

2011

UN ANNO DI METEO

ALLUVIONE 25 OTTOBRE

ALLUVIONE 4 NOVEMBRE



2011 - UN ANNO DI EVENTI METEOROLOGICI.....	4
EVENTO 25 OTTOBRE	6
1 ANALISI METEOROLOGICA	6
2 DATI OSSERVATI	10
2.1 ANALISI PLUVIOMETRICA.....	10
2.1.1 <i>Analisi dei dati a scala areale</i>	10
2.1.2 <i>Analisi dei dati puntuali</i>	12
2.2 ANALISI IDROMETRICA E DELLE PORTATE.....	14
2.3 DESCRIZIONE QUALITATIVA DELL'EVENTO SUI RII COSTIERI.....	18
2.4 ANALISI ANEMOMETRICA.....	18
2.5 MARE	19
2.6 EFFETTI AL SUOLO E DANNI RILEVANTI.....	19
3 CONCLUSIONI.....	20
EVENTO 4-9 NOVEMBRE	21
1 ANALISI METEOROLOGICA	21
2 DATI OSSERVATI	25
2.1 ANALISI PLUVIOMETRICA.....	25
2.1.1 <i>Analisi dei dati a scala areale</i>	26
2.1.2 <i>Analisi dei dati puntuali</i>	29
2.2 ANALISI IDROMETRICA.....	32
2.3 APPROFONDIMENTI RELATIVI ALL'EVENTO SUL RIO FEREGGIANO E SUL TORRENTE BISAGNO.....	34
2.4 ANALISI ANEMOMETRICA.....	36
2.5 MARE	36
2.6 EFFETTI AL SUOLO E DANNI RILEVANTI.....	37
3 CONCLUSIONI.....	37



2011 - UN ANNO DI EVENTI METEOROLOGICI

- GENNAIO** 29-30 neve interno e freddo (avviso x disagio)
- FEBBRAIO** 27-28 neve in Val Bormida 30 cm
- MARZO** 1-2 forti venti danni modesti (raffiche 180 km/h Giacopiane)
15-16 forti piogge sul ponente – innalzamento torrenti
- APRILE** nulla da segnalare
- MAGGIO** 27 alta probabilità temporali forti
- GIUGNO** 8-9 forti piogge a Levante con temporali forti
innalzamenti significativi Entella (principalmente) e Magra – (280mm a Cichero)
- LUGLIO** 20 temperatura minima 15°
- AGOSTO** 20-21 disagio x caldo
- SETTEMBRE** 4-5 forti piogge Ponente-Levante
Si sono verificate portate consistenti, prossime all'esondazione, nei bacini dell'entroterra tra Finale Ligure e Savona, di Sestri Levante e nel reticolo dell'Entella e del Vara. Anche dal punto di vista strettamente geologico si registrano danni sul territorio: si sono verificate diverse frane nell'entroterra di Savona, in Val Graveglia e nei comuni di Casarza e Sestri Levante. (390 mm La Macchia, + di 200 su costa)
- OTTOBRE** 25 Alluvione Cinque Terre-Magra
*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 alle 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). (539 mm/24h a Borghetto Vara)
Nelle zone maggiormente esposte, precipitazioni di tale intensità hanno prodotto l'esondazione di rii e torrenti del versante tirrenico tra Levante 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).*
- NOVEMBRE** 4 Alluvione Genova
Il temporale organizzato che nella mattinata del 4 novembre ha colpito la città di Genova è stato sicuramente l'episodio antropicamente più impattante dell'evento meteorologico che ha interessato la regione. Tuttavia, nel corso del lungo periodo perturbato si sono registrati altri episodi di esondazione, localizzati principalmente in zone golenali agricole, anche sui versanti padani (Scrvia a Isola del Cantone il 4 novembre, Bormida di Millesimo a Millesimo e Bormida di Spigno a Piana Crixia il 5 novembre), numerose frane e smottamenti. A ciò si aggiungono gli ulteriori danni materiali provocati dalle due mareggiate abbattutesi sulle coste liguri nello stesso periodo. In 24 ore 510 mm a Rossiglione (350 mm a Quezzi).
- DICEMBRE** 5 mareggiata su Levante
7 mareggiate
16-17 mareggiata



Il 2011 è stato...

...Piovoso?

quantitativo di precipitazioni nella media – intorno 1200 mm – ma 400/500 nello stesso giorno (4 novembre)

...Nevoso?

no, sulla costa nel 2011 non si è avuta neve. 2009 e 2010 ci avevano abituato diversamente. ricordiamo qua le neviccate del 29-30 gennaio (+40 cm) e del 27-28 febbraio (+30 cm)

...Caldo o freddo?

caldo.

estate iniziata presto (faceva caldo già a fine maggio) e proseguita a lungo ma con luglio decisamente freddo (giorno + caldo di luglio è stato il 1° - addirittura il 20 abbiamo avuto minima di 15°, non succedeva dal 75!) e il gran caldo è arrivato ad agosto solo dopo ferragosto – 22/8 massima Genova 34.8°C – ed è stato gran caldo, massima + alta dal 2003) dicembre decisamente caldo – il dicembre + caldo degli ultimi 50 anni (e questo guardando solo 50 anni di dati..)



RAPPORTO DI EVENTO METEOROLOGICO DEL 25/10/2011

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

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, diffidenti 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 diffidenti 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 precondizione 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.



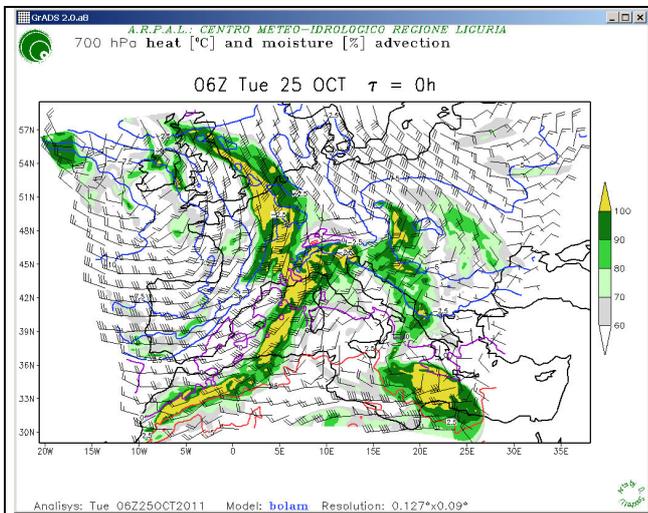


Figura 7 Mappa di avvezione di aria umida e temperature riferita alle 06 UTC del 25 ottobre (previsione a +6hr del modello Bolam10 inizializzato alle 00 UTC del 25 ottobre)

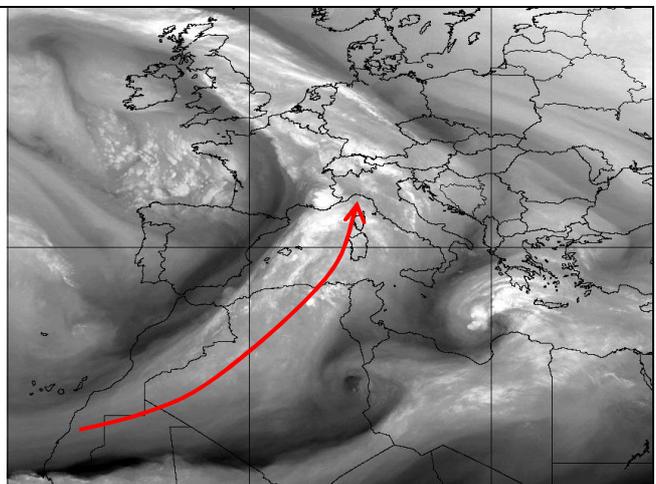


Figura 8 Immagine da satellite MSG nel canale WV 6.2 riferita alle 06 UTC del 25 ottobre. In evidenza il corridoio di aria umida, guidato alla saccatura in quota, esteso dall'Africa occidentale verso il Tirreno

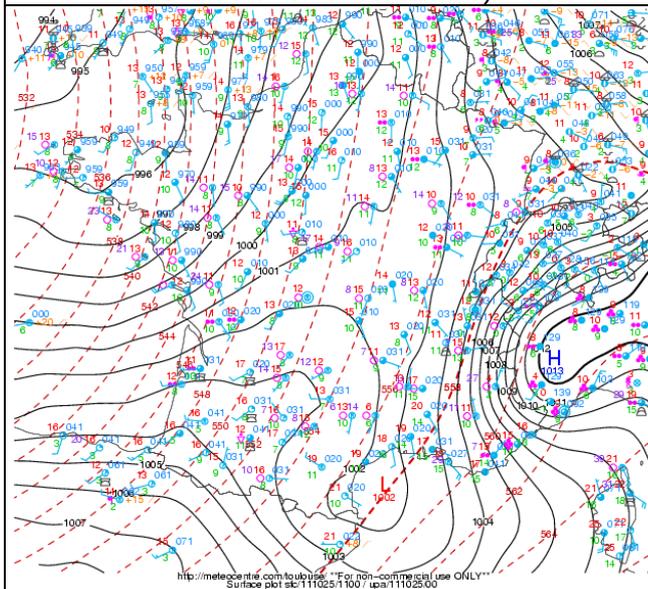


Figura 9 Mappa di osservazioni al suolo riferite alle 11 UTC del 25 ottobre (elaborazione: meteocentre.com)

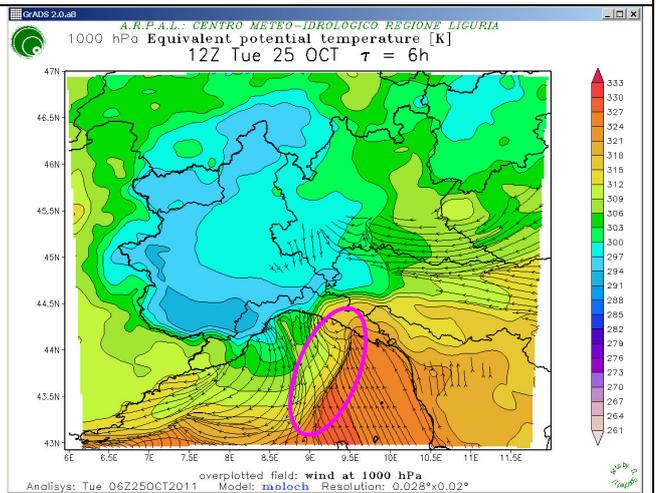


Figura 10 Mappa del campo di temperature potenziale equivalente a 1000 hPa riferita alle 12 UTC del 25 ottobre (previsione a +6hr del modello moloch inizializzato alle 06 UTC del 25 ottobre). In evidenza la linea di convergenza del flusso ed il netto contrasto termico sul settore centro-orientale del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

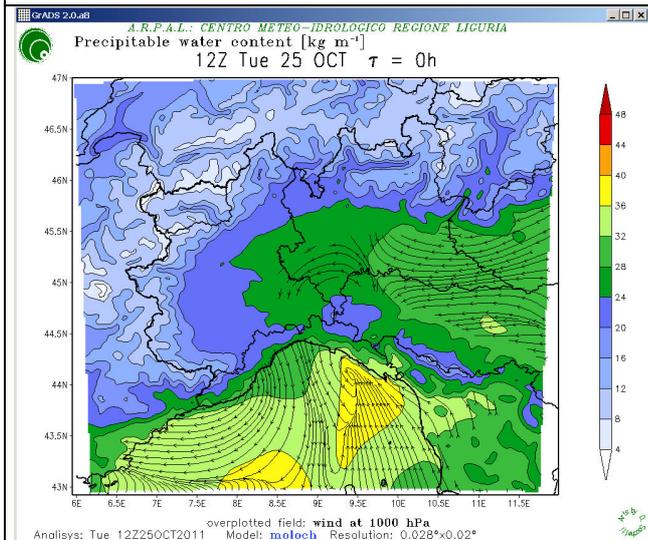


Figura 11 Mappa del contenuto di acqua precipitabile riferita alle 12 UTC del 25 ottobre (analisi del modello moloch inizializzato alle 12 UTC del 25 ottobre). In evidenza il massimo tra Tigullio e spezzino

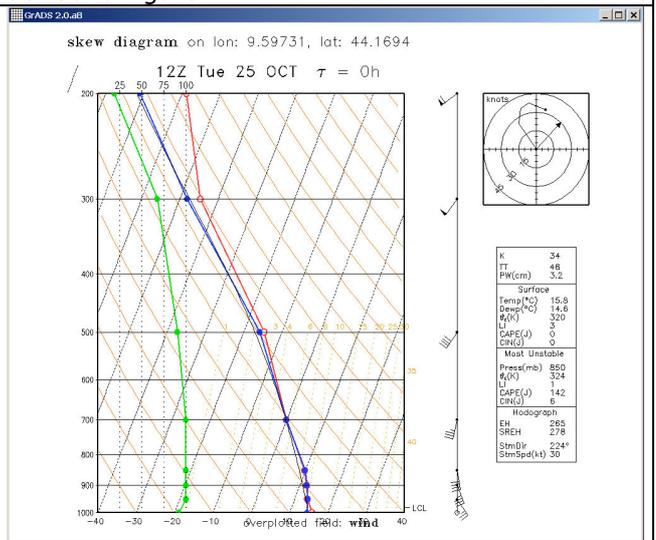


Figura 12 Diagramma Skew-T riferito ad un punto griglia del modello Moloch rappresentativo di Levanto, origine del sistema temporalesco a "V" che ha interessato Val di Vara e Cinque Terre (analisi del modello Moloch inizializzato alle 12 UTC del 25 ottobre). In evidenza il marcato shear vertical del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



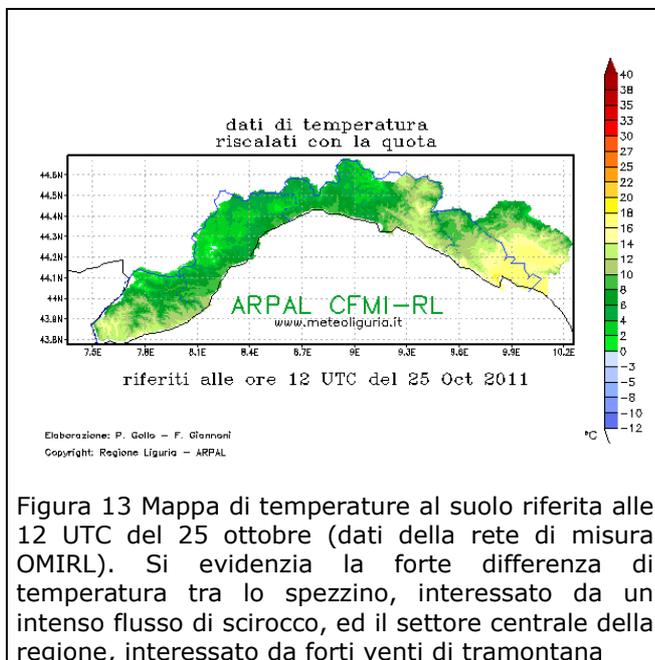


Figura 13 Mappa di temperature al suolo riferita alle 12 UTC del 25 ottobre (dati della rete di misura OMIRL). Si evidenzia la forte differenza di temperatura tra lo spezzino, interessato da un intenso flusso di scirocco, ed il settore centrale della regione, interessato da forti venti di tramontana

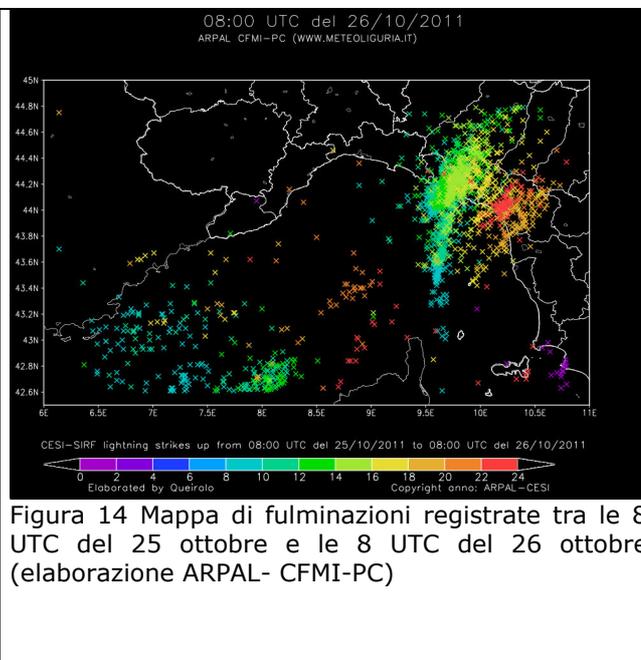


Figura 14 Mappa di fulminazioni registrate tra le 8 UTC del 25 ottobre e le 8 UTC del 26 ottobre (elaborazione ARPAL- CFMI-PC)

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).

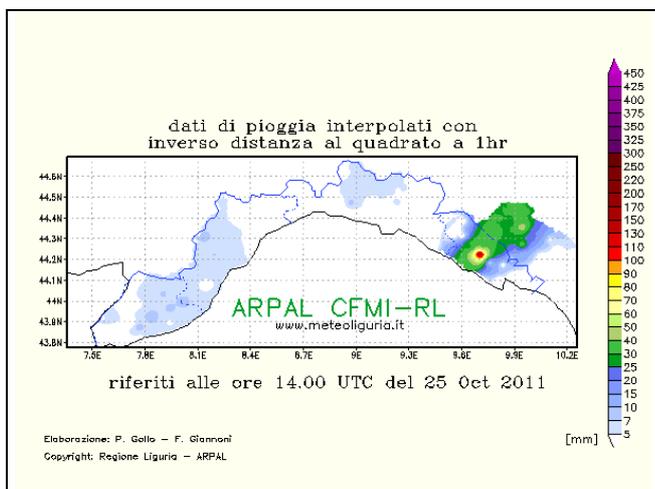


Figura 15 Piogge cumulate dalle 13.00 alle 14.00 del 25/10/11 (1 ora)

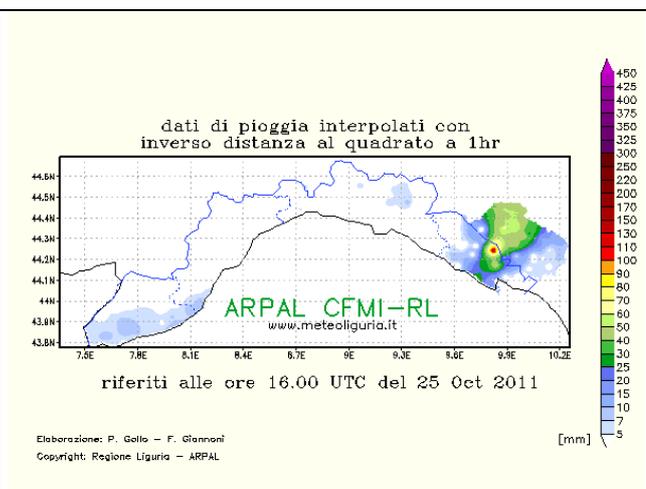


Figura 16 Piogge cumulate dalle 15.00 alle 16.00 del 25/10/11 (1 ora)

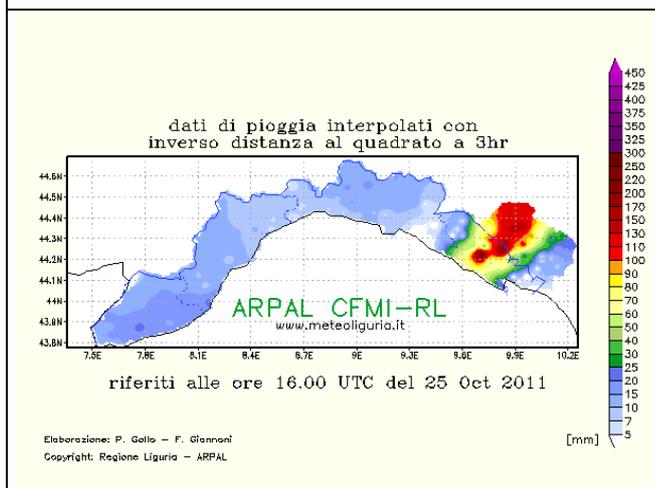


Figura 17 Piogge cumulate dalle 13.00 alle 16.00 del 25/10/11 (3 ore)

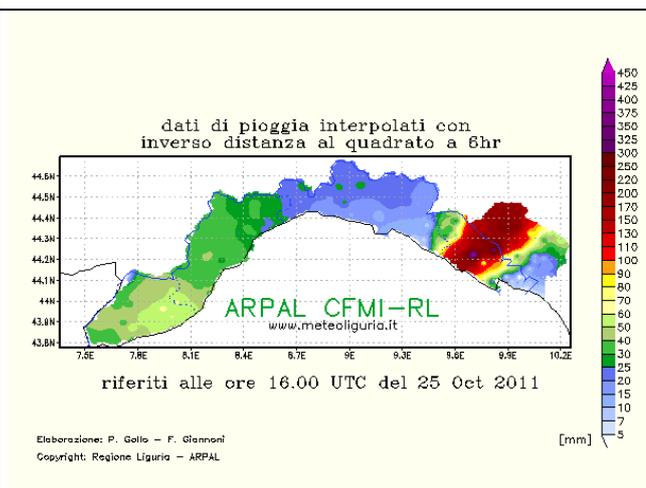


Figura 18 Piogge cumulate dalle 10.00 alle 16.00 del 25/10/11 (6 ore)



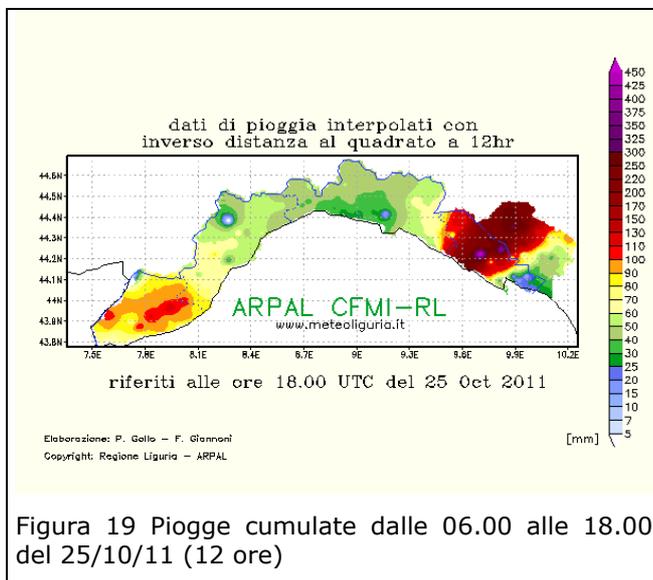


Figura 19 Piogge cumulate dalle 06.00 alle 18.00 del 25/10/11 (12 ore)

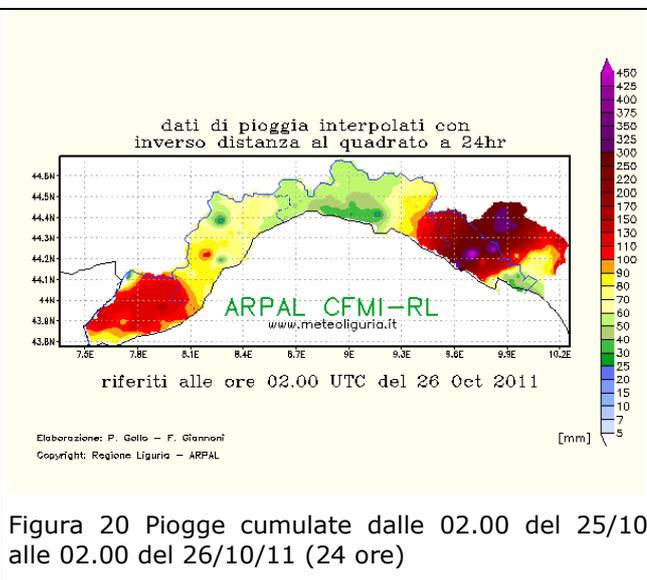


Figura 20 Piogge cumulate dalle 02.00 del 25/10 alle 02.00 del 26/10/11 (24 ore)

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.

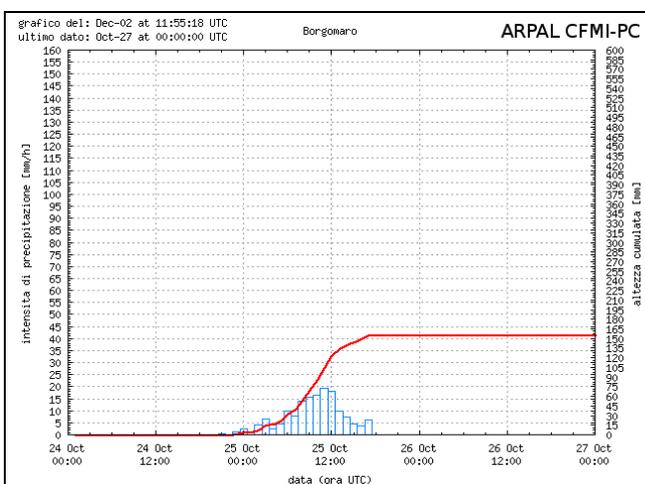


Figura 21 Ietogramma e cumolata: Borgomaro (A)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm in 6h, 12h, 24h) molto elevata

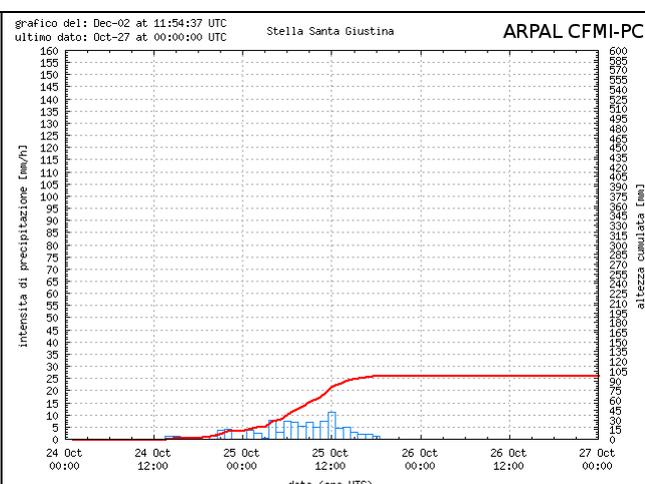


Figura 22 Ietogramma e cumolata: Stella S. Giustina (B)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm in 6h, 12h, 24h) elevata

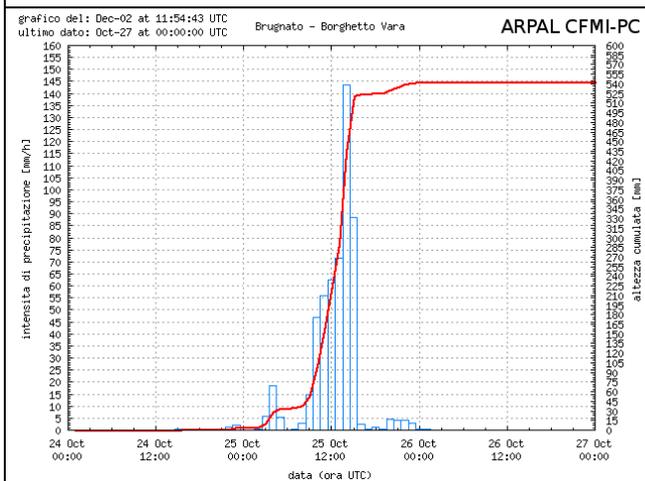


Figura 23 Ietogramma e cumolata: Brugnato (C)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm in 6h, 12h, 24h) molto elevata

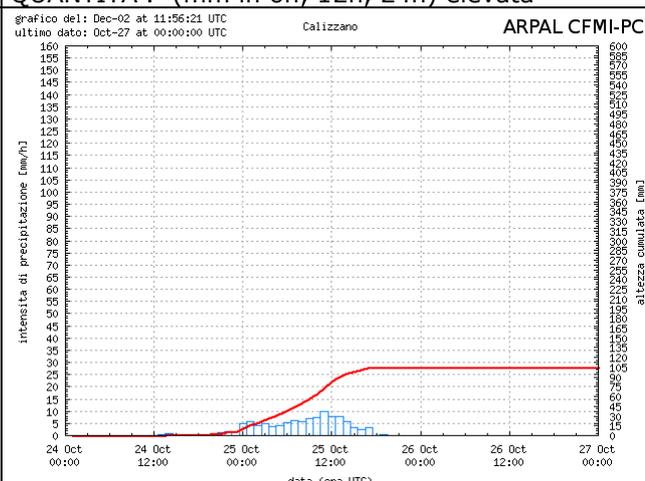


Figura 24 Ietogramma e cumolata Calizzano (D)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm in 6h, 12h, 24h) elevata



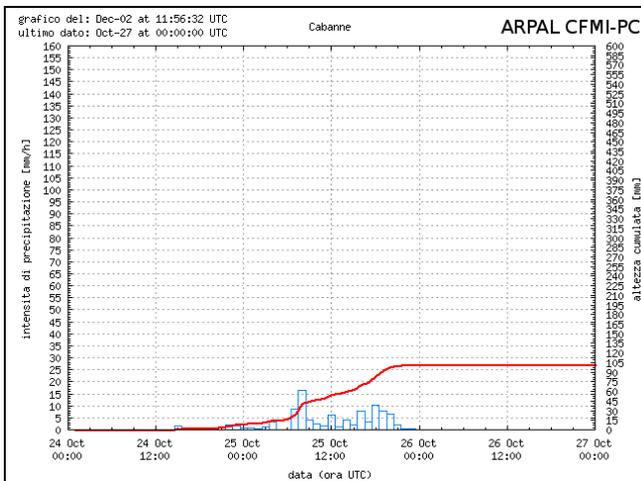


Figura 25 Ietogramma e cumulata: Cabanne (E)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm in 6h, 12h, 24h) significativa/elevata

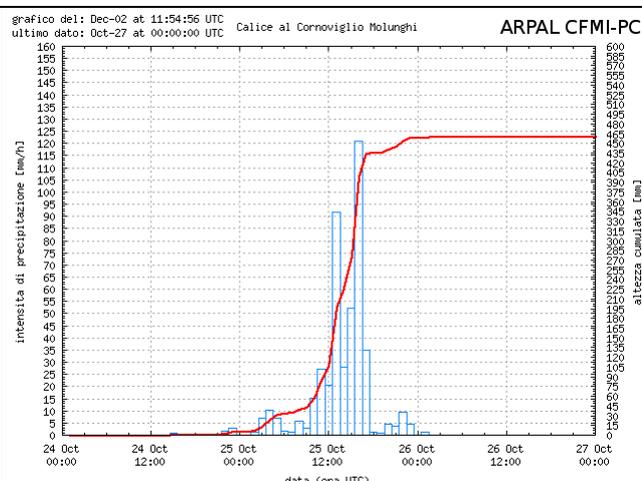


Figura 26 Ietogramma e cumulata: Calice al Corn. (C)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm in 6h, 12h, 24h) molto elevata

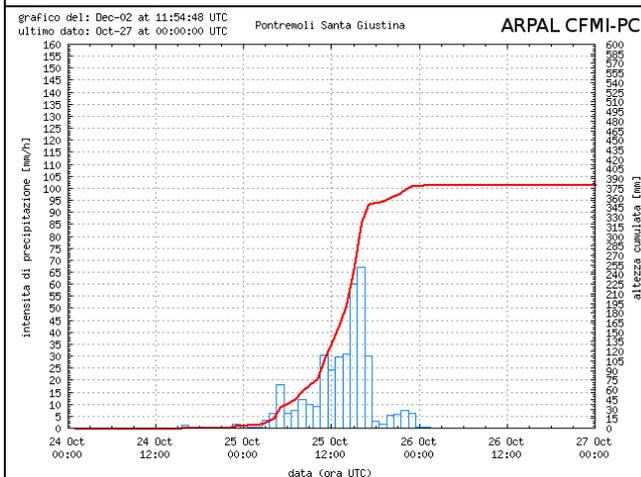


Figura 27 Ietogramma e cumulata: Pontremoli (MAGRA)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm in 6h, 12h, 24h) molto elevata

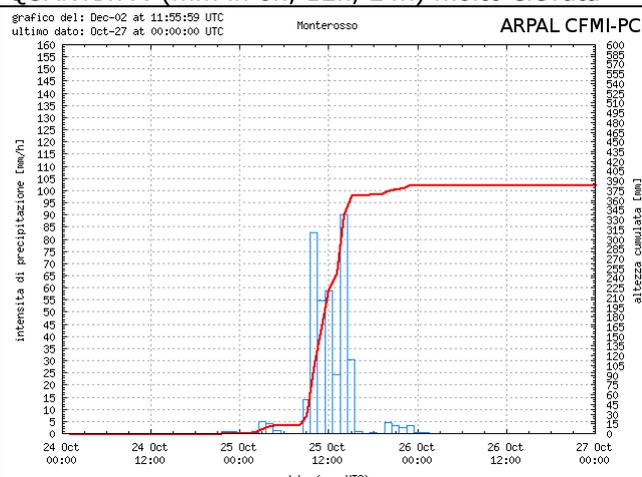


Figura 28 Ietogramma e cumulata: Monterosso (C)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm in 6h, 12h, 24h) molto elevata

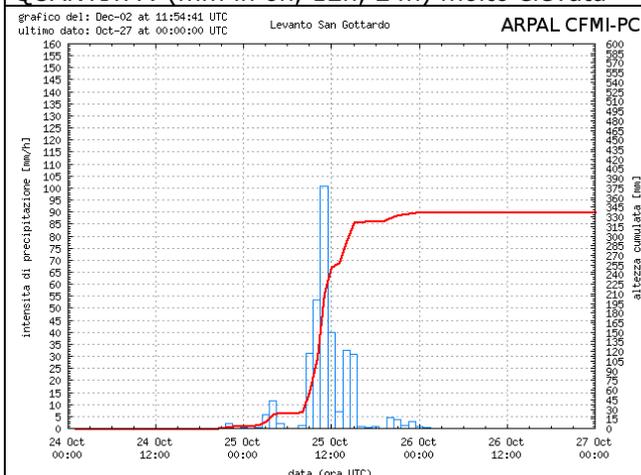


Figura 29 Ietogramma e cumulata: Levanto (C)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm in 6h, 12h, 24h) molto elevata

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

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")



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.

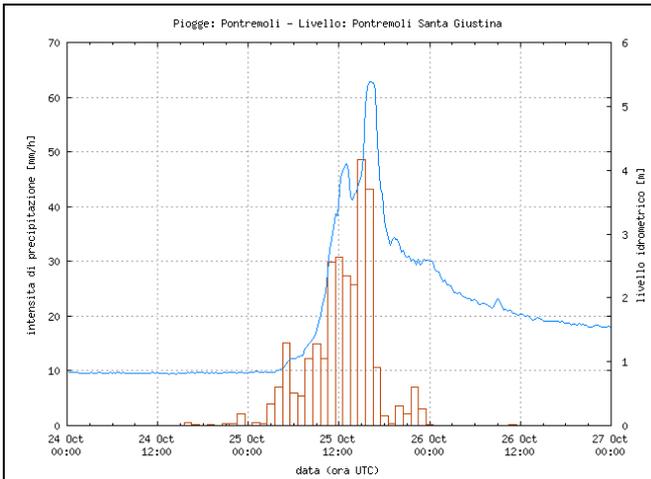


Figura 30 Precipitazione (Pontremoli) e Livello idrometrico (Vara a Santa Giustina)

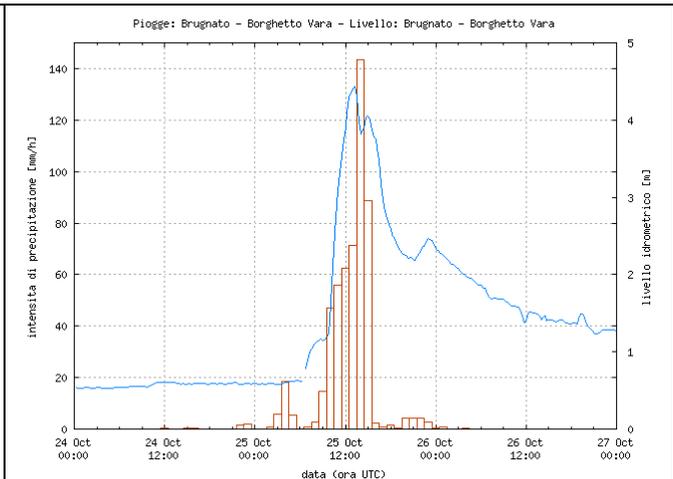


Figura 31 Precipitazione (Brugnato) e Livello idrometrico (Vara a Brugnato)

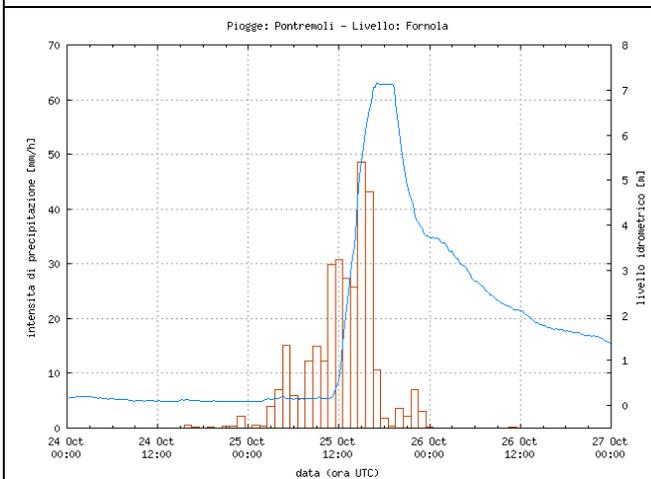


Figura 32 Precipitazione (Pontremoli) e Livello idrometrico (Magra a Fornola)

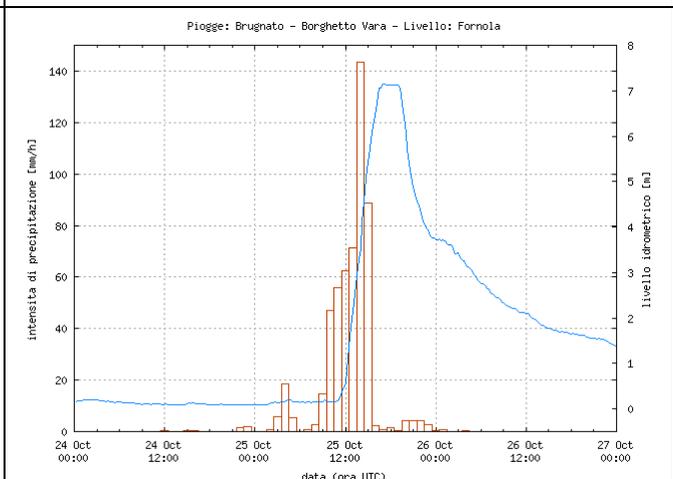


Figura 33 Precipitazione (Brugnato) e Livello idrometrico (Magra a Fornola)



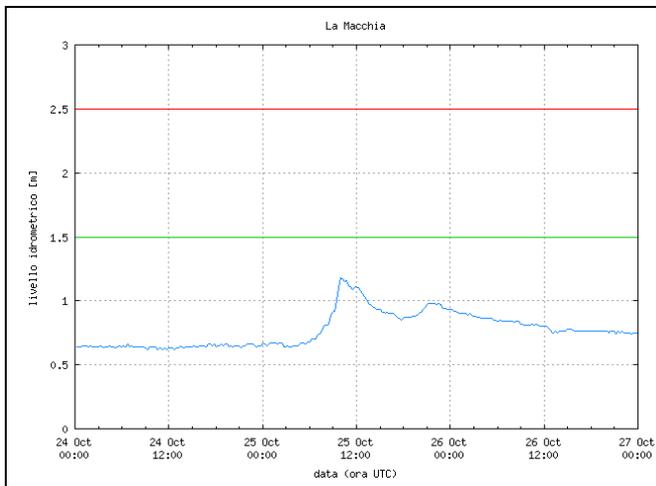


Figura 34 Livello idrometrico (Vara a La Macchia)

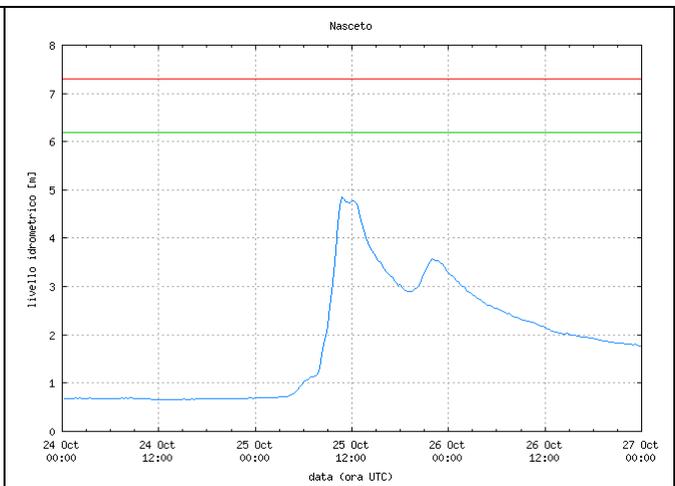


Figura 35 Livello idrometrico (Vara a Nasceto)

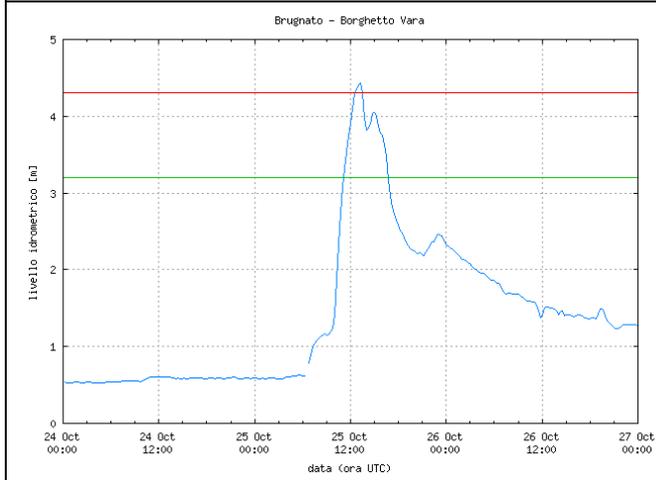


Figura 36 Livello idrometrico (Vara a Brugnato)

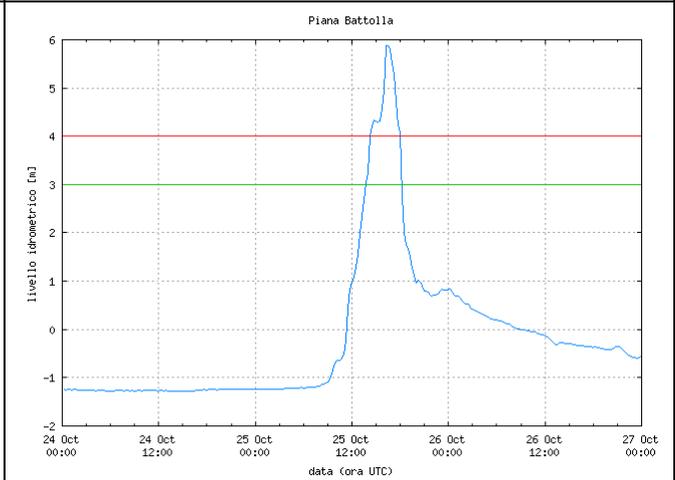


Figura 37 Livello idrometrico (Vara a Piana Battolla)

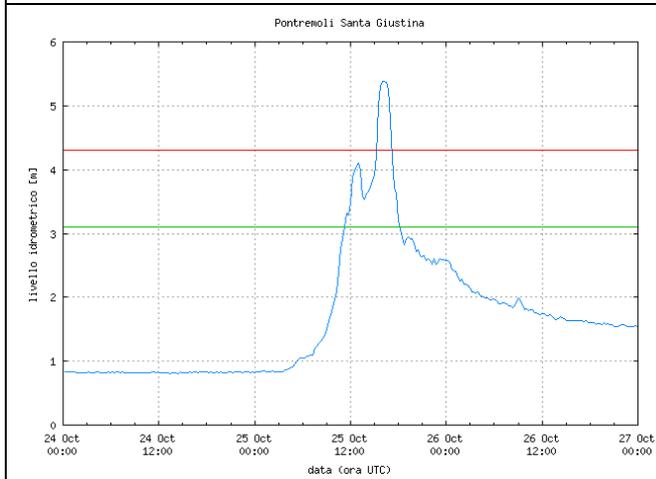


Figura 38 Livello idrometrico (Magra a Pontremoli Santa Giustina)

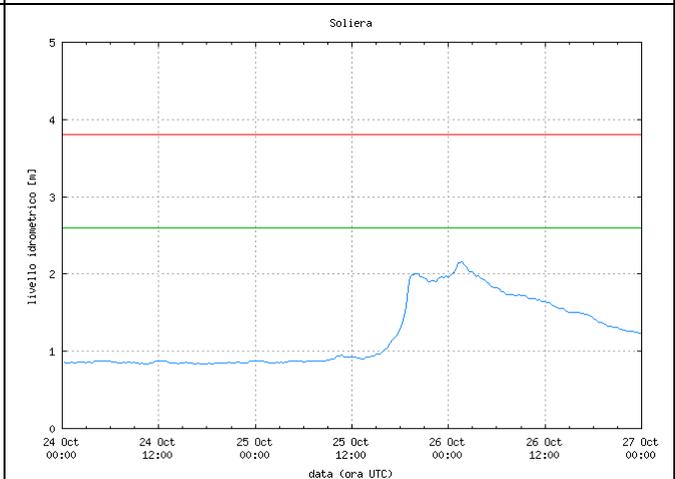


Figura 39 Livello idrometrico (Aulella a Soliera)



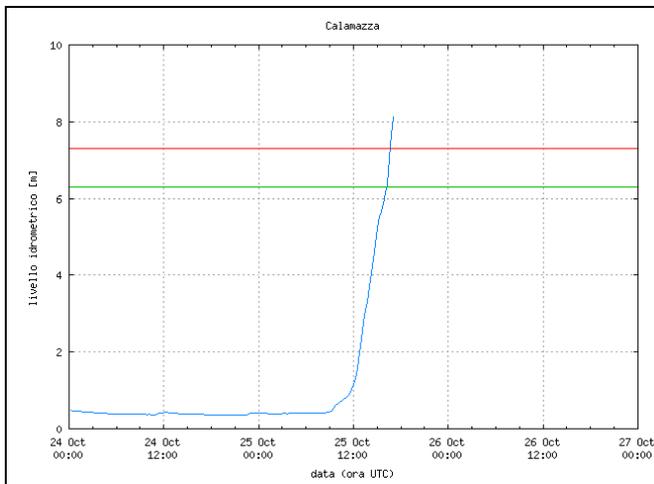


Figura 40 Livello idrometrico (Magra a Calamazza, osservazione interrotta a 8.12 m; colmo stimato a 9.40-9.60 m)

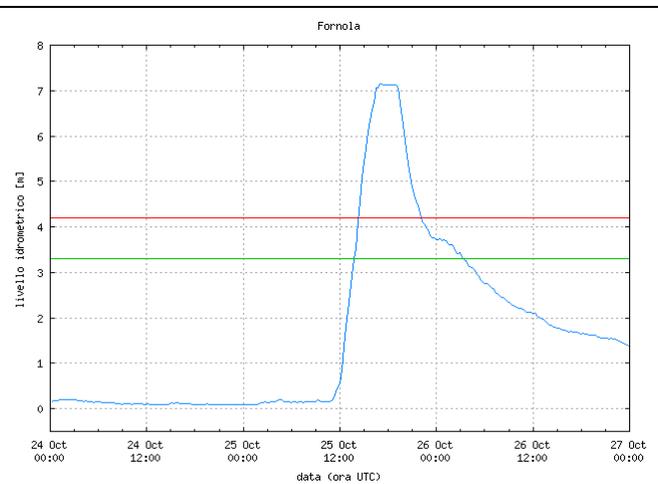


Figura 41 Livello idrometrico (Magra a Fornola)

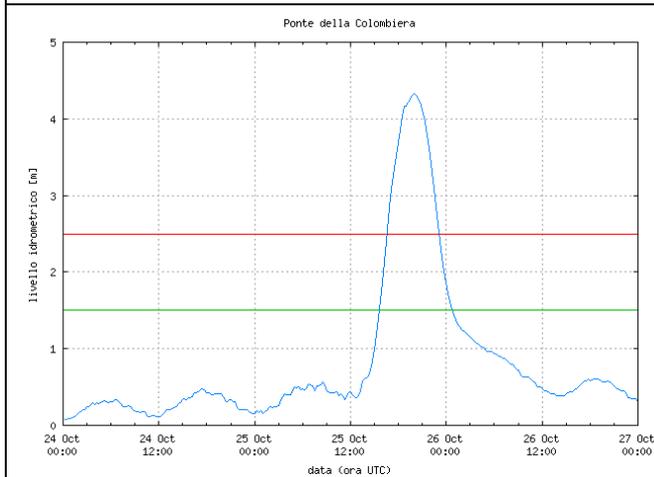


Figura 42 Livello idrometrico (Magra al Ponte della Colombiera)

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 di allertamento]	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 Levante 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, Levante, 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.

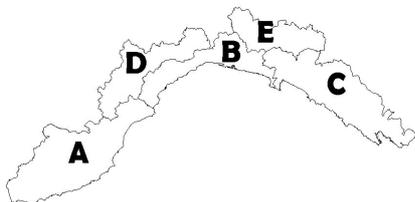
Le precipitazioni più copiose si sono avute sull'intero bacino del Magra con cumulate medie areali di circa 190 mm nelle 24 ore e massimi puntuali tra 300 e quasi 500 mm in 6 ore.

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.



RAPPORTO DI EVENTO METEOROLOGICO DEL 4-9/11/2011

(redatto da ARPAL-CFMI-PC, S. Gallino, V. Bonati, A. Cavallo, G. Galvani, F. Giannoni, P. Gollo, B. Turato)

Abstract

L'evento meteorologico che ha interessato la regione tra la serata del 3 e la mattina del 9 novembre 2011 sarà tristemente ricordato per l'esondazione del Torrente Bisagno e del Rio Fereggiano, verificatesi nel giorno Venerdì 4 novembre, in cui hanno perso la vita 6 persone.

Il lungo ed intenso periodo perturbato ha interessato la Liguria dopo soli 8 giorni dall'alluvione che ha colpito le Cinque Terre e le valli del Vara e del Magra nella giornata del 25 ottobre, causando ingenti danni e perdita di vite umane.

Il temporale organizzato che nella mattinata del 4 novembre ha colpito la città di Genova è stato sicuramente l'episodio antropicamente più impattante dell'evento meteorologico nel seguito descritto. Tuttavia, nel corso del lungo periodo perturbato si sono registrati altri episodi di esondazione, localizzati principalmente in zone golenali agricole, anche sui versanti padani della regione (Scrvia a Isola del Cantone il 4 novembre, Bormida di Millesimo a Millesimo e Bormida di Spigno a Piana Crixia il 5 novembre), numerose frane e smottamenti. A ciò si aggiungono gli ulteriori danni materiali provocati dalle due mareggiate abbattutesi sulle coste liguri nello stesso periodo.

Le piogge osservate hanno fatto registrare quantitativi anche molto elevati (massimo areale di circa 150 mm/12h e di 210 mm/24h sulla zona D a cavallo tra il 4 ed il 5 novembre) ed intensità molto forti (fino a 180 mm/1h a Vicomorasso, comune di Sant'Olcese, nella giornata del 04/11), in particolare nella prima fase dell'evento, come sarà di seguito meglio dettagliato.

1 Analisi meteorologica

Dalla metà della prima settimana di novembre e fino alla metà della settimana successiva una vasta e profonda struttura depressionaria proveniente dall'Atlantico ha interessato l'Europa determinando precipitazioni molto intense dapprima sulla Francia Meridionale ed in seguito sull'area tirrenica.

La sua origine era molto remota, sia nello spazio che nel tempo: essa, infatti, si era sviluppata da una pre-esistente struttura ciclonica, rinvigorita dapprima dall'arrivo del ciclone responsabile della precoce nevicata che ha interessato la costa Est degli Stati Uniti (compresa New York) tra il 29 ed il 30 ottobre 2011, e successivamente da un secondo vortice di aria fredda in quota proveniente dall'Alaska.

Nei giorni precedenti l'evento la saccatura ad essa associata si estendeva a latitudini relativamente basse, arrivando fino al Marocco, favorendo così l'apporto di notevoli quantità di aria umida di origine subtropicale sul Mediterraneo. Particolarmente significativo è risultato anche il contributo di aria umida proveniente da sorgenti remote. Il ciclone proveniente dalle coste orientali degli Stati Uniti risultava, infatti, già arricchito da un *plume* di acqua precipitabile fornita dai "resti" del ciclone Tropicale Rina, che aveva interessato le regioni caraibiche tra il 23 ed il 28 ottobre; a ciò si è aggiunto un considerevole contributo di aria umida raccolta durante il lungo percorso attraverso l'Atlantico.

Alla vigilia dell'evento su gran parte dell'Europa il tempo era stabile con temperature, sia del mare che nei bassi strati atmosferici, ancora miti rispetto alla stagione, strascico di un autunno anch'esso particolarmente mite.

Nel contempo, sull'Europa orientale, si registrava la presenza di un solido promontorio anticiclonico con massimo al suolo di 1025 hPa localizzato il giorno 3/11 sull'Ucraina.

Tale struttura ha avuto un ruolo fondamentale nelle fasi successive esercitando un'azione di blocco rispetto al moto delle strutture depressionarie in transito sul Mediterraneo. Infatti, l'anticiclone sotto la spinta della saccatura in avanzamento, si è ulteriormente consolidato fino a 1031 hPa espandendosi verso Nord e creando così una vasta e robusta barriera ad Est.

La configurazione appena descritta ha determinato precipitazioni intense, persistenti e temporalesche, venti burrascosi e mari anche molto agitati in particolare sulla Francia meridionale, su tutto il Tirreno ed il Nord-Ovest italiano, con conseguenti gravi problemi sulle zone interessate.

Per quanto riguarda la Liguria l'evento nel suo complesso si può schematizzare in 3 fasi:

FASE I: fase prefrontale, temporalesca e convettiva (dalla serata del 3/11 a metà giornata di domenica 6/11);

FASE II: fase di tregua nelle precipitazioni (dal pomeriggio di domenica 6/11 alla serata di lunedì 7/11);

FASE III: fase di occlusione con precipitazioni sia temporalesche che avvelte (dalla tarda serata di lunedì 7/11 fino alla nottata tra martedì 8 e mercoledì 9/11).

L'inizio della **FASE I** può essere individuato nella serata del 3 novembre, quando il fronte freddo ancora sulla Francia ha iniziato ad approssimarsi alla Liguria (Figura 43), esponendo la regione ad intense correnti sciroccali nei bassi strati molto umide, instabili e fortemente convergenti sul Golfo stesso (low level jet a 700 hPa fino a circa 100 km/h da Sud, Sud-Est); nel corso di questa prima fase d'evento la



zona di convergenza del flusso si è spostata molto lentamente dal centro della regione verso il Centro-Ponente.

Già nella serata del 3 novembre il deciso aumento dell'instabilità e la convergenza del flusso verso la costa ligure hanno innescato fenomeni temporaleschi prefrontali anche di moderata intensità sul genovesato (temporale a Pegli la sera del 3/11). Gli episodi convettivi hanno raggiunto il culmine nelle prime ore della notte di venerdì 4 novembre quando un temporale organizzato si è innescato in prossimità del Monte di Portofino e lentamente si è spostato verso Ovest, andando a interessare nella mattinata Camogli, Recco e verso fine mattinata la zona urbana di Genova. In particolare, le precipitazioni associate a tale sistema temporalesco autorigenerante (vedi Figura 44, Figura 45 e Figura 46) hanno insistito soprattutto sulla Valle Sturla, sulla Val Bisagno e sul versante est della Val Polcevera, andando a determinare massimi orari fino a 180 mm/1h e cumulate fino a 400 mm/12h a Vicomorasso.

In tale situazione la convergenza del flusso umido su una zona della costa molto ristretta, il forte apporto di acqua precipitabile (Figura 47 e 6), insieme ad una configurazione di blocco anticiclonico, hanno giocato un ruolo fondamentale nel mantenere attivo il temporale organizzato per alcune ore, favorendo la persistenza di precipitazioni di intensità molto forte su un'area relativamente limitata. Come conseguenza, il Rio Fereggiano ed i torrenti Bisagno e Sturla sono andati in crisi, come sarà descritto in maniera più dettagliata nella sezione dedicata all'analisi idrometrica.

Il temporale genovese si è esaurito nel primo pomeriggio del 4 novembre. Tuttavia, nelle ore successive, le condizioni si sono mantenute fortemente instabili, anche se la zona di convergenza del flusso di aria umida si è spostata lentamente in direzione occidentale. Tra il pomeriggio e la serata del 4 novembre, si sono formate quindi nuove celle convettive, anch'esse stazionarie, sui versanti padani, andando ad interessare alcune vallate ubicate più a Ovest rispetto a quelle precedentemente interessate. Le nuove celle convettive hanno insistito fino prime ore del 5 novembre sulla parte nord-occidentale della zona B e sulla parte orientale di D con massimi orari fino a 120 mm a Campo Ligure e cumulate puntuali di quasi 500 mm/12h a Rossiglione.

La giornata del 5 novembre è stata anch'essa caratterizzata dalla persistenza di forte instabilità. Il fronte freddo nel corso della giornata si è spostato ulteriormente dal Golfo del Leone verso Est, raggiungendo in serata la Corsica (Figura 49). Il Mar Ligure e la Liguria hanno continuato ad essere interessate da fenomeni convettivi prefrontali, associati ad un'intensa attività elettrica, culminati nella formazione di una vasta area temporalesca la cui impronta satellitare evidenziata una struttura a "V" con vertice stazionario per diverse ore sul "dito" della Corsica (Figura 51). La Liguria è stata pertanto interessata dal transito di celle temporalesche provenienti dai quadranti meridionali che hanno portato precipitazioni più intense sulla parte più estrema delle riviere, con cumulate areali anche elevate nella zona di allertamento C e molto elevate nella zona D (vedi Figura 50). I venti intensi da Sud-Est hanno determinato una prima intensa mareggiata di Mezzogiorno-Scirocco che ha colpito le coste che si estendono dal Levante fino al Savonese.

La fase I si è conclusa nella mattinata del 6 novembre, quando il fronte freddo è transitato sulla Liguria facendo registrare sul Ponente della regione locali fenomeni convettivi associati a piogge al più moderate.

La **FASE II**, caratterizzata da una finestra di tregua nelle precipitazioni per il territorio ligure, può essere collocata tra il pomeriggio del 6 novembre e la serata del 7 novembre. In tale periodo la perturbazione è stata caratterizzata da una connotazione di TLC (*Tropical Like Cyclon*, ciclone con caratteristiche simili ai cicloni tropicali): un minimo al suolo relativamente profondo (sui 1004-1005 hPa) tra le Baleari e il Golfo del Leone in iniziale movimento verso NE, "nucleo caldo" (*warm core*) negli strati medi, struttura barotropica (simmetrica rispetto al minimo al suolo), formazione di un "occhio" nelle immagini della nuvolosità da satellite, gradiente molto intenso sul Mediterraneo occidentale con venti al suolo di burrasca forte anche rafficati (70-80 km/h di vento medio), estrema efficacia nel generare moto ondoso importante (si veda Figura 52). Il sistema è stato denominato "ROLF" dal National Hurricane Center di Miami del NOAA e studiato approfonditamente.

All'interno della perturbazione risultava evidente un secondo sistema frontale già occluso, che dai settori Corsica e Sardegna si è spostato verso Nord, Nord-Est. In tale contesto meteorologico nella mattinata del 7 novembre l'isola d'Elba è stata colpita da un sistema convettivo persistente che ha determinato nuovi fenomeni alluvionali. La fase II si è conclusa alla vigilia dell'arrivo di questo secondo fronte occluso sulla Liguria.

La **Fase III** può essere individuata nel periodo compreso tra la tarda serata del 7 novembre e la notte tra l'8 ed il 9 novembre. Essa è stata caratterizzata dalla presenza tra il Golfo del Leone e la Provenza del TLC e dal passaggio del fronte occluso ad esso associato sulla Liguria (Figura 53). In tale configurazione si sono innescati sul mare nuovi sistemi convettivi nelle ore notturne tra il 7 e l'8 novembre che hanno interessato in particolare il centro della regione. Dalle prime ore della giornata dell'8 novembre un temporale organizzato ha insistito nuovamente sulla città di Genova (Figura 54 e Figura 55) portando precipitazioni anche di forte intensità (massimo orario a Genova Castellaio di 40 mm) e creando locali disagi per allagamenti e smottamenti. Lo spostamento verso Nord del TLC ha provocato inoltre un deciso aumento del moto ondoso favorendo una seconda mareggiata di tipo "oceanico" che ha colpito soprattutto l'imperiese causando danni ingenti e diffusi (Figura 56).

La III fase si è chiusa definitivamente nella mattinata del 9 novembre, quando il vortice depressionario si è spostato verso il Golfo del Leone, andando a dissiparsi e facendo registrare sul Centro e sul Ponente ligure precipitazioni ormai residue e di debole intensità.

Si sottolinea infine che per comprendere a fondo le cause di un evento di tale portata sarebbe necessario indagare anche il ruolo giocato dal Mediterraneo. Al momento rimane, infatti, aperta la valutazione



quantitativa del contributo dell'anomalia di temperatura superficiale del Mediterraneo (variabile, nel periodo in esame, tra 0.5 e 2.0 °C), causata 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.

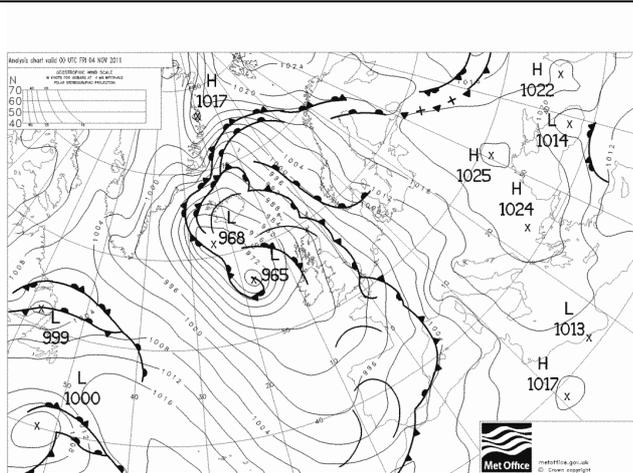


Figura 43: FASE I - Analisi dei fronti al suolo di Bracknell riferita alle 00 UTC del 4 novembre 2011 (elaborazione UK Met Office) - Il fronte freddo si trova sul Golfo del Leone e la Liguria è esposta a fenomeni prefrontali

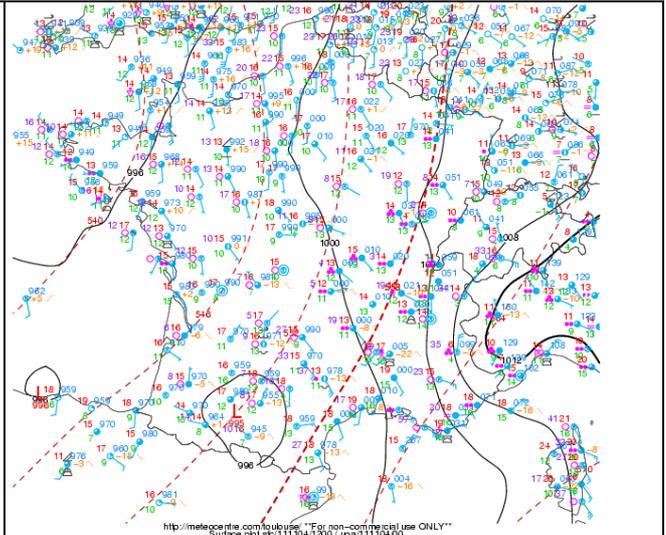


Figura 44 FASE I - Mappa di osservazioni al suolo sinottiche al suolo riferita alle 12 UTC del 4/11/2011 (elaborazione MétéoCentre) - Su Genova viene riportata la presenza cumulonembi e segnalata attività temporalesca mentre sulla Corsica orientale diverse stazioni registrano venti sui 40-50 km/h da SE

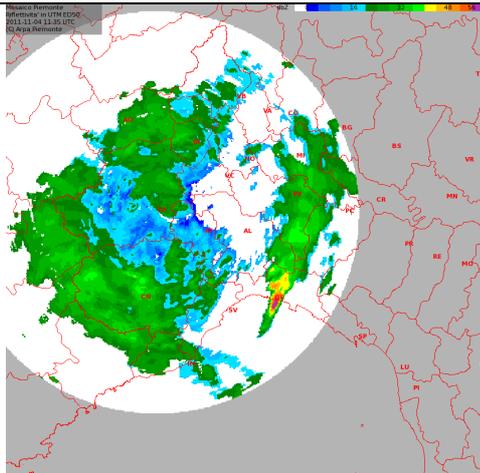


Figura 45: FASE I - Mappa di riflettività riferita ore 11.35 UTC del 4 novembre - Si notino le idrometeorie rilevate dal radar con eco molto elevato, legate alla presenza del temporale organizzato sulla città di Genova (mosaico del Radar meteorologico di Bric della Croce - elaborazione ARPA Piemonte).

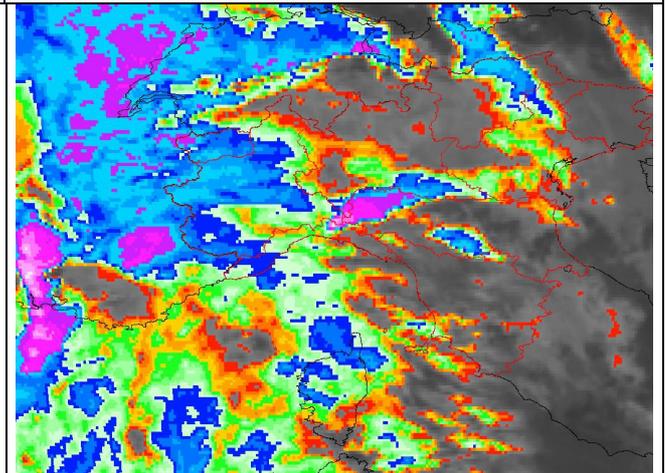


Figura 46: FASE I - Immagine dal satellite MSG, canale IR 10.8, riferita ore 11:40 UTC del 4 novembre - Si nota il temporale organizzato con la parte più fredda del top delle nubi (viola-bianco) localizzata sopra la parte orientale della città di Genova.

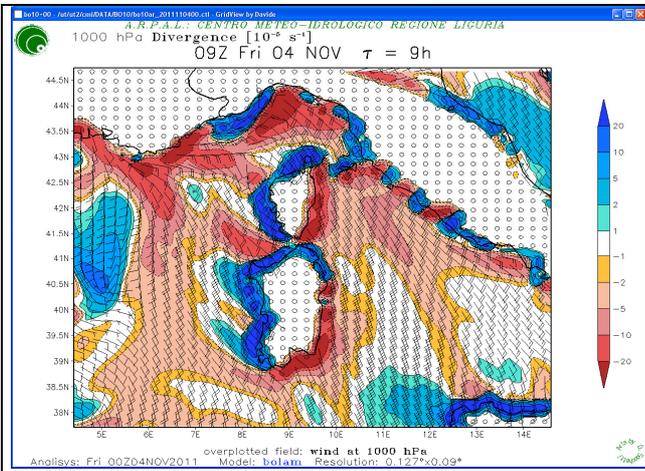


Figura 47: FASE I - Campo di convergenza (rosso) a 1000 hPa sovrapposto al campo di vento alla stessa quota, riferiti alle 9 UTC del 4 novembre (previsione a +9h del modello BOLAM a 10 km inizializzato alle 00 UTC del 4 novembre) - Si nota la forte convergenza nei bassi strati sulla zona antistante Genova (zona rossa) e il flusso di Grecale divergente sul Ponente (zona blu)

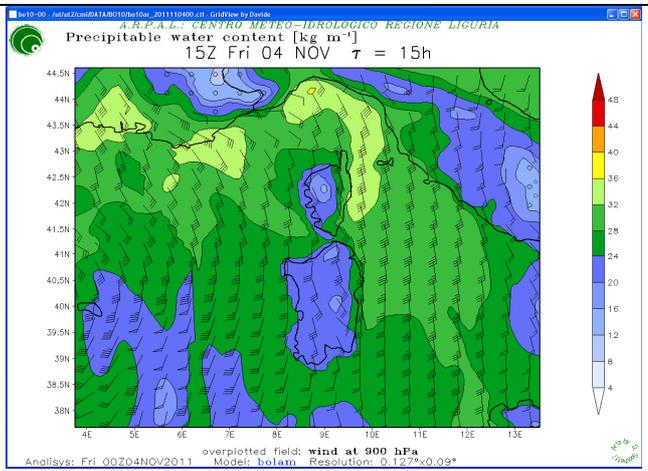


Figura 48: FASE I - Mappa di acqua precipitabile e di vento a 900 hPa riferiti alle 15 UTC del 4 novembre (previsione a +15h del modello BOLAM a 10 km inizializzato alle 00 UTC del 4 novembre) - Si notano gli elevati valori di acqua potenzialmente precipitabile disponibile in prossimità della costa ligure, con avvezione da Sud, Sud-Est

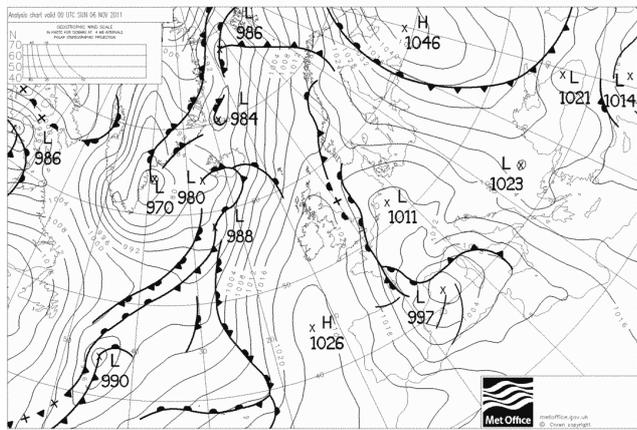


Figura 49: FASE I - Analisi dei fronti al suolo di Bracknell riferita alle 00 UTC del 6 novembre 2011 - (elaborazione UK Met Office) - Il fronte freddo raggiunge il Nord della Corsica e entra in fase occlusiva invorticandosi attorno al minimo tra Leone e Baleari

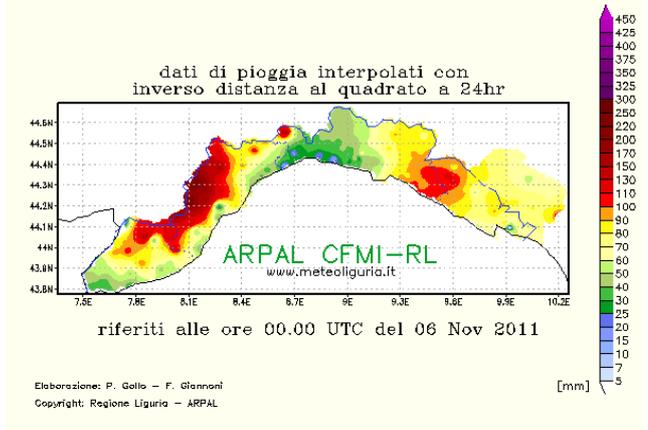


Figura 50: FASE I - Mappa di precipitazioni cumulate in 24 ore osservate dalla rete di misura OMIRL, riferite alle 00 UTC del 6 novembre - Le zone maggiormente interessate dalle piogge areali sono la D e la C.

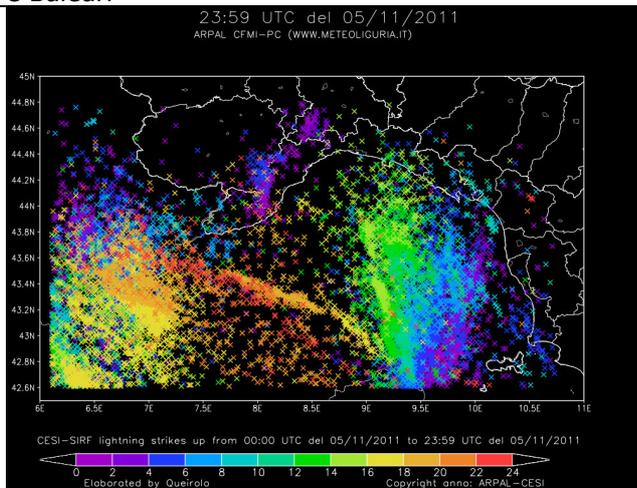


Figura 51: FASE I - Mappa di fulminazioni registrate dalla rete CESI, riferite all'intera giornata del 5 novembre (elaborazione CFMI-PC) - Si nota la forte concentrazione di fulmini sul "dito" della Corsica e l'apertura a "ventaglio" verso Nord, con le estreme riviere liguri maggiormente interessate dall'arrivo di celle temporalesche.

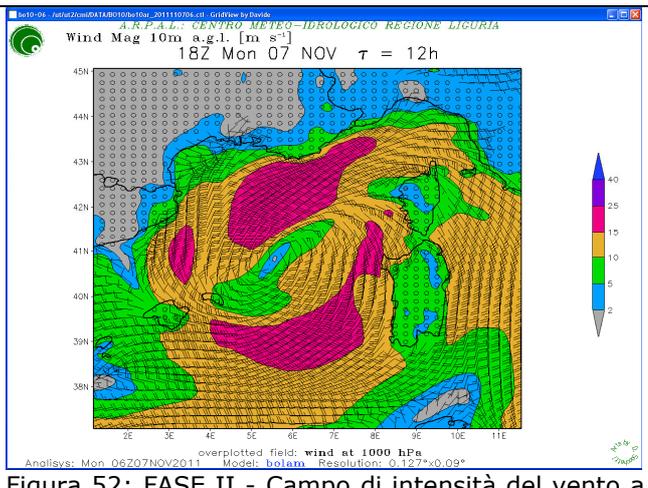


Figura 52: FASE II - Campo di intensità del vento a 10 metri sul livello del mare sovrapposto ai vettori del vento a 1000 hPa riferito alle 18 UTC del 7 novembre (previsione a +12h del modello BOLAM10 inizializzato alle 06 UTC del 7 novembre; elaborazione CFMI) - Si nota il minimo al suolo associato alla struttura TLC posizionato tra Baleari,



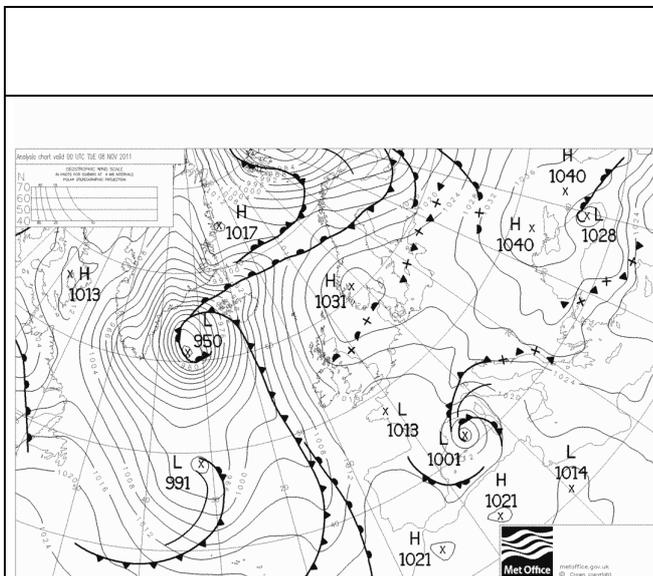


Figura 53: FASE III - Analisi dei fronti al suolo di Bracknell riferita alle 00 UTC dell'8 novembre 2011 (elaborazione UK Met Office)

Leone e Corsica con venti calmi nell'occhio e venti molto intensi (80-100 km/h) intorno al minimo e quasi simmetrici in tutte le direzioni

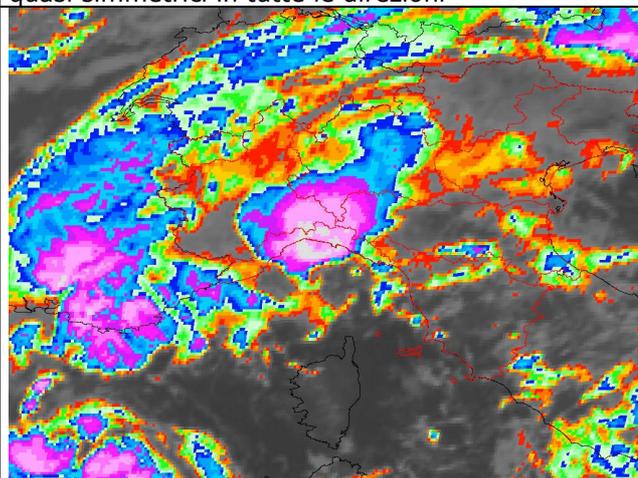


Figura 54: FASE III - Immagine MSG canale IR 10.8 riferita ore 03 UTC dell'8 novembre - Si nota il temporale organizzato con la parte più fredda del top delle nubi (viola-bianco) localizzato sul centro della regione (forte temporale su Genova).

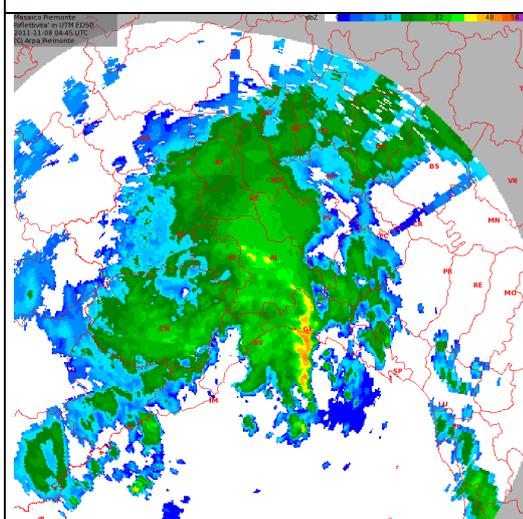


Figura 55 FASE III: Mappa di riflettività riferita ore 04:45 UTC dell'8 novembre, istante di precipitazioni fino a forti su Genova (mosaico dei Radar Meteorologici di Bric della Croce e Monte Settepani - elaborazione ARPA Piemonte)

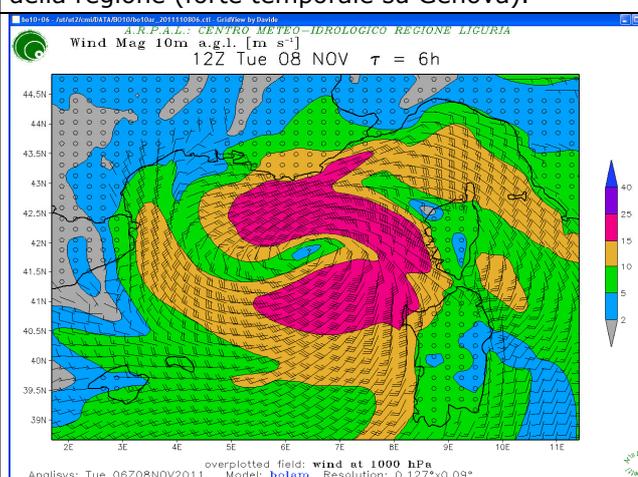


Figura 56 FASE III: Campo di intensità del vento a 10 metri sul livello del mare sovrapposto ai vettori del vento a 1000 hPa riferito alle 12 UTC dell'8 novembre (previsione a +6h del modello BOLAM10 inizializzato alle 06 UTC dell'8 novembre; elaborazione CFMI) - Si nota il minimo al suolo associato alla struttura TLC a sud della Costa Azzurra con venti calmi nell'occhio e venti molto intensi (80-100 km/h) intorno al minimo. Il sistema è nella posizione più prossima alla Liguria.

2 Dati Osservati

2.1 Analisi Pluviometrica

L'evento che ha interessato l'intera regione tra il 4 e l'8 novembre 2011 presenta cumulate areali di precipitazione elevate sulle zone di allertamento tirreniche (A, B, C) e molto elevate su quelle padane (D,E) (Tabella 1). I massimi afflussi osservati a scala di bacino, per la durata complessiva dell'evento, si sono verificati sul fiume Bormida di Millesimo (395 mm/120h) e sui torrenti Scrivia (360 mm/120h) e Bisagno (350 mm/120h). Considerando le durate triorarie, le massime cumulate mediate a scala di bacino sono state registrate sul torrente Bisagno (zona B, 93 km²) con intensità di 93 mm/3h e sul torrente Stura chiuso a Rossiglione (zona D, 89 km²) con intensità di 86 mm/3h.

I bacini all'interno dei quali si sono verificate esondazioni sono stati quelli del torrente Bisagno, del torrente Sturla a Genova e la quasi totalità dei bacini padani del centro-ponente (Scrivia, Stura, Erro, Bormida di Spigno, Bormida di Millesimo).



I fenomeni registrati sono stati di natura prefrontale, fortemente convettiva, tra le giornate del 4 e 5 novembre, con temporali di intensità molto forte e quantitativi molto elevati sulle zone di allertamento B, D ed E.

Come sarà meglio specificato nel seguito, particolarmente significativi sono stati i valori osservati a Vicomorasso (comune di Sant'Olcese - GE), dove il pluviometro ha registrato valori di 181 mm/h, 337 mm/3h e 469 mm/24h.

2.1.1 Analisi dei dati a scala areale

Dal punto di vista della distribuzione delle precipitazioni l'evento in esame, verificatosi tra il 4 e l'8 novembre 2011, è da considerarsi diffuso: ha interessato, infatti, tutta la Liguria, concentrandosi in diversi momenti sulle varie zone di allertamento.

I quantitativi di precipitazione areali sono stati elevati sul versante tirrenico e molto elevati sul versante padano. I valori osservati sono riportati in forma tabellare (Tabella 1 e Tabella 6) ed in forma grafica (da Figura 16 a Figura 65).

In Tabella 1 sono riportate le precipitazioni massime areali per le diverse durate e le varie zone di allertamento calcolati sull'intera durata dell'evento (dalle 21.00 UTC del 3/11/2011 alle 21.00 UTC dell'8/11/2011).

Zona	1h (mm)	3h (mm)	6h (mm)	12h (mm)	24h (mm)	Totale evento 120h (mm)
A	9 06/11/2011 7.00	22 06/11/2011 8.00	32 06/11/2011 11.00	56 06/11/2011 7.00	98 06/11/2011 1 11.00	211 09/11/2011 21.00
B	10 04/11/2011 10.00	28 04/11/2011 12.00	52 04/11/2011 15.00	88 04/11/2011 21.00	129 04/11/2011 1 23.00	267 09/11/2011 21.00
C	9 05/11/2011 16.00	27 05/11/2011 16.00	44 05/11/2011 16.00	74 05/11/2011 17.00	82 05/11/2011 1 18.00	150 09/11/2011 21.00
D	18 04/11/2011 21.00	49 04/11/2011 22.00	87 04/11/2011 23.00	145 05/11/2011 4.00	211 05/11/2011 1 15.00	360 09/11/2011 21.00
E	17 04/11/2011 13.00	45 04/11/2011 14.00	72 04/11/2011 15.00	109 04/11/2011 14.00	169 05/11/2011 1 0.00	302 09/11/2011 21.00
C+	9 05/11/2011 8.00	23 05/11/2011 9.00	39 05/11/2011 12.00	66 05/11/2011 17.00	78 05/11/2011 1 22.00	139 09/11/2011 21.00
C-	14 05/11/2011 15.00	33 05/11/2011 16.00	49 05/11/2011 16.00	74 05/11/2011 17.00	83 05/11/2011 1 18.00	152 09/11/2011 21.00
MAGRA	10 05/11/2011 8.00	26 05/11/2011 9.00	43 05/11/2011 12.00	63 05/11/2011 17.00	77 05/11/2011 1 22.00	134 09/11/2011 21.00

Tabella 5 Massimi areali sulle zone di allertamento della cumulata di pioggia registrata per diverse durate (viene riportato il valore in mm, la data e l'ora UTC)

L'evento, durato complessivamente 5 giorni (Figura 61), ha prodotto esondazioni, frane e smottamenti diffusi, ed ha insistito particolarmente sulle zone di allertamento D, E nonché sulla parte della zona B compresa tra Genova e il promontorio di Portofino. Dal punto di vista degli effetti al suolo, si possono distinguere 3 differenti periodi.

Primo periodo (4-6 novembre 2011): le precipitazioni sono iniziate nella notte tra il 3 e il 4 novembre e si sono protratte con intensità molto elevata fino al primo pomeriggio del 4, interessando l'area genovese (Figura 16) e determinando le esondazioni del torrente Bisagno e del suo affluente Rio Fereggiano, del torrente Sturla e dello Scrivia.

Dalla metà del pomeriggio del 4 novembre (Figura 58) le piogge si sono progressivamente estese alla parte occidentale della zona B e, con maggiori intensità e particolare insistenza, oltre lo spartiacque padano della zona di allertamento D. In questa zona si sono osservate piene/esondazioni su Stura, Orba, Erro, Bormida di Spigno e di Millesimo tra il 4 ed il 5 novembre.

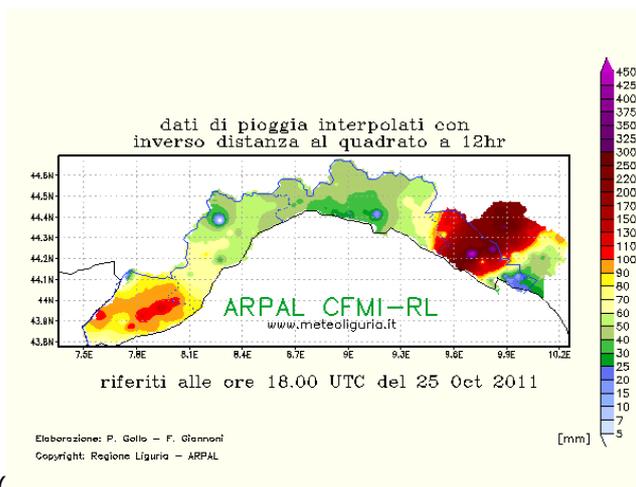
Tra le 5 e le 17 UTC del 5 novembre si sono registrate sulla zona C cumulate di precipitazione medie areali massime più contenute ma comunque elevate (74 mm/12h), che hanno determinato nel corso della



seconda metà della giornata piene significative ma senza esondazioni di rilievo (Magra, Entella e bacini minori).

Successivamente i fenomeni hanno progressivamente interessato il Ponente dove sono proseguiti fino a metà giornata del 6 novembre: le precipitazioni osservate tra i giorni 5 e 6 novembre sulla zona di allertamento A hanno prodotto un progressivo innalzamento dei livelli idrometrici dei bacini di III categoria (superficie drenata superiore a 150 km²), con transito del colmo di piena nel corso della prima metà della giornata del 6 novembre, seppur in assenza di esondazioni. I valori medi areali massimi su 12 ore risultano più contenuti, seppure elevati (56 mm/12h tra le 19 UTC del 5/11/2011 e le 7 UTC del 6/11/2011).

Secondo periodo (6-7 novembre 2011) (Figura 59): dalle 12 UTC del 6/11/2011 e per le successive 33 ore si è assistito ad un'attenuazione dei fenomeni precipitativi su tutto il territorio regionale. Deboli precipitazioni hanno interessato il bacino del Magra e la zona di confine tra provincia di Savona ed Imperia, mentre altrove le precipitazioni sono risultate assenti.



Terzo periodo (8 novembre 2011) (

): Il terzo periodo è durato circa 24 ore ed il suo inizio può essere individuato intorno alle 21 UTC del 7 novembre. Esso è stata caratterizzato da una ripresa delle precipitazioni su tutto il territorio regionale con fenomeni più intensi nuovamente sull'area genovese nelle prime ore dell'8 novembre. Queste nuove piogge hanno interessato in prevalenza le stesse aree già colpite dalle esondazioni del 4 novembre: sono stati registrati ancora innalzamenti dei livelli dei corsi d'acqua (Bisagno, Sturla), con alcune esondazioni localizzate e soprattutto frane diffuse sui versanti.

Nelle figure da Figura 16 a Figura 65 sono visualizzate le precipitazioni cumulate anche distinguendo le diverse fasi di cui sopra: tale rappresentazione consente di evidenziare l'andamento "cronologico" dell'evento stesso e delle zone via via colpite.

Come di consueto, le mappe di precipitazione cumulata areale sono ottenute a partire dai dati puntuali osservati alle stazioni di rilevamento della rete di misura OMIRL mediante algoritmo di interpolazione con il metodo dell'inverso della distanza al quadrato.

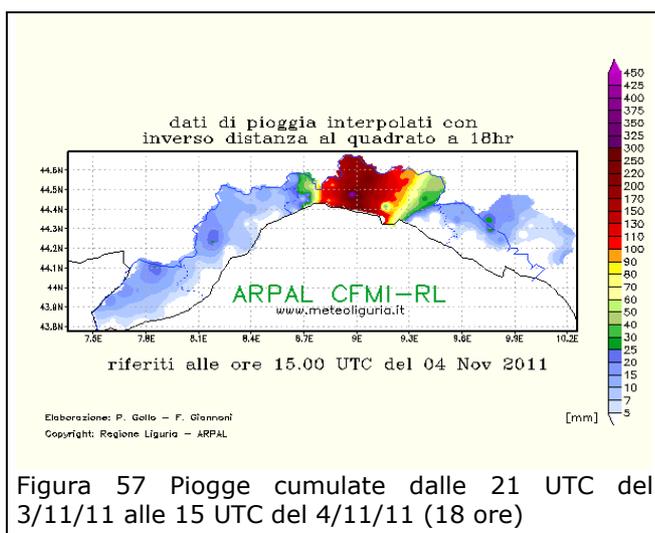


Figura 57 Piogge cumulate dalle 21 UTC del 3/11/11 alle 15 UTC del 4/11/11 (18 ore)

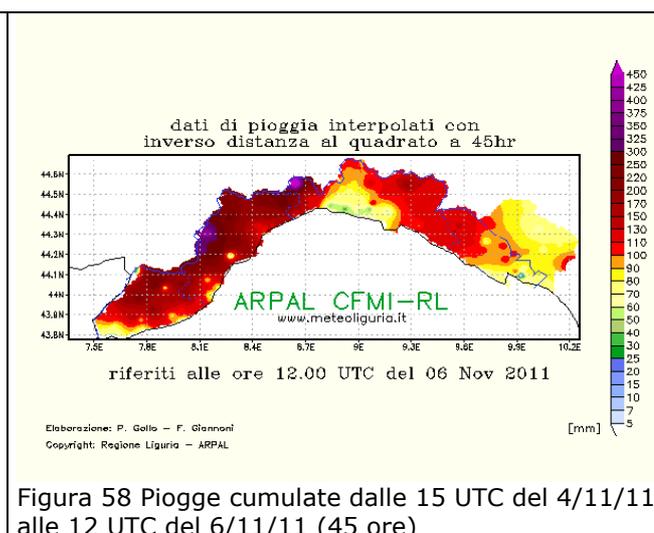


Figura 58 Piogge cumulate dalle 15 UTC del 4/11/11 alle 12 UTC del 6/11/11 (45 ore)

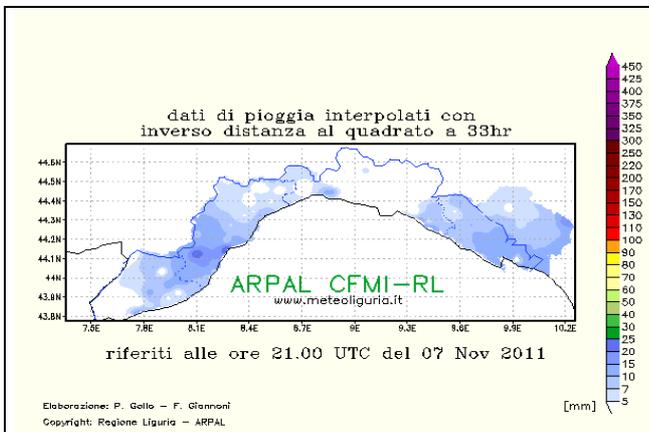


Figura 59 Piogge cumulate dalle 12 UTC del 6/11/11 alle 21 UTC del 7/11/11 (33 ore)

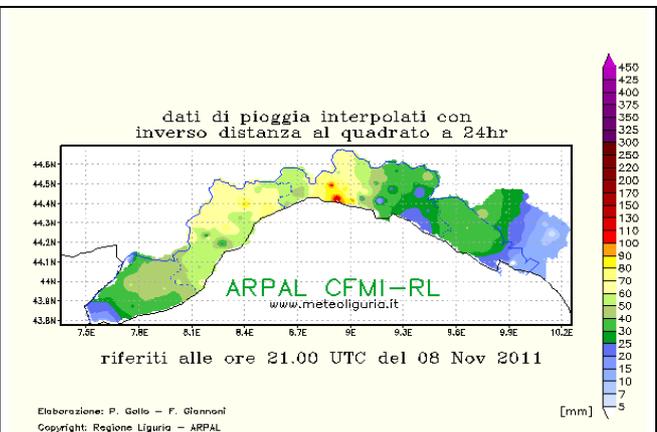


Figura 60 Piogge cumulate dalle 21 UTC del 7/11/11 alle 21 UTC dell'8/11/11 (24 ore)

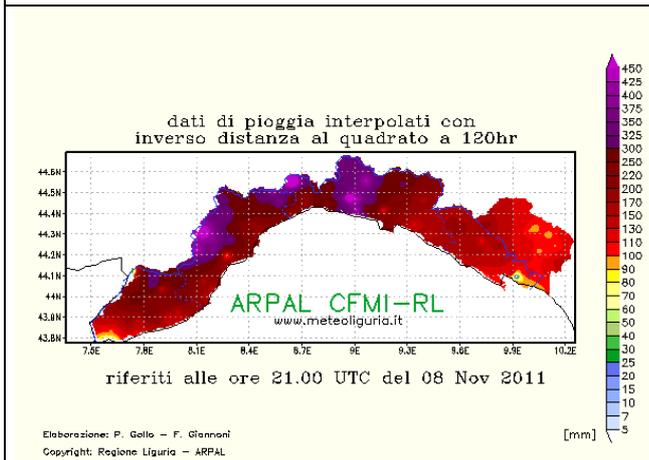


Figura 61 Piogge cumulate su tutta la durata dell'evento, ossia dal 4 all'8 novembre 2011 (120 ore)

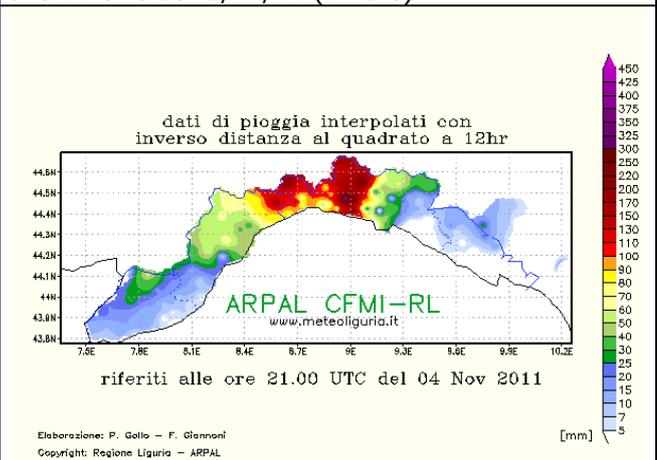


Figura 62 Mappa di cumulata massima areale su 12 ore per la zona B (per finestre di 12 ore)

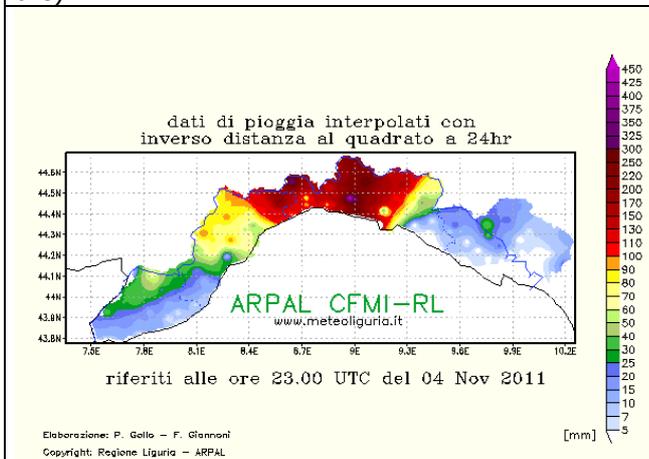


Figura 63 Cumulata massima areale su 24 ore per la zona B

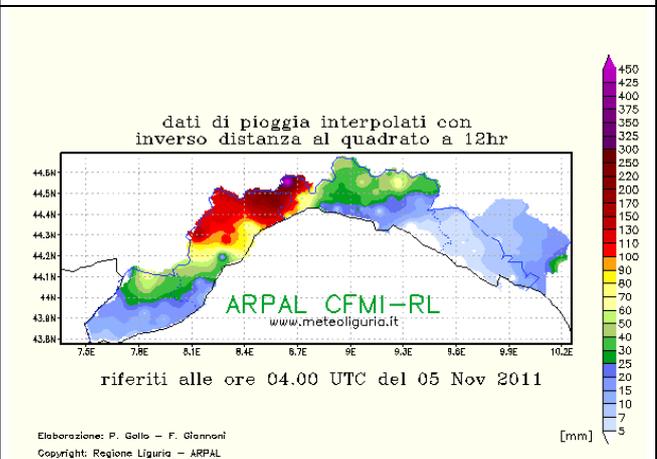
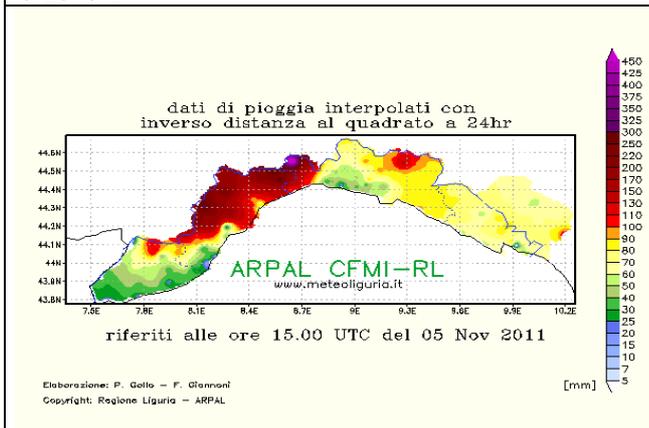


Figura 64 Cumulata massima areale su 12 ore per la zona D



Nella Tabella 6 si riportano le massime precipitazioni osservate sulle diverse durate (1, 3, 6, 12 ore) e sull'intera durata dell'evento (dalle 21 UTC del 3/11/2011 alle 21 UTC dell'8/11/2011), mediate a scala di bacino.

E' interessante notare come le esondazioni abbiano interessato quei bacini laddove le massime intensità di precipitazione si sono verificate per durate dell'ordine dei rispettivi tempi di concentrazione.

Focalizzando l'attenzione sui corsi d'acqua esondati, si osserva come la massima cumulata di precipitazione media a scala di bacino per la durata di 3 ore sia stata osservata sul torrente Bisagno (93 km²) per il quale si assume un tempo di concentrazione proprio dell'ordine di grandezza delle 3 ore: tra le 9 e le 12 UTC del 4 novembre la pioggia media sul bacino è stata di 93 mm/3h.

Analoghe considerazioni possono essere fatte su altri corsi d'acqua: il torrente Stura chiuso a Rossiglione (Zona D, 89 km²) ha avuto un afflusso massimo triorario di 86 mm/3h tra le 15 e le 18 UTC del 4/11/2011; il torrente Scrivia chiuso a Mereta (Zona E, 282 km²) ha avuto un afflusso massimo esorario di 136 mm/6h tra le 9 e le 15 UTC del 4/11/2011.

Bacino (km ²)	Max 1hr (mm)	Bacino (km ²)	Max 3hr (mm)	Bacino (km ²)	Max 6hr (mm)	Bacino (km ²)	Max 12hr (mm)
Stura a41		Bisagno alla93		Orba a151		Orba a226	
Rossiglione 89	04/11/2011 17.00	foce 93	04/11/2011 12.00	Tiglieto 76	04/11/2011 22.00	Tiglieto 76	05/11/2011 3.00
Varenna alla35		Scrivia a88		Stura a149		Stura a218	
foce 22	04/11/2011 15.00	Mereta 282	04/11/2011 14.00	Rossiglione 89	04/11/2011 21.00	Rossiglione 89	05/11/2011 3.00
Bisagno alla34		Stura a86		Bisagno alla142		Bisagno alla178	
foce 93	04/11/2011 12.00	Rossiglione 89	04/11/2011 18.00	foce 93	04/11/2011 14.00	foce 93	04/11/2011 14.00
Scrivia a34		Orba a82		Scrivia a136		Erro al169	
Mereta 282	04/11/2011 13.00	Tiglieto 76	04/11/2011 19.00	Mereta 282	04/11/2011 15.00	confine 108	05/11/2011 4.00
Orba a32		Polcevera 77		Polcevera 133		Scrivia a167	
Tiglieto 76	04/11/2011 18.00	alla foce 140	04/11/2011 14.00	alla foce 140	04/11/2011 15.00	Mereta 282	04/11/2011 19.00
Teiro alla31		Bormida di54		Erro al100		Polcevera 147	
foce 27	04/11/2011 18.00	Millesimo a05/11/2011	05/11/2011 7.00	confine 108	04/11/2011 23.00	alla foce 140	04/11/2011 18.00
Polcevera alla30		Gromolo a53		Arrestra alla97		Bormida di147	
foce 140	04/11/2011 13.00	Sestri 25	05/11/2011 16.00	foce 25	04/11/2011 23.00	Millesimo a05/11/2011	05/11/2011 8.00
Pora alla foce 59		Erro al52		Teiro alla96		Arrestra alla140	
	04/11/2011 20.00	confine 108	04/11/2011 22.00	foce 27	04/11/2011 23.00	foce 25	05/11/2011 3.00
Sciusa alla28		Cerusa alla52		Bormida di90		Teiro alla136	
foce 26	04/11/2011 20.00	foce 24	04/11/2011 18.00	Millesimo a05/11/2011	05/11/2011 8.00	foce 27	05/11/2011 3.00
Arrestra alla27		Lerone alla50		foce 22		Bormida di119	
foce 25	04/11/2011 18.00	foce 22	04/11/2011 18.00	Lerone alla90	04/11/2011 21.00	Spigno a05/11/2011	05/11/2011 7.00
						Piana Crixia 273	

Tabella 6 Massimi areali a scala di bacino della cumulata di pioggia registrata per diverse durate (viene riportato il valore in mm, la data e l'ora UTC)

2.1.2 Analisi dei dati puntuali

La Tabella 2 contiene i valori massimi PUNTUALI di precipitazione (in mm) registrati nel periodo d'evento, ossia tra le 21 UTC del 3/11/2011 e le 21 UTC dell'8/11/2011, distinti per zone di allertamento e per diverse durate. Sono evidenziati i valori massimi relativi a tutto il territorio regionale. Si può notare come per tutte le zone di allertamento i massimi locali siano stati osservati essenzialmente nelle giornate del 4 e del 5 novembre, ovvero durante la prima fase dell'evento, di natura prefrontale fortemente convettiva. Si notino anche i valori elevatissimi di intensità di precipitazione rilevati per brevissime durate (5 minuti) nella seconda metà della giornata di venerdì 4 novembre.

Sulle zone A e C le intensità di precipitazione sono risultate più contenute (moderate o al più forti) con quantitativi localmente molto elevati (sulla zona A 126 mm/12h a Poggio Fearza e sulla zona C 111 mm/12h a Sestri Levante).



Anche in questo caso, come già osservato in precedenza, si evidenzia come i massimi locali si siano verificati su stazioni pluviometriche ricadenti all'interno dei bacini interessati da esondazioni o nelle loro immediate vicinanze.

Stazione (zona)	Max 5min	Max 1hr	Max 3hr	max6hr	max12hr	max24hr
A	10 Calice Ligure 2011/11/04 20:00	39 Calice Ligure 2011/11/04 20:00	51 Colle Melogno 2011/11/05 10:00	80 Colle Melogno 2011/11/05 12:00	126 Poggio Fearza 2011/11/06 08:00	207 Poggio Fearza 2011/11/06 11:00
B	23 Genova Gavette 2011/11/04 12:00	181 Vicomorasso 2011/11/04 14:00	337 Vicomorasso 2011/11/04 14:00	386 Vicomorasso 2011/11/04 15:00	411 Vicomorasso 2011/11/04 14:00	469 Vicomorasso 2011/11/05 00:00
C	6 Levanto 2011/11/05 16:00	35 Sestri Lev. Sara 2011/11/05 16:00	65 Sestri Lev. Sara 2011/11/05 16:00	85 Sestri Lev. Sara 2011/11/05 17:00	111 Sestri Lev. 2011/11/05 17:00	121 Cavi 2011/11/06 07:00
D	20 Rossiglione 2011/11/04 22:00	121 Campo Ligure 2011/11/04 17:00	253 Campo Ligure 2011/11/04 19:00	377 Campo Ligure 2011/11/04 22:00	485 Rossiglione 2011/11/05 04:00	510 Rossiglione 2011/11/05 16:00
E	15 Alpe Vobbia 2011/11/04 13:00	71 Alpe Vobbia 2011/11/04 13:00	160 Alpe Vobbia 2011/11/04 14:00	209 Alpe Vobbia 2011/11/04 15:00	255 Alpe Vobbia 2011/11/04 19:00	308 Alpe Vobbia 2011/11/05 00:00

Tabella 7 Valori massimi PUNTUALI di precipitazione registrati dai pluviometri della rete OMIRL nel periodo tra le 21 UTC del 3/11/2011 e le 21 UTC dell'8/11/2011, distinti per zone di allertamento e per diverse durate.

Si riportano di seguito (da Figura 66 a Figura 26) 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.

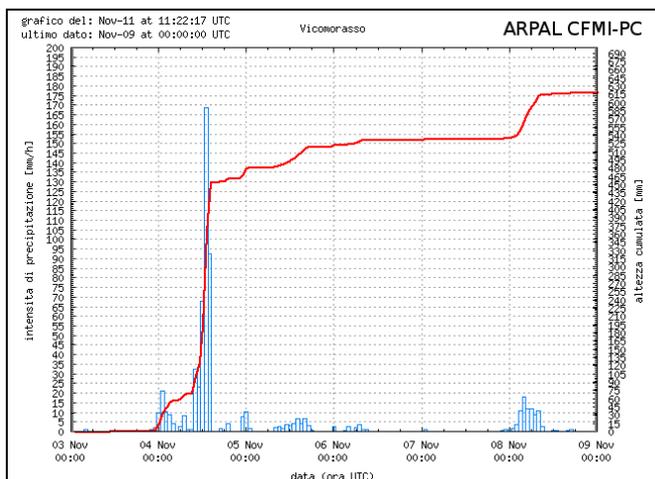


Figura 66 Ietogramma e cumulata a Vicomorasso (B)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forti
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevate

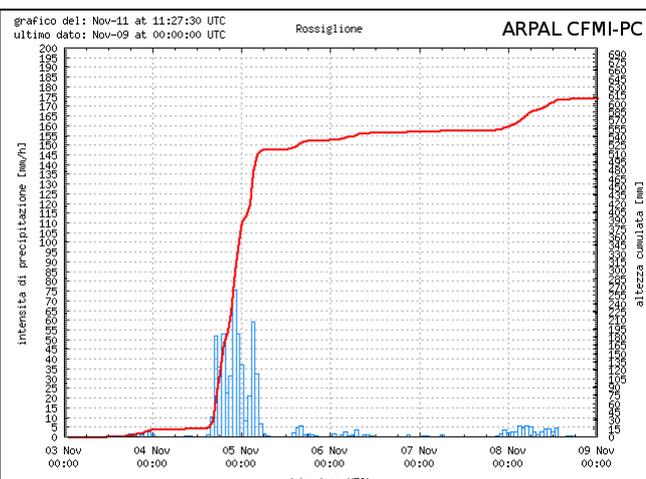


Figura 67 Ietogramma e cumulata a Rossiglione (D)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forti
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevate



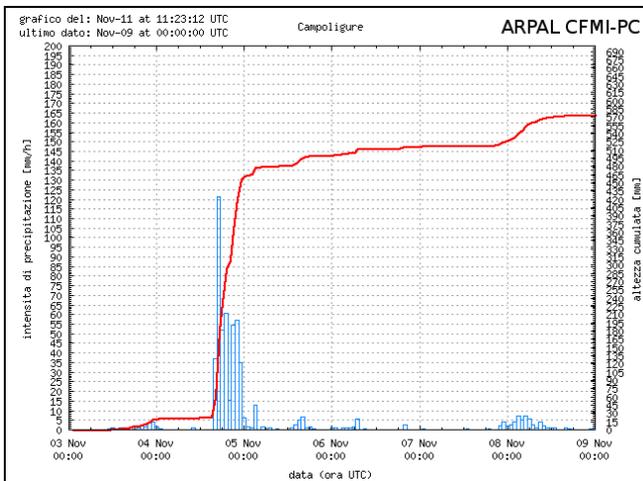


Figura 68 Ietogramma e cumulata a Campo Ligure (D)

INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forti
 QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevate

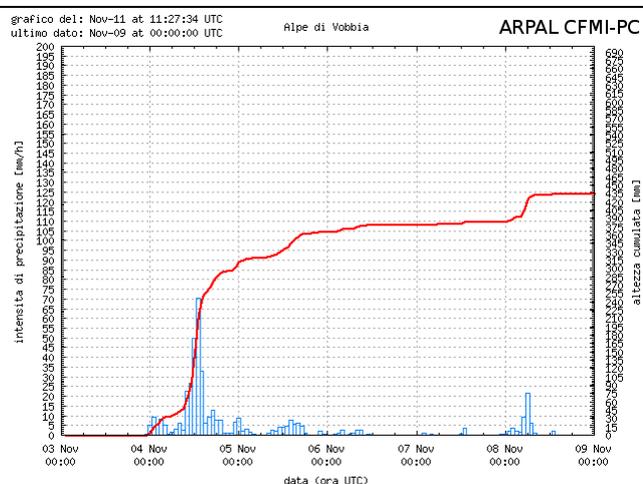


Figura 69 Ietogramma e cumulata a Alpe di Vobbia (E)

INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forti
 QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevate

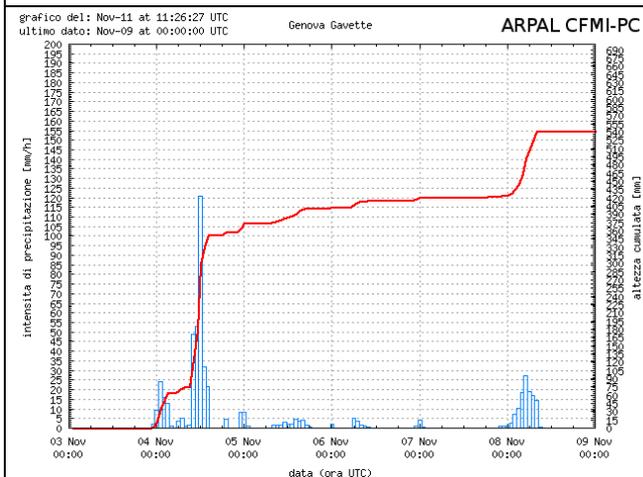


Figura 70 Ietogramma e cumulata a Genova Gavette (B)

INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forti
 QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevate

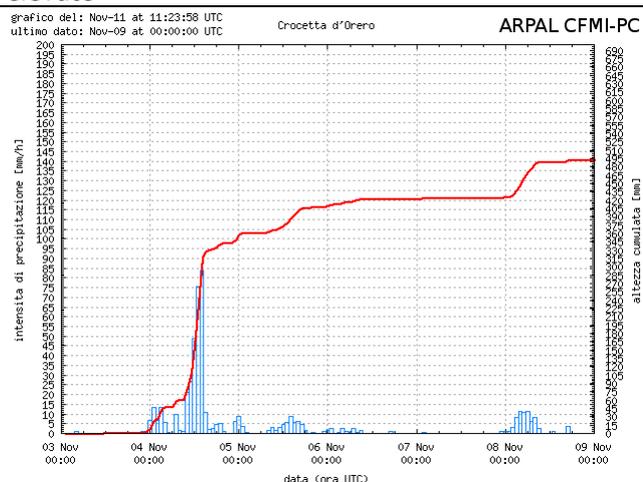


Figura 71 Ietogramma e cumulata a Crocetta d'Orero (B)

INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forti
 QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevate

Dall'analisi delle figure si può notare come le precipitazioni siano state di intensità molto forti, con quantitativi molto elevati già a partire dalle prime ore del 4 novembre sulle zone di allertamento B, D ed E.

Ponendo particolare attenzione alle precipitazioni che hanno interessato il comune di Genova tra la notte del 3 novembre e il primo pomeriggio del 4 novembre attraverso l'analisi degli ietogrammi delle stazioni di Vicomorasso (Figura 66), Genova Gavette (Figura 25) e Crocetta d'Orero (Figura 26), si conferma il forte carattere temporalesco che ha caratterizzato la prima fase dell'evento. Occorre precisare che gli

ietogrammi sopra riportati (Figura 66 - Figura 26) rappresentano l'intensità di precipitazione a scansione oraria a partire dalle ore 00 del 3 novembre a finestra fissa: pertanto le intensità rappresentate graficamente potrebbero essere inferiori a quelle citate in Tabella 2, dove i valori massimi di intensità orari sono calcolati a finestra mobile. Ciò, tuttavia, non costituisce una contraddizione nei dati ma è solo dovuto alla diversa rappresentazione grafica.

2.2 Analisi idrometrica

L'evento ha prodotto innalzamenti significativi dei livelli idrici su gran parte del territorio regionale ed esondazioni di alcuni corsi d'acqua delle zone di allertamento B, D ed E.

Nella Tabella 3 sono riportati i livelli idrometrici massimi rilevati dagli idrometri della rete regionale OMIRL, ed il relativo orario di transito del colmo di piena. Si riporta inoltre, nell'ultima colonna, l'incremento rispetto al livello "indisturbato" precedente il passaggio della piena stessa.

Bacino e sezione	Zona allert a	Livello idrometrico ² massimo osservato [m]	Orario del livello massimo (ora UTC)	Incremento di livello massimo osservato [m]
Argentina a Montalto	A	5,13	08.45 del 6/11/2011	4,20
Argentina a Merelli	A	3,21	09.20 del 6/11/2011	2,86
Impero a Ruggie	A	1,48	11.45 del 6/11/2011	1,51
Arroscia a Pogli	A	3,39	09.00 del 6/11/2011	3,29
Neva a Cisano	A	2,5	09.30 del 6/11/2011	1,54
Centa a Molino Branca	A	3,35	10.15 del 6/11/2011	2,64
Polcevera a Pontedecimo	B	1,74	16.15 del 4/11/2011	1,14
Bisagno alla Presa	B	1,76	11.15 del 4/11/2011	1,09
Bisagno a p.te Rosata	B	1,29	12.00 del 4/11/2011	1,31
Bisagno a p.lla Firpo	B	4,55	13.00 del 4/11/2011	3,94
Bisagno a borgo Incrociati	B	4,90	13.00 del 4/11/2011	4,88
Lavagna a Carasco	C	3,34	17.00 del 5/11/2011	2,24
Entella a Panesi	C	1,96	17.15 del 5/11/2011	3,09
Petronio a Sara	C	1,78	17.00 del 5/11/2011	1,72
Vara a La Macchia	C	1,23	17.00 del 5/11/2011	0,52
Vara a Nasceto	C	4,78	17.30 del 5/11/2011	3,95
Vara a Brugnato	C	2,97	18.30 del 5/11/2011	1,78
Vara a Piana Battolla	C	0,76	19.45 del 5/11/2011	2,11
Magra a Fornola	C	2,81	21.00 del 5/11/2011	2,46
Bormida di Millesimo a Murialdo	D	1,97	08.00 del 5/11/2011	1,96
Bormida di Spigno a Piana Crixia	D	5,46	08.30 del 5/11/2011	4,86
Stura a Campo Ligure	D	2,48	17.30 del 4/11/2011	2,07
Vobbia a Vobbietta	E	3,64	14.00 04/11/2011	2,83
Aveto a Cabanne	E	1,22	16.30 05/11/2011	1,56

Tabella 8 Livelli idrometrici massimi registrati agli idrometri sui bacini delle zone di allertamento

Nelle figure da

² 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 a Figura 81 sono riportati gli idrogrammi registrati dalle stazioni idrometriche più significative. Osservando i grafici si possono notare due aspetti principali:

- gli innalzamenti dei livelli idrometrici, per i corsi d'acqua interessati dalle piene il giorno 4 novembre, sono ovunque rapidissimi: si tratta di una risposta idrologica conseguente a precipitazioni di fortissima intensità e brevissima durata, che si manifesta con un ritardo molto breve rispetto allo scroscio di pioggia;
- gli innalzamenti osservati nei giorni successivi (5, 6 e 8 novembre) sono decisamente più gradualì, ma hanno evidenziato il raggiungimento di livelli medio-alti per una durata molto maggiore: si tratta di una risposta idrologica conseguente a precipitazioni di intensità moderata ma che perdurano diffusamente per molte ore.

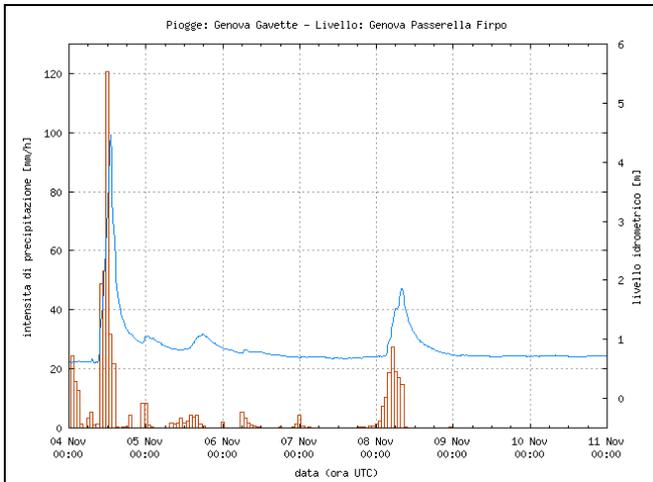


Figura 72 Precipitazione e Livello idrometrico (rispettivamente a Genova Gavette e Bisagno a Passerella Firpo, zona B)

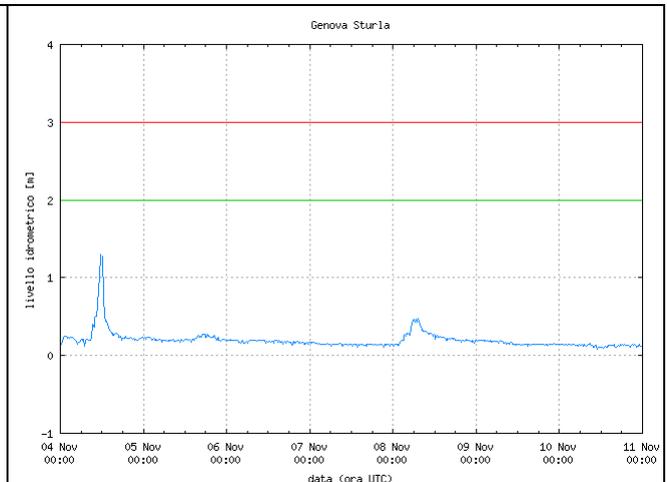


Figura 73 Livello idrometrico (Sturla a Sturla, zona B)

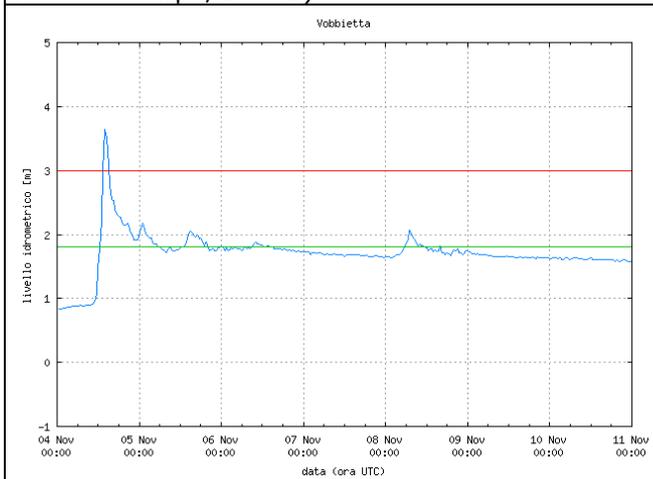


Figura 74 Livello idrometrico (Vobbia a Vobbietta, zona E)

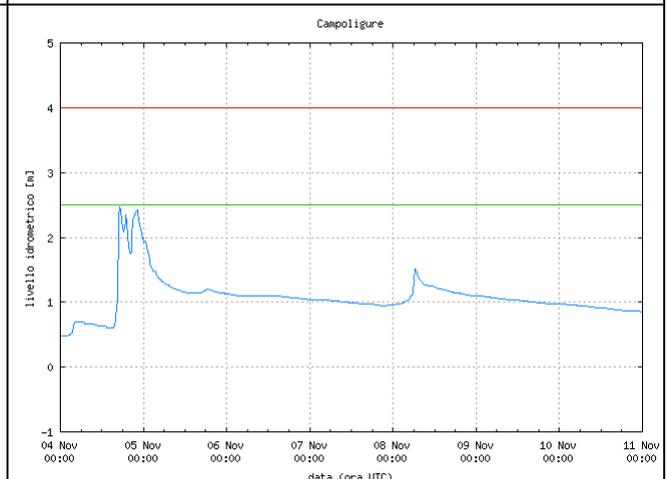


Figura 75 Livello idrometrico (Stura a Campo Ligure, zona D)

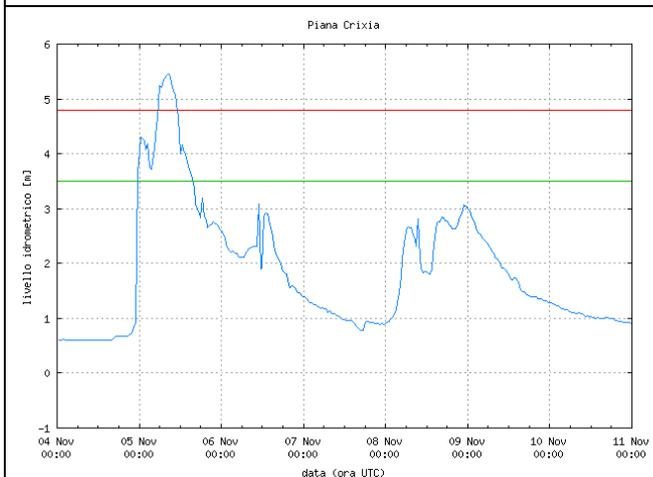


Figura 76 Livello idrometrico (Bormida di Spigno a Piana Crixia, zona D)

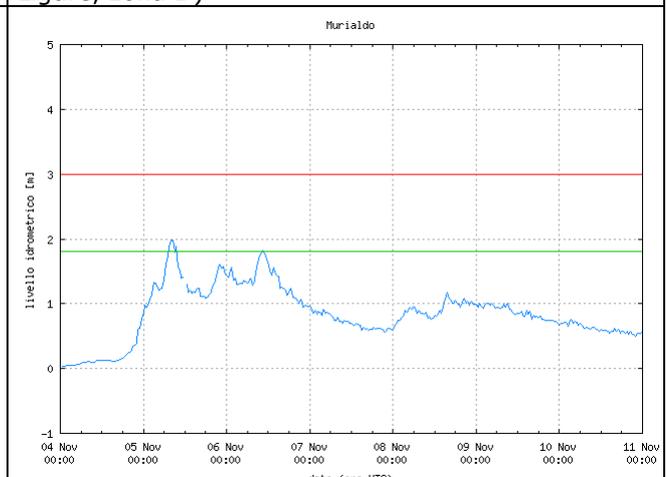


Figura 77 Livello idrometrico (Bormida di Millesimo a Murialdo, zona D)



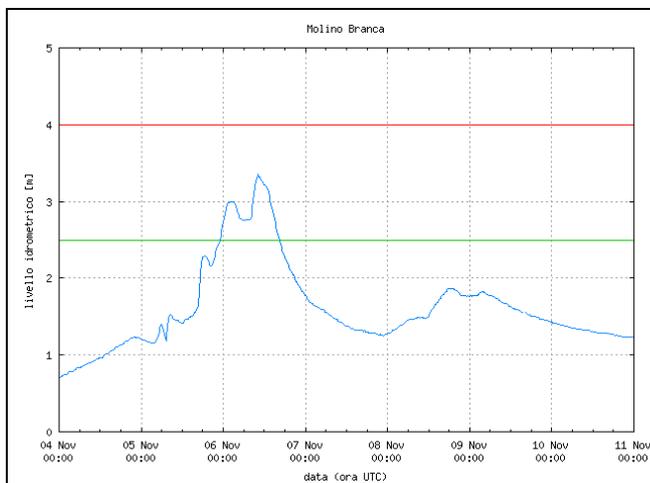


Figura 78 Livello idrometrico (Centa a Molino Branca, zona A)

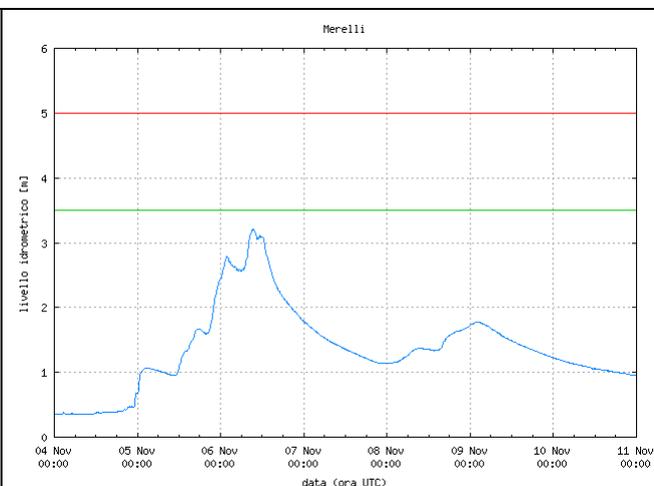


Figura 79 Livello idrometrico (Argentina a Merelli, zona A)

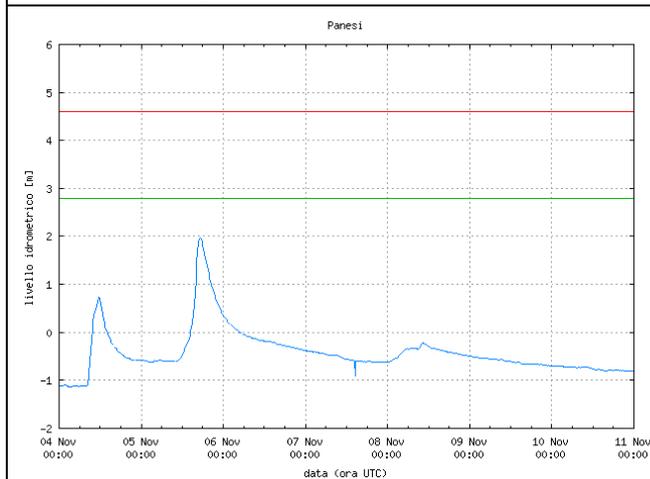


Figura 80 Livello idrometrico (Entella a Panesi, zona C)

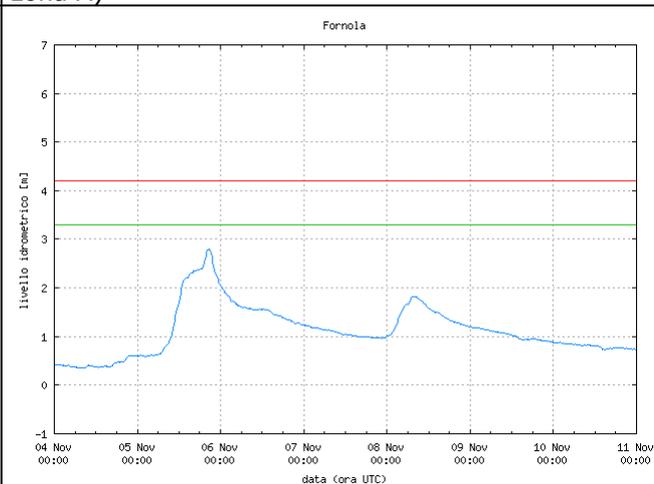


Figura 81 Livello idrometrico (Magra a Fornola, zona C)

Le esondazioni, oltre che su Fereggiano, Bisagno e Sturla, si sono verificate anche all'interno di alcuni bacini del versante padano: ivi i danni sono stati più contenuti in quanto gli allagamenti hanno interessato principalmente zone golenali agricole (Scrvia a Isola del Cantone il 4/11, Bormida di Millesimo a Millesimo e Bormida di Spigno a Piana Crixia il 5/11).

Riassumendo, il 4 novembre le precipitazioni particolarmente intense che hanno interessato la zona genovese hanno prodotto un rapidissimo innalzamento del livello idrico del torrente Bisagno (colmo di piena transitato a Passerella Firpo poco più di un'ora dopo il massimo scroscio precipitativo registrato a Gavette,

Figura 30). Nello stesso giorno, piene significative si sono osservate in corsi d'acqua limitrofi (torrente Sturla,

Figura 31,) e su altri corsi d'acqua delle zone D ed E (Vobbia, Stura e Bormide, Figura 74, Figura 75, Figura 34,

Figura 35).

Successivamente, in accordo con l'evoluzione spazio-temporale delle precipitazioni, sono stati interessati i bacini delle zone A e C, dove i colmi di piena sono stati osservati nelle giornate del 5 o 6 novembre (

Figura 36,

Figura 37, Figura 80, Figura 81).

2.3 Approfondimenti relativi all'evento sul Rio Fereggiano e sul torrente Bisagno

Indipendentemente dall'aspetto diffuso delle precipitazioni, che come abbiamo visto hanno interessato tutta la regione con una persistenza addirittura plurigiornaliera, assai rara per il territorio ligure, l'evento sarà certamente ricordato a causa dell'elevato numero di vittime, sei, tutte dovute all'esondazione del rio Fereggiano, tributario di sinistra del torrente Bisagno, che drena un bacino di piccole dimensioni (circa 4.5 km²) ed attraversa una zona della città densamente urbanizzata.

Il bacino del Fereggiano ha una pendenza media superiore al 10%; infatti, la massima elevazione sullo spartiacque raggiunge all'incirca i 550 metri (nella zona del Forte Ratti) e, in una distanza lineare inferiore ai 5 km, il profilo si raccorda al fondovalle, immettendosi nel Bisagno poco a valle dello stadio Luigi Ferraris, a Marassi. Il tratto terminale del rio Fereggiano è tombinato per circa 1 km. La tombinatura passa al disotto di Via Fereggiano, Piazza Galileo Ferraris, Via Monticelli e Piazza Carloforte.



In linea generale, questa tipologia di bacini idrografici è sensibile ad eventi di precipitazione estremamente intensa e di breve durata, categoria in cui l'evento del 4 novembre si inquadra alla perfezione.

Tale rio rientra in una categoria di bacini molto piccoli (al di sotto dei 5 km²), spesso tombinati, che attraversano buona parte dei centri urbani liguri.

La rete meteoroidrologica osservativa OMIRL della Regione Liguria non copre di norma tali rii, avendo finalità di monitoraggio a scala regionale che determinano *in primis* la necessità di rilevare i dati pluvioidrometrici sui bacini idrologicamente più significativi (con estensione superiore ai 10 km²).

La stima della pioggia caduta sul bacino può pertanto essere effettuata incrociando informazioni derivanti da siti limitrofi, da altri sensori (in particolare il radar meteorologico) e da dati di accumulo pluviometrico forniti da strumenti in possesso di altri soggetti. Il Comune di Genova, ad esempio, gestisce una rete di stazioni meteorologiche sul territorio comunale, tra le quali una localizzata a Quezzi, in posizione praticamente baricentrica rispetto al bacino idrografico del rio Fereggiano. I dati di tale stazione sono coerenti con l'andamento registrato delle stazioni limitrofe della rete OMIRL (in particolare Premanico, Genova Gavette, Creto) e mostrano una pioggia complessiva di circa 350 mm nel corso dell'intera del 4 novembre, con intensità massime di circa 100 mm/1h (tra le 11 e le 12 UTC) e valori di oltre 15 mm/10 minuti nei momenti di maggiore intensità.

La dinamica dell'esondazione è facilmente ricostruibile a partire dalla conoscenza delle condizioni idrauliche del rio, con particolare riferimento al tratto terminale tombinato³.

L'esondazione è da imputare alla concomitanza di due fattori:

- la contemporanea piena del Bisagno che ha costituito un ostacolo al regolare deflusso della portata del Fereggiano verso il Bisagno stesso, favorendo la messa in pressione del tratto tombinato i cui effetti di rigurgito sono "risaliti" verso l'imbocco della copertura stessa;
- la portata affluente da monte (del Fereggiano), che è stata con tutta probabilità comunque superiore alla capacità di smaltimento dell'imbocco della copertura.

All'incirca un'ora dopo l'esondazione del Fereggiano, alla quale sono dovute le sei vittime dell'evento, anche sull'asta principale del Bisagno si è verificata l'esondazione, nella parte immediatamente a monte dell'imbocco della copertura terminale. Anche in questo caso, la conoscenza della situazione idraulica del tratto è la chiave per comprendere la dinamica dell'esondazione, la cui causa è da ricercare nell'insufficienza della capacità di smaltimento della tombinatura³.

Gli effetti del rigurgito si manifestano con l'inondazione dapprima in sponda destra (l'area di Borgo Incrociati) dove all'acqua fuoriuscita dal Bisagno si somma quella che discende dal versante destro che non riesce ad essere smaltita nell'asta principale. L'acqua trova una via di transito inondando i sottopassi, sia quello pedonale che quello carrabile, raggiungendo la zona di Brignole, da dove inonda Viale Brigata Bisagno dirigendosi verso mare, le aree di Piazza Brignole e Via Fiume verso destra e la zona di Via Tolemaide e Via Invrea verso sinistra.

Qualora, come in questo caso, il livello del pelo libero del Bisagno a monte della copertura, superi anche quello dell'argine sinistro, l'acqua che fuoriesce da questo lato invade Piazza Giusti, la parte bassa di Corso Sardegna e si inoltra nei sottopassi di Via Archimede e Corso Sardegna stesso, unendosi a valle della ferrovia con l'acqua esondata in sponda destra. Da qui, se il volume esondato lo consente, tutto il quartiere della Foce è potenzialmente a rischio di inondazione.

Nel caso dell'evento in esame il picco di piena del Bisagno ha avuto fortunatamente una durata piuttosto breve, ed il volume d'acqua complessivamente esondato ha provocato l'inondazione di una parte relativamente piccola dell'area a rischio.

³ Si veda il Piano di Bacino del torrente Bisagno, Fascicolo 2, Volume 2 del Modulo B



Gli allagamenti manifestatisi nel quartiere di San Fruttuoso, in sponda sinistra del Bisagno (zone di Piazza Martinez, Terralba, Via Giovanni Torti e limitrofe) avvengono di norma per l'esondazione dei numerosi piccoli rii che drenano i versanti delle rispettive alture (rio Noci, rio Rovare ed altri), spesso in concomitanza con la piena del Bisagno che ne impedisce lo smaltimento, oppure per la limitata capacità di smaltimento delle rispettive tombinature.

2.4 Analisi anemometrica

Dal punto di vista anemometrico, durante la FASE I si sono registrati i valori massimi di vento medio e raffica. Si è osservato, infatti, un forte gradiente SudEst-NordOvest fra l'Italia meridionale e la Francia centrale che ha determinato venti forti o di burrasca dai quadranti orientali.

Si riportano nella Tabella che segue esclusivamente i valori relativi alla Fase I, caratterizzata da Scirocco intenso sul centro-Levante, mentre a Ponente è prevalso il regime di Grecale.

Per quanto riguarda i giorni successivi, si segnala che durante la Fase II i venti medi massimi hanno registrato massimi intorno ai 40-45 km/h, mentre nella fase III i valori massimi del vento medio sono stati compresi fra i 50 e i 65 km/h con raffiche tra i 60 ed i 90 km/h.

In Tabella 4 si riportano i valori più significativi.

Stazione [zona di allertamento]	Vento medio massimo (km/h)	Data e Ora	Direzione prevalente del vento medio massimo	Raffica massima (km/h) (direzione)
Monte Maure [A]	60	03:00 del 6/11	NE	95
Poggio Fearza [A]	60	04:40 del 6/11	E	85
Capo Mele [A]	60	09:55 del 6/11	ENE	65
Fontana Fresca [B]	80	12:30 del 4/11	SE	125
Sestri Ponente [B]	60	17:50 del 4/11	SE	60
Corniolo [C]	60	23:00 del 4/11	SE	80

Tabella 9 Vento medio massimo e raffica massima osservati su alcune stazioni anemometriche significative

2.5 Mare

Il moto ondoso è stato contraddistinto da due mareggiate verificatesi nel periodo di interesse:

La prima mareggiata, da Scirocco, si è verificata tra il 4 ed il 5/11 ed ha interessato le coste esposte al Sud, Sud-Est estese dal Levante al savonese con i danni più importanti registrati a Noli ed Alassio.

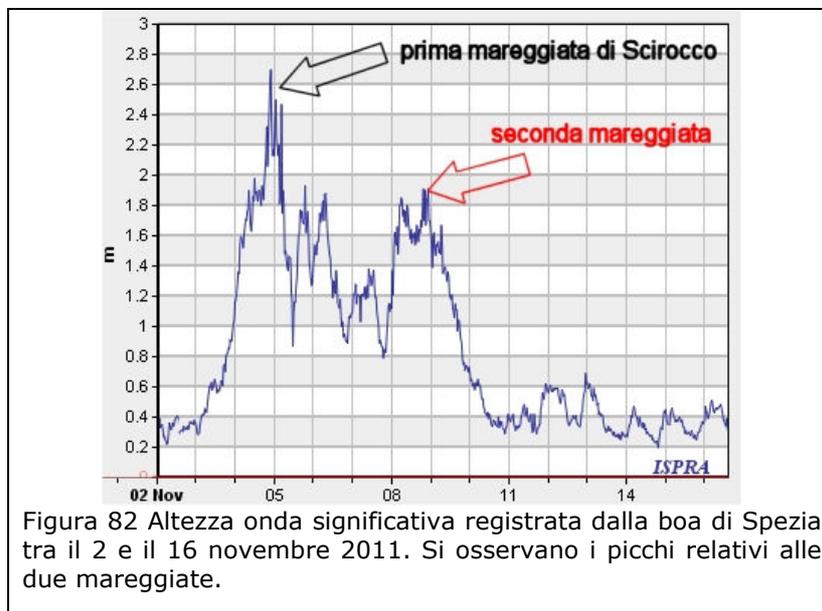
La seconda mareggiata, verificatesi l'8 novembre, è stata caratterizzata da onde lunghe e potenti generate al largo dal TLC ed giunte sulle coste della Liguria con direzione tra Sud e Sud-Ovest. I danni più ingenti sono stati registrati a Bordighera e a Sanremo, dove sono stati chiusi tutti i porti.

Le boe hanno registrato i valori riportati in Tabella nel corso delle due mareggiate.

boa	Data	Altezza onda significativa H_s [m]	Altezza onda massima H[m]	Periodo onda [s]	Direzione onda
La Spezia	4/11, sera	2,7	4,0	6-7	Sud
Ventimiglia	5/11, sera	4,0	---	6-7	---
La Spezia	8/11	2,0	3,8	8	Sud-Ovest->Ovest
Ventimiglia	8/11, metà giornata	4,3	---	9-10	---

Tabella 10 Valori più significativi parametri ondometrici registrati dalle boe di La Spezia e Ventimiglia nel corso delle mareggiate verificatesi durante l'evento.





2.6 Effetti al suolo e danni rilevanti

Oltre alle importanti esondazioni già descritte, si sono registrati numerosi allagamenti in tutto il territorio regionale, nonché frane e smottamenti diffusi, che hanno determinato in particolare svariate interruzioni della viabilità, sia in ambito urbano che provinciale.

Si richiamano infine gli ingenti danni anche infrastrutturali dovuti alle due mareggiate registrate in corso di evento, prima su Levante e savonese nei giorni 4 e 5 novembre, poi sull'estremo Ponente nella giornata dell'8 novembre.

3 Conclusioni

L'evento meteorologico che ha interessato la regione dalla serata del 3 alle prime ore del 9 novembre, associato al passaggio di una profonda saccatura ed al suo successivo invortamento sul Mediterraneo, ha fatto registrare piogge di intensità anche molto forte con cumulate molto elevate ed un significativo innalzamento dei livelli idrici con l'esondazione di numerosi corsi d'acqua sul territorio regionale.

La città di Genova è stata pesantemente colpita nel corso dell'evento a causa del verificarsi di un forte temporale organizzato, a cui è seguita l'esondazione del Rio Fereggiano (che ha causato anche perdite di vite umane), del Torrente Bisagno e del Torrente Sturla nella giornata del 4/11.

Anche sul versante padano della regione si sono registrate esondazioni, localizzate principalmente in zone golenali agricole (Scrvia a Isola del Cantone il 4/11, Bormida di Millesimo a Millesimo e Bormida di Spigno a Piana Crixia il 5/11).

Le piogge registrate per la durata complessiva dell'evento hanno messo in evidenza che le precipitazioni più copiose sono avvenute tra il 4 e il 5 novembre, interessando maggiormente i bacini padani (Scrvia, Stura e Orba) ed i torrenti maggiori del comune di Genova: sul Bisagno si è registrata un'intensità media areale, nelle tre ore, molto forte (circa 95 mm/3h mm tra le 9 e le 12 UTC del 4 novembre). Localmente si sono raggiunte intensità molto forti (sulla zona B a Vicomorasso oltre 180 mm in un'ora e 335 mm in tre ore) e cumulate molto elevate (su D a Rossiglione oltre 480 mm/12h e 510 mm/24h)

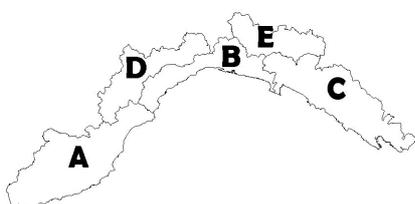
I livelli idrometrici registrati hanno mostrato decisi innalzamenti coerentemente con le precipitazioni osservate. Si sono verificate frane e smottamenti diffusi, nonché piene significative su tutto il territorio regionale ed esondazioni anche importanti in alcuni corsi d'acqua delle zone di allertamento B, D ed E.

Nel corso dell'evento si sono registrati anche venti di burrasca che sul Levante hanno soffiato da Sud-Est, mentre il Ponente è stato interessato da vento di Grecale; i venti più intensi si sono osservati nei giorni dal 4 al 6/11 con massimi di vento medio intorno agli 80 km/h e raffiche che hanno superato i 100 km/h. Venti sostenuti sono comunque stati registrati anche nei giorni successivi.

E' da segnalare infine il moto ondoso con mare fino ad agitato sottocosta e il verificarsi di due mareggiate nel corso dell'evento: la prima ha interessato il Levante ed il savonese nei giorni 4 e 5 novembre, mentre la seconda si è abbattuta sull'estremo Ponente nella giornata dell'8 novembre.

LEGENDA

d) Definizione dei limiti territoriali delle zone di allertamento:



e) 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)

f) 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.





l'Agenzia per il tuo ambiente!

www.arpal.gov.it - info@arpal.gov.it