differences between the three flood events: it's possible to find some similarities between the first two, while the event of October 2011, the most violent, had a very different genesis: this type of event is a multicell thunderstorm and it's called by the media «flash flood» due to the large amount of rain discharged in a limited time period.

It can be concluded that Eastern Liguria and Northern Tuscany are geographically favorable to the occurrence of significant rainfall events and hence it is necessary an intensive risk mitigation.

Key words - Flash floods, Magra River Basin (Italy), Multicell thunderstorm.

Riassunto - *Analisi meteorologica degli eventi alluvionali eccezionali tra l'Alta Toscana e l'estremo Levante ligure dal 2009 al 2011.* Il bacino idrografico del fiume Magra, situato al confine tra l'alta Toscana e l'estremo levante ligure, è stato da sempre interessato da eventi pluviometrici estremi che hanno spesso provocato alluvioni specialmente nella zona fociva del fiume Magra. Tali eventi si sono però intensificati negli ultimi anni, provocando alluvioni nel dicembre 2009, dicembre 2010 e ottobre 2011. L'analisi meteorologica effettuata ha permesso di verificare analogie e differenze nella genesi di questi ultimi tre eventi che hanno causato ingenti danni nelle province della Spezia e di Massa-Carrara; un particolare approfondimento viene effettuato per l'alluvione del 25 ottobre 2011 che rappresenta un evento con quantitativi di pioggia straordinari. Dall'analisi emerge come tra i primi due eventi sia possibile riscontrare alcune analogie mentre in quello del 2011, il più violento, la genesi è stata profondamente diversa: tale tipologia di evento, frequentemente chiamato dai media *flash flood* (alluvione lampo) a causa della grande quantità di pioggia scaricata in un periodo temporale ristretto, è riconducibile ad un sistema di temporale auto-rigenerante che si viene a creare in particolari condizioni sinottiche.

Si può concludere che la Liguria orientale e l'alta Toscana sono territori geograficamente favorevoli al verificarsi di eventi pluviometrici importanti e per questo è necessaria un'intensa attività di mitigazione del rischio.

Parole chiave - Alluvioni lampo, Bacino del fiume Magra, Temporal auto-rigeneranti.

INTRODUZIONE

Il bacino del Fiume Magra è da sempre stato soggetto ad eventi pluviometrici di grande rilevanza, alcuni dei quali con caratteristiche alluvionali: nella tabella sottostante (Tab. 1) sono riportati alcuni tra i valori di cumulata di pioggia più rilevanti degli ultimi decenni. Nonostante questi eventi si ripetano con una certa frequenza, emerge come negli ultimi tre anni si sia registrata una presunta intensificazione di tali fenomeni: per questo si è reso interessante affrontare uno studio dettagliato degli ultimi tre eventi meteorologici che hanno causato violenti alluvioni nello spezzino, quelle degli anni 2009, 2010 e 2011. Facendo uso di carte meteorologiche e dei dati pluviometrici è stato possibile quantificare i fenomeni e verificare analogie e differenze tra i vari eventi alluvionali nonché evidenziarne le possibili cause, con particolare attenzione a quello che probabilmente è stato il più grave evento alluvionale mai verificatosi nella provincia della Spezia, quello del 25 ottobre 2011.

Tab. 1 - Alcuni tra i principali eventi pluviometrici occorsi nel bacino del F. Magra negli ultimi 80 anni.

Data	Luogo evento	Pioggia giornaliera e conseguenze
9 Nov 1935	Appennino tosco-emiliano	250 mm a Casola in L., 268 mm a Vinca.
17 Nov 1940	Pontremoli	182 mm a Pontremoli. Esondazioni a Pontremoli e Aulla.
20 Ago 1952	Tutto il bacino	570 mm a Montelungo, 277 mm a Pontremoli.
21 Ott 1952	Alta Val di Magra	247 mm a Pontremoli, 225 mm a Montelungo.
16-17 Set 1960	Valle del Verde	258 mm a Presa Verde.
10 Set 1972	Appennino tosco-emiliano	453 mm a Lago Paduli. Straripamento del T. Tavarone.
9 Nov 1982	Appennino ligure e tosco emiliano	347 mm a Varese L., 251 mm a Tavarone.
6 Nov 2000	Appennino ligure e tosco emiliano	200-300 mm nelle stazioni di crinale, 223 mm a Pontremoli.
22-25 Dic 2009	Val di Vara e Val di Magra	444 mm a Minucciano, 432 a Novegigola, 323 a Pontremoli.
22-23 Dic 2010	Val di Magra	240 mm ad Aulla, 207 a Romito Magra, 205 a Novegigola.
25 Ott 2011	5 Terre, Val di Vara e Val di Magra	540 mm a Brugnato, 453 mm a Calice al C., 382 mm a Monterosso.

(*) Via G. Borrotzu 39, 19020 Vezzano Ligure (La Spezia), Italy - E-mail: andrea jr84 (at) alice.it

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il bacino idrografico del Fiume Magra (Fig. 1) è compreso nell'estremo NW della Toscana e nella parte più orientale della Liguria. Esso comprende una serie di affluenti a carattere torrentizio, fra i quali il più importante è il fiume Vara.

Il bacino del fiume Magra è delimitato da tre sistemi montuosi: l'Appennino ligure a ovest e nord-ovest, l'Appennino tosco-emiliano a nord e nord-est e le Alpi Apuane a sud-est. A sud e sud-ovest invece segue la linea di costa, lasciando fuori una sottile fascia di terra la cui competenza idrogeologica ricade sul settore Difesa del Suolo della Provincia della Spezia. Il fiume Magra nasce in Toscana dall'Appennino Tosco-Emiliano e sfocia nel Mar Ligure, con un'ampia foce ad estuario tra Bocca di Magra e Fiumaretta, nel Comune di Ameglia (SP) nel lembo più orientale della Liguria. Il fiume Vara scorre interamente in territorio ligure nascendo dall'Appennino ligure e percorrendo in territorio spezzino la valle a cui dà nome, la Val di Vara fino ad arrivare alla confluenza nel fiume Magra nei pressi della località Bottagna, nel Comune di Vezzano Ligure.

L'intero bacino ha un'estensione di 1.698,5 km², di cui il 58% all'interno della Regione Toscana, mentre il restante 42% all'interno della Regione Liguria. La lunghezza del F. Magra è di circa 70 km rappresentando il fiume più lungo della Regione Liguria, quella del fiume Vara di circa 58 km.

INQUADRAMENTO CLIMATICO

La climatologia dinamica dell'area di studio è caratterizzata dal transito delle perturbazioni atlantiche che spesso creano delle depressioni sottovento all'arco al-

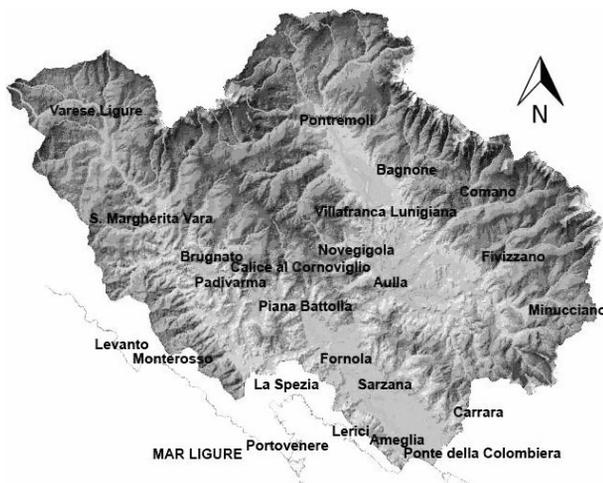


Fig. 1 - Il bacino del fiume Magra (scala 1:400000).
[Fonte: Autorità di Bacino fiume Magra]

pino, denominate in letteratura depressioni del golfo di Genova.

Il territorio è soggetto alle influenze orografiche: essendo molto montuoso, il passaggio di sistemi perturbati di provenienza meridionale e occidentale incontrando le catene dell'Appennino ligure, tosco-emiliano e delle Alpi Apuane determinano un sollevamento forzato delle masse d'aria umida che intensifica le precipitazioni (piogge orografiche). Un'altra condizione frequente che interessa l'area si verifica durante il passaggio di fronti perturbati sulle Alpi e sul Mar Adriatico: mentre in Pianura Padana prevalgono condizioni di cielo sereno, sul bacino del F. Magra talvolta si verificano addensamenti e lievi precipitazioni a causa del richiamo di aria umida dal Mar Ligure e Mar Tirreno. In generale quando è prevalente un flusso di venti meridionali, il tempo risulta fortemente perturbato, anche a lungo, mentre in condizioni di vento da nord, soprattutto con tramontana, si registrano giornate di cielo sereno e asciutte.

Il bacino del Fiume Magra presenta un clima piuttosto temperato (Potenti & Vittorini, 1995), per l'influenza del Mar Ligure ed è circondato dalla catena appenninica che rappresenta una barriera naturale contro i freddi venti provenienti da nord.

ANALISI METEOROLOGICA DELL'EVENTO ALLUVIONALE DEL DICEMBRE 2009

Introduzione - L'evento meteorologico che ha interessato il bacino del F. Magra nei giorni tra il 22 e il 25 dicembre 2009 ha fatto registrare piogge con quantitativi molto elevati, con punte di oltre 400 mm nell'intero periodo dell'evento, associate al transito di una sequenza di strutture frontali atlantiche in rapida successione. Tale evento perturbato era stato preceduto nel corso del mese di dicembre da altri eventi pluviometrici di rilievo, oltre che dall'evento nevoso che ha interessato la provincia nei giorni 18 e 19 dicembre. Il rapido scioglimento del manto nevoso determinato da un repentino aumento della temperatura unito alle abbondanti precipitazioni, ha determinato un innalzamento molto consistente dei livelli idrici, obbligando all'evacuazione gli edifici siti nelle zone di foce del fiume Magra, dove si sono verificate esondazioni e danni ingenti. L'abbondante evento precipitativo è stato ulteriormente aggravato da venti forti con raffiche sostenute e da due mareggiate che hanno interessato la costa nell'arco di quarantotto ore.

Analisi dettagliata del quadro meteorologico - Nella seconda decade del mese di dicembre 2009 a causa della posizione in senso meridiano dell'anticiclone delle Azorre sull'Atlantico, si sono verificate le condizioni per l'avvicinamento del lobo siberiano del vortice polare

che ha indotto una prima pulsazione artica sopraggiunta attorno al 12-13 dicembre sull'Italia e ha aperto la strada alla seconda più intensa discesa di aria gelida del 18-19 dicembre.

Il successivo transito di una perturbazione atlantica, associato al nucleo di aria gelida presente sull'Italia (Fig. 2), ha determinato la formazione di un minimo barico sul Mar Ligure e il conseguente peggioramento del tempo, che ha portato diffuse nevicate sulle regioni settentrionali e sulla Toscana, colpendo anche lo spezzino con accumuli importanti: sulla costa lo spessore del manto nevoso si attestava intorno ai 10 cm, mentre nell'interno i valori erano compresi tra i 20 e i 30 cm senza sensibili variazioni dovute all'altitudine.

Nei giorni tra il 21 ed il 25 dicembre 2009 l'apertura del «corridoio Atlantico» ha comportato l'instaurarsi di una vasta circolazione depressionaria in cui erano identificabili alcune profonde strutture cicloniche. La prima perturbazione, legata alla formazione di un minimo secondario sulla Francia orientale (Fig. 3), ha colpito il nord Italia già dal tardo pomeriggio di lunedì 21 dicembre determinando un richiamo di aria umida

sulla Liguria e portando precipitazioni particolarmente ingenti sulle aree esposte al flusso sud-occidentale, in particolare sulla Riviera di Levante, l'alta Toscana e le zone prealpine centro-orientali.

Le precipitazioni sono perdurate fino alle prime ore di mercoledì 23 dicembre, già dalle ore serali il minimo depressionario, con 987 hPa, che nell'immagine in figura 3 si trovava sui Pirenei, si è spostato sul Nord Italia. A partire dalla notte tra il 23 ed il 24 dicembre nuove abbondanti precipitazioni hanno interessato il Nord Italia, con particolare rilievo, ancora una volta, dapprima la Liguria (in particolare il Levante) e Toscana e successivamente sul nord-est Italia.

Sull'Atlantico settentrionale si potevano distinguere sette minimi depressionari, tutti molto profondi, di cui sei con pressione al suolo inferiore al 990 hPa (Fig. 3). In continuità col secondo passaggio perturbato, un terzo minimo di 985 hPa, localizzato al largo della costa portoghese nella mappa (Fig. 3), si è spostato più a nord transitando sul Golfo di Biscaglia e sulla Francia, dirigendosi poi verso il Belgio tra la sera del 24 e prime ore del 25 dicembre. Il passaggio di questo minimo

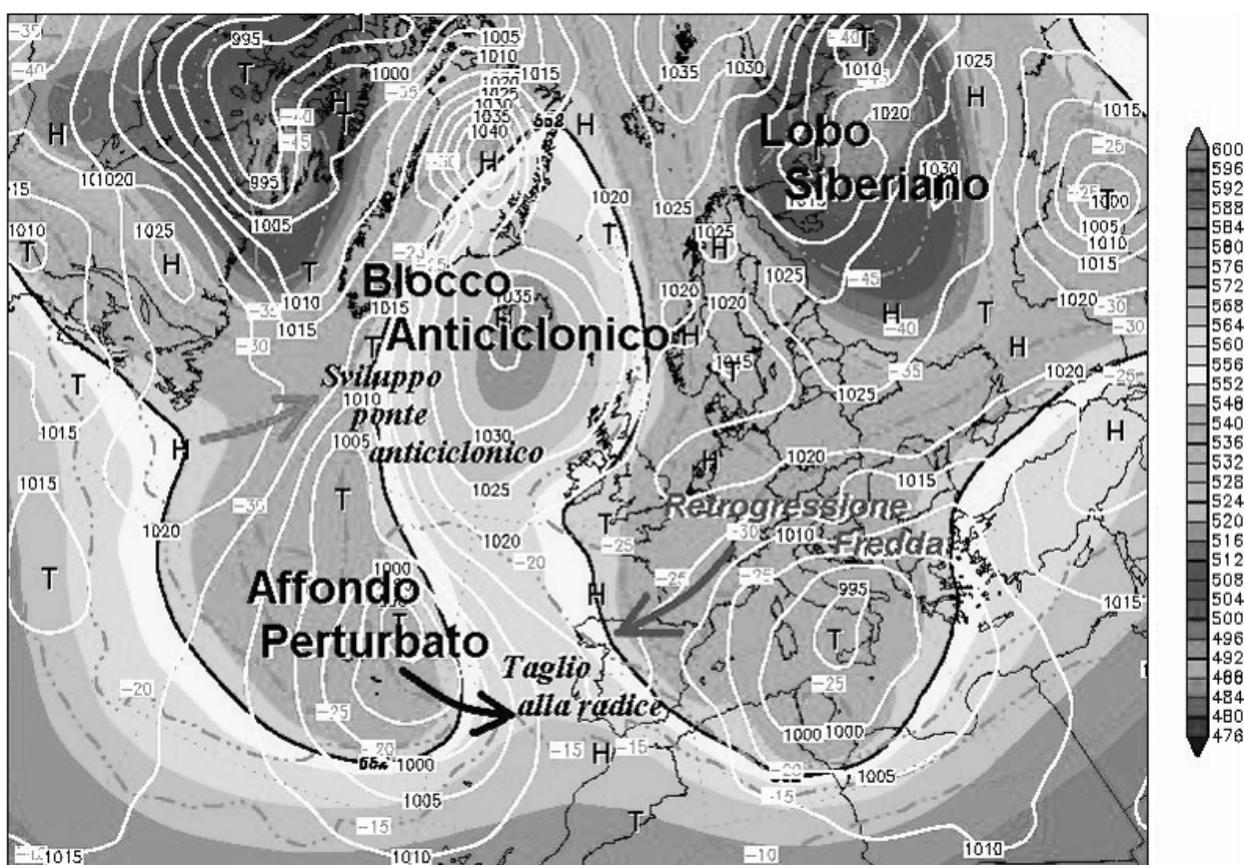


Fig. 2 - Carta delle Isobare al suolo (linee bianche) e geopotenziali (linee grige) a 500 hPa che mostrano la discesa di aria fredda sull'Italia il 15 dicembre 2009.

[Fonte: www.wetterzentrale.de - Elaborazione: centrometeolombardo.com]

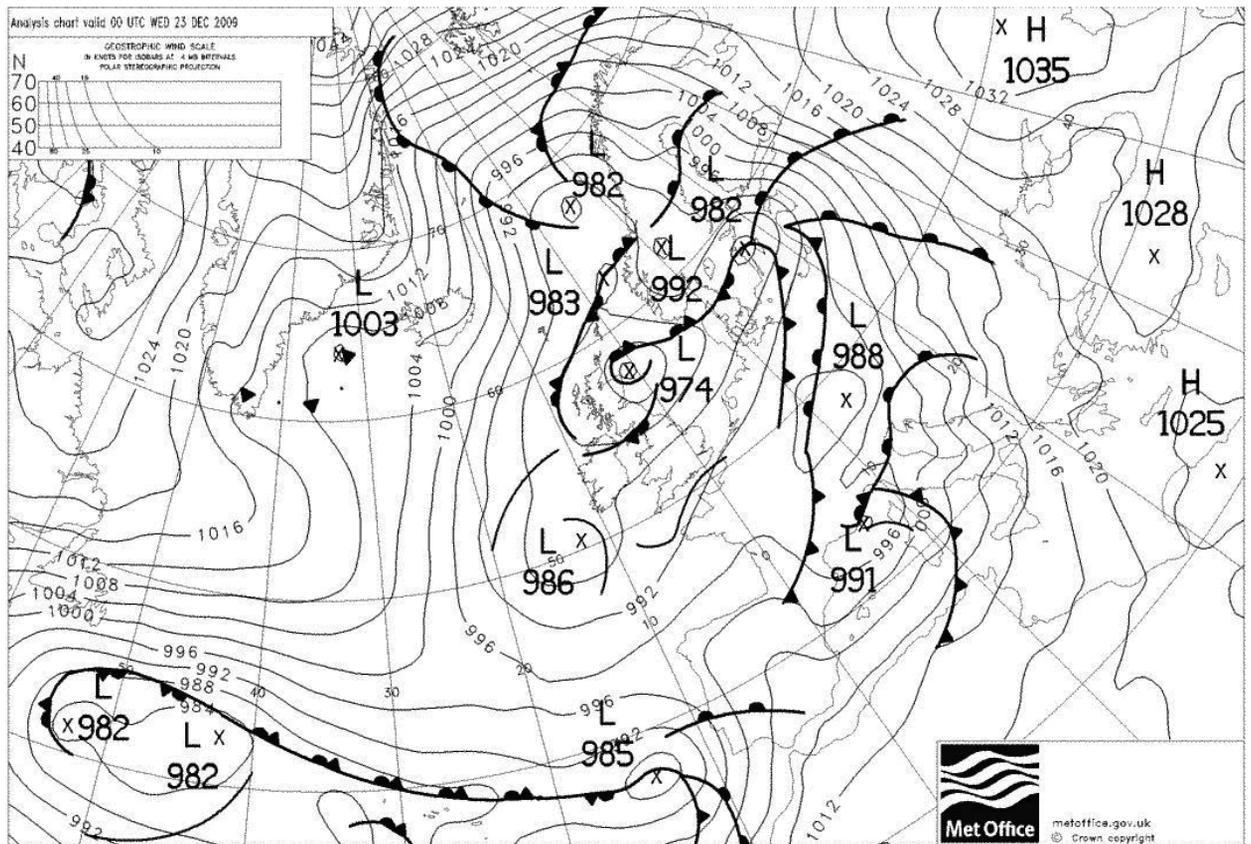


Fig. 3 - Analisi dei Fronti di Bracknell riferiti alle 00UTC del 23 dicembre 2009.
[Fonte: metoffice.net]

ha determinato la formazione di un minimo secondario sul Mar Ligure con nuove abbondanti e diffuse precipitazioni sulla Liguria.

Analisi delle precipitazioni - L'evento meteorologico dei giorni 21-25 dicembre 2009 non è stato tanto rilevante dal punto di vista dell'intensità delle precipitazioni, quanto piuttosto per la durata degli eventi. Le precipitazioni infatti sono perdurate dal pomeriggio del 21 dicembre fino alle prime ore del 25 dicembre, con una pausa di qualche ora nelle ore centrali del 23 dicembre. Tali precipitazioni sono andate a sommarsi ad altri eventi pluviometrici importanti, del 29 novembre 2009 e del 7-8 dicembre 2009, preceduti dall'evento nevoso che ha colpito lo spezzino il 18-19 dicembre. Questi fenomeni hanno comportato la saturazione del terreno, in una stagione in cui l'evapotraspirazione del terreno è piuttosto bassa.

L'evento precipitativo è avvenuto in due fasi: la prima è durata dalla sera del 21 dicembre sino alle 12.00 UTC del 23 dicembre; la seconda fase, più intensa, è iniziata verso le ore 18 UTC del 23 dicembre e si è conclusa verso le 12 UTC del 25 dicembre (Tab. 2).

Tab. 2 - Dati orari (in mm) raggruppati su 6 ore e totale delle precipitazioni occorse tra il 22 e il 25 dicembre 2009.

[Fonte: Dati ARPAL Regione Liguria, ARSIA e Osservatorio Meteo Pontremoli]

	Pontremoli	Aulla	Minucciano	Varese Ligure	Novogigola	Brunato	Sarzana
22 dic-06.00	22,0	0,0	29,2	17,8	36,4	30,0	22,2
22 dic-12.00	8,4	0,0	24,6	8,0	14,8	10,2	4,4
22 dic-18.00	9,8	7,8	12,0	11,6	11,4	13,0	11,6
22 dic-00.00	65,8	48,8	76,6	55,0	67,4	59,4	46,8
23 dic-06.00	39,6	30,0	70,6	15,2	53,4	21,4	25,2
23 dic-12.00	4,6	0,8	3,2	1,4	4,0	1,6	0,0
23 dic-18.00	0,2	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0
23 dic-00.00	15,4	17,4	15,6	20,4	21,8	22,0	19,0
24 dic-06.00	18,4	8,2	23,6	9,6	25,2	5,8	11,6
24 dic-12.00	6,0	3,8	1,4	6,6	6,0	4,6	2,2
24 dic-18.00	34,8	33,8	48,0	46,0	58,2	45,2	51,0
24 dic-00.00	75,0	51,4	83,0	56,8	110,6	56,8	42,4
25 dic-06.00	17,0	13,2	32,2	3,4	16,8	0,6	2,8
25 dic-12.00	5,8	3,8	23,8	6,6	5,4	3,2	1,2
25 dic-18.00	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
25 dic-00.00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tot. evento	323,0	219,0	444,0	258,8	431,4	273,8	240,2

Particolarmente colpita è stata la parte dell'Appennino tosco-emiliano, con la stazione di Minucciano che ha registrato una cumulata dell'evento di ben 444,0 mm.

Le intensità delle precipitazioni sono comunque state sempre deboli, senza mai superare i 15-20 mm/h.

Le cumulate dell'intero periodo mostrano quantitativi molto elevati: in alcune zone, nell'arco di 84 ore, sono stati registrati fino a 422 mm di pioggia (stazione di Cuccarello) nella Val di Magra e nella parte orientale della Val di Vara, come visibile nell'istogramma delle precipitazioni a Novegigola (Fig. 4) e nella mappa riferita agli accumuli di pioggia in Liguria sulle 84 ore dell'evento (Fig. 5).

Analisi dei dati idrometrici - Il repentino scioglimento del manto nevoso caduto nei giorni 18 e 19 dicembre insieme all'intensa fase perturbata dei giorni 21-25 dicembre, hanno causato un consistente innalzamento dei livelli idrici del bacino del F. Magra e dei suoi affluenti.

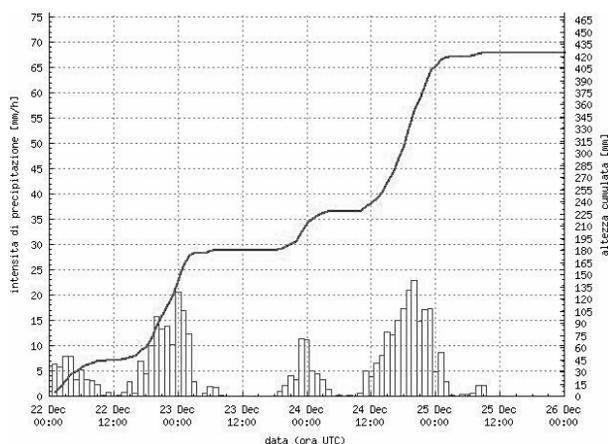


Fig. 4 - Istogramma e cumulata a Novegigola registrate nel periodo tra le 00UTC del 22 dicembre e le 00UTC del 26 dicembre 2009.

[Fonte: www.meteoliguria.it]

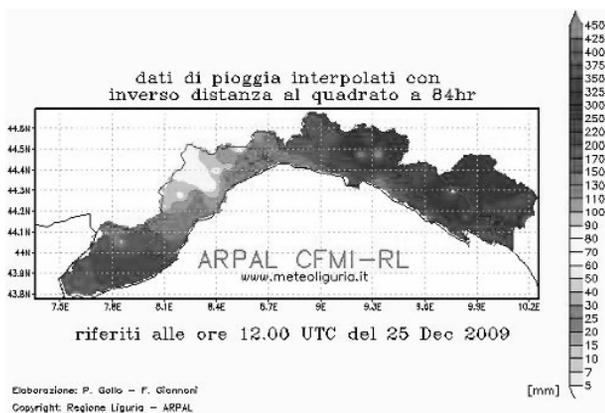


Fig. 5 - Piogge cumulate in 84h (dalle 00 del 22 alle 12.00 del 25 dicembre 2009).

[Fonte: www.meteoliguria.it]

L'ondata di piena si è poi avuta nel fondovalle, dopo la confluenza del Vara nel Magra: a Fornola e a Ponte della Colombiera il livello idrometrico ha superato i livelli di guardia e provocato straripamenti lungo le zone adiacenti al fiume, in particolare nella zona della foce, complice il forte moto ondoso che rendeva difficoltoso il deflusso a mare (Fig. 6).

Danni e conseguenze - Ingenti sono stati i danni che si sono verificati in tutta la provincia della Spezia: i danni maggiori sono stati quelli dovuti agli allagamenti, in particolar modo nella parte finale del fiume Magra, a Fiumaretta, Ameglia e Bocca di Magra dove le zone limitrofe al fiume sono state invase dalle acque provocando ingenti danni alle abitazioni private e alle attività produttive. Il ponte della Colombiera ha subito un crollo parziale ed è stato interdetto il transito ai veicoli (Fig. 7).

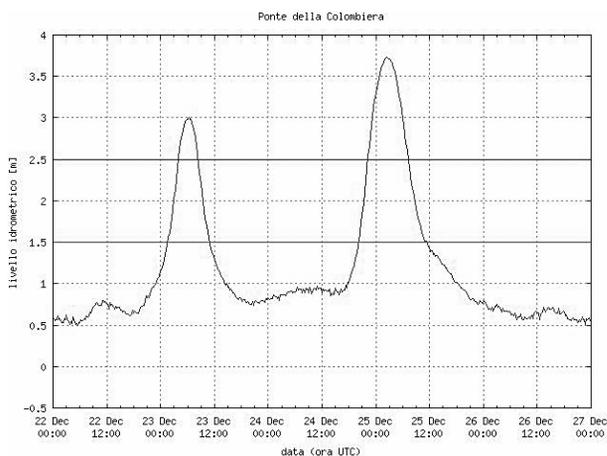


Fig. 6 - Livello Idrometrico del F. Magra a Ponte della Colombiera.

Nota: nei grafici precedenti la linea verde si riferisce al livello di portata ordinaria e la linea rossa il livello di portata straordinaria.

[Fonte: ARPAL Regione Liguria]



Fig. 7 - Crollo parziale del Ponte della Colombiera a seguito dell'alluvione.

[Fonte: iltirreno.it]

Danni ingenti sono stati provocati anche dalle decine di frane, molte delle quali cadute sulle strade provinciali e comunali che hanno bloccato automobilisti ed hanno reso inaccessibili alcuni paesi collinari. I terreni saturi d'acqua hanno subito cedimenti: in particolare un intero paese, Torengo, nel comune di Follo è stato evacuato per un gigantesco movimento franoso con un fronte lungo 200 metri, in un'area di 65 mila metri quadrati.

ANALISI METEOROLOGICA DELL'EVENTO ALLUVIONALE DEL DICEMBRE 2010

Introduzione - La genesi dell'evento alluvionale verificatosi in seguito alla fase di maltempo dei giorni 22 e 23 dicembre 2010 rispecchia per molti versi quella del dicembre 2009, e non solo perché si verifica negli stessi giorni dell'anno precedente. Come successo nel dicembre 2009, anche questa volta si è verificata una fase molto fredda e nevosa, a cui è seguito un sensibile rialzo termico con il passaggio di un'intensa fase perturbata. Le forti piogge, sommate all'effetto dello scioglimento della neve a tutte le quote causato sia dal repentino aumento delle temperature, sia dalle piogge stesse, ha determinato un forte ed improvviso aumento del flusso idrico con conseguente straripamento di torrenti e corsi d'acqua minori, oltre ad innescare nuove frane e smottamenti.

Analisi dettagliata del quadro meteorologico - Dal giorno 14 dicembre 2010, in seguito alla coesistenza di un campo di alta pressione sull'Europa occidentale e di un'area depressionaria sull'Europa sud-orientale, un nucleo di aria fredda siberiana ha investito l'Italia favorendo la formazione di uno strato di aria molto fredda in Pianura Padana, con temperature in forte discesa su tutta Italia, raggiungendo il culmine il giorno 16 dicembre. A partire dal 17 dicembre 2010, un intenso nucleo del «vortice polare» proveniente dalla Valle del Rodano ha provocato nevicate sull'estremo levante ligure, in particolare sullo spezzino con accumuli di alcuni centimetri (Pontremoli 7,3 cm). Con l'entrata nell'ultima decade dicembre, si è assistito ad un cambio di circolazione atmosferica, con temperature in rialzo dovuto al ritorno di correnti miti e umide di origine atlantica. L'effetto è stato quello di un repentino scioglimento degli accumuli nevosi. Queste correnti sono state accompagnate dal transito di una depressione che dalla Spagna si è mossa lentamente verso est a causa del sistema di blocco operato da un'alta pressione situata sulla Russia (Fig. 8).

L'avvicinamento del nucleo di bassa pressione ha favorito un richiamo di aria umida meridionale, che, secondo la classica dinamica meteorologica dell'area, scontrandosi contro l'Appennino ligure ha subito un sollevamento forzato orografico (*stau*) che ha interessato l'estremo levante ligure e l'alta Toscana. Inoltre il

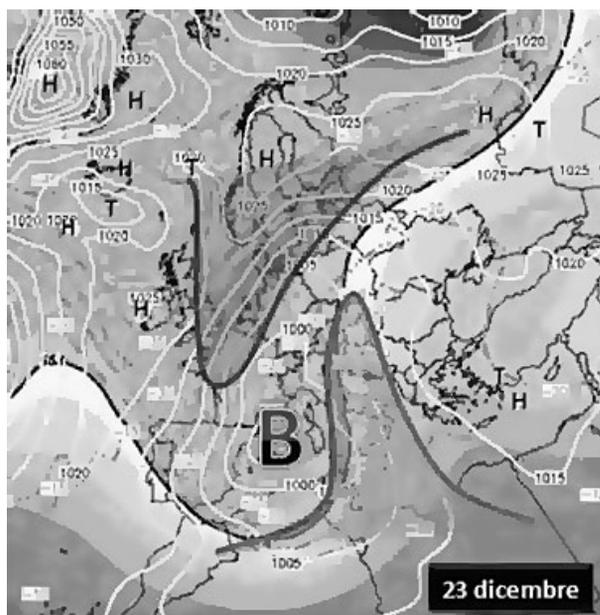


Fig. 8 - Previsione della pressione al suolo (isobare) per il 23 dicembre 2010.

Nota: in rosso la risalita del fronte caldo, in blu il fronte freddo.
[Fonte mappa: wetterzentrale.de, rielaborazione www.meteorologica.it]

contemporaneo richiamo di correnti sciroccali sul settore orientale del vortice di bassa pressione e l'apporto di aria fredda su quello occidentale ha causato l'approfondimento della depressione. L'apporto di aria molto umida (umidità relativa > 98%, Fig. 9), ha creato le condizioni per l'instaurarsi di intense precipitazioni che hanno colpito lo spezzino e l'alta Toscana.

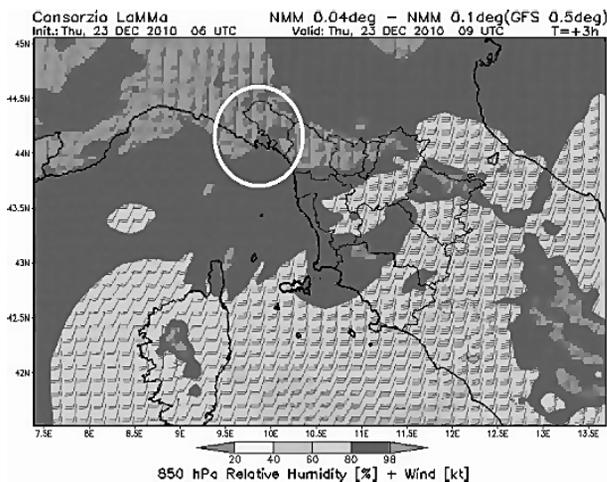


Fig. 9 - Mappa di umidità relativa a 850 hPa e direzione del vento alle ore 6 UTC del 23 Dicembre 2011.

[Fonte: Consorzio Lamma Toscana]

Analisi delle precipitazioni - La fase di maltempo che ha interessato la provincia della Spezia e la Lunigiana è durata circa 36 ore, in cui sono caduti quantitativi che hanno raggiunto oltre i 200 mm di pioggia su alcune zone della Lunigiana e della foce del Magra e più di 150 mm anche in Val di Vara a ridosso dei rilievi appenninici.

L'evento precipitativo è consistito in due fasi: la prima è iniziata le prime ore del 22 dicembre con quantitativi anche ingenti ed è poi perdurata tutto il giorno con un'attenuazione dei fenomeni solamente a cavallo tra il 22 e il 23 dicembre. Nel corso delle ore centrali del 23 dicembre i fenomeni hanno ripreso intensità fino ad esaurirsi nella serata. L'evento ha interessato soprattutto la zona valliva del F. Magra e la media Lunigiana, nelle zone di Aulla, ma soprattutto, a causa dei fenomeni di *stau*, i maggiori rovesci si sono verificati in prossimità dei rilievi appenninici (Fig. 10).

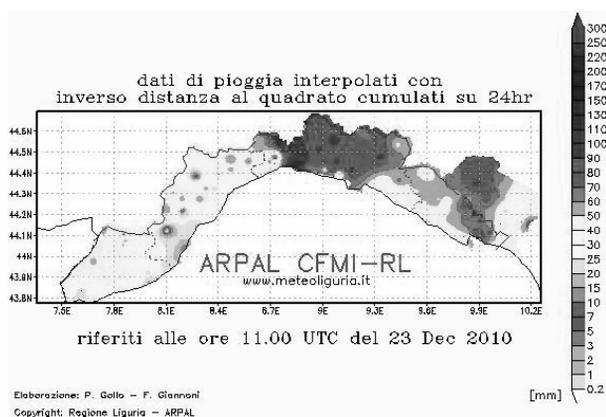


Fig. 10 - Accumuli di pioggia in Liguria del periodo di 24 ore compreso dalle ore 11UTC del 23 dicembre.
[Fonte: meteoliguria.it]

Nella tabella 3 sono riportati i dati di alcune stazioni del bacino del F. Magra e dei bacini minori della riviera ligure. I fenomeni hanno interessato soprattutto le stazioni a ridosso dei rilievi, mentre nelle altre stazioni non si sono superati i 60 mm giornalieri. Si è trattato dunque di una fase perturbata intensa, ma di durata limitata (Tab. 3).

Come evidenziato dalla figura sopra riportata, le stazioni più colpite sono state Calice al Cornoviglio, Aulla, Novegigola, Fornola, Romito Magra, Sarzana e Bagnone. Analizzando nello specifico le precipitazioni dei giorni 22 e 23 dicembre attraverso lo studio dei dati orari si evidenzia come a differenza dell'evento alluvionale del dicembre 2009 in cui l'intensità delle precipitazioni non aveva mai superato i 20 mm/h, in questo evento si sono raggiunti i 50 mm/h ad Aulla, Romito e Sarzana; intensa anche la precipitazione a Fornola do-

Tab. 3 - Cumulata di pioggia (in mm) in alcune stazioni del bacino del F. Magra registrate nei giorni del 22 e 23 dicembre 2010.

Stazione	22/12	23/12	Tot. evento
Aulla	88,4	152,0	240,4
Bagnone	87,0	106,4	193,4
Brugnato	46,6	61,0	107,6
Calice al Corn.	89,0	82,4	171,4
Comano	100,8	59,0	159,8
Fivizzano	56,6	58,4	115,0
Fornola	0,8	135,6	136,4
Fosdinovo	65,2	51,0	116,2
La Spezia	38,6	52,6	91,2
Levanto	25,4	35,0	60,4
Mattarana	50,2	57,4	107,6
Novegigola	91,4	114,4	205,8
Padivarma	54,4	68,0	122,4
Piana Battolla	64,0	80,2	144,2
Pontremoli	71,4	78,8	150,2
Portovenere	29,8	73,8	103,6
Romito Magra	62,4	144,8	207,2
Sarzana	65,0	127,4	192,4
S. Margherita	61,0	60,6	121,6
Soliera	60,2	57,2	117,4

ve si sono raggiunti i 41,4 mm/h. Altro dato significativo è la precipitazione sulle 3 ore: a Romito si sono raggiunti i 100,4 mm in tre ore, seguito da Fornola (89,6 mm) e Sarzana (82 mm).

Analisi dei dati idrometrici - L'evento pluviometrico del 22 e 23 dicembre è stato abbastanza significativo, ma da solo non così intenso da provocare esondazioni. A contribuire all'ingrossamento dei fiumi sono stati determinanti sia le abbondanti precipitazioni occorse fin da agosto, sia la rapida fusione del manto nevoso. I livelli idrometrici del Magra e dei suoi affluenti hanno subito un rapido innalzamento, in taluni casi superando i livelli di guardia, ma i danni più consistenti questa volta sono stati causati dall'esondazione di diversi canali, specie nella zona di Arcola, uno dei comuni più colpiti.

Danni e conseguenze - L'ondata di maltempo che ha colpito lo spezzino nel dicembre 2010 ha causato numerose frane e l'esondazione di diversi canali; come già sottolineato a contribuire all'ingrossamento dei fiumi non va certo trascurata la rapida fusione del manto nevoso sulle colline e sui rilievi. Il F. Magra non ha subito esondazioni, ma lo straripamento dei canali secondari in piena ha comportato ugualmente ingenti danni.

I principali danni ed allagamenti lungo la viabilità ordinaria si sono registrati ad Arcola, a Santo Stefano Magra, a Lerici e ad Ameglia. In particolare, nel Comune di Lerici un imponente movimento franoso ha portato all'isolamento via terra del borgo di Tellaro. È



Fig. 11 - Rappresentazione grafica dei rilievi che hanno provocato fenomeni di stau con evidenziate le stazioni ove si sono verificate le precipitazioni più ingenti.

Legenda: (1) Calice al Cornoviglio, (2) Aulla, (3) Novegigola, (4) Fornola, (5) Romito Magra, (6) Sarzana, (7) Bagnone.

[Fonte mappa: ARPA Liguria. Rielaborazione: Andrea J. Sacchi]

stata inoltre disposta la chiusura della strada della Ripa a Bottagna (Vezzano Ligure), che su una lunghezza di circa 2 km, presentava 12 frane interessanti un tratto lungo 1 km.

ANALISI METEOROLOGICA DELL'EVENTO ALLUVIONALE DEL 25 OTTOBRE 2011

Introduzione - A differenza dei precedenti eventi alluvionali che erano stati caratterizzati dall'effetto delle cumulate di pioggia su più giorni, l'evento meteorologico del 25 ottobre ha avuto caratteristiche di alluvione lampo, con precipitazioni di fortissima intensità in un breve arco temporale: un violento nubifragio si è scaricato unicamente su una fascia compresa tra la costa ligure di levante e l'alta Lunigiana, lungo una linea di convergenza dei venti. Si è trattato di un temporale di tipo auto-rigenerante che è rimasto stazionario per sei ore, con precipitazioni molto intense che hanno fatto registrare al pluviometro di Brugnato una cumolata di 540 mm di pioggia in 24 ore di cui 480 mm in sei ore. Un evento simile a quello del 25 ottobre 2011 si era verificato sempre sulla Liguria un anno prima, il 4 ottobre 2010 a Genova Sestri Ponente.

Analisi dettagliata del quadro meteorologico - Le temperature superiori alla norma durante tutto l'anno (ad eccezione di luglio) fino a settembre e ottobre hanno

determinato un «surplus» di energia con la radiazione solare che ha mantenuto sopra la media la temperatura del Mar Ligure, mare profondo e che quindi si riscalda e si raffredda più lentamente rispetto ai mari poco profondi, e che ha rappresentato una fonte aggiuntiva di energia potenziale per la dinamica atmosferica. L'energia accumulata per l'anomalia termica dei mesi di settembre e inizio ottobre (Fig. 12), viene poi rilasciata attraverso fenomeni temporaleschi e nubifragi di modesta/forte intensità.

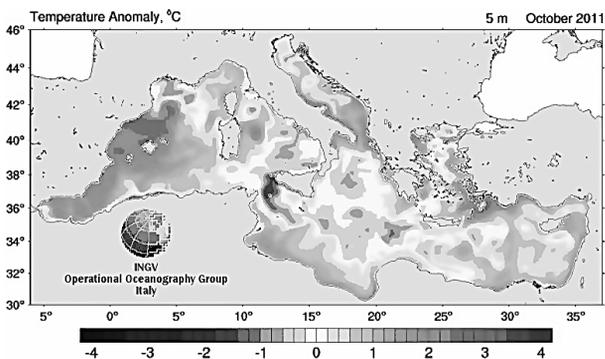


Fig. 12 - Anomalia termica in °C della temperatura del Mar Mediterraneo ad ottobre 2011

[Fonte: <http://gnoo.bo.ingv.it> - Gruppo Nazionale di Oceanografia Operativa dell'INGV]

Per comprendere l'evento del 25 ottobre 2011 sullo spezzino e sulla Lunigiana occorre descrivere la dinamica atmosferica prima su macroscala e poi su microscala. Il giorno 24 ottobre la situazione sull'Europa vedeva una profonda saccatura posizionata lungo la costa atlantica con un profondo minimo al suolo di 979 hPa posizionato a sud della costa islandese. Sull'Europa orientale era invece presente un nucleo di alta pressione, col massimo di 1037 hPa localizzato sulla Russia europea, e che interessava tutta l'Europa centro-orientale fino al Mar Adriatico, con una propaggine che copriva quasi l'intera Pianura Padana (Fig. 13). Lo spostamento verso nord del minimo atlantico ha indotto un minimo secondario sul Golfo del Leone generato dall'ingresso della saccatura sul Mar Mediterraneo, formando un fronte freddo fino ai limiti della Liguria. Ciò ha favorito un'intensa avvezione, negli strati medio-alti, di aria caldo-umida sul bacino del Mar Ligure di provenienza nord-africana. Anche nei bassi strati si è assistito ad un intenso flusso di aria umida, con correnti molto umide che si sono incanalate lungo il corridoio tirrenico e hanno raggiunto il Mar Ligure con venti di Scirocco. Queste due situazioni hanno determinato un consistente accumulo di aria umida sul Mar Ligure. Approfondendo l'analisi su meso-scala, si può vedere come si sia venuto a creare un fortissimo gradiente ba-

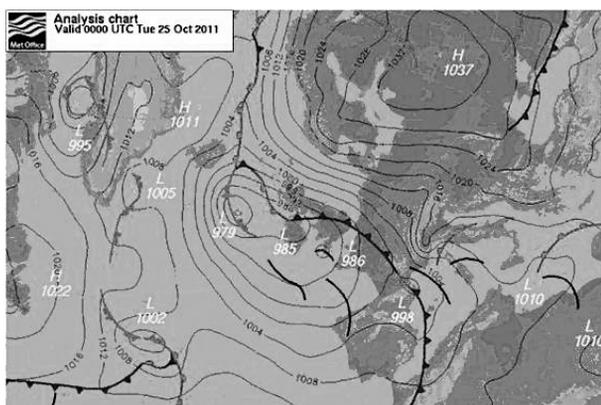


Fig. 13 - Analisi dei fronti riferita alle 00 UTC del 25 ottobre 2011. Note: in blu i fronti freddi, in rosso quelli caldi, in viola i fronti occlusi. [Fonte: Met Office]

rico sul Mar Ligure a causa del minimo sul Golfo del Leone e della propaggine dell'alta pressione sulla Pianura Padana, con un richiamo di aria fredda da nord nei bassi strati (Fig. 13).

Lo scontro tra le due masse d'aria di provenienza diversa, una calda e molto umida proveniente da sud-est con venti di scirocco ed una fredda proveniente da nord con venti di tramontana, hanno generato una linea di convergenza di venti al suolo che univa idealmente il mare antistante le Cinque Terre fino all'entroterra dell'alta Lunigiana (Fig. 14): l'aria calda scontrandosi con il flusso freddo, più pesante, è costretta a salire rapidamente, condensando e liberando calore latente di condensazione.

Una volta innescate, queste nubi necessitano di venti in quota, di solito provenienti dai quadranti meridio-

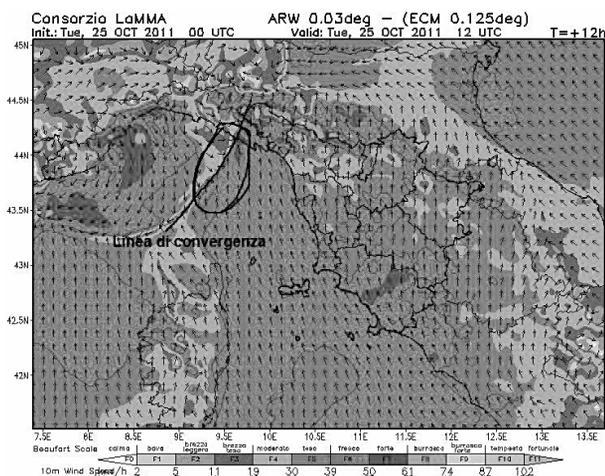


Fig. 14 - Mappa anemometrica del vento a 10 metri previsto per le ore 12 UTC del 25 ottobre sul Mar Ligure. [Fonte: Consorzio Lamma]

nali che le spingano verso la linea di costa (Fig. 15), cosicché la cella temporalesca si stira, scaricando il suo carico di pioggia sotto forma di rovescio sulla costa, fermandosi in una delle numerose vallate della Liguria esposte a sud, ben lontano dall'area dove si ricarica di energia sotto forma di umidità.

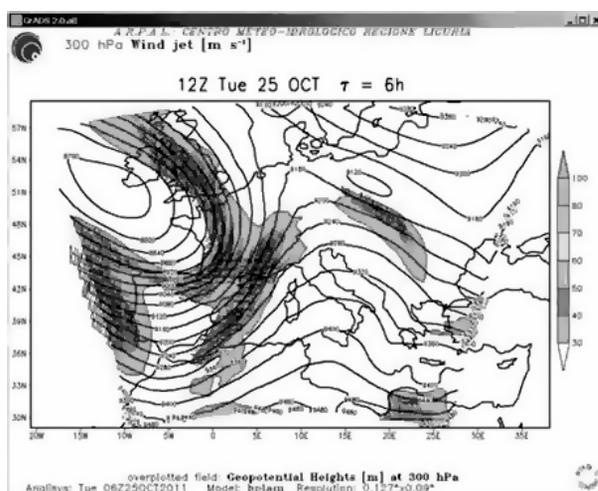


Fig. 15 - Mappa che evidenzia le correnti a getto (intensità del vento > 30m/s) alle 12 UTC del 25 ottobre. [Fonte: Regione Liguria - ARPAL]

Si è così verificata una dinamica stazionaria dovuta alla presenza del robusto campo anticiclonico sui Balcani che ha impedito il naturale scorrimento verso Est del sistema frontale e ha provocato la persistenza dei fenomeni sull'area con violenti moti ascendenti e il sollevamento forzato della massa d'aria umida con formazione di temporali di tipo «auto-rigenerante».

Tale sistema è rimasto stazionario sulla zona per 5-6 ore, scaricando nelle 24 ore valori di precipitazioni compresi tra i 400 mm e i 540 mm sulle aree più colpite (Tab. 4). Ulteriore complicazione a questa dinamica si è avuta per la presenza dei rilievi che, disposti ortogonalmente alla linea di convergenza, hanno provocato un ulteriore sollevamento della massa d'aria umida, con ulteriore condensazione e rafforzamento delle precipitazioni.

Nell'immagine del «radar» in figura 16 è possibile distinguere il temporale auto-rigenerante con la forma a «V» che partendo dal mare va ad interessare la riviera ligure di levante e il suo entroterra, passando per la media-alta Val di Vara ed arrivando fino a Pontremoli. La punta del cuneo a «V» rappresenta la «testa», ovvero il punto dal quale il temporale auto-rigenerante preleva l'energia dal Mar Ligure ancora caldo, provocando piogge, vento e scariche atmosferiche. La testa allargata rappresenta invece le zone dove il temporale ha scaricato i quantitativi di pioggia accumulati.

Tab. 4 - Cumulate delle precipitazioni su 3 ore, 6 ore, 24 ore e massima intensità (*rain rate*) registrati il 25 ottobre 2011 in alcune stazioni del bacino del Magra e dei bacini costieri.

[Dati: ARPAL Regione Liguria, Osservatorio Meteo Pontremoli, ARSIA e Idrografico Pisa]

Stazione	Cumulata su 3h (in mm)	Cumulata su 6h (in mm)	Cumulata su 24h (in mm)	Max <i>rain rate</i> (mm/h)
Pontremoli	140,0	236,8	370,8	59,8
Villafranca Lunigiana	46,4	82,6	112,0	26,2
Minucciano	39,4	63,8	118,6	18,6
Fivizzano	33,6	43,0	72,4	28,6
Novegola	54,6	78,6	121,0	27,4
Aulla	36,6	55,8	83,8	22,0
Casoni di Suvero	133,4	227,4	304,8	58,2
Varese Ligure	47,8	89,4	163,4	21,6
Cuccarello	77,2	131,6	242,8	28,6
S. Margherita Vara	107,6	167,4	250,2	43,4
Brunato	303,4	468,6	538,2	143,4
Padivarma	57,0	85,0	107,8	26,4
Calice al Cornoviglio	201,2	348,4	452,8	121,0
Piana Battolla	98,2	124,6	160,6	50,6
Fornola	14,6	16,4	39,6	12,0
Romito Magra	12,6	16,0	33,6	9,2
Sarzana	10,0	11,8	34,0	8,6
La Spezia	33,8	34,8	60,8	15,0
Portovenere	26,4	27,4	47,4	11,6
Monterosso	196,0	340,8	381,8	90,0
Levanto	166,6	214,2	273,0	96,8

Anche le temperature sono un indicatore di questo scontro tra masse d'aria diverse. La mappa in figura 17 che rappresenta le temperature a 1000 hPa riferite alle ore 12UTC (ore 14 locali) mostra come lo spezzino e

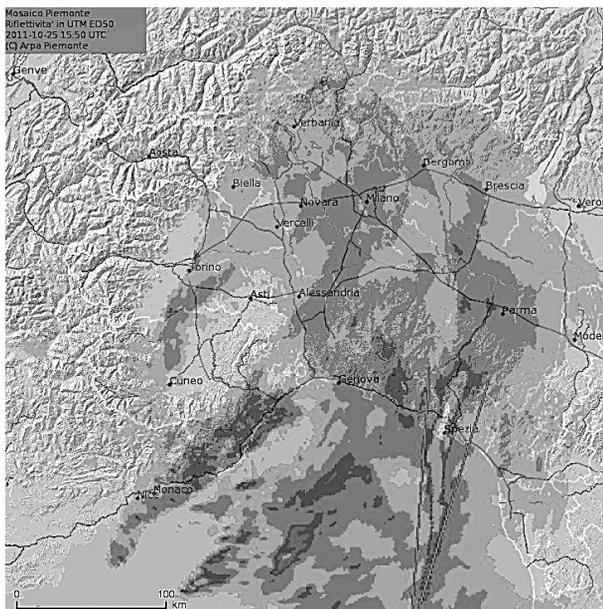


Fig. 16 - Immagine del Radar Meteorologico alle 15.50 UTC del 25 ottobre 2011.

Note: in blu piovoschi, in verde precipitazioni intense, in giallo forti rovesci. [Fonte: Radar Meteorologico Settepanni - ARPA Piemonte]

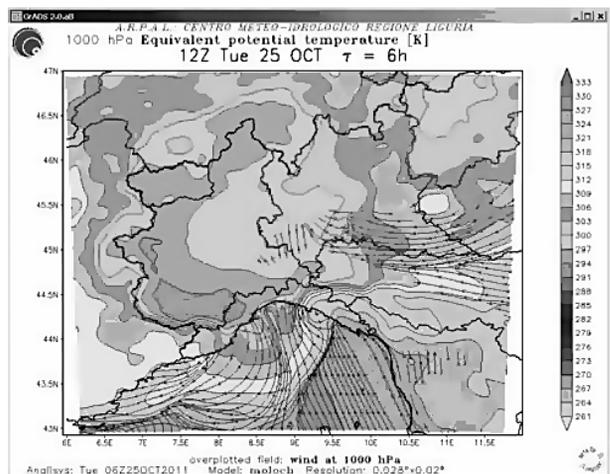


Fig. 17 - Mappa del campo di temperature potenziale equivalente a 1000 hPa riferite alle 12 UTC del 25 ottobre. In evidenza la linea di convergenza del flusso ed il netto contrasto termico sul settore centro-orientale del golfo ligure.

[Fonte: Regione Liguria - ARPAL]

la Lunigiana sono interessati da venti di Scirocco, caldi e umidi, che si scontrano con venti freddi di tramontana formando la linea di convergenza in seno a cui si formano i temporali auto-rigeneranti.

Analisi delle precipitazioni - Nelle prime ore del 25 ottobre le precipitazioni sono state dell'ordine dei 20-30 mm totali; hanno iniziato ad essere piuttosto consistenti da metà mattinata quando ha preso vita il sistema di temporale auto-rigenerante che ha interessato dapprima le Cinque Terre per poi spostarsi verso l'alta Val di Vara e l'alta Lunigiana.

Prendendo come riferimento il pluviometro di Bru gnato (Fig. 18), ove a fine giornata si è registrato il pic-

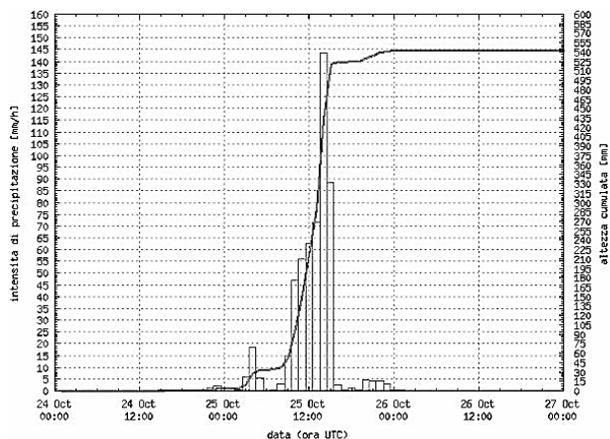


Fig. 18 - Grafico delle cumulate orarie di pioggia il 25 ottobre 2011 a Bru gnato.

[Fonte: Regione Liguria - ARPAL]

co di precipitazioni, dalle ore 9.00 UTC (11.00 locali) si sono registrati *rain rate* superiori ai 45 mm/h, con un picco di quasi 145 mm/h tra le 13 e le 14 UTC (15-16 ora locale), per poi attenuarsi dalle 17 alle 18 ora locale. In sei ore, dalle 9.00 UTC alle 15.00 UTC, sono caduti al pluviometro di Brugnato 482 mm di pioggia, quasi un terzo della precipitazione media annua. Accumuli importanti si sono avuti anche a Monterosso (340,8 mm in 6 ore), Levanto (214,1 mm in 6 ore), Calice al Cornoviglio (348,4 mm in 6 ore), Casoni di Suvero (227,4 mm in 6 ore) e Pontremoli (236,8 mm in 6 ore).

A pochi chilometri di distanza dalle località più colpite, ad esempio a Fornola, Romito o Sarzana, si siano registrati valori che non sono arrivati a 40 mm giornalieri (Tab. 4). Un riassunto delle precipitazioni registrate nell'evento si può avere osservando la figura 19 con evidenziato in rosso l'area dove il temporale autogenerante ha colpito maggiormente.

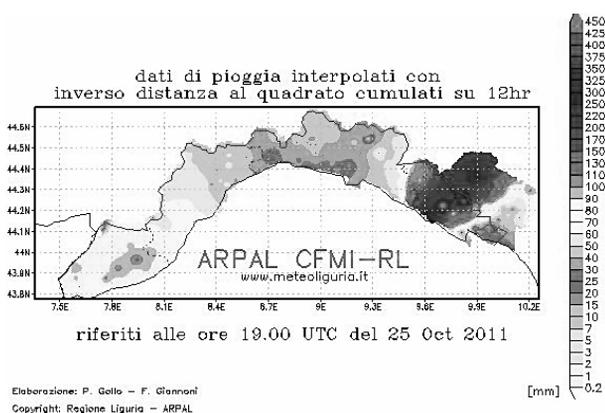


Fig. 19 - Cumulata di pioggia su 12 ore riferita alle ore 19UTC di martedì 25 ottobre 2011.
[Fonte: Meteoliguria.it]

Analisi dei dati idrometrici - Anche se l'evento meteorologico è stato localizzato in una fascia ristretta della Provincia della Spezia e dell'alta Lunigiana, a livello idrometrico è stato interessato l'intero bacino interregionale del fiume Magra, oltre ai corsi d'acqua dei tre bacini idrografici costieri del Ghiararo, delle Cinque Terre e del Golfo della Spezia.

Le esondazioni più rilevanti, sia in Val di Vara sia nei bacini costieri della provincia della Spezia, hanno riguardato alcuni torrenti, in particolare le situazioni più drammatiche si sono verificate a Borghetto Vara e Brugnato dove sono esondati due torrenti affluenti del Vara, rispettivamente il torrente Pogliaschina e il torrente Gravegnola. I due paesi sono stati letteralmente invasi da fiumi di fango che hanno provocato ingenti danni e vittime. Sempre in Val di Vara è esondato anche il torrente Pignone. Il F. Vara è esondato solamen-

te nella sua parte finale, nelle frazioni di Piano di Valeriano e Pian di Follo, poco prima della confluenza nel F. Magra.

Il fiume Magra è invece esondato sia nella sua parte toscana, ad Aulla, dove ha provocato distruzione e due morti, sia nella parte finale (Fig. 20), dove è crollato quasi integralmente il ponte della Colombiera nei pressi della foce del fiume.

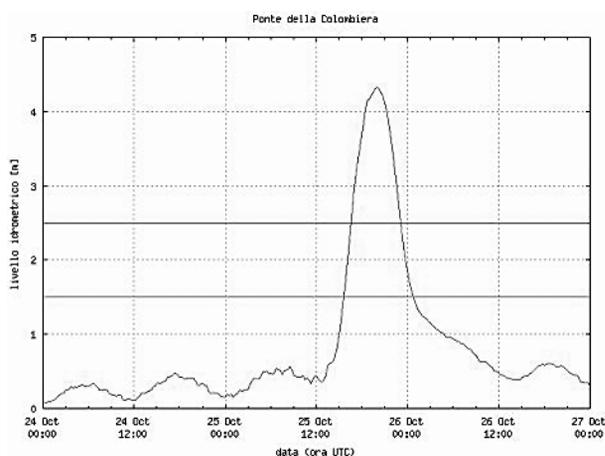


Fig. 20 - Livello idrometrico registrato a Ponte della Colombiera il 25 ottobre 2011.

Nota: La linea rossa indica la *piena straordinaria*: la portata non può transitare contenuta nell'alveo determinando fenomeni di esondazione.
[Fonte: Regione Liguria - ARPAL]

Danni e conseguenze - L'alluvione del 25 ottobre 2011 nella provincia della Spezia e nella Lunigiana ha provocato 13 vittime e centinaia di milioni di euro di danni. Oltre ai danni subiti in via diretta dalle precipitazioni che hanno innescato centinaia di frane, vi sono i danni delle esondazioni che hanno colpito in modo particolare la media-bassa Val di Vara, Aulla e la bassa Val di Magra. In Lunigiana la situazione più drammatica si è verificata ad Aulla dove l'esondazione del Magra ha colpito l'intera città causando anche alcune vittime.

In Val di Vara, una delle zone più colpite, l'esondazione dei torrenti Pogliaschina e Gravegnola hanno semidistrutto gli abitati di Borghetto Vara e Brugnato: i due paesi sono stati letteralmente invasi da fiumi di fango che hanno provocato oltre a danni per centinaia di milioni anche sette vittime. Esondato anche il torrente Pignone, che ha fortemente danneggiato il paese da cui prende il nome.

Nella bassa Val di Magra, dopo la confluenza del Vara nel Magra, il fiume Magra ha inondato tutte le aree golenali raggiungendo livelli idrometrici mai raggiunti prima.

Danni consistenti si sono avuti anche alle Cinque Terre, dove l'acqua mista a fango ha invaso i borghi di

Monterosso e Vernazza, trasformandoli in fiumi in piena e portando detriti che hanno raggiunto il primo piano delle abitazioni come altezza.

Danni rilevanti anche alla viabilità: l'A12 è rimasta bloccata dalle 15 del 25 ottobre per alcuni giorni ed un auto-articolato è stato investito da una frana, con il conducente rimasto intrappolato per ore nel suo abitacolo e salvo per miracolo. La viabilità provinciale è stata seriamente compromessa con il 43% delle strade non percorribili. Il ponte della Colombiera, nel comune di Ameglia è crollato a seguito dell'impatto di uno yacht che aveva rotto gli ormeggi in seguito alla piena (Fig. 21).

Danni anche alle strade comunali con decine di paesi privi di energia elettrica ed acqua potabile, raggiungibili per giorni solamente grazie agli elicotteri. Un enorme smottamento ha anche provocato la chiusura della ferrovia Genova - La Spezia nei pressi della stazione di Vernazza, che è rimasta chiusa per giorni. Le persone sfollate nel solo spezzino sono state 1183.



Fig. 21 - Ponte della Colombiera crollato completamente dopo l'alluvione del 25 ottobre 2011.

[Foto cittadellaspezia.com]

CONCLUSIONI

Nello studio effettuato si è condotta un'analisi meteorologica e climatica degli eventi alluvionali del 2009, 2010 e 2011 nel bacino del F. Magra, in un'area geografica come la Liguria di levante e l'alta Toscana che sono soggette al verificarsi di eventi pluviometrici frequenti ed in taluni casi anche di forte intensità (Rapetti & Rapetti, 1966): il transito delle perturbazioni atlantiche che principalmente attraverso la «Porta del Rodano» creano il «Genova Low» (un centro di bassa pressione in formazione sul Mar Ligure) e la vicinanza dei rilievi alla costa, rendono la fascia costiera e i rilievi contigui, ed in particolar modo il bacino del Magra, un territorio ideale per fenomeni

pluviometrici anche di forte intensità. Gli eventi pluviometrici estremi occorsi negli ultimi decenni confermano la pericolosità pluviometrica ed idrogeologica di questa area.

Lo studio meteorologico effettuato sui tre eventi alluvionali, rileva alcuni aspetti comuni tra i primi due eventi, ma denota soprattutto differenze. I primi due eventi hanno avuto in comune oltre ai giorni in cui si sono verificati (ad un anno esatto l'uno dall'altro), il fatto di essere stati preceduti da un evento nevoso: lo scioglimento del manto nevoso associato al passaggio di forti perturbazioni, hanno determinato la saturazione del terreno e favorito esondazioni. Tuttavia, mentre l'alluvione del 2009 ha coinvolto un'area più ampia ed è stato determinante lo scioglimento della neve a tutte le quote, comprese quelle montane, nell'alluvione del 2010 la zona colpita è stata più circoscritta e lo scioglimento della neve è risultato meno determinante al verificarsi degli allagamenti; non a caso gli allagamenti questa volta non sono avvenuti a causa delle esondazione del Vara o del Magra, ma per quelle di canali secondari. Diversa anche l'intensità delle precipitazioni: mentre nell'evento del dicembre 2009 non si erano superati quantitativi di 15-20 mm/h, in alcune stazioni nel dicembre 2010 si sono toccati i 50 mm/h.

L'evento dell'ottobre 2011 ha invece avuto una genesi profondamente diversa dagli altri due: si è trattato infatti di un «temporale auto-rigenerante», con caratteristiche di «alluvione lampo» formatosi in seguito a particolari condizioni della dinamica atmosferica e grazie all'energia termica fornita dal Mar Ligure. Questi fenomeni si sviluppano in mare e si propagano verso la costa; di solito la loro formazione avviene in autunno, dopo mesi estivi e di inizio autunno piuttosto caldi quando raccolgono l'energia su mari dalle caratteristiche simili al Mar Ligure (mari profondi che si raffreddano molto lentamente). In un territorio come quello ligure, con i rilievi vicini alla costa, le precipitazioni risultano ancora più violente a causa dei fenomeni di stau. Altri temporali auto-rigeneranti hanno colpito la Liguria negli ultimi anni provocando alluvioni lampo, come quelli del 4 ottobre 2010 e del 4 novembre 2011 su Genova (Faccini *et al.*, 2012). Questa tipologia di fenomeni non colpisce solamente la costa ligure, ma in passato hanno interessato anche il sud Italia, come quello che ha colpito Messina il 1 ottobre 2009 (Del Ventisette *et al.*, 2012).

L'analisi dei dati medi mensili del *NAO index* riferita ai mesi degli eventi descritti in questo lavoro, mette in rilievo come i primi due eventi siano avvenuti con un indice NAO negativo a testimonianza dell'intensa fase fredda e della prolungata fase perturbata che ha interessato l'Italia a dicembre 2009 e dicembre 2010. Prendendo come riferimento il periodo 2000-2011 la media annua mostra una tendenza alla diminuzione

dell'indice che può quindi essere interpretato come un aumento del transito delle perturbazioni atlantiche sull'Europa e soprattutto sull'Italia, particolarmente esposta (Fig. 22). La negatività dell'indice può dare quindi una spiegazione ad una presunta intensificazione di fenomeni estremi sempre più frequenti sulla Liguria (Faccini *et al.*, 2012).

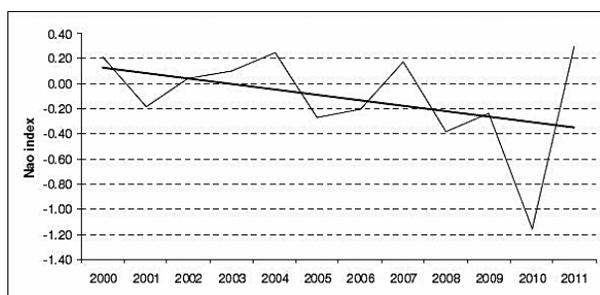


Fig. 22 - Valori interannuali del NAO index e linea di tendenza.
[Fonte dati: noaa]

In conclusione, la Liguria e l'alta Toscana devono convivere con eventi di questo tipo: a causa delle dinamiche meteorologiche e delle caratteristiche orografiche e morfologiche, risultano particolarmente esposti a fenomeni violenti, di cui probabilmente alcuni con caratteristiche eccezionali come quello del 25 ottobre 2011. Per questo gli Enti preposti devono lavorare il più possibile sulla prevenzione sia per quanto riguarda la mitigazione del rischio, sia per quanto riguarda la catene delle allerte nelle immediate fasi precedenti il verificarsi di questi fenomeni estremi.

BIBLIOGRAFIA

- CASPIO V., 1990. Climatologia sinottica delle situazioni più marcatamente pluviogene sulle zone italiane circostanti l'Appennino Ligure. *Riv. Meteor. Aeron.*, 50 (1-2): 3-17.
- DAGNINO I., FLOCCINI G., PALAU C., 1979. Sulle «inversioni di precipitazione» in Liguria. *Riv. Meteor. Aeron.*, 39 (1): 15-23.
- DEL VENTISETTE *et al.*, 2012. An integrated approach to the study of catastrophic debris flow: Geological hazard and human influence. *Natural hazards and Earth System Science*, 12, 2907-2922.
- FACCINI *et al.*, 2012. Geomorphic hazards and intense rainfall: The case of the Recco stream catchment (Eastern Liguria, Italy). *Natural Haz. Earth System Sci.*, 12, 893-903.
- FLOCCINI G., 1975. La variazione con l'altezza sul mare della quantità di precipitazioni sul versante marino della Liguria. *Riv. Ital. Geofis. e Sci. Affini*. Vol. I, Genova.

Ministero dei LL.PP., Servizio Idrografico, poi Ufficio Idrografico e Mareografico Nazionale di Genova - Servizi Tecnici Nazionali, indici Arpal Liguria - Annali Idrologici. Parte I (Bacini toscani con foce dal Roia al Magra, 1932-1983; 1984-1987 e 1993-1998; 2003-2006); bozze indebite 1988-1992 e 1999-2000; schede originali 2001-2002).

POTENTI L., VITTORINI S., 1995. Carta climatica della Liguria. CNR (Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino di Pisa; Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Pisa). Computers-Grafica, Siena.

RAPETTI C., RAPETTI F., 1996. L'evento pluviometrico eccezionale del 19 giugno 1996 in Alta Versilia (Toscana) nel quadro delle precipitazioni delle Alpi Apuane. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem.*, Serie A, 103: 143-159.

RATTI M., 2010. Atlante climatico della Provincia di Massa-Carrara. Collana «Memorie dell'Atmosfera» 9. Società Meteorologica Subalpina, Torino.

Regione Liguria - Arpal. Annali Idrologici, Parte Prima, 2003-2006.

Regione Liguria - Arpal, 2009. Rapporto di evento meteo idrologico del 22-25 dicembre 2009.

Regione Liguria - Arpal, 2010. Rapporto di evento meteo idrologico del 22-23 dicembre 2010.

Regione Liguria - Arpal, 2011. Rapporto di evento meteo idrologico del 25 ottobre 2011.

Ufficio Idrografico e Mareografico, Annali Idrologici, Parte Prima, 1929-1998, Poligrafico dello Stato, Roma.

Ufficio Idrografico e Mareografico, Annali Idrologici, Parte Seconda, 1929-1998, Poligrafico dello Stato, Roma.

(ms. pres. il 5 maggio 2012; ult. bozze il 30 novembre 2012)

SITOGRAFIA

- <http://www.adbmagra.it/>
Autorità di Bacino Interregionale del fiume Magra
- <http://www.centrometeoligure.it/>
Associazione ligure di Meteorologia
- <http://www.ilsussidiario.net/>
Bombe d'Acqua: Intervista al Col. dell'AM Guido Guidi
- <http://gnoo.bo.ingv.it>
Gruppo Nazionale di Oceanografia Operativa dell'INGV
- <http://www.lamma.rete.toscana.it/>
Laboratorio per la Meteorologia e la Modellistica ambientale
- <http://www.meteogiornale.it/>
Quotidiano online di meteo e clima
- <http://meteolive.leonardo.it/>
Quotidiano online Meteo Italiano - Articolo: «Cos'è un Temporale Autorigenerante»
- <http://www.meteoliguria.it/>
Centro Funzionale Meteo-idrologico della Regione Liguria
- <http://www.meteoriccione.it/>
Centro Meteorologico per la città di Riccione
- <http://www.meteorologica.it/>
Alluvione a Genova e La Spezia: le analogie meteorologiche di un tragico destino - Articolo di Andrea Corigliano
- <http://www.wetterzentrale.de/>
Archivio Mappe Meteorologiche

APPENDICE

L'INDICE NAO

L'Indice NAO (*nao index*) descrive l'oscillazione periodica che lega l'intensità della depressione d'Islanda (area di bassa pressione che staziona in modo quasi permanente sull'Oceano Atlantico settentrionale, presso l'omonima isola) all'anticiclone delle Azzorre. Sono possibili due casi:

NAO POSITIVA: Indica un Ciclone d'Islanda molto forte, con valori di pressione piuttosto bassi. D'altra parte l'Anticiclone delle Azzorre è più forte e quindi si allunga sull'Europa occupando Francia, Spagna e Mediterraneo Occidentale rappresentando uno sbarramento per le perturbazioni che si generano nel Nord

Atlantico che di conseguenza seguono traiettorie molto alte. Un indice NAO positivo è quindi responsabile in Italia di inverni siccitosi e relativamente miti (condizioni che sono più marcate per il nord).

NAO NEGATIVA: L'anticiclone delle Azzorre tende a mantenersi verso latitudini più basse consentendo quindi alla depressione d'Islanda di scendere verso sud fino alle coste francesi: tale combinazione determina quindi un aumento delle depressioni atlantiche che possono quindi raggiungere il bacino del Mediterraneo e portare piogge e neve.