

RAPPORTO DI EVENTO METEOROLOGICO DEL 25/10/2011

(redatto da B. Turato, A. Cavallo, G. Galvani, F. Giannoni, P. Gollo)

Abstract.....	1
1 Analisi meteorologica.....	1
2 Dati Osservati.....	6
2.1 Analisi Pluviometrica.....	6
2.1.1 Analisi dei dati a scala areale.....	6
2.1.2 Analisi dei dati puntuali.....	8
2.2 Analisi idrometrica e delle portate.....	11
2.3 Descrizione qualitativa dell'evento sui rii costieri.....	13
2.4 Analisi anemometrica.....	15
2.5 Mare.....	16
2.6 Effetti al suolo e danni rilevanti.....	16
3 Conclusioni.....	17

Abstract

Nella giornata del 25 ottobre si è verificato sul Levante ligure un evento alluvionale di rilevante entità, determinato dalla formazione di un violento sistema temporalesco che ha investito l'area compresa tra il Tigullio, le Cinque Terre ed il bacino del Magra.

Il quadro meteorologico complessivo in cui si è inserito tale evento è stato quello del transito di un vasto sistema frontale che sul resto della regione non ha comportato fenomeni di rilievo, con piogge persistenti e anche abbondanti ma di intensità tra debole e moderata sul Ponente e piogge deboli ed intermittenti sul settore centrale della Liguria.

Nella mattinata del 25 ottobre, dopo una prima fase di precipitazioni generalmente deboli, in intensificazione sul Ponente e con cumulate dell'ordine dei 30-40 mm sul Levante, in un breve intervallo di tempo in prossimità delle Cinque Terre si è innescato un violento sistema temporalesco autorigenerante con struttura a "V" che dalle 9 UTC alla 15 UTC ha riversato ingenti quantità di precipitazione dapprima sulle Cinque Terre e la Val di Vara (dove si sono registrati accumuli superiori ai 400 mm in 6 ore) e successivamente sulla Lunigiana (dove gli accumuli sono stati prossimi ai 300 mm sullo stesso intervallo temporale).

La struttura temporalesca, persistente e fortemente organizzata, ha prodotto precipitazioni di intensità molto forte (153 mm/h a Brugnato, 129 mm/h a Calice al Cornoviglio, 111mm/h a Levanto) con cumulate, per la durata complessiva dell'evento, molto elevate (539 mm/24h a Brugnato, 454 mm/24h a Calice al Cornoviglio, 382 mm/24h a Monterosso).

Nelle zone maggiormente esposte, precipitazioni di tale intensità hanno prodotto l'esondazione di rii e torrenti del versante tirrenico tra Levanto e Vernazza, del fiume Magra e dei suoi affluenti in diversi punti, a cui è purtroppo seguita la perdita di ben 13 vite umane. Gli effetti devastanti delle piene, delle frane e degli smottamenti, sviluppatisi diffusamente sul Levante ligure, hanno determinato importanti danni alle infrastrutture (crollo di ponti, interruzione della viabilità provinciale e comunale, nonché di alcuni tratti autostradali e ferroviari, con temporanea sospensione di servizi essenziali quali acqua, gas e telefonia).

1 Analisi meteorologica

A partire dal 24 ottobre in prossimità delle coste atlantiche europee risultava ben visibile una vasta saccatura il cui asse principale si estendeva in direzione sudorientale dall'Islanda alle coste del Marocco. All'interno di tale onda depressionaria si evidenziava un profondo minimo al suolo centrato in prossimità delle coste occidentali irlandesi (979 hPa alle 00 UTC del 24 ottobre). L'Europa centro-orientale era invece interessata da un robusto promontorio anticiclonico con massimo barico al suolo sui 1034 hPa situato in prossimità dei Paesi Baltici.

Nel corso della giornata del 24 ottobre il minimo principale situato a Ovest dell'Irlanda si è spostato con moto retrogrado in direzione nord-occidentale andando a posizionarsi a Sud dell'Islanda. La saccatura ad esso associata si è gradualmente approfondita ruotando in senso antiorario fino ad entrare sul Mediterraneo, formando un minimo

secondario in prossimità del Golfo del Leone già dalle prime ore della mattinata del 25 ottobre (Figura 1 e Figura 2).

Sul Mediterraneo occidentale si è formato quindi un vasto fronte freddo (Figura 3), esteso fino a latitudini prossime ai 30°N mentre la Liguria si è trovata in prossimità del fronte caldo di tale sistema. La configurazione sinottica venutasi a creare ha favorito un'intensa avvezione di aria caldo-umida ed instabile di origine subtropicale sul nostro bacino, estesa dagli strati medi e bassi dell'atmosfera fino all'alta troposfera (Figura 7 e Figura 8).

In particolare, il Ponente della regione è stato investito da un persistente flusso di aria umida dai quadranti meridionali nei bassi strati, responsabile delle precipitazioni di intensità debole o localmente moderata. Le piogge su tale porzione del territorio sono state prevalentemente di tipo avvevivo ed attribuibili al sollevamento orografico, con qualche rovescio moderato. L'attività temporalesca è risultata quasi del tutto assente, come si evince anche dall'analisi della mappa delle fulminazioni che evidenzia la scarsa attività elettrica sul Ponente (Figura 14).

Sul Levante invece la dinamica è stata completamente diversa e la convezione profonda è risultata l'elemento dominante. Sul settore orientale della regione, infatti, si sono trovati a convergere il sopra menzionato flusso sud-occidentale nei livelli medio-alti proveniente dal Nord-Africa, ed un intenso flusso di correnti umide negli strati più bassi (intorno a 900 hPa) con una componente di moto prevalentemente da Sud, Sud-Est, incanalatosi lungo lo stretto corridoio Tirrenico fino a raggiungere il Golfo Ligure. Tale scenario, visibile fin dalle prime ore del 25 ottobre, è rimasto pressoché immutato per gran parte della giornata, in quanto il naturale moto verso Est del fronte freddo è risultato fortemente rallentato dalla presenza dell'alta pressione sui Balcani, favorendo un notevole accumulo di aria umida sul Mar Ligure.

Per comprendere i meccanismi che hanno consentito di concentrare tali masse di umidità in una zona ristretta di territorio, bisogna analizzare la configurazione ad una scala più limitata.

Innanzitutto la conformazione del Golfo Ligure e la presenza di un'orografia complessa a ridosso del mare sono risultati elementi determinanti per la convergenza di un'imponente quantità di acqua precipitabile in prossimità della Liguria (Figura 11).

Un ruolo fondamentale è stato poi giocato dall'alta pressione sulle regioni adriatiche. Le isobare, infatti, evidenziavano la formazione di una sorta di "naso" sul Nord Italia che, associato alla presenza del minimo sul Golfo del Leone, ha determinato un marcato gradiente barico proprio sul Ligure, richiamando dalla Pianura Padana aria fredda dai quadranti settentrionali nei bassi strati.

La Liguria si è trovata quindi investita da due regimi profondamente diversi: sul settore centro-occidentale forti venti di Tramontana che hanno indotto un sensibile abbassamento delle temperature e sul settore di Levante correnti calde meridionali che hanno determinato temperature prossime ai 20°C, decisamente al di sopra della media del periodo. Il contrasto risulta particolarmente evidente anche analizzando la mappa di temperatura osservata riferita alle 12 UTC del 25 ottobre (Figura 13).

Tra il Golfo del Tigullio e le Cinque Terre si è venuta così a creare una zona di convergenza tra il flusso umido meridionale che scorreva lungo il Tirreno ed i forti venti di tramontana, relativamente secchi, che soffiavano a Ovest del Monte di Portofino, diffuenti sul Golfo in modo tale da disporsi da Ovest, Sud-Ovest proprio in prossimità del promontorio di Levante.

Il risultato è stato la formazione di una sorta di linea frontale, quasi stazionaria, che ha favorito violenti moti ascendenti, innescando lo sviluppo di un sistema temporalesco sulla zona (Figura 10). Grazie anche al contributo del forte *shear* verticale del vento (Figura 12) ed alla presenza di correnti diffuenti in quota legate alla vicinanza del jet (Figura 4), il sistema, divenuto autorigenerante, ha assunto presto una struttura organizzata a mesoscala con una configurazione a "V", allungata dal mare in direzione nord-orientale verso l'entroterra spezzino (Figura 5 e Figura 6).

Tra le 9 e le 15 UTC la zona compresa tra il Tigullio, la Val di Vara e lo spezzino, è stata quindi interessata da un'intensa attività temporalesca dovuta alla persistenza del sistema "a V", continuamente alimentato a causa della stazionarietà della linea di convergenza e delle forzanti sinottiche sulla parte orientale del Golfo. Le precipitazioni osservate sono quindi state caratterizzate non solo da *rain rate* eccezionali, ma anche da una prolungata persistenza sulle stesse zone.

Solo nella serata, quando l'anticiclone ha cominciato a cedere, il fronte principale legato alla saccatura atlantica è riuscito a muovere verso Est, Nord-Est, andando ad interessare l'alta Val di Magra e la Lunigiana, scaricando anche

su tali aree ingenti quantitativi di pioggia, mentre lentamente i fenomeni andavano attenuandosi sul levante Ligure ed il sistema temporalesco si esauriva.

L'analisi meteorologica mette quindi in luce che i meccanismi che hanno indotto da un lato precipitazioni abbondanti sul Ponente, dall'altro piogge eccezionali sul Levante, pur avendo una preconditione comune, risultano diversi e possono essere schematizzati come segue:

- presenza di una forzante a grande scala: il fronte freddo sviluppatosi sul Mediterraneo fin dalle prime ore del 25 ottobre, essendo esteso in direzione sud-occidentale fino a latitudini tropicali, è riuscito a convogliare una notevole quantità d'aria umida e instabile di origine subtropicale sul nostro bacino. Un secondo "corridoio" di aria caldo-umida si è venuto a creare lungo il Tirreno. I due flussi hanno consentito quindi l'apporto di un'ingente quantità di acqua precipitabile sul Golfo Ligure, favorita anche dalla conformazione stessa del Golfo. Le precipitazioni persistenti di intensità tra debole e moderata verificatesi sul Ponente ligure tra la mattinata e le prime ore del pomeriggio possono essere ricondotte alla convergenza di tale flusso umido negli strati medio-bassi indotta dall'orografia stessa, che ha prodotto precipitazioni dalle caratteristiche marcatamente avvelte;
- presenza di una configurazione alla mesoscala favorevole alla formazione di una linea di convergenza del flusso umido ed instabile sulla parte orientale del Mar Ligure: il contrasto tra l'aria fredda e secca di matrice padana entrata sul settore centrale del Mar Ligure e l'aria caldo-umida proveniente dal corridoio tirrenico ha determinato la formazione di una sorta di linea frontale a mesoscala favorevole all'innescio di forti moti ascendenti tra il Tigullio e le Cinque Terre;
- il forte *shear* verticale positivo e la presenza di un flusso divergente nell'alta troposfera (legato alla vicinanza del ramo ascendente del jet) hanno contribuito in maniera determinante alla formazione di un sistema convettivo organizzato a "V";
- la presenza di un robusto campo anticiclonico sui Balcani ha creato una situazione di blocco, rallentando il naturale moto verso Est del sistema frontale e rendendo la struttura convettiva formatasi sul Levante autorigenerante e stazionaria per parecchie ore.

Si sottolinea infine che rimane al momento aperta la valutazione quantitativa del ruolo giocato dall'anomalia di temperatura superficiale del Mediterraneo (variabile, nel periodo in esame, tra 0.5 e 2.0 °C), derivante da un autunno particolarmente mite, che potrebbe aver influito significativamente sui flussi di calore e di energia tra il mare e l'atmosfera. Tale valutazione può essere effettuata attraverso simulazioni modellistiche post-evento, ipotizzando diverse condizioni di partenza e al contorno.

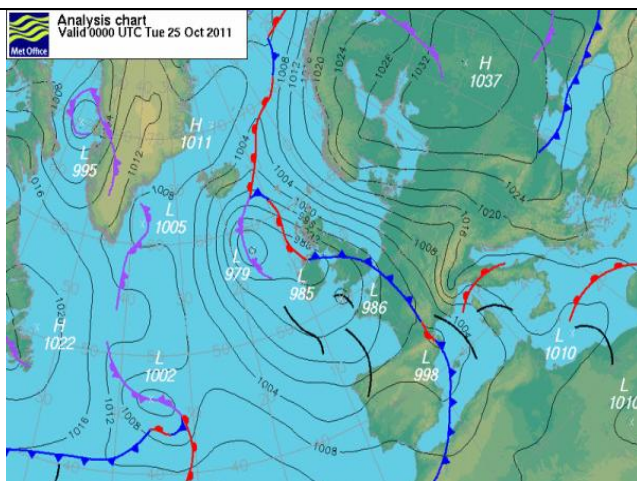


Figura 1 Analisi dei Fronti riferita alle 00 UTC del 25 ottobre 2011 (fonte: Met Office)

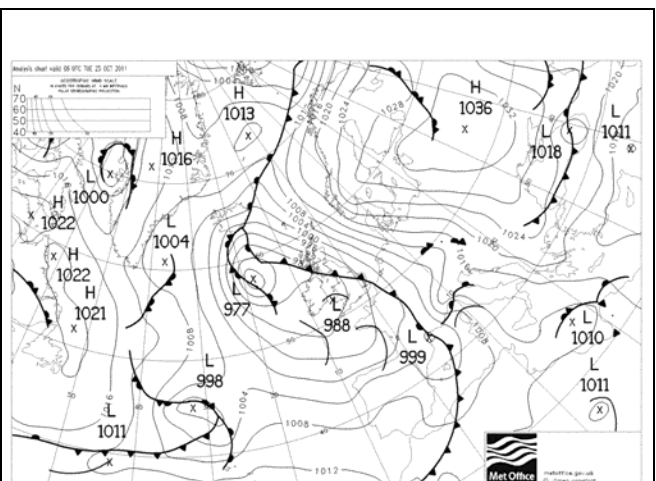


Figura 2 Analisi dei Fronti riferita alle 06 UTC del 25 ottobre 2011 (fonte: Met Office)

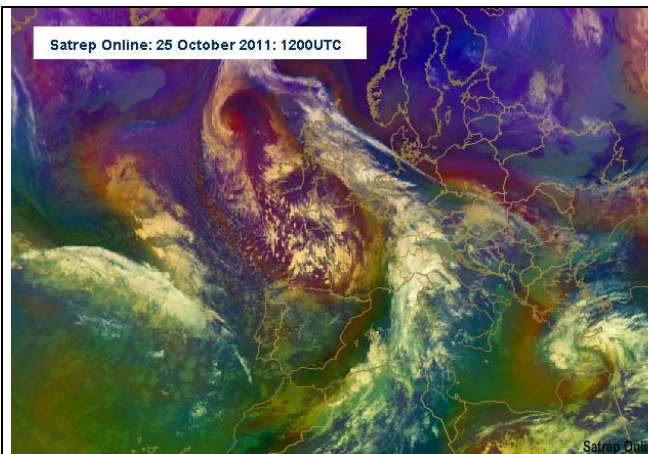


Figura 3 Immagine dal satellite MSG riferita alle 12 UTC del 25 ottobre 2011 (elaborazione RGB Airmass - fonte: www.satreponline.org)

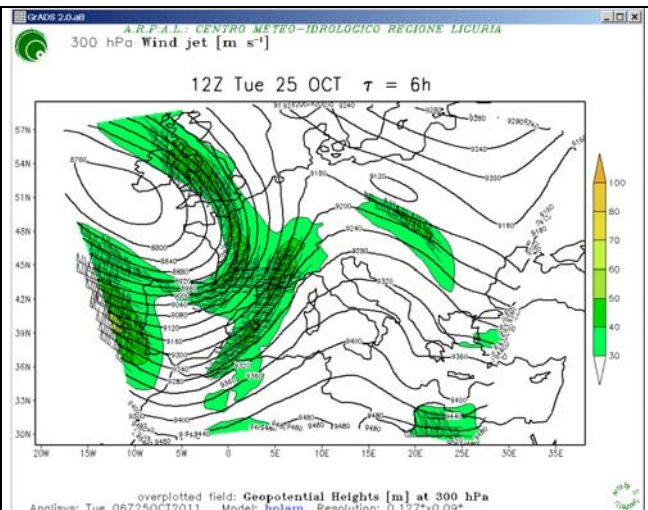


Figura 4 Mappa che evidenzia le correnti a getto (intensità del vento > 30m/s) alle 12 UTC del 25 ottobre alla quota di 300 hPa (previsione del modello Bolam10 inizializzato alle 6 UTC del 25 ottobre)

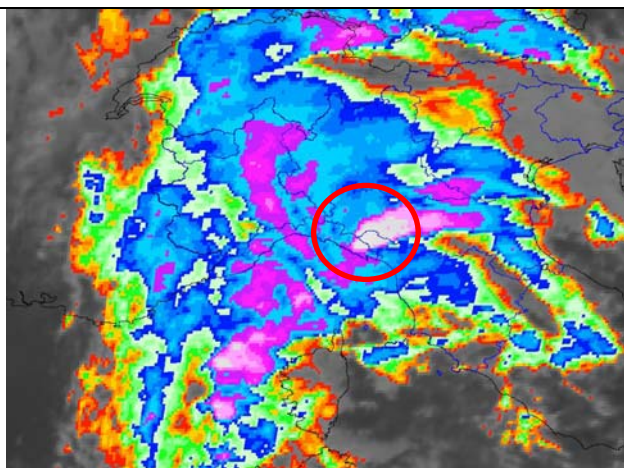


Figura 5 Immagine dal satellite MSG (canale IR 10.8) riferita alle ore 12:00 UTC del 25 ottobre 2011. In evidenza la fase iniziale del sistema temporalesco autorigenerante a "V" che ha colpito le 5 Terre e la Val di Vara

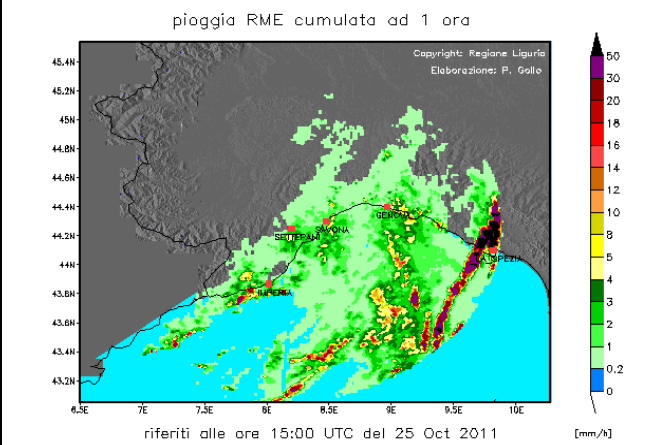


Figura 6 Mappa di pioggia oraria stimata cumulate ad 1 ora riferita alle 15 UTC del 25 ottobre. Il confronto con l'immagine di Figura 5 evidenzia la stazionarietà del sistema convettivo

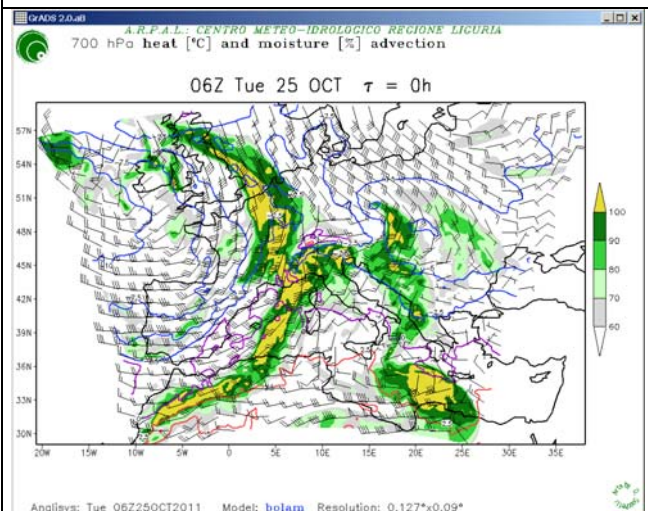


Figura 7 Mappa di avvezione di aria umida e temperature riferita alle 06 UTC del 25 ottobre (previsione a +6hr)

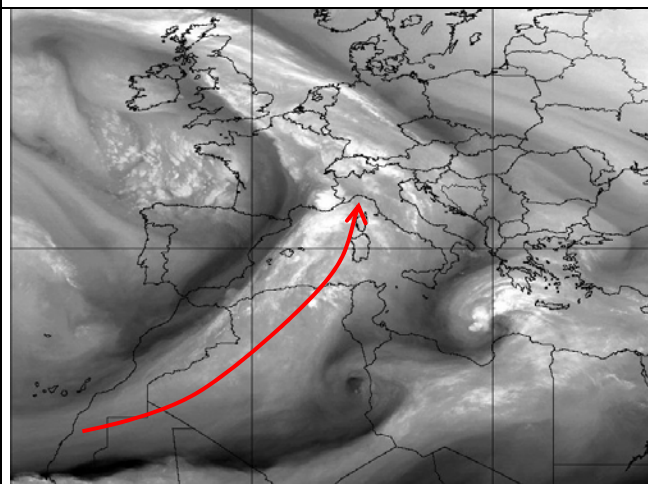


Figura 8 Immagine da satellite MSG nel canale WV 6.2 riferita alle 06 UTC del 25 ottobre. In evidenza il

del modello Bolam10 inizializzato alle 00 UTC del 25 ottobre)

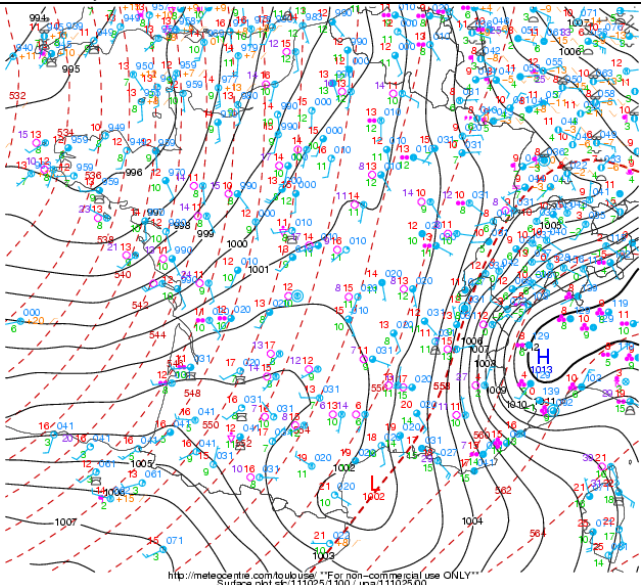


Figura 9 Mappa di osservazioni al suolo riferite alle 11 UTC del 25 ottobre (elaborazione: meteocentre.com)

corridoio di aria umida, guidato alla saccatura in quota, esteso dall'Africa occidentale verso il Tirreno

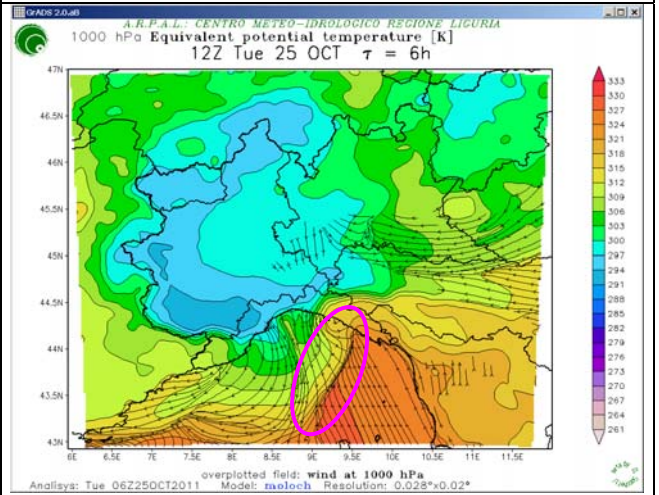


Figura 10 Mappa del campo di temperature potenziale equivalente a 1000 hPa riferita alle 12 UTC del 25 ottobre (previsione a +6hr del modello moloch inizializzato alle 06 UTC del 25 ottobre). In evidenza la linea di convergenza del flusso ed il netto contrasto termico sul settore centro-orientale del Golfo Ligure

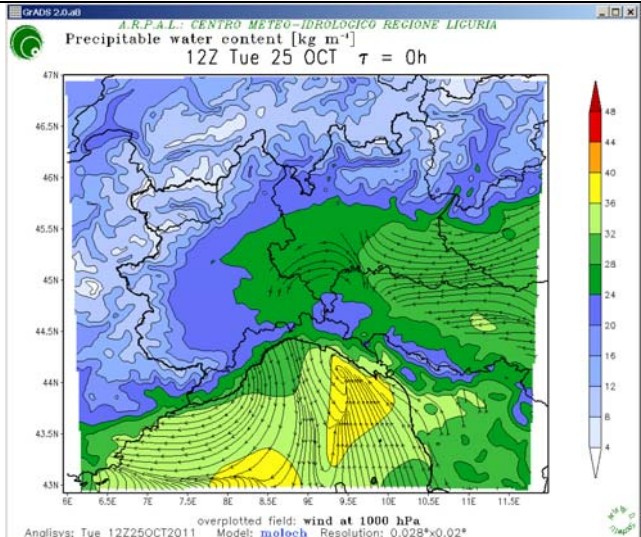


Figura 11 Mappa del contenuto di acqua precipitabile riferita alle 12 UTC del 25 ottobre (analisi del modello moloch inizializzato alle 12 UTC del 25 ottobre). In evidenza il massimo tra Tigullio e spezzino

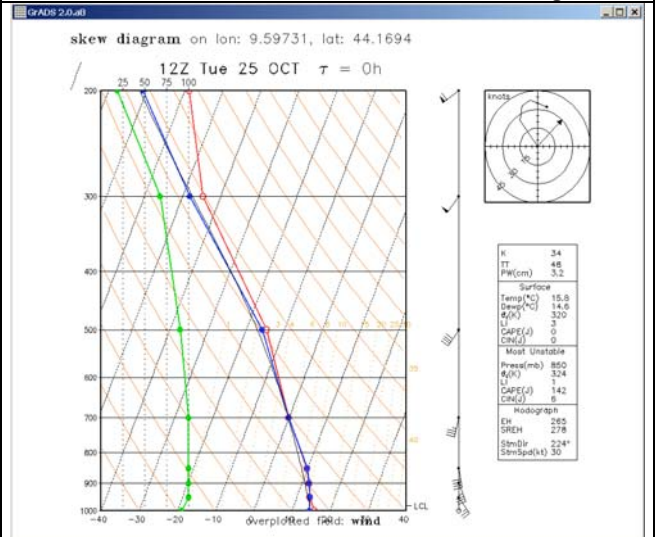


Figura 12 Diagramma Skew-T riferito ad un punto griglia del modello Moloch rappresentativo di Levante, punto di origine del sistema temporalesco a "V" che ha interessato Val di Vara e Cinque Terre (analisi del modello Moloch inizializzato alle 12 UTC del 25 ottobre). In evidenza il marcato shear vertical del vento, parametro favorevole allo sviluppo di sistemi convettivi organizzati

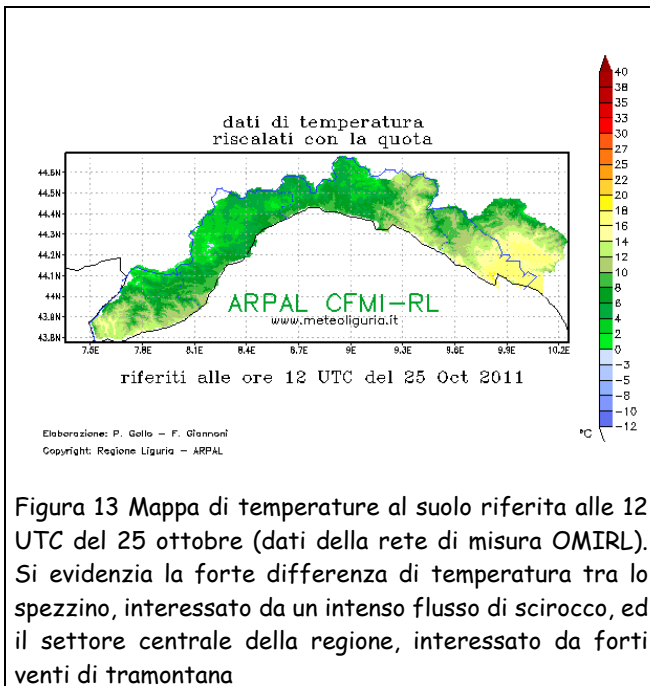


Figura 13 Mappa di temperature al suolo riferita alle 12 UTC del 25 ottobre (dati della rete di misura OMIRL). Si evidenzia la forte differenza di temperatura tra lo spezzino, interessato da un intenso flusso di scirocco, ed il settore centrale della regione, interessato da forti venti di tramontana

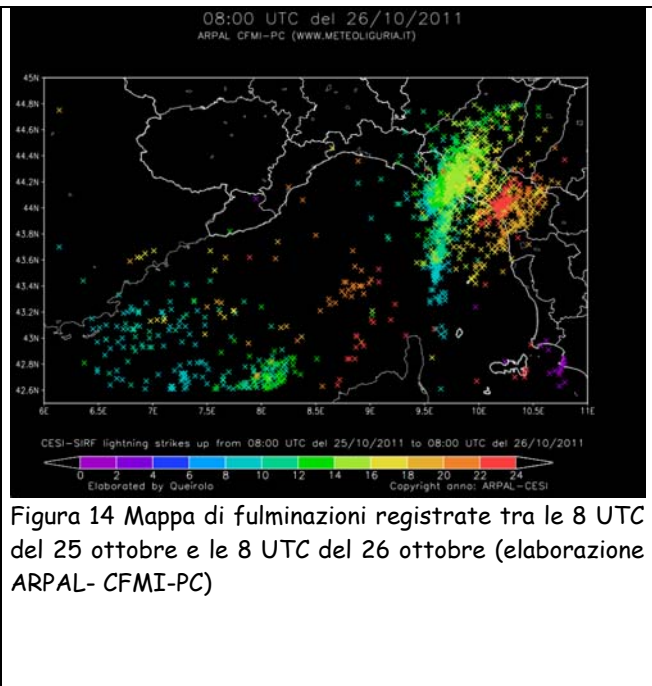


Figura 14 Mappa di fulminazioni registrate tra le 8 UTC del 25 ottobre e le 8 UTC del 26 ottobre (elaborazione ARPAL- CFMI-PC)

2 Dati Osservati

2.1 Analisi Pluviometrica

L'evento che ha interessato la regione nella giornata del 25 ottobre 2011 presenta cumulate areali di precipitazione su 12 ore significative sul centro (zona B), elevate sulle zone di allertamento di ponente e padane (A, D, E) e molto elevate sul Levante ligure, ossia sulla zona C e sul bacino del Magra (Tabella 1). L'evento è stato molto gravoso e tuttavia veloce, essendosi esaurito nell'arco di 24 ore.

I fenomeni registrati sul Levante sono imputabili alla convezione profonda che ha creato temporali di intensità molto forte e quantitativi molto elevati sulla zona di allertamento C ed in particolare sulle Cinque Terre e sul bacino del Magra, come sarà meglio specificato nel seguito.

A conferma della gravità dell'evento si evidenzia che tra le 9 e le 15 UTC del 25 ottobre 2011 il pluviometro di Borghetto Vara (comune di Brugnato - SP) ha registrato valori di 150 mm/h, 330 mm/3h e 470 mm/6h; nella stessa finestra temporale sulle Cinque Terre, il pluviometro di Monterosso ha registrato valori più contenuti ma comunque considerevoli: 90 mm/h, 195 mm/3h e 350 mm/6h.

2.1.1 Analisi dei dati a scala areale

Dal punto di vista della distribuzione delle precipitazioni l'evento in esame è da considerarsi diffuso: ha interessato, infatti, tutta la Liguria, pur concentrandosi principalmente sul Levante, dove le cumulate di precipitazioni areali tra le 6 e le 18 UTC del 25 ottobre 2011 sono risultate molto elevate (125 mm/12h sulla zona di allertamento C estesa al territorio toscano del fiume Magra e 150mm/12h sull'intero bacino del Magra); sul restante territorio regionale si sono registrate cumulate, sulle 12 ore, elevate sul Ponente (90mm/12h sulla zona A) e sui versanti padani (60mm/12h sulla zona D e 50mm/12h sulla zona E), significative sul centro della regione (45mm/12h sulla zona B). I valori osservati sono riportati in forma tabellare (Tabella 1) ed in forma grafica (da Figura 15 a Figura 20).

In particolare in Tabella 1 sono riportate le precipitazioni massime areali sulle zone di allertamento per le diverse durate, calcolati su una finestra temporale poco più ampia dell'evento (dalle 18 UTC del 24 alle 06 UTC del 26 ottobre 2011).

Come si può osservare in Tabella 1, nel corso dell'evento la massima cumulata media areale corrisponde a 190 mm/24 h (cumulati tra le 2 UTC del 25 ottobre e le 2 UTC del 26 ottobre) ed è stata registrata in corrispondenza di una delle zone maggiormente colpite (bacino del Magra).

Zona Superficie [km ²]	1h (mm)	3h (mm)	6h (mm)	12h (mm)	24h (mm)
A 1686	11 25/10/2011 11.00	32 25/10/2011 12.00	56 25/10/2011 13.00	88 25/10/2011 16.00	106 25/10/2011 19.00
B 793	5 25/10/2011 12.00	13 25/10/2011 13.00	25 25/10/2011 14.00	43 25/10/2011 17.00	57 25/10/2011 19.00
C-ML 763	10 25/10/2011 8.00	25 25/10/2011 9.00	48 25/10/2011 12.00	70 25/10/2011 18.00	101 25/10/2011 23.00
C+MT 2500	15 25/10/2011 16.00	44 25/10/2011 16.00	81 25/10/2011 16.00	125 25/10/2011 18.00	163 26/10/2011 1.00
ML+MT 1737	20 25/10/2011 16.00	57 25/10/2011 16.00	103 25/10/2011 16.00	149 25/10/2011 18.00	190 26/10/2011 2.00
D 859	8 25/10/2011 12.00	20 25/10/2011 13.00	36 25/10/2011 12.00	62 25/10/2011 14.00	77 25/10/2011 23.00
E 616	6 25/10/2011 18.00	15 25/10/2011 9.00	26 25/10/2011 19.00	48 25/10/2011 19.00	67 25/10/2011 20.00

Tabella 1 Massimi areali sulle zone di allertamento della cumulata di pioggia registrata per diverse durate

Di seguito si riportano le mappe di precipitazione cumulata areale relative al 25 ottobre 2011. Tali mappe sono ottenute dai dati puntuali della rete di misura OMIRL (cumulate massime di precipitazione media areale su 1, 3, 6, 12, 24 ore), mediante algoritmo di interpolazione con l'inverso della distanza al quadrato.

Come si evince dalle mappe e come già esposto in precedenza, la zona di allertamento più colpita risulta essere la C (in particolare l'area compresa tra le Cinque Terre, l'alta Val di Vara ed il Magra).

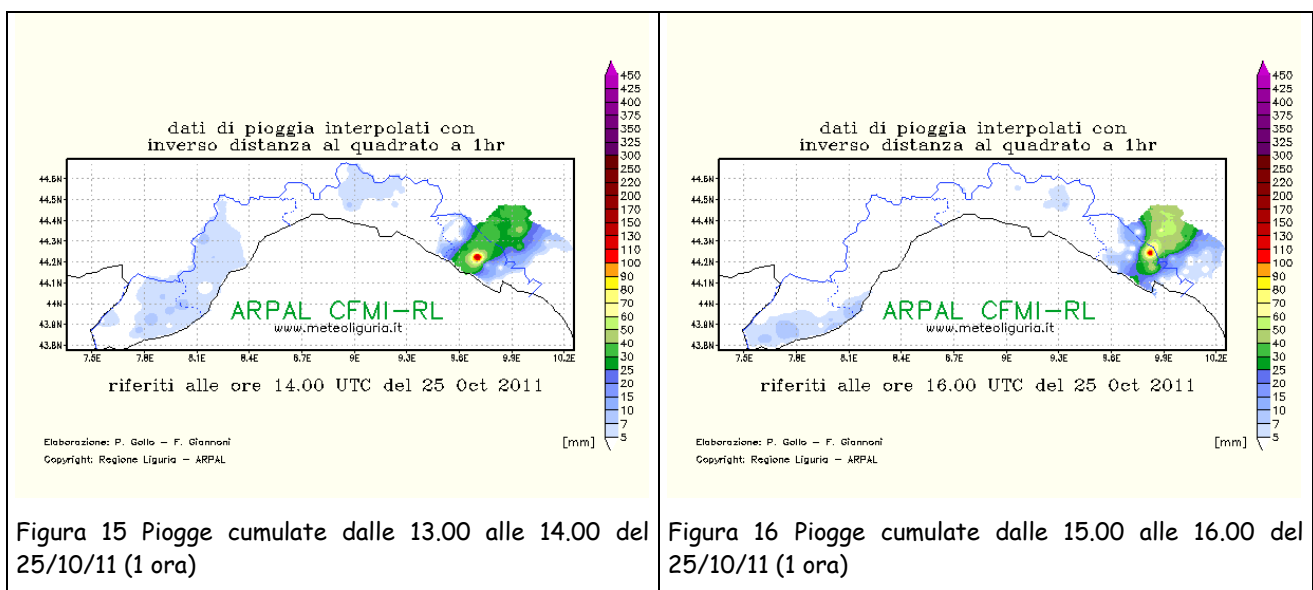


Figura 15 Piogge cumulate dalle 13.00 alle 14.00 del 25/10/11 (1 ora)

Figura 16 Piogge cumulate dalle 15.00 alle 16.00 del 25/10/11 (1 ora)

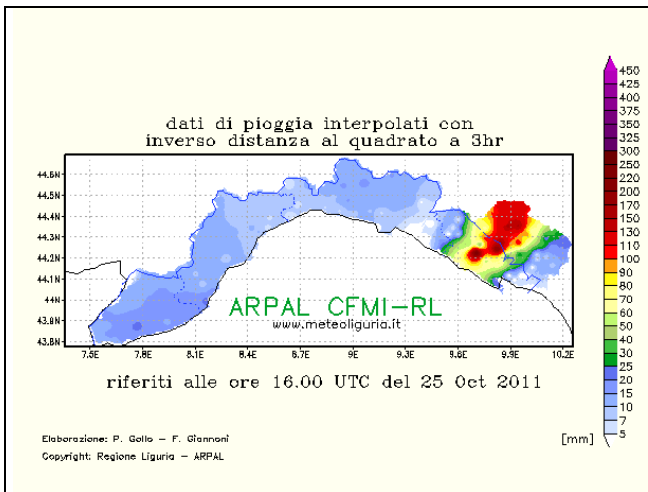


Figura 17 Piogge cumulate dalle 13.00 alle 16.00 del 25/10/11 (3 ore)

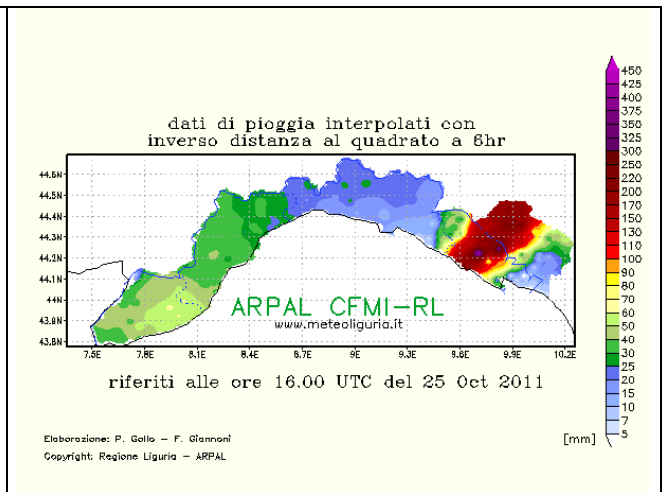


Figura 18 Piogge cumulate dalle 10.00 alle 16.00 del 25/10/11 (6 ore)

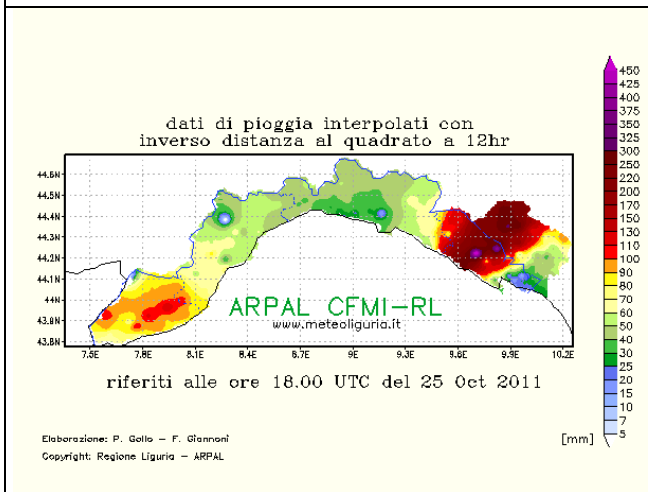


Figura 19 Piogge cumulate dalle 06.00 alle 18.00 del 25/10/11 (12 ore)

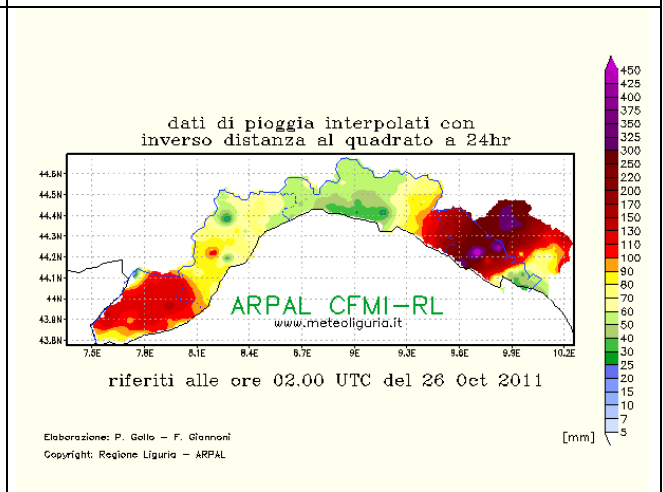


Figura 20 Piogge cumulate dalle 02.00 del 25/10 alle 02.00 del 26/10/11 (24 ore)

2.1.2 Analisi dei dati puntuali

L'evento, durato complessivamente circa 24 ore (Figura 20), ha insistito particolarmente sulla zona di allertamento C, producendo esondazioni, frane e smottamenti diffusi sulle Cinque Terre e sull'intero bacino del fiume Magra.

La Tabella 2 contiene i valori massimi PUNTUALI di precipitazione (in mm) registrati tra le 18 UTC del 24/10/2011 e le 06 UTC del 26/10/2011, distinti per zone di allertamento e per diverse durate. Sono evidenziati i valori massimi relativi a tutto il territorio regionale.

Nella zona di allertamento C, la violenza e la persistenza per diverse ore della struttura temporalesca risultano confermate dai valori di intensità molto forti rilevati localmente nelle ore centrali della giornata (153 mm/h a Brugnato, 129 mm/h a Calice al Cornoviglio, 111 mm/h a Levanto), nonché dai quantitativi molto elevati cumulati su sei ore (472 mm/6h a Brugnato, 365 mm/6h a Calice al Cornoviglio, 349mm/6h a Monterosso).

Anche in questo caso, come già osservato in precedenza, si evidenzia che i massimi locali si sono verificati su stazioni pluviometriche ricadenti all'interno dei bacini sui quali si sono verificate esondazioni, o nelle loro immediate vicinanze: si noti, a tal proposito, il valore molto forte di intensità di precipitazione rilevato per brevissime durate nel primo pomeriggio a Brugnato (18 mm/5min).

Per contro, nelle restanti zone l'attività temporalesca è risultata quasi del tutto assente, come si evince dai valori delle massime intensità registrati localmente, che risultano per le brevi durate (fino a tre ore) al più moderate; solo sulla zona A la persistenza dei fenomeni per durate superiori alle sei ore, ha prodotto quantitativi molto elevati ma comunque nettamente inferiori a quelli osservati nella zona maggiormente esposta.

Zona	Max 5min	Max 1hr	Max 3hr	max6hr	max12hr	max24hr
A	3 Alassio 2011/10/25 17:00	21 Borgomaro 2011/10/25 11:00	55 Borgomaro 2011/10/25 12:00	94 Borgomaro 2011/10/25 14:00	135 Borgomaro 2011/10/25 17:00	155 Borgomaro 2011/10/25 19:00
B	3 Righi 2011/10/25 13:00	11 Lavagnola 2011/10/25 12:00	24 Santa Giustina 2011/10/25 13:00	43 Santa Giustina 2011/10/25 13:00	75 Lavagnola 2011/10/25 16:00	96 Santa Giustina 2011/10/25 18:00
C	18 Brugnato 2011/10/25 14:00	153 Brugnato 2011/10/25 15:00	328 Brugnato 2011/10/25 15:00	472 Brugnato 2011/10/25 15:00	511 Brugnato 2011/10/25 15:00	539 Brugnato 2011/10/26 01:00
D	5 Murialdo 2011/10/25 14:00	11 Mallare 2011/10/25 12:00	27 Calizzano 2011/10/25 13:00	47 Calizzano 2011/10/25 14:00	81 Settepani 2011/10/25 14:00	104 Calizzano 2011/10/25 19:00
E	5 Cabanne 2011/10/25 08:00	16 Cabanne 2011/10/25 08:00	29 Cabanne 2011/10/25 09:00	39 Cabanne 2011/10/25 12:00	69 Cabanne 2011/10/25 19:00	96 Cabanne 2011/10/25 21:00

Tabella 2 Valori massimi PUNTUALI di precipitazione registrati dai pluviometri della rete OMIRL nel periodo tra le 18 UTC del 24/10/2011 e le 06 UTC del 26/10/2011, distinti per zone di allertamento e per diverse durate.

Si riportano di seguito (da Figura 21 a Figura 29) gli ietogrammi significativi relativi ad alcune stazioni ove sono stati osservati i valori massimi puntuali. Le definizioni per l'intensità di pioggia (valutata in base alle cumulate su 1 e 3 ore), e la quantità di pioggia (valutata in base alle cumulate su 6, 12 e 24 ore), sono in accordo con le soglie definite dal CFMI-PC.

Dal punto di vista degli effetti al suolo, quindi, nel corso della giornata del 25 ottobre il territorio regionale, è risultato interessato da due differenti tipologie di fenomeni:

- sui versanti padani e sul Centro-Ponente, a partire dalle prime ore del 25 ottobre 2011, le precipitazioni sono risultate persistenti con quantitativi elevati sulle zone B, D ed E, molto elevati su A; in queste aree le piogge si sono protratte fino all'inizio della serata, con intensità generalmente debole su B, D ed E, localmente moderata sui versanti tirrenici di Ponente.
- sulla zona di allertamento C le piogge, particolarmente persistenti sulla parte orientale, hanno invece assunto una connotazione fortemente temporalesca o di rovescio intenso, raggiungendo intensità molto forti e quantitativi di precipitazione molto elevati, con particolare riferimento alle cumulate su sei ore.

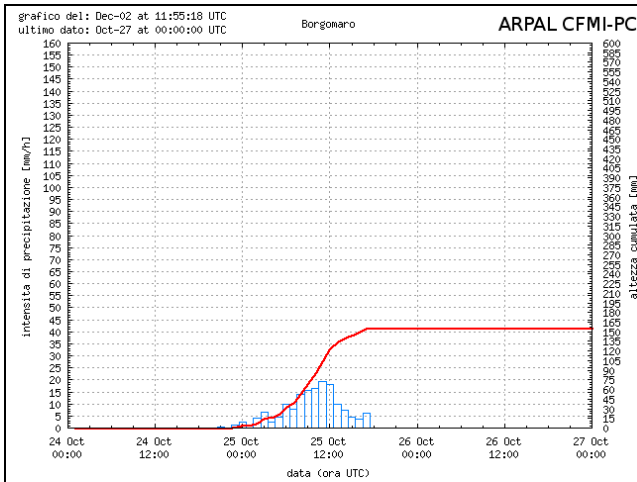


Figura 21 Ietogramma e cumulata: Borgomaro (A)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm in 6h, 12h, 24h) molto elevata

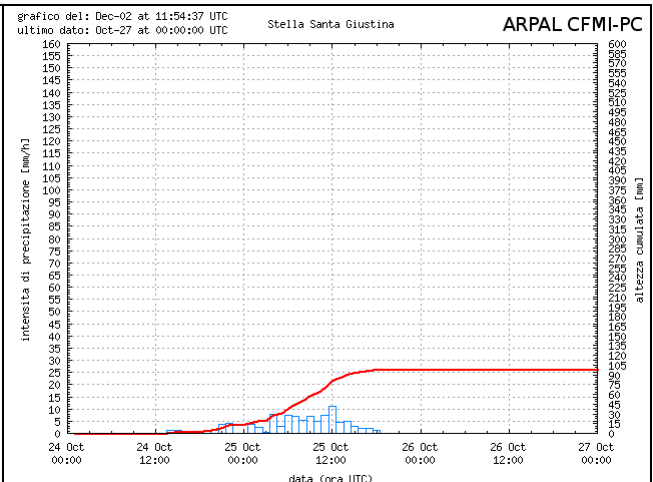


Figura 22 Ietogramma e cumulata: Stella S. Giustina (B)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm in 6h, 12h, 24h) elevata

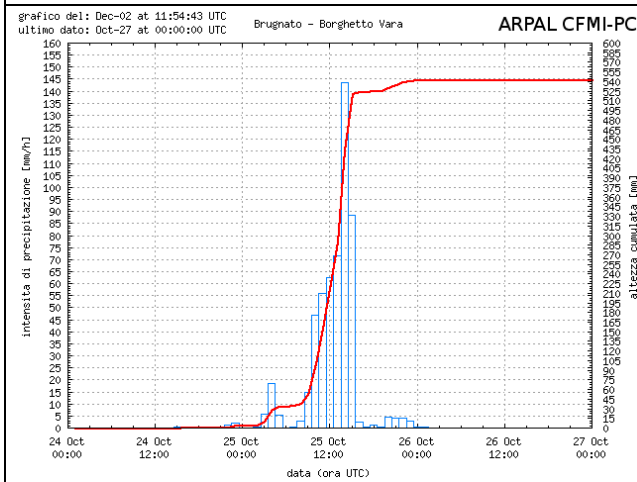


Figura 23 Ietogramma e cumulata: Brugnato (C)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm in 6h, 12h, 24h) molto elevata

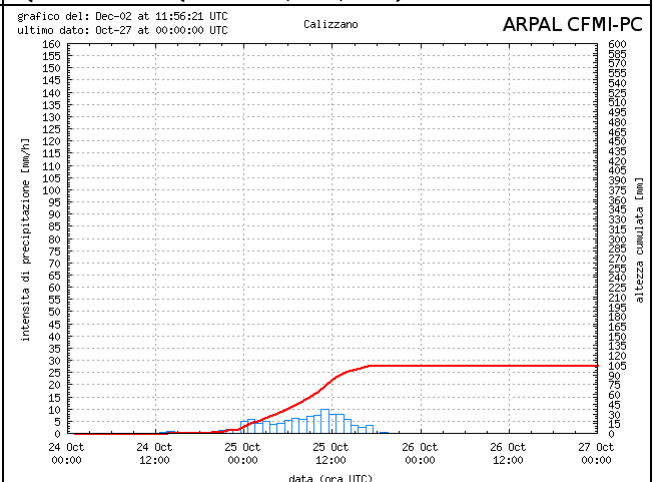


Figura 24 Ietogramma e cumulata Calizzano (D)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm in 6h, 12h, 24h) elevata

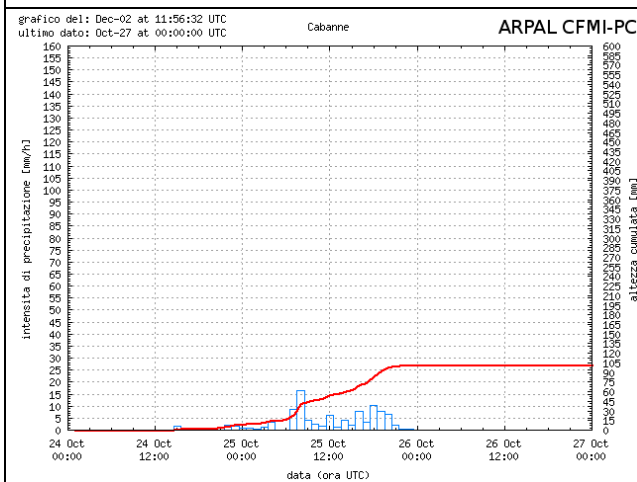


Figura 25 Ietogramma e cumulata: Cabanne (E)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm in 6h, 12h, 24h) significativa/elevata

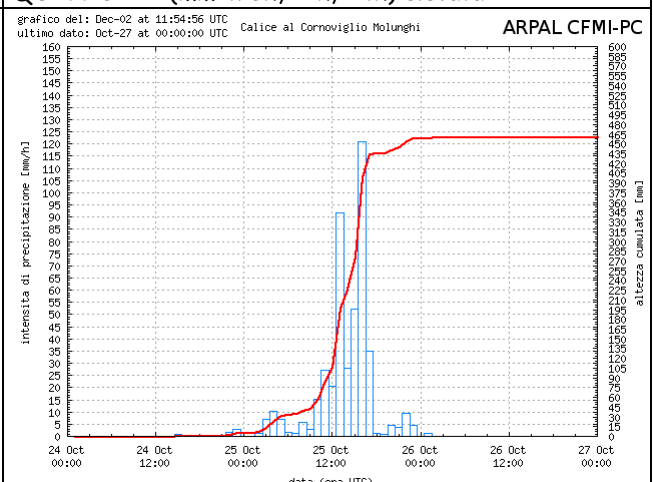


Figura 26 Ietogramma e cumulata: Calice al Corn. (C)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm in 6h, 12h, 24h) molto elevata

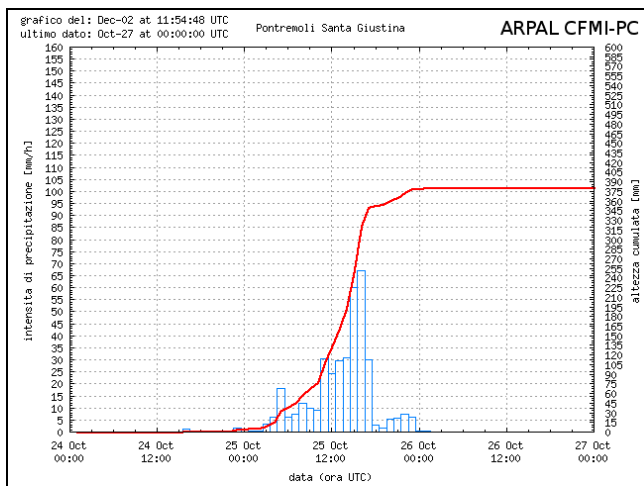


Figura 27 Ietogramma e cumulata: Pontremoli (MAGRA)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm in 6h, 12h, 24h) molto elevata

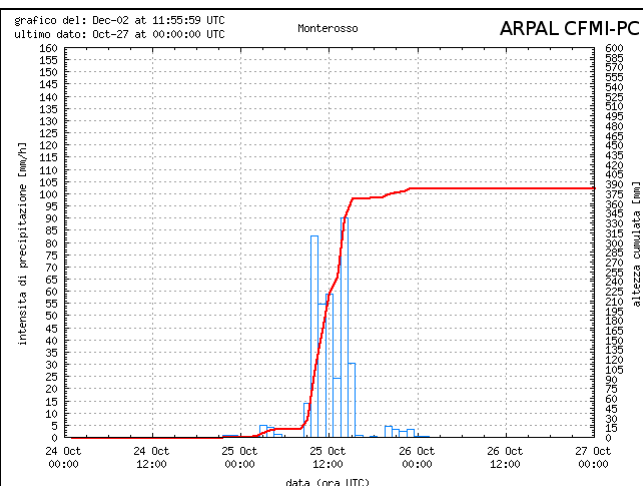


Figura 28 Ietogramma e cumulata: Monterosso (C)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm in 6h, 12h, 24h) molto elevata

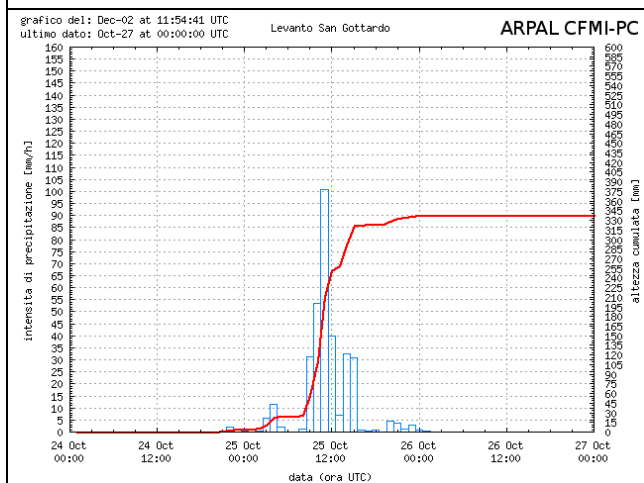


Figura 29 Ietogramma e cumulata: Levanto (C)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm in 6h, 12h, 24h) molto elevata

2.2 Analisi idrometrica e delle portate

Dal punto di vista dell'idrometria, l'evento ha interessato in maniera estesa tutto il bacino del fiume Magra e alcuni piccoli rivi della fascia costiera della provincia de La Spezia, nei comuni di Bonassola, Levanto, Monterosso e Vernazza. In misura minore, anche sul ponente ligure sono stati osservati innalzamenti dei livelli idrometrici nei corsi d'acqua più estesi della provincia di Imperia.

Sul Magra si sono manifestate drammatiche esondazioni, sia nella Val di Vara che nella parte toscana, ed i livelli misurati nella parte medio-bassa del bacino sono stati i massimi mai registrati dalle stazioni idrometriche ivi situate.

Per quanto riguarda la Val di Vara, la porzione maggiormente interessata dall'evento è quella da Brugnato verso valle: in questo tratto anche tutti i tributari dell'asta principale sono esondati, provocando gravi inondazioni dei centri abitati a Brugnato (torrente Cravegnola), a Borghetto Vara (torrente Pogliaschina), a Pignone (torrente Pignone). Progredendo verso valle, il fiume Vara ha occupato ovunque tutte le aree golenali arrivando ad interessare, con locali erosioni, anche il rilevato dell'autostrada A12.

Dal versante lunigiano, la piena del Magra ha provocato inondazioni a Pontremoli, Villafranca Lunigiana e l'inondazione dell'intera città di Aulla; progredendo verso valle, l'erosione ha provocato il crollo di un tratto del muraglione di sostegno dell'Autostrada A15 in sponda destra, il sormonto della stazione idrometrica di Calamazza ed il crollo del ponte di Stadano Bonaparte.

Anche nel tratto a valle della confluenza Vara/Magra tutte le aree golenali sono state inondate e la piena ha provocato il crollo, per circa due terzi, del Ponte della Colombiera, posto circa 1 km a monte della foce del fiume.

Nella fascia costiera, i bacini interessati dalle piene non sono monitorati da stazioni idrometriche; tuttavia i rivi interessati dall'evento, ovunque tominati almeno parzialmente, sono quelli che attraversano Bonassola, Monterosso e Vernazza. Anche Levante è stata interessata dall'esondazione del torrente Ghiararo, non tominato.

Nella Tabella 3 sono riportati i livelli idrometrici massimi osservati agli idrometri della rete regionale OMIRL, e le relative ore di transito del colmo di piena. Si riporta inoltre, nell'ultima colonna, l'incremento rispetto al livello "indisturbato" precedente il passaggio della piena stessa.

Il livello idrometrico massimo attribuito all'idrometro di Calamazza è stato stimato con un sopralluogo in sito, analizzando le tracce della piena. Il manufatto che contiene la strumentazione è stato, infatti, inondato fin quasi al livello del tetto e la stazione ha smesso di funzionare nel momento in cui le apparecchiature elettroniche sono state sommerse.

Bacino e sezione	Zona allerta	Livello idrometrico ¹ massimo osservato [m]	Ora del livello massimo (UTC)	Incremento di livello massimo osservato [m]
Argentina a Montalto	A	2.71	14.00 25/10/2011	1.86
Argentina a Merelli	A	1.74	00.00 26/10/2011	1.41
Entella a Panesi	C	-0.05	00.00 26/10/2011	1.17
Vara a La Macchia	C	1.19	10.15 25/10/2011	0.62
Vara a Nasceto	C	4.85	11.00 25/10/2011	4.26
Vara a Brugnato	C	4.46	13.15 25/10/2011	3.94
Vara a Piana Battolla	C	5.87	16.45 25/10/2011	7.15
Magra a Santa Giustina	Magra	5.4	16.15 25/10/2011	4.59
Magra a Calamazza	Magra	9.40-9.60 (stima)	n.d.	9.04-9.24
Magra a Fornola	C	7.14	17.15 25/10/2011	7.06
Magra a Ponte della Colombiera	C	4.33	20.00 25/10/2011	4.3

Tabella 3 Livelli idrometrici registrati da alcuni idrometri della rete OMIRL

Da Figura 30 a Figura 42 sono riportati gli idrogrammi registrati dalle stazioni idrometriche più significative poste sul bacino del Magra.

Nelle figure da Figura 30 a Figura 33 sono state sovrapposte alle osservazioni del livello idrometrico quelle pluviometriche. Figura 30 e Figura 31 mostrano pioggia e livello osservati sullo stesso sito per stazioni situate sulla parte medio-montana del bacino (Magra a Pontremoli - circa 150 km², e Vara a Brugnato - circa 350 km²): si può osservare come lo scarto temporale tra i momenti di massima intensità di pioggia ed il passaggio dei rispettivi colmi di piena sia piuttosto ridotto.

Le successive Figura 32 e Figura 33 mettono a confronto gli stessi idrogrammi con l'idrogramma registrato all'idrometro di Fornola, a valle della confluenza Vara/Magra. Si osserva come il colmo di piena sia qui transitato alcune ore (6-8) dopo la fase più intensa della precipitazione a monte.

Si nota infine (Figura 39) come l'unica parte del bacino che, di fatto, non ha contribuito alla piena sia stata quella afferente al torrente Aulella, nell'estrema porzione orientale del bacino del Magra.

¹ Il livello idrometrico è un valore convenzionale che può assumere valori negativi; pertanto assume maggior significato il valore dell'incremento di livello osservato (rispetto ad una quota standard definita "zero idrometrico")

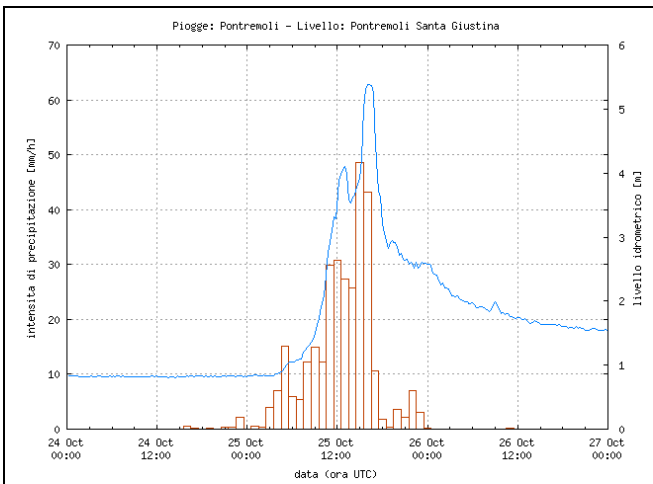


Figura 30 Precipitazione (Pontremoli) e Livello idrometrico (Vara a Santa Giustina)

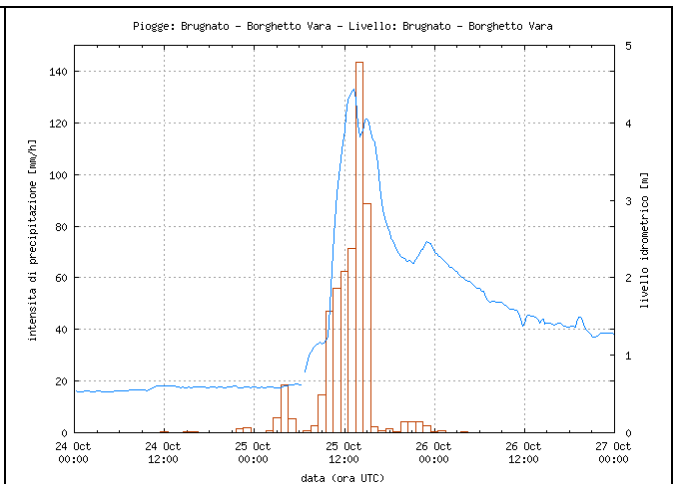


Figura 31 Precipitazione (Brugnato) e Livello idrometrico (Vara a Brugnato)

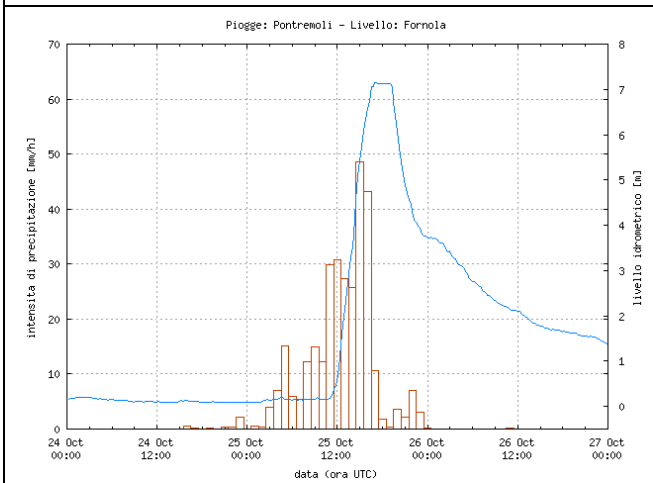


Figura 32 Precipitazione (Pontremoli) e Livello idrometrico (Magra a Fornola)

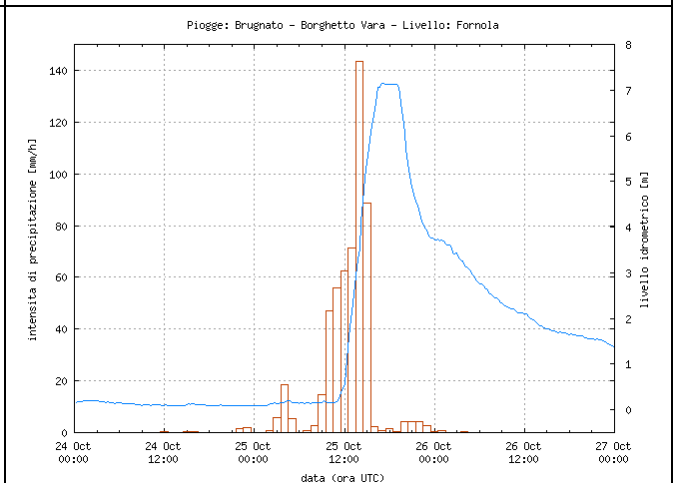


Figura 33 Precipitazione (Brugnato) e Livello idrometrico (Magra a Fornola)

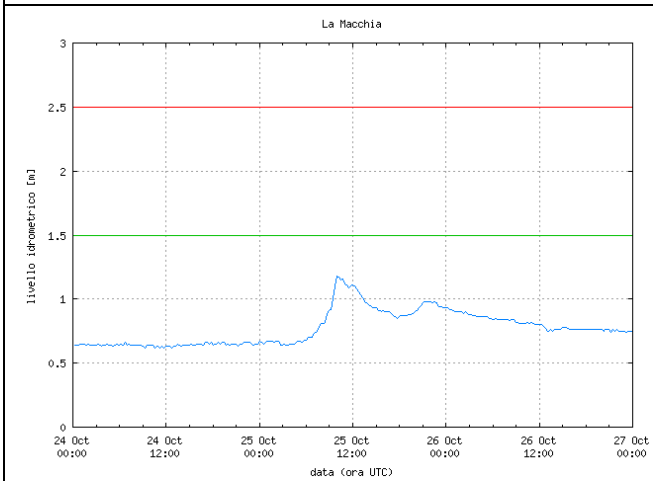


Figura 34 Livello idrometrico (Vara a La Macchia)

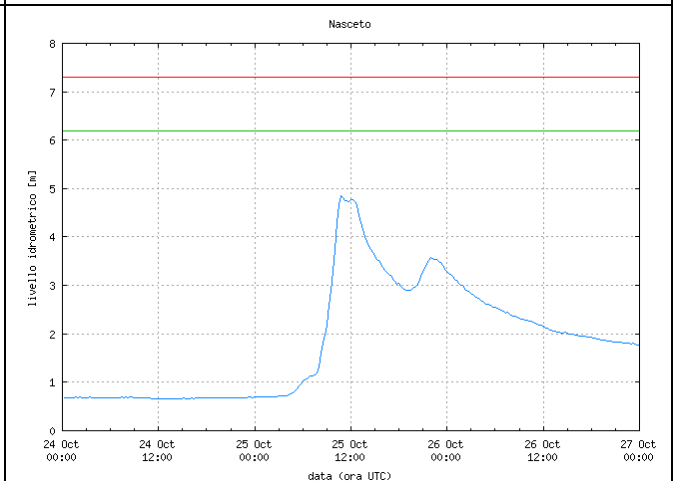


Figura 35 Livello idrometrico (Vara a Nasceto)

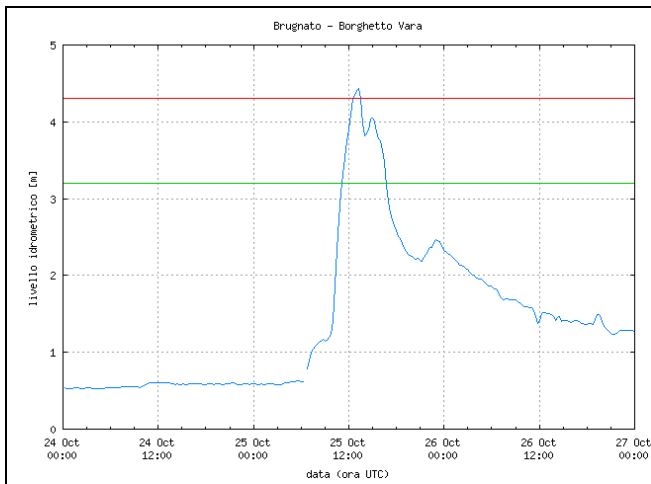


Figura 36 Livello idrometrico (Vara a Brugnato)

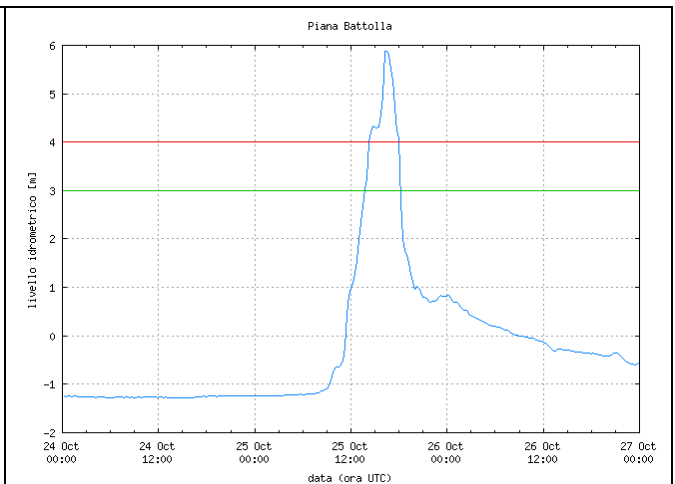


Figura 37 Livello idrometrico (Vara a Piana Battolla)

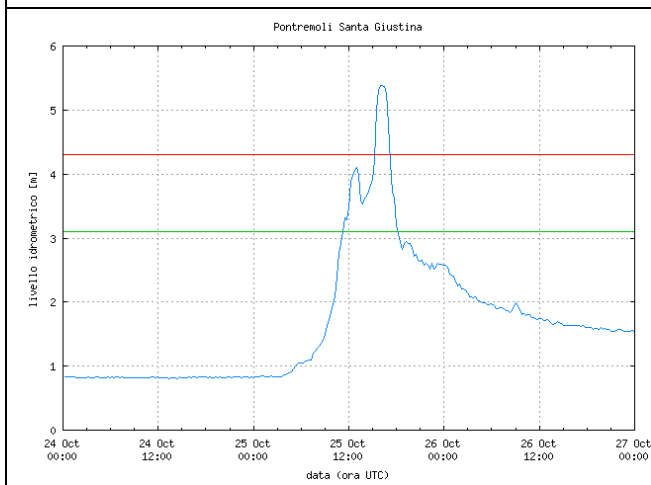


Figura 38 Livello idrometrico (Magra a Pontremoli Santa Giustina)

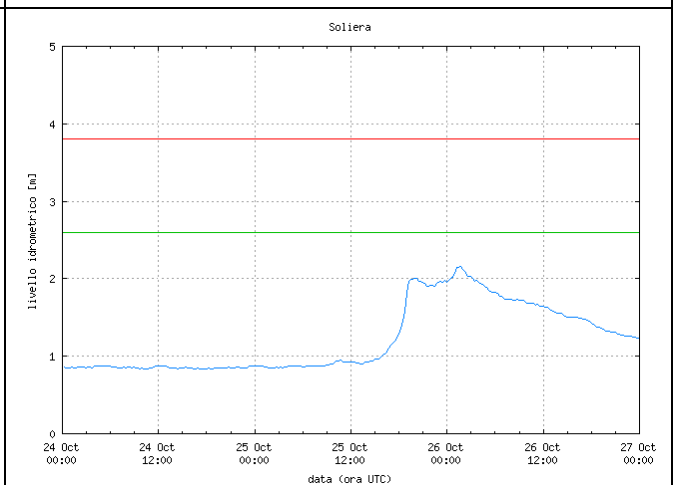


Figura 39 Livello idrometrico (Aulella a Soliera)

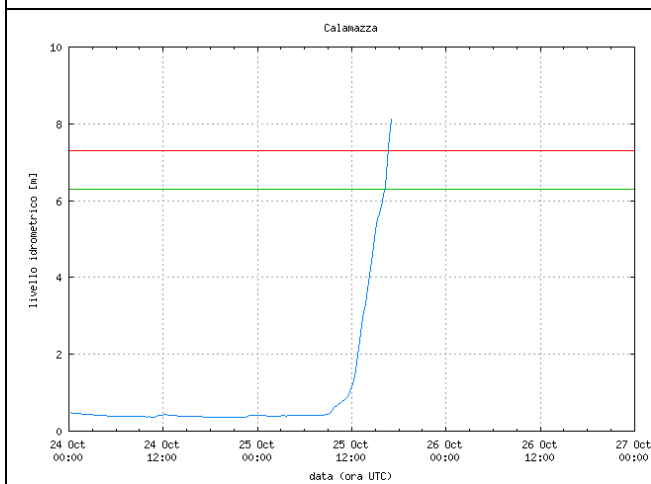


Figura 40 Livello idrometrico (Magra a Calamazza, osservazione interrotta a 8.12 m; colmo stimato a 9.40-9.60 m)

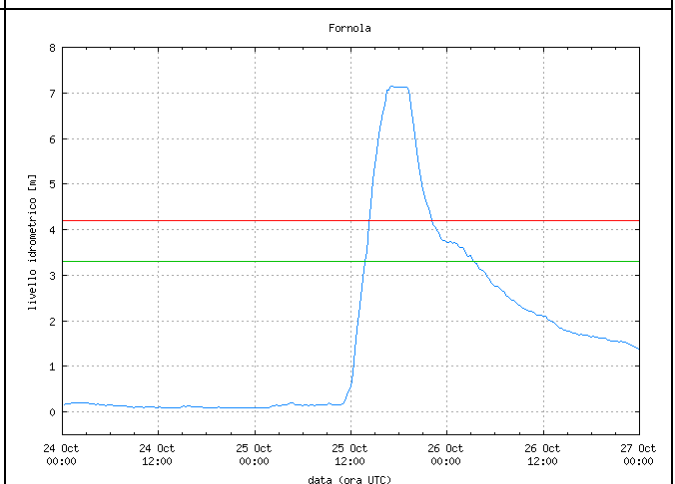
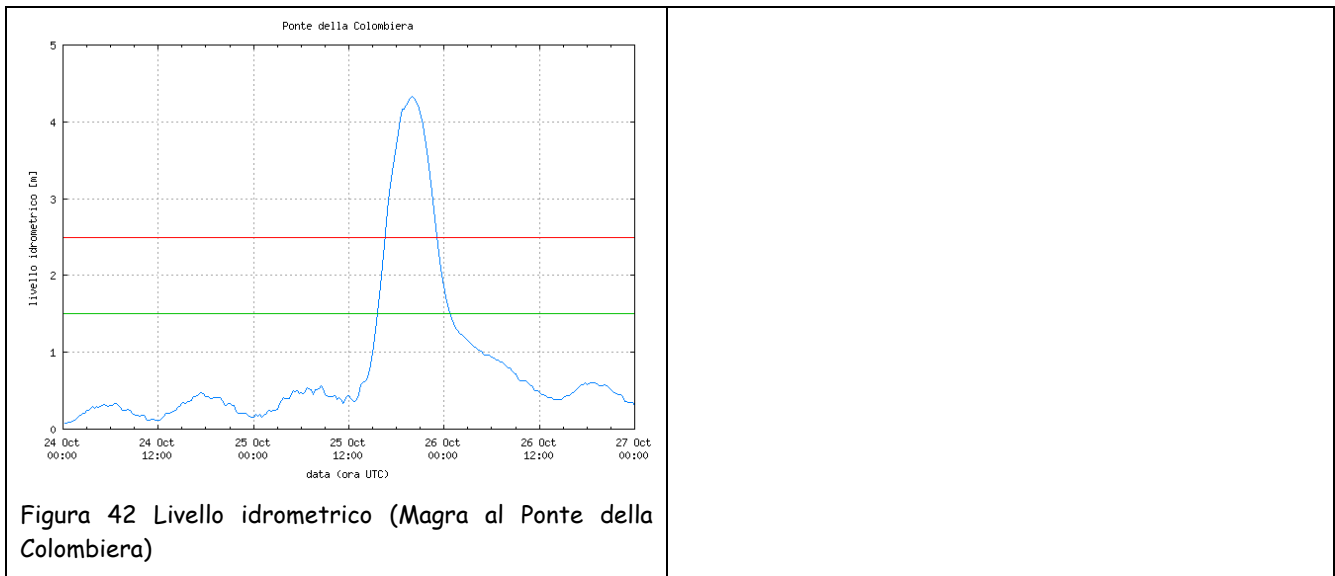


Figura 41 Livello idrometrico (Magra a Fornola)



2.3 Descrizione qualitativa dell'evento sui rii costieri

L'evento ha interessato, come detto, anche i comuni della fascia costiera compresi tra Bonassola e Vernazza.

I rii minori non sono monitorati dai sensori di rilevamento idrometrico della rete regionale; tuttavia da informazioni raccolte sul territorio si è ricostruito che:

- A Bonassola è andata in pressione la tombinatura del rio San Giorgio ed il centro del paese è stato inondato;
- A Levanto si è verificata l'esondazione del torrente Ghiararo, che ha superato il livello arginale in più punti inondando la sede stradale e le aree limitrofe al corso d'acqua, sia edificate che agricole;
- A Monterosso e Vernazza sono andate in pressione le tombinature dei rispettivi corsi d'acqua, sia nei centri storici (rio Buranco a Monterosso, canale di Vernazza a Vernazza), che nella frazione monterossina di Fegina (rio Fegina, rio Molinelli). In entrambi i paesi, l'intensità delle precipitazioni ha provocato un numero molto rilevante di frane che hanno determinato l'apporto di imponenti volumi di materiale solido. Al termine dell'evento, in entrambi i paesi, il deposito di sedimenti raggiungeva i primi piani delle abitazioni di fondovalle.

2.4 Analisi anemometrica

L'evento è stato caratterizzato da una ventilazione piuttosto sostenuta e rafficata con due regimi nettamente distinti tra il settore centro-occidentale della regione, sferzato da forti venti settentrionali, ed il settore orientale, interessato invece da un forte flusso prevalentemente sciroccale.

L'intensità media dei venti è stata tra moderata e forte. Si evidenziano invece intensità medie di burrasca a Capo Mele (da Nord), a Corniolo (da Sud-Est), dove le raffiche hanno ampiamente superato i 100 km/h. I fenomeni si sono attenuati nella serata, in seguito al transito del fronte.

In Tabella 4 si riportano i valori più significativi:

stazione[zona allertamento]	di	Vento medio massimo (km/h)	Data e Ora	Direzione prevalente del vento medio massimo	Raffica massima (km/h) (direzione)
Poggio Fearza [A]		38,9	25 ottobre ore 6.50 UTC	SW	73,1 (SW)
Monte Maure [A]		26,6	25 ottobre ore 1.20 UTC	N	45,36 (ENE)

Cenesi [A]	23,0	25 ottobre ore 12.20 UTC	NE	48,6 (NW)
Albenga [A]	31,3	25 ottobre ore 12.50 UTC	NNW	53,6 (NNW)
Capo Mele [B]	66,6	25 ottobre ore 14.55 UTC e 16.55 UTC	N	101,9 (N)
GE Sestri [B]	37,1	25 ottobre ore 18.20 UTC	N	70,6 (N)
Fontanafresca [B]	39,2	25 ottobre ore 03.00 UTC	N	64,1 (SE)
Colle di Cadibona [B]	38,8	25 ottobre ore 12.40 UTC	NW	64,1 (NW)
Centro Funzionale [B]	33,8	25 ottobre ore 06.00 UTC	N	58,7 (NNE)
Savona Ist. Nautico [B]	33,5	25 ottobre ore 16.20 UTC	NW	58,7 (NW)
Corniolo [C]	90,4	25 ottobre ore 11.40 UTC	SE	119,9 (SE)
La Spezia [C]	69,5	25 ottobre ore 14.40 UTC	SE	89,3 (SE)
M.te Rocchetta [C]	58,3	25 ottobre ore 15.50 UTC	SE	82,8 (SE)
Casoni [C]	49,7	25 ottobre ore 16.10 UTC	SW	83,9 (SE)
M.te Settepani [D]	n.p.	n.p.	n.p.	n.p.
Giacopiane [E]	37,1	25 ottobre ore 17.20 UTC	SSW	57,2

Tabella 4 Vento medio massimo e raffica massima osservati su alcune stazioni anemometriche significative

2.5 Mare

Nel corso dell'evento il moto ondoso non ha presentato particolari criticità e si è mantenuto generalmente molto mosso.

2.6 Effetti al suolo e danni rilevanti

L'alluvione del 25 ottobre 2011 nello spezzino è stata provocata da:

- l'esondazione dei rii e torrenti afferenti al Mar Ligure nella fascia costiera compresa tra Levanto e Vernazza;
- la tracimazione di gran parte degli affluenti del Vara nel tratto a valle della zona di Sesta Godano fino alla confluenza con il Magra,
- l'esondazione del fiume Magra a partire dalla sua parte medio-montana e fino alla confluenza con il fiume Vara, e ancora del Magra nella sua parte terminale dopo la confluenza a Fornola.

Tale evento ha provocato 13 vittime (7 a Borghetto Vara, 2 ad Aulla, 3 a Vernazza ed 1 a Monterosso) e l'evacuazione di circa 550 persone.

Le infrastrutture danneggiate sono state principalmente i ponti: SP 432 (Ponte Colombiera), SP 34 (Ponte Pignone), SP 33 (Ponte tra SS1 e loc. Memola), SP 7 (Brugnato-Rocchetta Vara), più attraversamenti minori e passerelle su SP 33, 34, 8. I movimenti franosi hanno provocato diffuse criticità sulla viabilità provinciale e comunale. Le strade provinciali interrotte per frane sono state la SP 5 da loc. Torpiana a loc. Valgiuncata, la SP 6 da loc. Molino Rotato a loc. Casoni, tratti delle SP 51, 61, 63, 6, 8, 7, 34, 33, 27, 36.

Identica situazione per moltissime strade dei comuni di Ameglia, Arcola, Borghetto Vara, Calice al Cornoviglio, Carrodano, Levanto, Monterosso, Pignone, Rocchetta Vara, Sesta Godano, Vernazza, interrotte e spesso distrutte da frane e/o allagamenti.

Nei comuni di Monterosso e Vernazza e in Val di Vara sono stati interrotti tutti i servizi essenziali (acqua, gas, telefonia e fornitura elettrica). Ad un mese dall'evento, stante i gravissimi danni infrastrutturali mancano ancora alcuni servizi essenziali in parte dei comuni di Vernazza e Monterosso (gas e fognature).

3 Conclusioni

L'evento meteorologico che ha interessato la regione il 25 ottobre 2011, associato al transito di un vasto sistema frontale ed alla formazione di un intenso e persistente sistema temporalesco organizzato a "V" sul levante ligure, ha fatto registrare piogge di intensità molto forte con quantitativi molto elevati sulla zona di allertamento C, ove si sono verificati importanti fenomeni alluvionali accompagnati da frane e smottamenti diffusi.

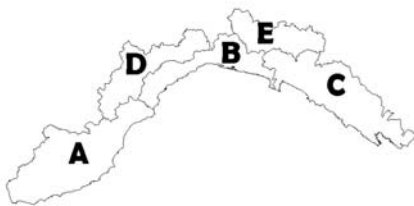
Le precipitazioni più copiose si sono avute sull'intero bacino del Magra con cumulate medie areali di circa 190 mm nelle 24 ore e massimi puntuali tra 300 e quasi 500 mm in 6 ore.

I livelli idrometrici registrati hanno mostrato decisi innalzamenti coerentemente con le precipitazioni osservate. Si sono verificate portate consistenti che hanno condotto all'esondazione del fiume Magra in diversi punti e di alcuni piccoli rivi della fascia costiera della provincia della Spezia, nei comuni di Bonassola, Levante, Monterosso e Vernazza con diffusi e ingenti danni sul territorio.

L'evento è stato caratterizzato da una ventilazione piuttosto sostenuta e rafficata con due regimi nettamente distinti tra il settore centro-occidentale della regione, sferzato da forti venti settentrionali, ed il settore orientale, interessato invece da un forte flusso prevalentemente sciroccale.

LEGENDA

a) Definizione dei limiti territoriali delle zone di allertamento:



b) Soglie di precipitazione puntuale:

Durata		INTENSITA' (basata su tempi di ritorno 2-5 anni)			
		deboli	moderate	forti	Molto forti
	mm/1h	<10	10-35	35-50	>50
mm/3h	<15	15-55	55-75	>75	

Durata		QUANTITA' (basata su tempi di ritorno 1-4 anni)			
		scarse	significative	elevate	molto elevate
	mm/6h	<20	20-40	40-85	>85
mm/12h	<25	25-50	50-110	>110	
mm/24h	<30	30-65	65-145	>145	

NB: la precipitazione viene considerata tale se > 0.5 mm/24h (limite minimo)

c) Grafici dei livelli idrometrici:

Le linee verde e rossa riportate sui grafici degli idrogrammi e delle portate indicano rispettivamente:

Linea verde (PIENA ORDINARIA): la portata transita occupando interamente l'alveo del corso d'acqua con livelli localmente inferiori alla quota degli argini o del piano campagna. Possono instaurarsi i primi fenomeni di erosione delle sponde con inondazioni localizzate in aree limitrofe all'alveo.

Linea rossa (PIENA STRAORDINARIA): la portata non può transitare contenuta nell'alveo determinando fenomeni di inondazione.