

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

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

Abstract.....	1
1 Analisi meteorologica.....	2
2 Dati Osservati.....	7
2.1 Analisi Pluviometrica.....	7
2.1.1 Analisi dei dati a scala areale.....	7
2.1.2 Analisi dei dati puntuali.....	11
2.2 Analisi idrometrica.....	14
2.3 Approfondimenti relativi all'evento sul Rio Fereggiano e sul torrente Bisagno.....	17
2.4 Analisi anemometrica.....	18
2.5 Mare.....	18
2.6 Effetti al suolo e danni rilevanti.....	19
3 Conclusioni.....	19

1 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.

2 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 avettive (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 1), 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 2, Figura 3 e Figura 4) 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 Vicomarasso.

In tale situazione la convergenza del flusso umido su una zona della costa molto ristretta, il forte apporto di acqua precipitabile (Figura 5 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 7). 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 evidenzia una struttura a "V" con vertice stazionario per diverse ore sul "dito" della Corsica (Figura 9). 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 8). 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 10). 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 11). 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 12 e Figura 13) portando precipitazioni anche di forte intensità (massimo orario a Genova Castellaccio 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 14).

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.

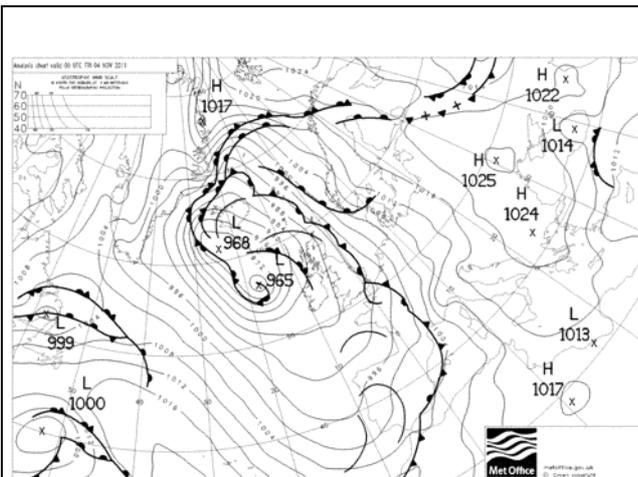


Figura 1: FASE I - Analisi dei fronti al suolo di Bracknell riferita alle 00 UTC del 4 novembre 2011 (elaborazione UK Met Office) - Il fronte freddo si trova sul Golfo del Leone e la Liguria è esposta a fenomeni prefrontali

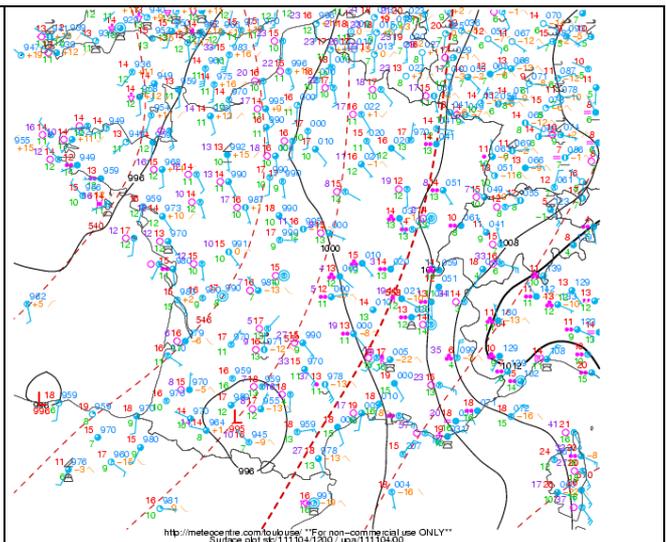


Figura 2 FASE I - Mappa di osservazioni al suolo sinottiche al suolo riferita alle 12 UTC del 4/11/2011 (elaborazione MétéoCentre) - Su Genova viene riportata la presenza cumulonembi e segnalata attività temporalesca mentre sulla Corsica orientale diverse stazioni registrano venti sui 40-50 km/h da SE

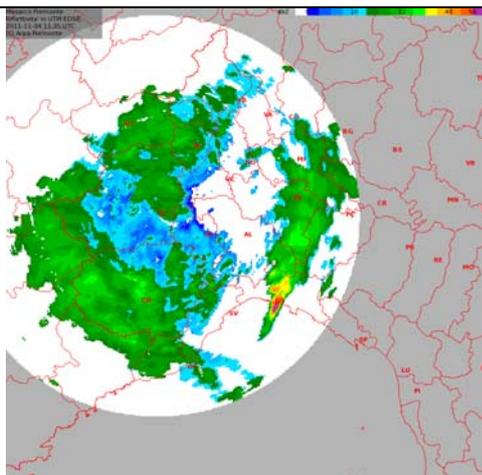


Figura 3: FASE I - Mappa di riflettività riferita ore 11.35 UTC del 4 novembre - Si notino le idrometeore rilevate dal radar con eco molto elevato, legate alla presenza del temporale organizzato sulla città di Genova (mosaico del Radar meteorologico di Bric della Croce - elaborazione ARPA Piemonte).

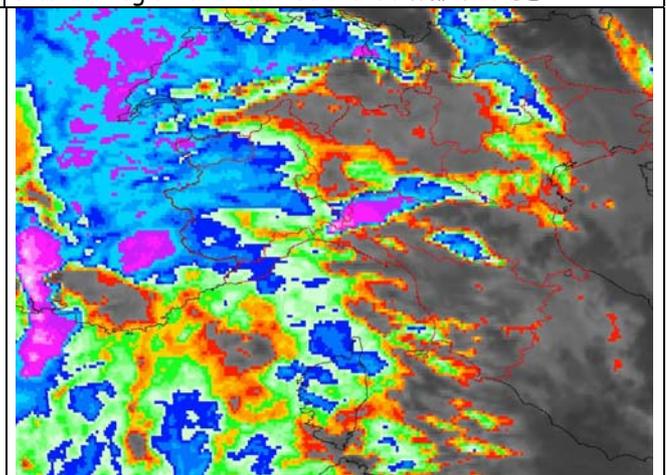


Figura 4: FASE I - Immagine dal satellite MSG, canale IR 10.8, riferita ore 11:40 UTC del 4 novembre - Si nota il temporale organizzato con la parte più fredda del top delle nubi (viola-bianco) localizzata sopra la parte orientale della città di Genova.

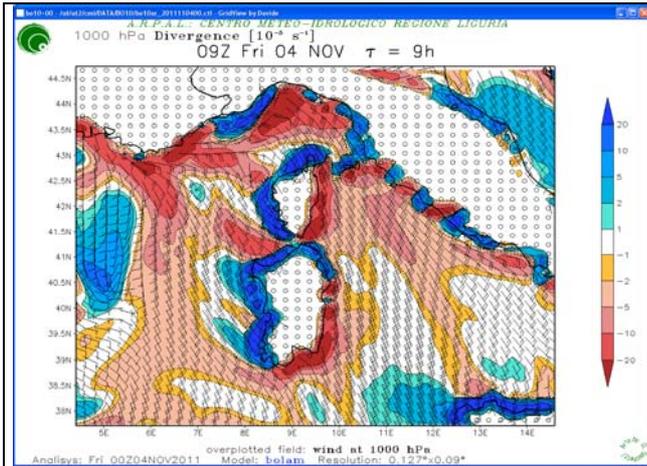


Figura 5: FASE I - Campo di convergenza (rosso) a 1000 hPa sovrapposto al campo di vento alla stessa quota, riferiti alle 9 UTC del 4 novembre (previsione a +9h del modello BOLAM a 10 km inizializzato alle 00 UTC del 4 novembre) - Si nota la forte convergenza nei bassi strati sulla zona antistante Genova (zona rossa) e il flusso di Grecale divergente sul Ponente (zona blu)

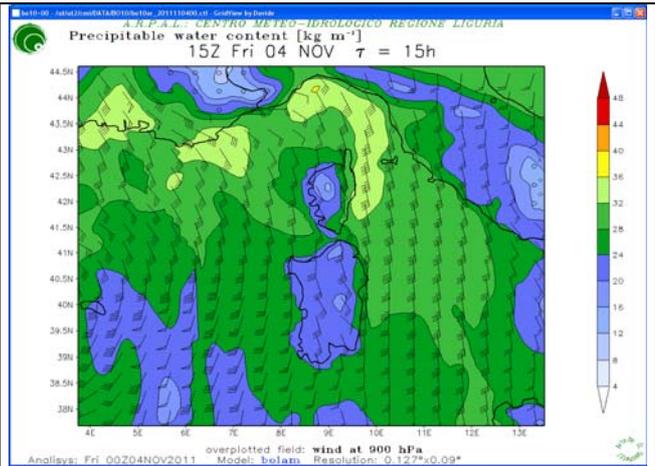


Figura 6: FASE I - Mappa di acqua precipitabile e di vento a 900 hPa riferiti alle 15 UTC del 4 novembre (previsione a +15h del modello BOLAM a 10 km inizializzato alle 00 UTC del 4 novembre) - Si notano gli elevati valori di acqua potenzialmente precipitabile disponibile in prossimità della costa ligure, con avvezione da Sud,Sud-Est

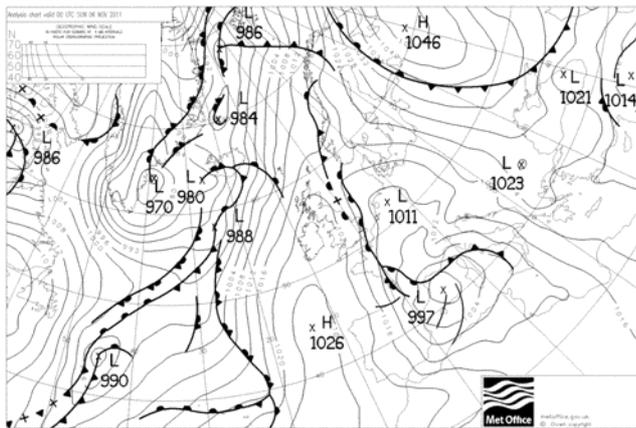


Figura 7: FASE I - Analisi dei fronti al suolo di Bracknell riferita alle 00 UTC del 6 novembre 2011 - (elaborazione UK Met Office) - Il fronte freddo raggiunge il Nord della Corsica e entra in fase occlusiva invorticandosi attorno al minimo tra Leone e Baleari

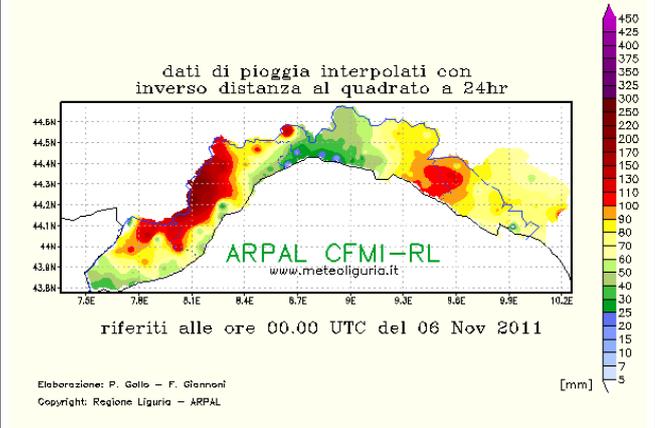


Figura 8: FASE I - Mappa di precipitazioni cumulate in 24 ore osservate dalla rete di misura OMIRL, riferite alle 00 UTC del 6 novembre - Le zone maggiormente interessate dalle piogge areali sono la D e la C.

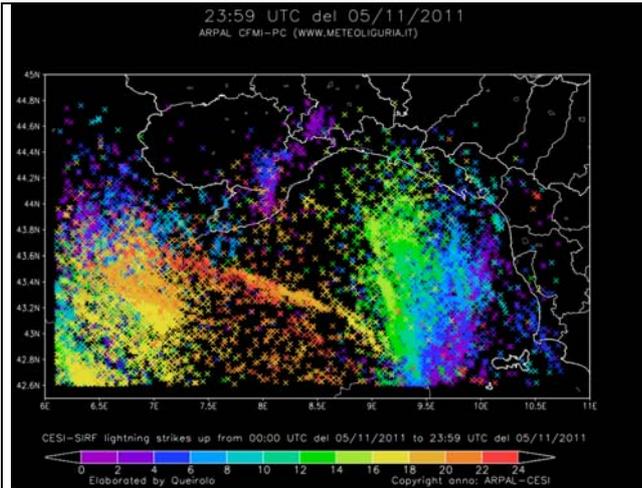


Figura 9: FASE I - Mappa di fulminazioni registrate dalla rete CESI, riferite all'intera giornata del 5 novembre (elaborazione CFMI-PC) - Si nota la forte concentrazione di fulmini sul "dito" della Corsica e l'apertura a "ventaglio" verso Nord, con le estreme riviere liguri maggiormente interessate dall'arrivo di celle temporalesche.

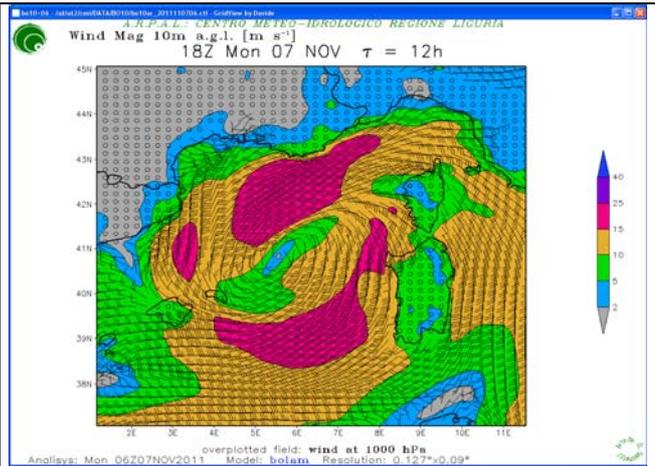


Figura 10: FASE II - Campo di intensità del vento a 10 metri sul livello del mare sovrapposto ai vettori del vento a 1000 hPa riferito alle 18 UTC del 7 novembre (previsione a +12h del modello BOLAM10 inizializzato alle 06 UTC del 7 novembre; elaborazione CFMI) - Si nota il minimo al suolo associato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

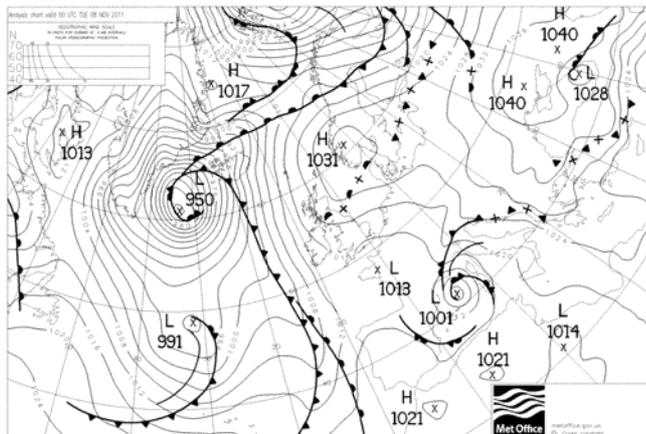


Figura 11: FASE III - Analisi dei fronti al suolo di Bracknell riferita alle 00 UTC dell'8 novembre 2011 (elaborazione UK Met Office)

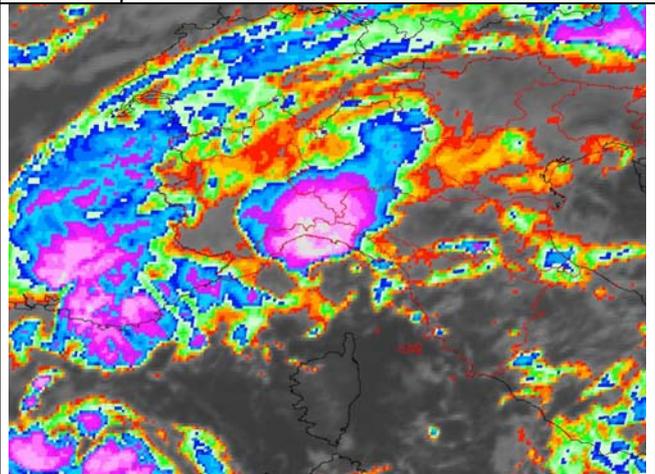


Figura 12: FASE III - Immagine MSG canale IR 10.8 riferita ore 03 UTC dell'8 novembre - Si nota il temporale organizzato con la parte più fredda del top delle nubi (viola-bianco) localizzato sul centro della regione (forte temporale su Genova).

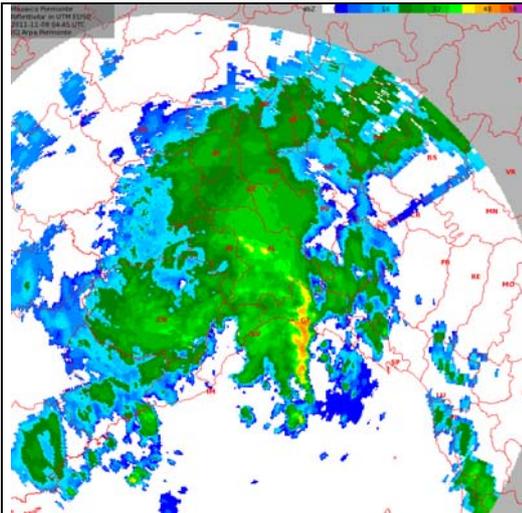


Figura 13 FASE III: Mappa di riflettività riferita ore 04:45 UTC dell'8 novembre, istante di precipitazioni fino a forti su Genova (mosaico dei Radar Meteorologici di Bric della Croce e Monte Settepani - elaborazione ARPA Piemonte)

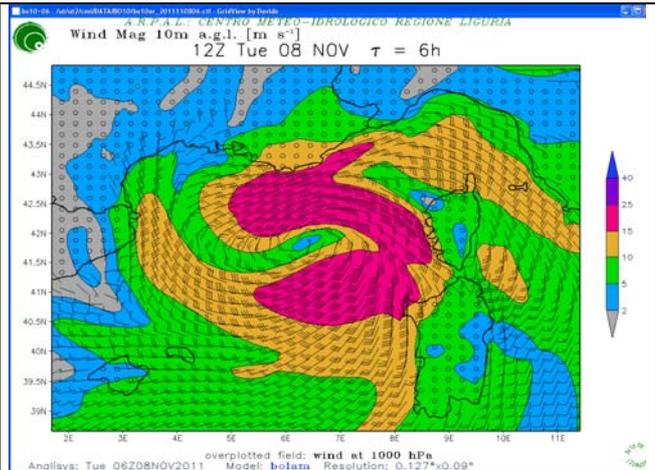


Figura 14 FASE III: Campo di intensità del vento a 10 metri sul livello del mare sovrapposto ai vettori del vento a 1000 hPa riferito alle 12 UTC dell'8 novembre (previsione a +6h del modello BOLAM10 inizializzato alle 06 UTC dell'8 novembre; elaborazione CFMI) - Si nota il minimo al suolo associato 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.

3 Dati Osservati

3.1 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.

3.1.1 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 2) ed in forma grafica (da Figura 15 a Figura 23).

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 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 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 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 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 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 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 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 22.00	134 09/11/2011 21.00

Tabella 1 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 19), 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 15) 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 16) 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).

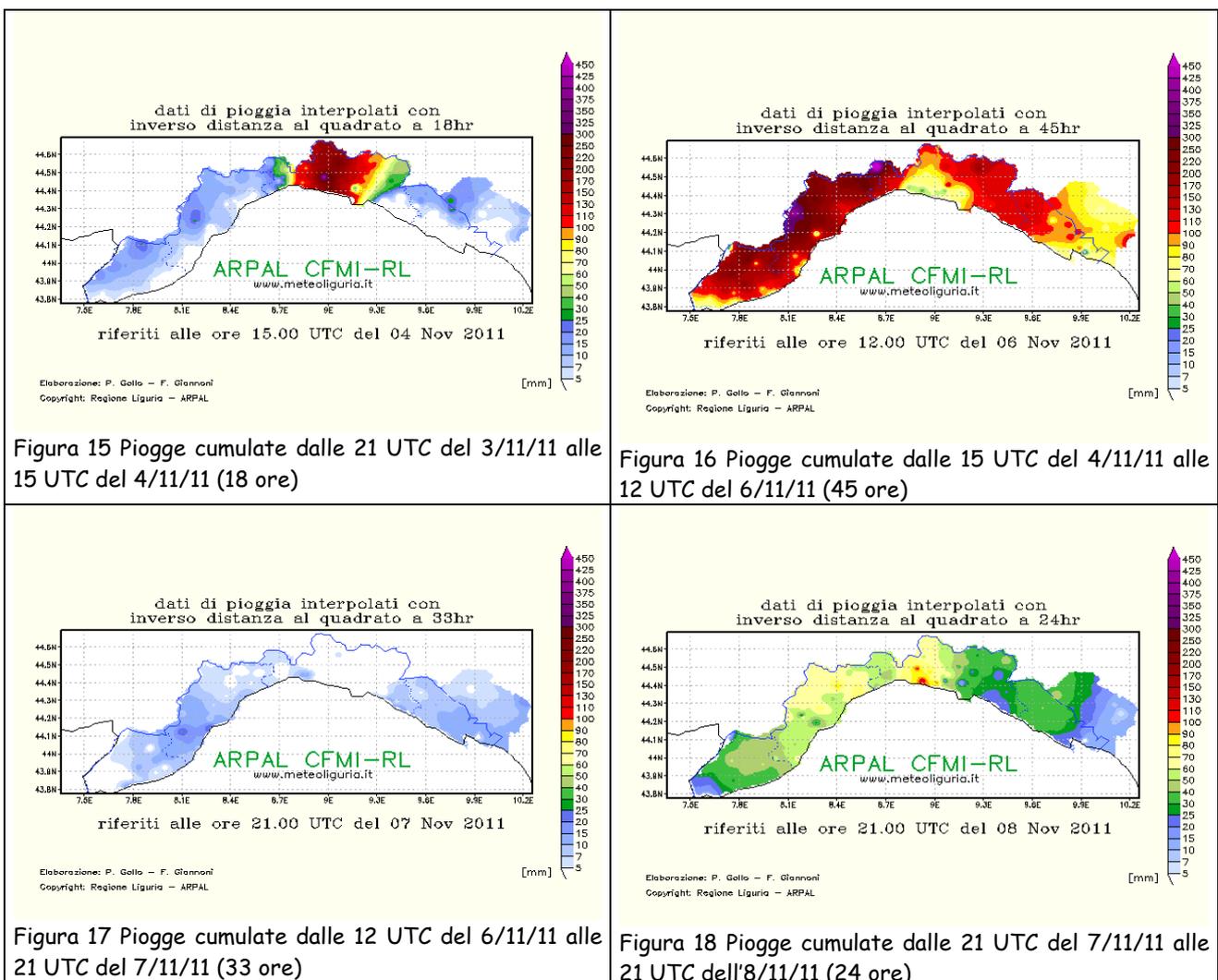
Successivamente i fenomeni hanno progressivamente interessato il Ponente dove sono proseguiti fino a metà giornata del 6 novembre: le precipitazioni osservate tra i giorni 5 e 6 novembre sulla zona di allertamento A hanno prodotto un progressivo innalzamento dei livelli idrometrici dei bacini di III 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 17): 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) (Figura 18): 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 15 a Figura 23 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.



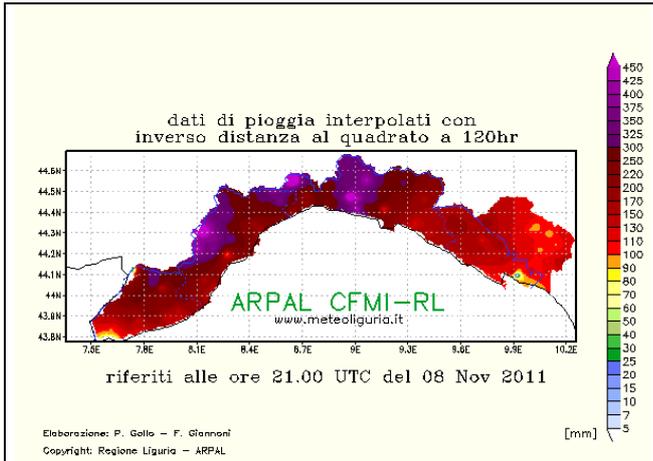


Figura 19 Piogge cumulate su tutta la durata dell'evento, ossia dal 4 all'8 novembre 2011 (120 ore)

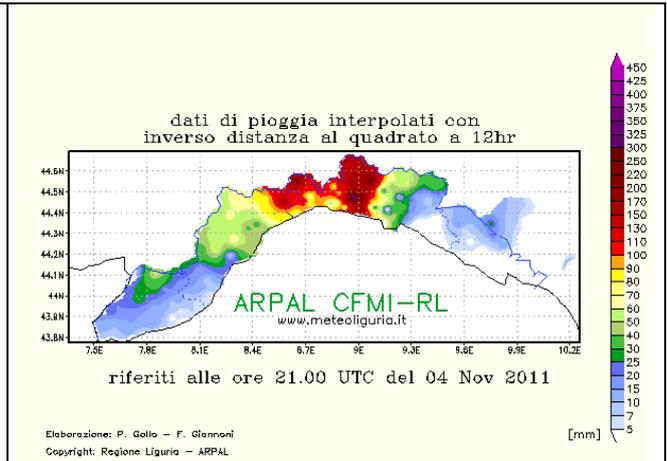


Figura 20 Mappa di cumulata massima areale su 12 ore per la zona B (per finestre di 12 ore)

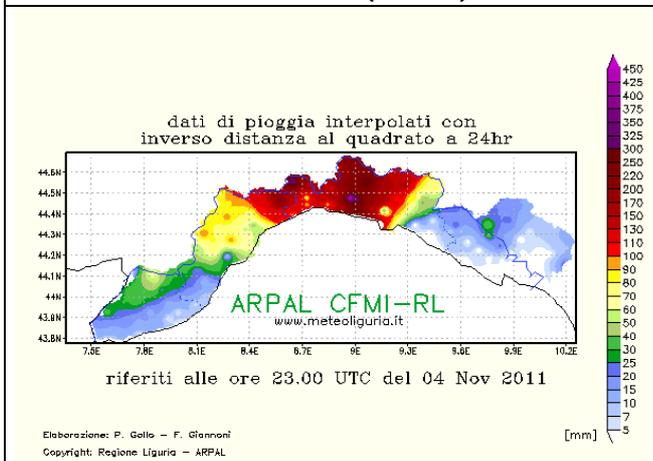


Figura 21 Cumulata massima areale su 24 ore per la zona B

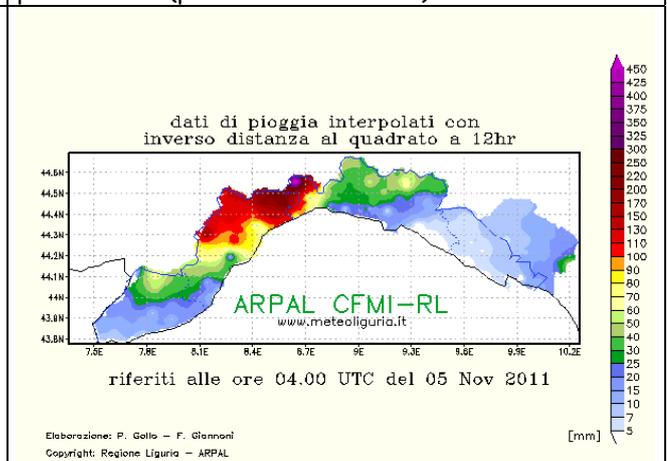


Figura 22 Cumulata massima areale su 12 ore per la zona D

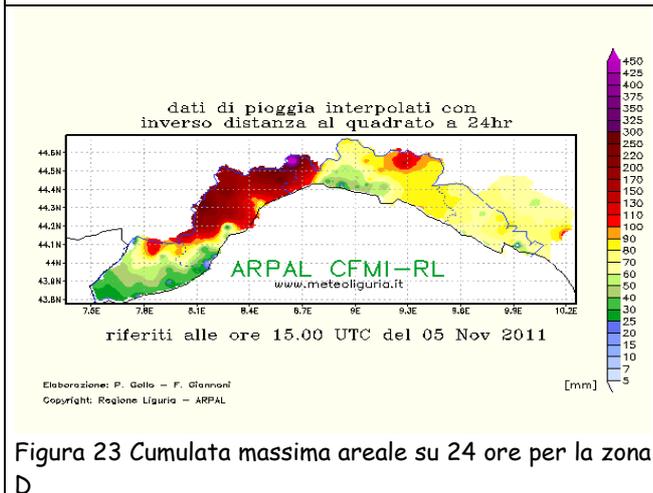


Figura 23 Cumulata massima areale su 24 ore per la zona D

Nella Tabella 2 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 alla foce 89	41 04/11/2011 17.00	Bisagno alla foce 93	93 04/11/2011 12.00	Orba alla foce 76	151 04/11/2011 22.00	Orba alla foce 76	226 05/11/2011 3.00
Varenna alla foce 22	35 04/11/2011 15.00	Scrivia alla foce 282	88 04/11/2011 14.00	Stura alla foce 89	149 04/11/2011 21.00	Stura alla foce 89	218 05/11/2011 3.00
Bisagno alla foce 93	34 04/11/2011 12.00	Stura alla foce 89	86 04/11/2011 18.00	Bisagno alla foce 93	142 04/11/2011 14.00	Bisagno alla foce 93	178 04/11/2011 14.00
Scrivia alla foce 282	34 04/11/2011 13.00	Orba alla foce 76	82 04/11/2011 19.00	Scrivia alla foce 282	136 04/11/2011 15.00	Erro al confine 108	169 05/11/2011 4.00
Orba alla foce 76	32 04/11/2011 18.00	Polcevera alla foce 140	77 04/11/2011 14.00	Polcevera alla foce 140	133 04/11/2011 15.00	Scrivia alla foce 282	167 04/11/2011 19.00
Teiro alla foce 27	31 04/11/2011 18.00	Bormida di Millesimo alla foce 244	54 05/11/2011 7.00	Erro al confine 108	100 04/11/2011 23.00	Polcevera alla foce 140	147 04/11/2011 18.00
Polcevera alla foce 140	30 04/11/2011 13.00	Gromolo di Sestri Levante alla foce 25	53 05/11/2011 16.00	Arrestra alla foce 25	97 04/11/2011 23.00	Bormida di Millesimo alla foce 244	147 05/11/2011 8.00
Pora alla foce 59	28 04/11/2011 20.00	Erro al confine 108	52 04/11/2011 22.00	Teiro alla foce 27	96 04/11/2011 23.00	Arrestra alla foce 25	140 05/11/2011 3.00
Sciusa alla foce 26	28 04/11/2011 20.00	Cerusa alla foce 24	52 04/11/2011 18.00	Bormida di Millesimo alla foce 244	90 05/11/2011 8.00	Teiro alla foce 27	136 05/11/2011 3.00
Arrestra alla foce 25	27 04/11/2011 18.00	Lerone alla foce 22	50 04/11/2011 18.00	Lerone alla foce 22	90 04/11/2011 21.00	Bormida di Spigno a Piana Crixia 273	119 05/11/2011 7.00

Tabella 2 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)

3.1.2 Analisi dei dati puntuali

La Tabella 3 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 3 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 24 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.

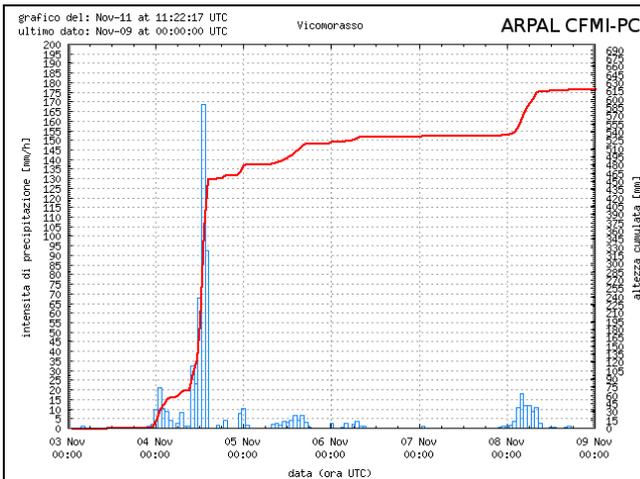


Figura 24 Ietogramma e cumulata a Vicomorasso (B)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forti
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevate

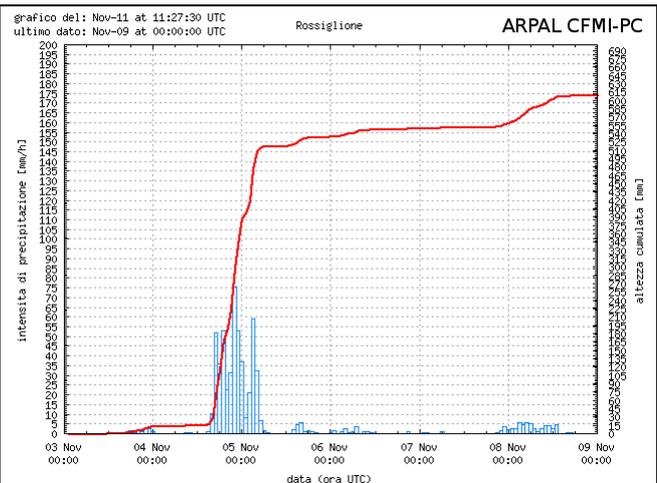


Figura 25 Ietogramma e cumulata a Rossiglione (D)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forti
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevate

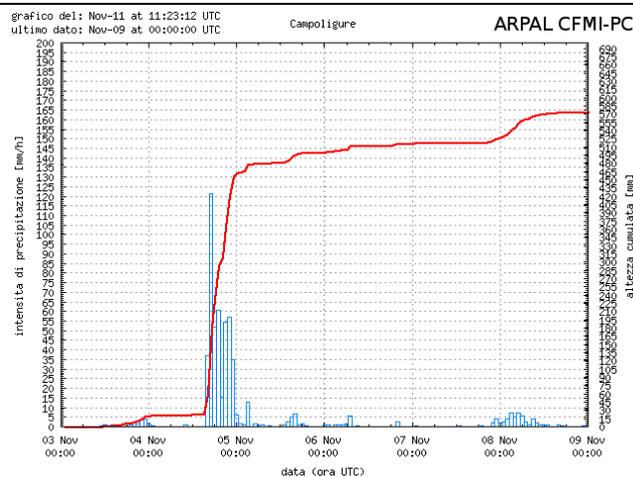


Figura 26 Ietogramma e cumulata a Campo Ligure (D)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forti
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevate

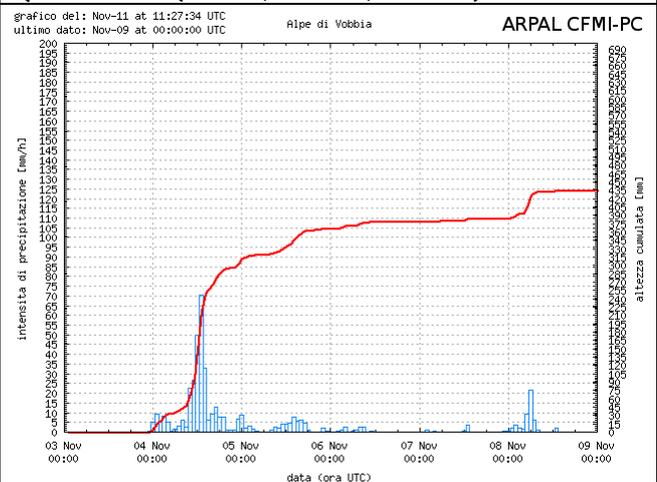


Figura 27 Ietogramma e cumulata a Alpe di Vobbia (E)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forti
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevate

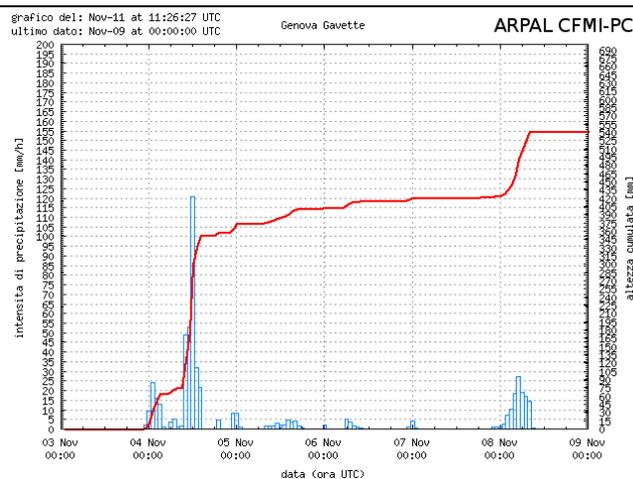


Figura 28 Ietogramma e cumulata a Genova Gavette (B)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forti
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevate

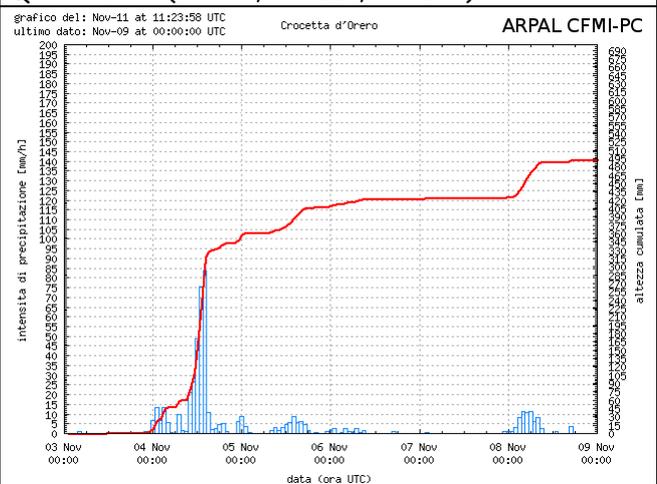


Figura 29 Ietogramma e cumulata a Crocetta d'Orero (B)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forti
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) molto elevate

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 24), Genova Gavette (Figura 28) e Crocetta d'Orero (Figura 29), si conferma il forte carattere temporalesco che ha caratterizzato la prima fase dell'evento. Occorre precisare che gli ietogrammi sopra riportati (Figura 24 - Figura 29) 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 3, 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.

3.2 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 4 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 allerta	Livello idrometrico ¹ 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 Ruggè	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 4 Livelli idrometrici massimi registrati agli idrometri sui bacini delle zone di allertamento

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")

Nelle figure da Figura 30 a Figura 39 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 graduali, 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.

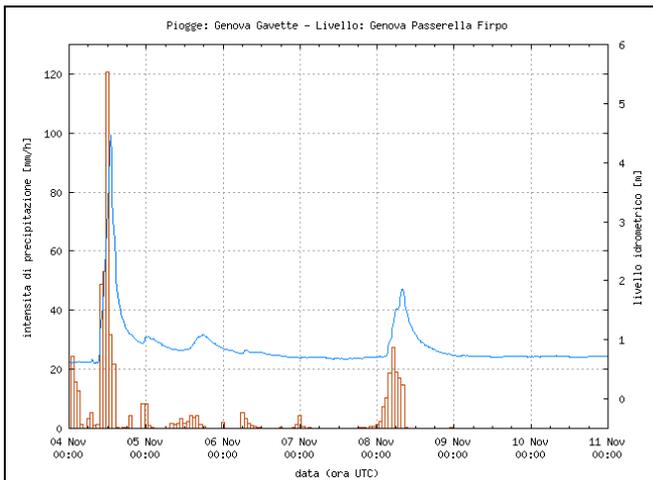


Figura 30 Precipitazione e Livello idrometrico (rispettivamente a Genova Gavette e Bisagno a Passerella Firpo, zona B)

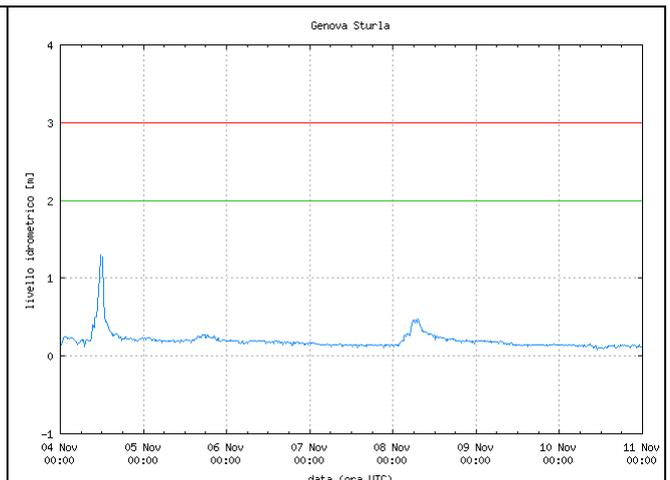


Figura 31 Livello idrometrico (Sturla a Sturla, zona B)

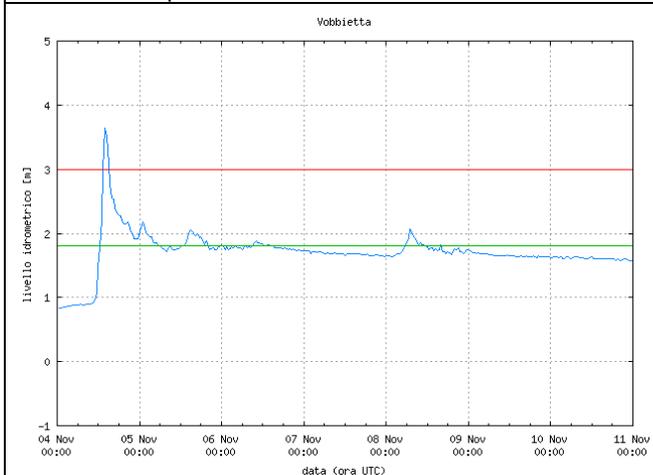


Figura 32 Livello idrometrico (Vobbia a Vobbietta, zona E)

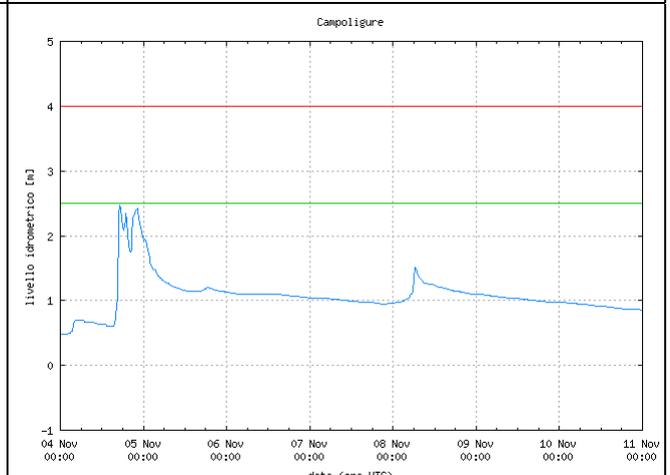


Figura 33 Livello idrometrico (Stura a Campo Ligure, zona D)

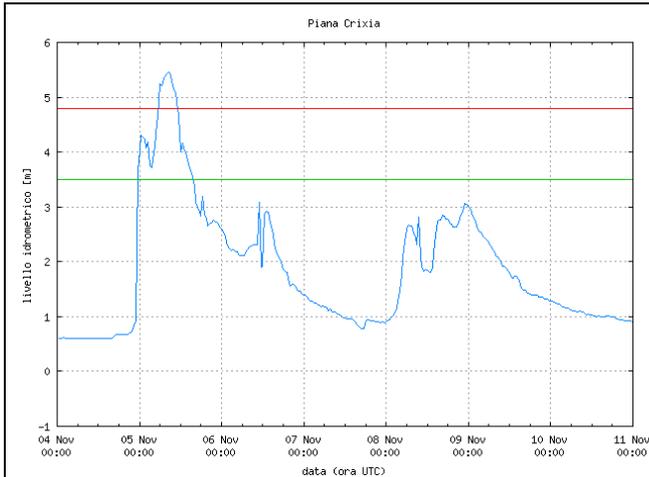


Figura 34 Livello idrometrico (Bormida di Spigno a Piana Crixia, zona D)

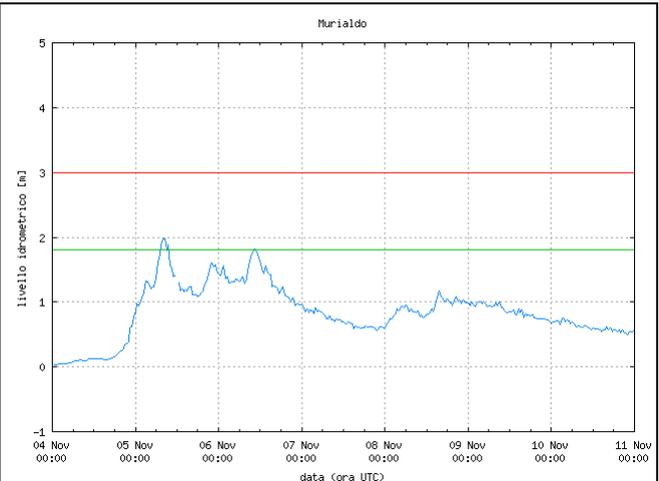


Figura 35 Livello idrometrico (Bormida di Millesimo a Murialdo, zona D)

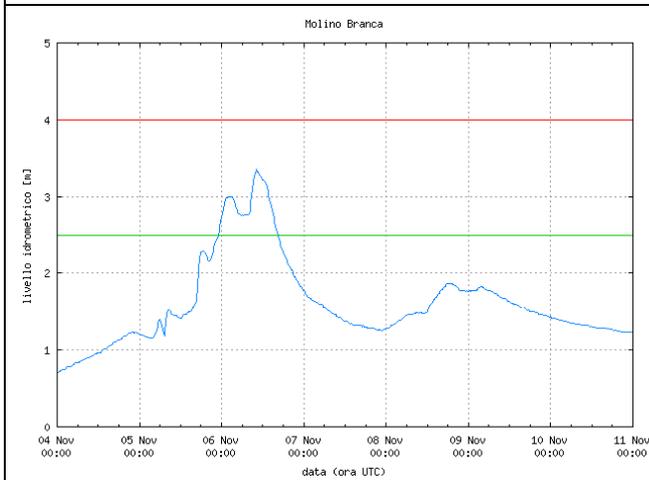


Figura 36 Livello idrometrico (Centa a Molino Branca, zona A)

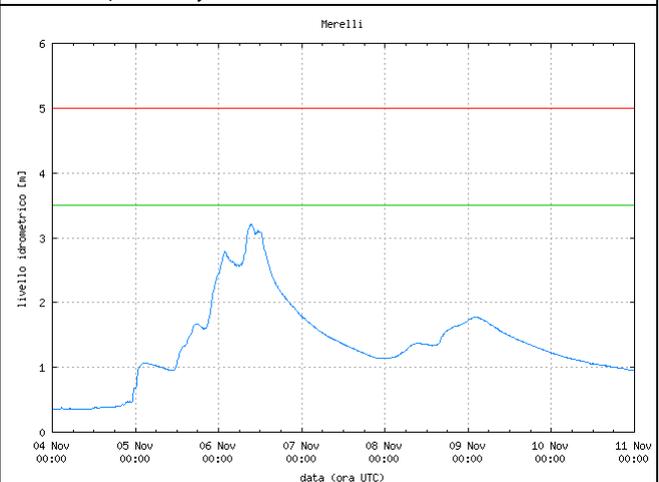


Figura 37 Livello idrometrico (Argentina a Merelli, zona A)

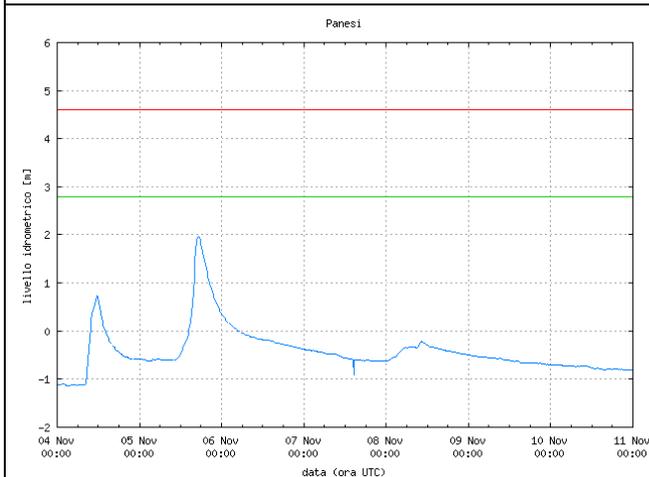


Figura 38 Livello idrometrico (Entella a Panesi, zona C)

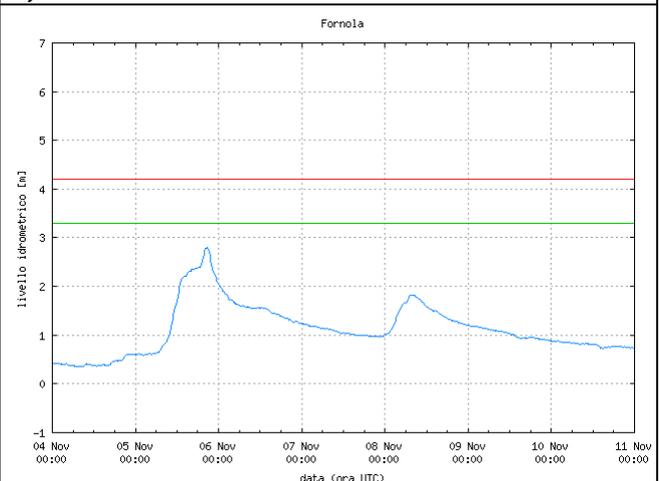


Figura 39 Livello idrometrico (Magra a Fornola, zona C)

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 (Scrivia 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 32, Figura 33, 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 38, Figura 39).

3.3 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 meteoidrologica 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 tombinato².

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.

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

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 tombinatura².

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.

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.

3.4 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 5 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 5 Vento medio massimo e raffica massima osservati su alcune stazioni anemometriche significative

3.5 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, verificatasi 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 6 Valori più significativi parametri ondometrici registrati dalle boe di La Spezia e Ventimiglia nel corso delle mareggiate verificatesi durante l'evento.

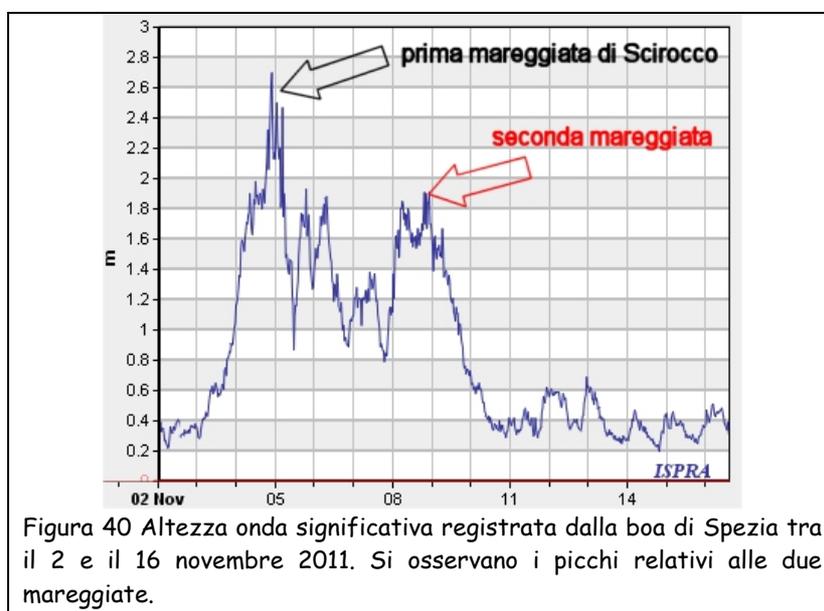


Figura 40 Altezza onda significativa registrata dalla boa di Spezia tra il 2 e il 16 novembre 2011. Si osservano i picchi relativi alle due mareggiate.

3.6 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.

4 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 invortimento 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 (Scrivia 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 (Scrivia, Stura e Orba) ed i torrenti maggiori del comune di Genova: sul torrente 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)

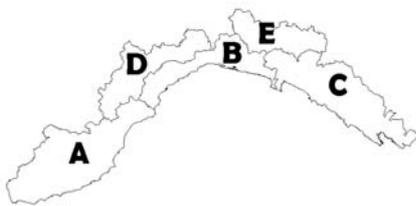
I livelli idrometrici registrati hanno mostrato decisi innalzamenti coerentemente con le precipitazioni osservate. Si sono verificate frane e smottamenti diffusi, nonché piene significative su tutto il territorio regionale ed esondazioni anche importanti in alcuni corsi d'acqua delle zone di allertamento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

- 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 transitiva 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.