

RAPPORTO DI EVENTO METEOIDROLOGICO DEL 13-14/10/2016

(redatto da P. Bellantone, M. Corazza, L. Grieco, B. Turato, F. Soatto e F. Giannoni)

Abstract.....	1
1 Analisi meteorologica.....	2
2 Dati Osservati.....	8
2.1 Analisi Pluviometrica.....	8
2.1.1 Analisi dei dati a scala areale.....	8
2.1.2 Analisi dei dati puntuali.....	10
2.2 Analisi idrometrica e delle portate.....	15
2.3 Analisi anemometrica.....	18
2.4 Mare.....	19
2.5 Effetti al suolo e danni rilevanti.....	20
3 Conclusioni.....	20

Abstract

L'evento meteorologico che ha interessato la regione il 13-14 ottobre 2016 è stato caratterizzato dalla presenza di una vasta area depressionaria sull'Europa Occidentale con approfondimento di un minimo sulla Francia. Tale configurazione ha favorito l'interazione tra correnti meridionali umide con la massa d'aria fredda preesistente sulla Pianura Padana; il conseguente marcato gradiente termico ha consentito lo sviluppo di fenomeni particolarmente intensi.

Durante l'evento si sono sviluppati fenomeni a carattere temporalesco che hanno fatto registrare localmente intensità fino moderate al più molto forti ed quantità significative su tutte le zone di allerta; tuttavia l'assenza di stazionarietà e di persistenza dei fenomeni sia prefrontali sia frontali ha impedito l'accumulo di rilevanti quantità di pioggia sia a scala locale sia a scala areale.

Particolarmente rilevante è stata invece l'intensità dei venti associati al passaggio della struttura nella zona compresa tra Genova ed il Tigullio, riconducibili ai moti turbolenti sviluppatasi all'interno delle celle convettive. Sull'area costiera compresa tra Genova Quinto e Chiavari e nel suo immediato entroterra le raffiche registrate sono state superiori ai 150 km/h.

L'evento pluviometrico pur facendo registrare localmente intensità forti non ha prodotto innalzamenti significativi dei corsi d'acqua monitorati. I numerosi ed importanti danni diffusi occorsi sul territorio sono riconducibili non tanto alle risposte idrologiche dei bacini idrografici, quanto all'intensa ventilazione che ha investito il Centro - Levante nelle ore centrali della giornata.

1 Analisi meteorologica

Nel corso della giornata del 14 ottobre 2016 il Mediterraneo occidentale è stato interessato dal transito di una vasta anomalia in quota associata ad una estesa area depressionaria centrata sull'Europa occidentale.

L'evento era stato anticipato, nei giorni immediatamente precedenti, dalla lunga permanenza di un profondo vortice depressionario sull'Europa Centrale che aveva convogliato aria fredda sul Nord-Italia, determinando un sensibile raffreddamento nei bassi strati atmosferici, per poi spostarsi nella giornata del 12 ottobre sui Balcani e lasciare spazio ad una temporanea rimonta anticiclonica sul Mediterraneo.

Tra il 12 ed il 13 ottobre una stretta saccatura con minimo chiuso in quota ed asse inizialmente disposto lungo la direttrice NordEst-SudOvest in rotazione antioraria, si è avvicinata al Portogallo, portandosi rapidamente sulla Penisola Iberica e spingendosi verso Sud fino a lambire l'Africa settentrionale (Figura 1). La configurazione venutasi a creare ha fatto sì che aria calda e umida di estrazione subtropicale continentale nella media e bassa troposfera venisse convogliata sul Mediterraneo occidentale, determinando piogge torrenziali e fenomeni alluvionali sulla Catalogna (dove sono stati osservati tra 200 e 250 mm/24 ore ed una vittima nella comarca di Maresme).

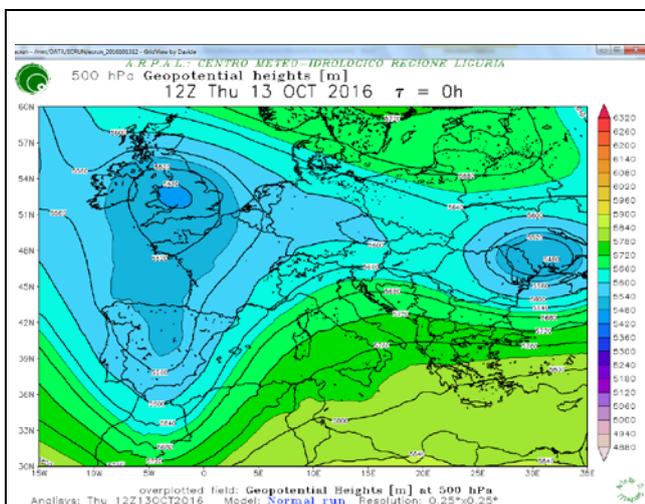


Figura 1 Mappa dell'altezza di geopotenziale a 500 hPa riferita alle 12 UTC del 13 ottobre (analisi del modello ECRUN inizializzato alle 12 UTC del 13 ottobre 2016)

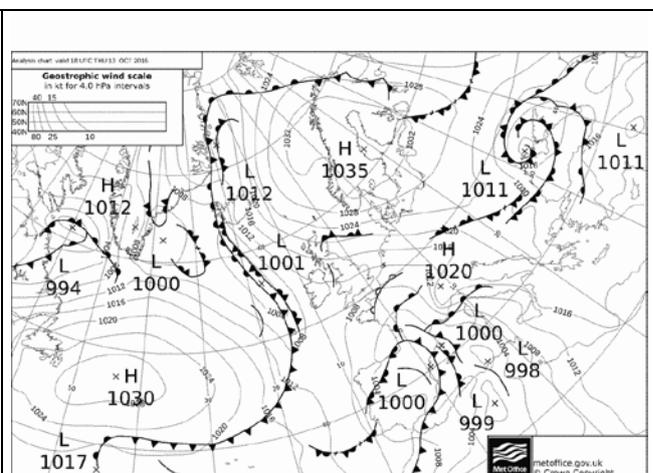


Figura 2 Elaborazione dei fronti di Bracknell riferita alle 18 UTC del 13 ottobre 2016

Nel corso della giornata del 13 ottobre il minimo al suolo associato a tale onda depressionaria si è spostato lentamente dalla Catalogna al sud della Francia evidenziando un modesto approfondimento sul Golfo del Leone. L'area depressionaria ad esso associata si è progressivamente ampliata andando ad interessare l'intera porzione occidentale del bacino Mediterraneo, favorendo così la risalita di aria calda e umida nei bassi strati lungo il Tirreno, fino alle regioni nord-occidentali italiane (Figura 2). L'intenso gradiente barico venutosi a formare, ha favorito pertanto un netto incremento del gradiente termico nei bassi strati atmosferici nonché un marcato aumento dell'instabilità della colonna d'aria sul bacino, in corrispondenza del settore prefrontale.

Infatti, analizzando il profilo verticale della temperature potenziale equivalente su un punto griglia del modello corrispondente all'area genovese, si osserva una marcata instabilità della colonna d'aria nei giorni 13 e 14 ottobre; in particolare il 14 ottobre alle ore 12 UTC, si può notare l'intrusione di aria calda e la formazione della convergenza dei venti in prossimità della stessa (Figura 3 e Figura 4).

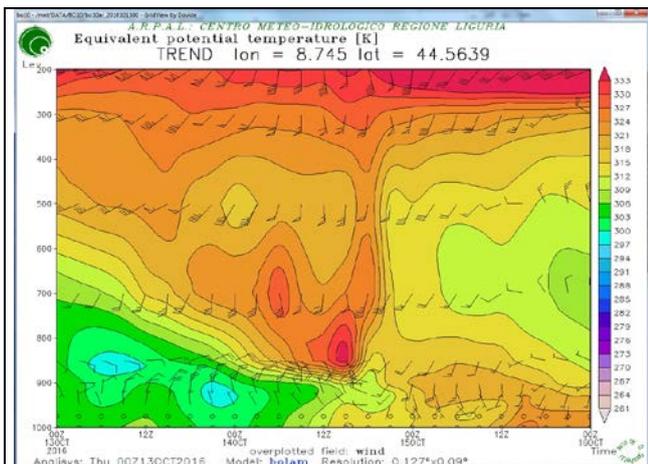


Figura 3 Trend della temperatura potenziale equivalente sull'area Genovese tra il 13 e del 15 ottobre 2016 (analisi e previsione del modello Bolam10 inizializzato alle 00 UTC del 13 ottobre 2016)

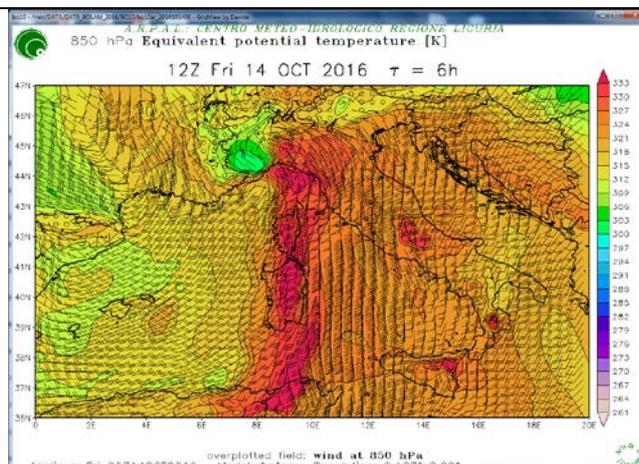


Figura 4 Mappa di temperatura potenziale equivalente e vento a 850 hPa riferiti alle ore 14:00 locali (12:00 UTC) del 14 ottobre 2016 (previsione a +6hr del modello Bolam10 inizializzato alle 06 UTC del 14 ottobre)

La notte tra il 13 ed il 14 ottobre è stata caratterizzata da una intensa attività temporalesca sul Sud della Francia e sull'alto Tirreno, tra la Toscana e la Corsica orientale, zone interessate dalla formazione di due strutture temporalesche organizzate e stazionarie. La Liguria, invece, investita prevalentemente da un intenso flusso settentrionale nei bassi strati, è stata interessata solo dal rapido transito di isolate celle temporalesche che hanno prodotto deboli rovesci.

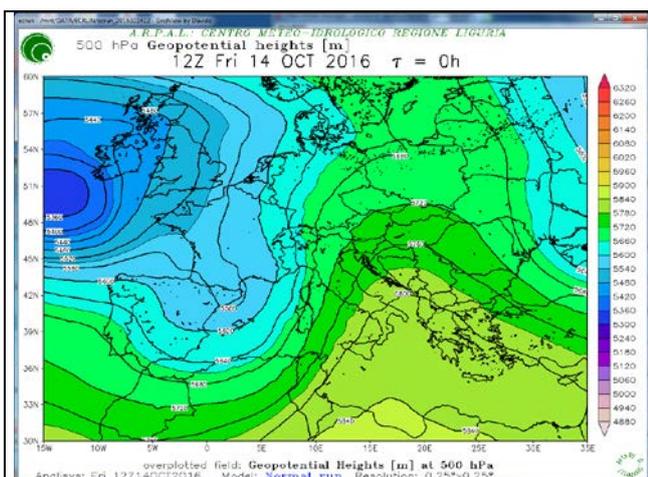


Figura 5 Mappa dell'altezza di geopotenziale a 500 hPa riferita alle 12 UTC del 14 ottobre 2016 (analisi del modello ECRUN inizializzato alle 12 UTC del 14 ottobre 2016)

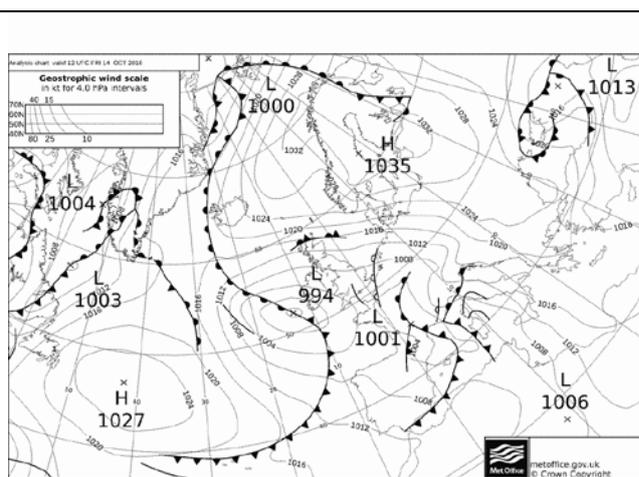
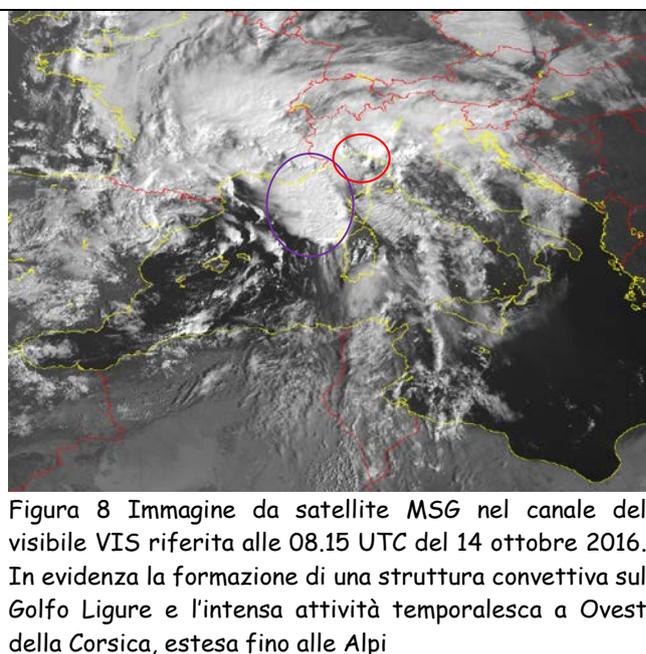
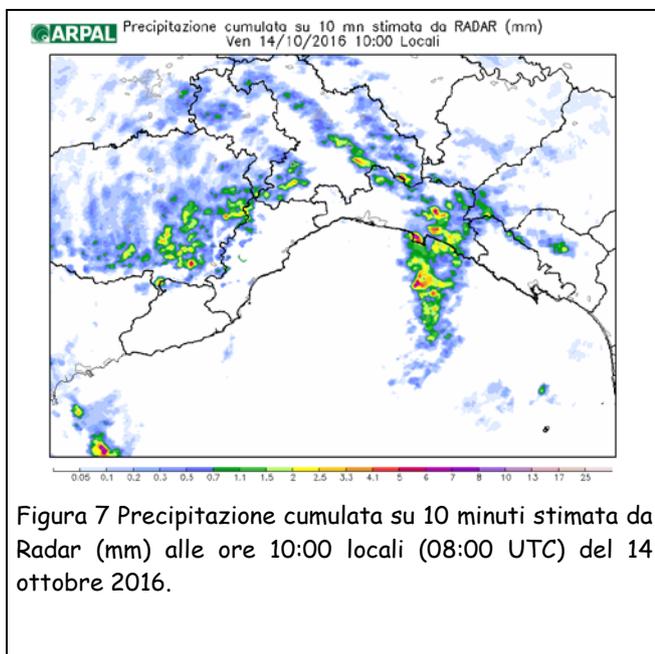


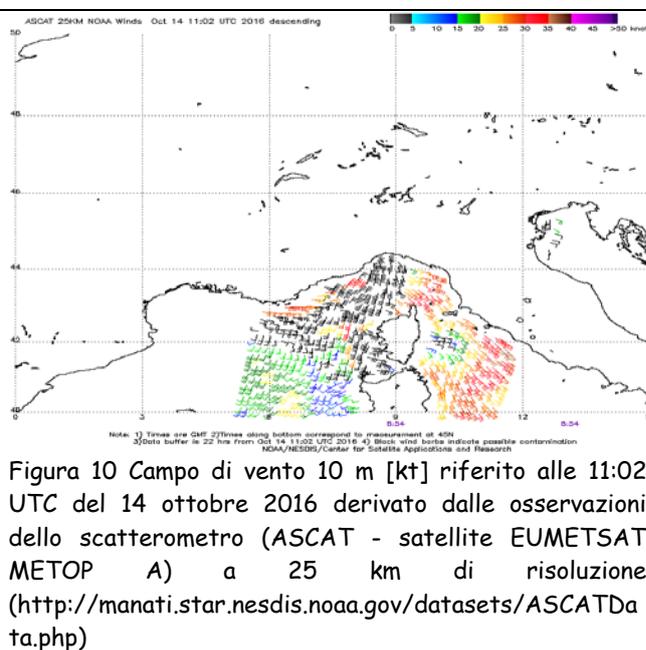
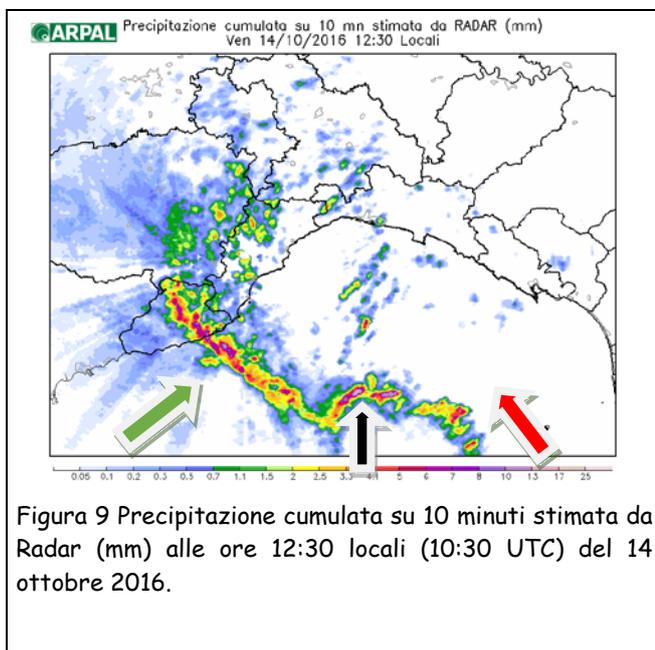
Figura 6 Mappa dei fronti di Bracknell riferita alle 12 UTC del 14 ottobre 2016 (elaborazione www.metoffice.gov.uk)

Nel corso della mattinata del 14 ottobre la configurazione barica venutasi a creare (Figura 5 e Figura 6) ha fatto sì che le forti correnti caldo-umide sud-orientali in risalita lungo il Tirreno, riuscissero a spingersi fino alla parte orientale del Mar Ligure, creando una marcata linea di convergenza nei bassi strati con le correnti relativamente fredde settentrionali provenienti dalla Pianura Padana. Lungo tale linea di convergenza, all'altezza del Golfo del Tigullio, si è formata una struttura convettiva, con origine in mare ed asse SudOvest-NordEst (Figura 7 e Figura 8 - cerchio rosso). In questa fase, a causa dell'intenso gradiente barico, sono state registrate raffiche di vento tra

100 e 120 km/h in alcune stazioni situate in prossimità della costa. I quantitativi di precipitazione sono risultati tra moderati e forti ma limitati al Tigullio, al suo immediato entroterra e all'area E (valore massimo registrato: 50 mm/h a Cabanne, area E).



Contemporaneamente, all'approssimarsi del fronte freddo all'Italia, si è osservata la formazione di una linea temporalesca (squall line) estesa dalla Sardegna alle Alpi (Figura 8 - cerchio viola). Tale struttura ha investito la Liguria in tarda mattinata ad iniziare dal Ponente (intorno alle 12.00 ora locale, Figura 9), spostandosi molto rapidamente verso Est.



Seppur di breve durata, i fenomeni temporaleschi associati al passaggio della linea frontale sono risultati particolarmente intensi sulle aree B e C. Le precipitazioni, infatti, hanno fatto registrare intensità molto forti (massimo valore di precipitazione nativa registrato dalla rete regionale OMIRL pari a 11.6 mm/5 minuti su Genova Gavette); tuttavia, la mancanza di stazionarietà della struttura temporalesca ha fatto sì che le cumulate non siano state particolarmente elevate.

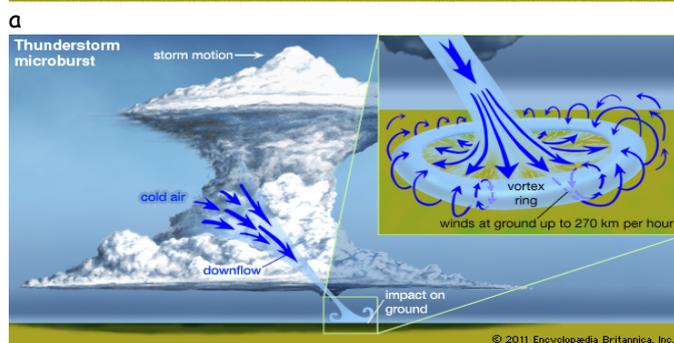
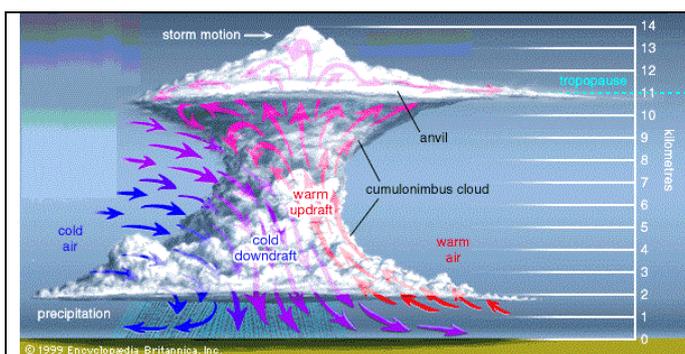
Sono risultate rilevanti, invece, le intensità dei venti associati al passaggio della struttura nella zona compresa tra Genova ed il Tigullio, riconducibili ai moti turbolenti sviluppatasi all'interno delle celle convettive.

Il fenomeno è spiegabile ipotizzando la formazione di un intenso *MACROBURST*, ovvero un flusso divergente alla base di un *downburst* (Figura 11), in espansione radiale su un'area di diametro superiore ai 4 km. Si tratta di una forte corrente discensionale di aria densa e fredda proveniente dalle quote più alte del temporale che, raggiunta la superficie terrestre, si espande orizzontalmente formando un fronte di raffica lungo il margine dell'aria fredda. Il fronte di raffica è evidenziato da un marcato gradiente di temperatura ed un netto aumento della velocità del vento; esso può avere una durata tra i 5 e i 20 minuti e raggiungere velocità nell'ordine dei 60 m/s (215 km/h).

Nell'evento del 14 ottobre, le raffiche registrate associate al fenomeno sono state superiori ai 150 km/h (raffica massima 180 km/h da SudEst a Fontana Fresca, Sori, Figura 13). Analizzando i dati di vento al suolo, si evince che l'area interessata dal fenomeno del *downburst* si estende lungo la costa tra Genova Quinto e Chiavari (Figura 12), ma anche che esso si è sospinto con tutta la sua forza fino all'entroterra: Fontana Fresca, Bargagli, Uscio e Avegno le più colpite (Figura 13).

Osservando nel dettaglio la direzione dei venti nell'area sopra indicata si denota un'alta variabilità ed una continua alternanza tra venti settentrionali e meridionali in un intervallo di tempo ristretto. Tale discontinuità può essere imputata al continuo scontro tra i flussi principali al suolo descritti in precedenza che non osservano una predominanza dell'uno sull'altro.

Altra ipotesi, che necessita di studi più approfonditi per essere confermata, potrebbe essere quella di associare la variabilità direzionale dei venti alla caoticità dei moti osservati in regime turbolento all'interno del macroburst.



b
 Figura 11 Schema dei moti all'interno di una struttura temporalesca (a) e del fenomeno del macroburst (b) (fonte: Encyclopedia Britannica, Inc.)



Figura 12 Foto amatoriale macroburst visto dalle alture di Recco

**CENTRO FUNZIONALE METEO-IDROLOGICO
 DI PROTEZIONE CIVILE DELLA REGIONE LIGURIA**

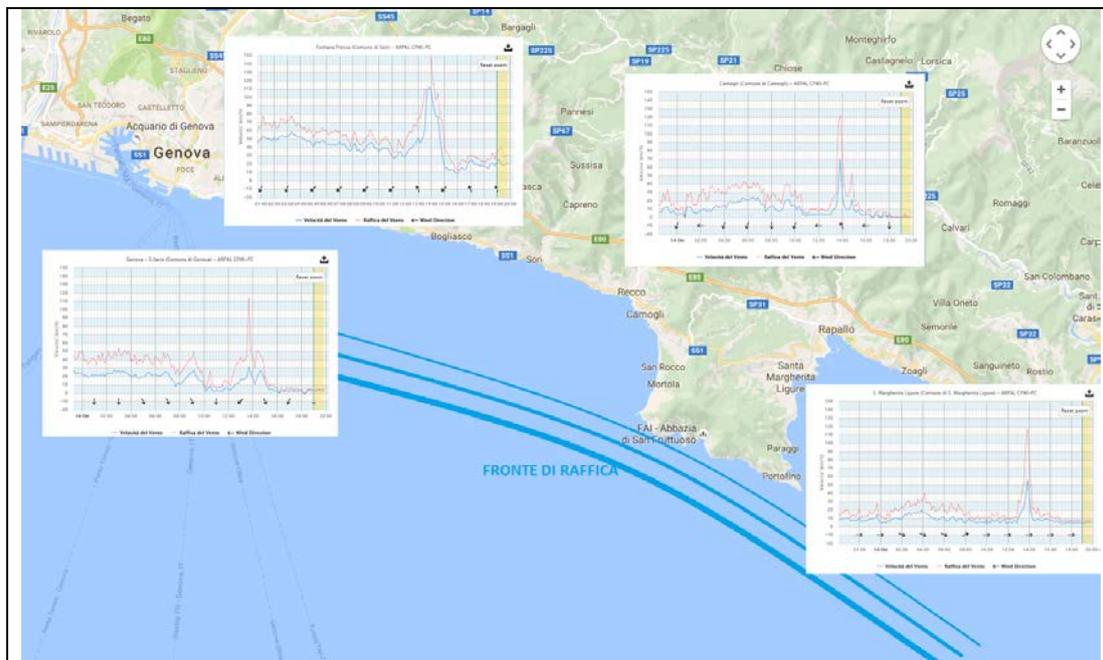


Figura 13 Rappresentazione grafica del fronte di raffica ed intensità e direzione dei venti in quattro località campione interessate dal fenomeno.

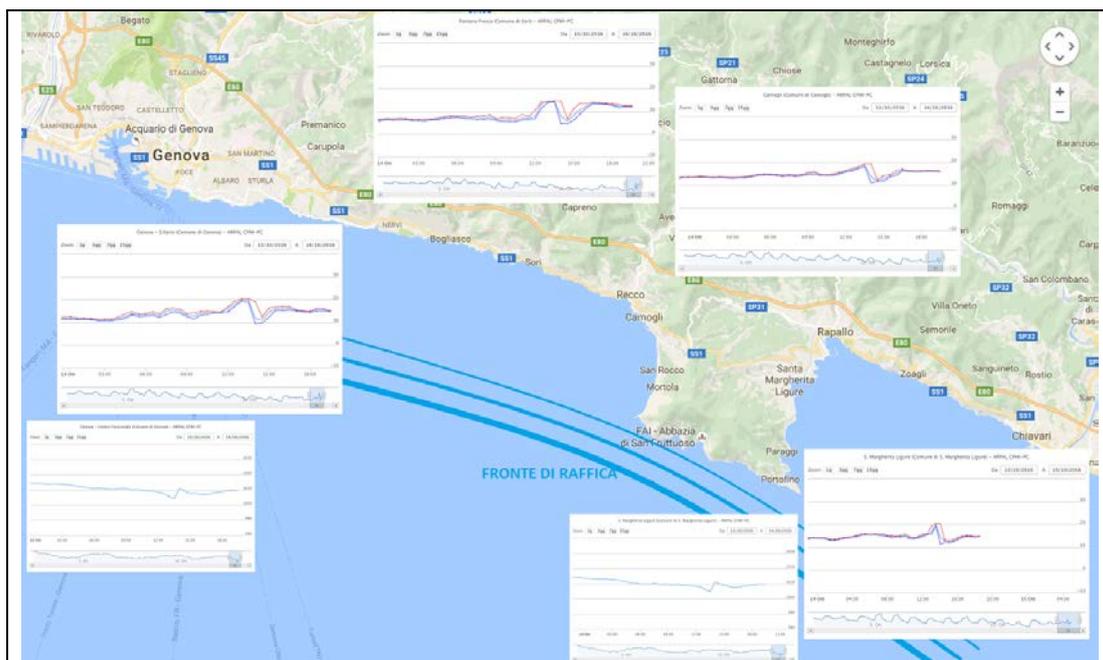


Figura 14 Rappresentazione grafica del fronte di raffica ed andamento delle temperature (riquadri più grandi) e della pressione (riquadri più piccoli) in quattro località campione interessate dal fenomeno.

È importante sottolineare, comunque, che negli istanti immediatamente successivi ai forti venti registrati, è stato osservato nella stessa area un temporaneo aumento delle temperature seguito da un successivo crollo di circa 10 °C in poche decine di minuti, ad indicare l'imponente discesa di aria fredda (Figura 14, riquadri più grandi). Inoltre è stata osservata una variazione repentina della pressione in tutte le località considerate, come si evince dai riquadri più piccoli riportati nella stessa Figura 14), che evidenziano un veloce calo della pressione ed un rapido aumento, anche in questo caso in poche decine di minuti. Questi aspetti possono essere riconducibili all'updraft che precede il fronte temporalesco ed il successivo downdraft che, come in questo caso, può evolvere in un downburst.

Proprio tali caratteristiche, insieme alla capacità di penetrazione nell'entroterra e all'estensione spaziale degli effetti al suolo, consentono di riconoscere nel fenomeno osservato il fronte di raffica associato ad un imponente *macroburst* e di escludere che la causa dei fenomeni osservati sia riconducibile al transito di una tromba d'aria.

Il fatto che l'umidità non abbia subito modifiche evidenti durante l'evento e che siano state registrate precipitazioni, permette di poter affermare che si sia trattato di un wet macroburst, cioè una corrente discendente fredda ed umida che permette anche alla precipitazione di raggiungere il suolo.

Non è raro osservare fenomeni di downdraft secchi, perché spesso il contenuto d'acqua in nube contribuisce al raffreddamento della massa d'aria tramite l'evaporazione; in questo caso però l'apporto di umidità da parte delle correnti sciroccali è stato talmente elevato da permetterne la precipitazione al suolo.

Intorno alle ore 15:00 (ora locale) le precipitazioni si sono attenuate lasciando spazio ad ampi rasserenamenti sulle aree A, B, D, mentre C ed E sono state ancora interessate da deboli piogge per alcune ore.

La parte post-frontale della perturbazione ha continuato ad interessare localmente la nostra regione fino alla mattinata del 15 ottobre, causando temporali moderati sul Levante (36 mm/h Bargone) ed esaurendosi completamente nella seconda parte della stessa giornata.

2 Dati Osservati

2.1 Analisi Pluviometrica

Per l'intera giornata del 13 ottobre la Liguria centro-occidentale è stata interessata da precipitazioni sparse di debole intensità. Nella giornata successiva si è osservato un sostanziale peggioramento su tutte le zone di allerta, con massime intensità di precipitazione da moderata fino a MOLTO FORTE (massimo di 50 mm/1h a Cabanne; 35.8 mm/1h a Bargone) e con quantità da SIGNIFICATIVA ad ELEVATA (78 mm/6h ancora a Cabanne). Notevoli sono state invece le altezze di precipitazione per quanto riguarda le durate sub-orarie: si segnalano a tal riguardo i 12 mm in 5 minuti registrati dalla stazione di Genova Gavette.

L'assenza di stazionarietà e di persistenza dei fenomeni sia prefrontali sia frontali ha impedito l'accumulo di rilevanti quantità di pioggia sia a scala locale sia a scala areale.

2.1.1 Analisi dei dati a scala areale

In un contesto perturbato che ha interessato la regione per 3 giorni, la fase più significativa, occorsa nella giornata del 14 ottobre, ha interessato gran parte della regione; la quantità massima media areale (valutata con una finestra mobile) è stata SIGNIFICATIVA su tutte le zone di allertamento, come si può evincere dai valori riportati in Tabella 1.

Zona allerta	1h (mm)	3h (mm)	6h (mm)	12h (mm)	24h (mm)
A	13.0 14/10/2016 11:00	20.4 14/10/2016 12:20	21.3 14/10/2016 12:20	24.5 14/10/2016 19:10	35.0 15/10/2016 03:25
B	15.9 14/10/2016 12:00	18.5 14/10/2016 13:00	20.9 14/10/2016 13:00	26.3 14/10/2016 12:50	29.9 15/10/2016 02:05
C ¹	7.8 14/10/2016 12:20	14.4 14/10/2016 09:25	23.3 14/10/2016 12:30	34.0 14/10/2016 15:15	44.2 15/10/2016 04:35
D	15.8 14/10/2016 11:55	22.9 14/10/2016 12:15	32.2 14/10/2016 11:55	42.4 14/10/2016 12:15	43.4 14/10/2016 21:35
E	14.2 15/10/2016 03:05	25.4 15/10/2016 03:35	36.4 14/10/2016 13:45	42.8 14/10/2016 13:45	75.4 15/10/2016 03:15

Tabella 1 Massima media areale sulle zone di allertamento della cumulata di pioggia registrata per diverse durate

Di seguito si riportano le mappe di precipitazione cumulata areale relative ai giorni 13, 14 e 15 ottobre (Figura 15-Figura 19). Tali mappe sono ottenute dai dati puntuali (cumulate di precipitazione in 12 ore) della rete di misura OMIRL, mediante algoritmo di interpolazione con l'inverso della distanza al quadrato.

Come già scritto pocanzi, nella giornata di 13 ottobre modeste precipitazioni hanno coinvolto la Liguria centro-occidentale (escluse le zone C ed E). Nella giornata successiva le quantità di pioggia sono state decisamente

¹ Le precipitazioni areali sull'area C vengono calcolate considerando anche le stazioni toscane ricadenti sul bacino del Magra.

maggiori e hanno interessato tutte le aree di allertamento. Tra il pomeriggio del 14 e la mattinata del 15 residue precipitazioni hanno interessato solo gli estremi della regione.

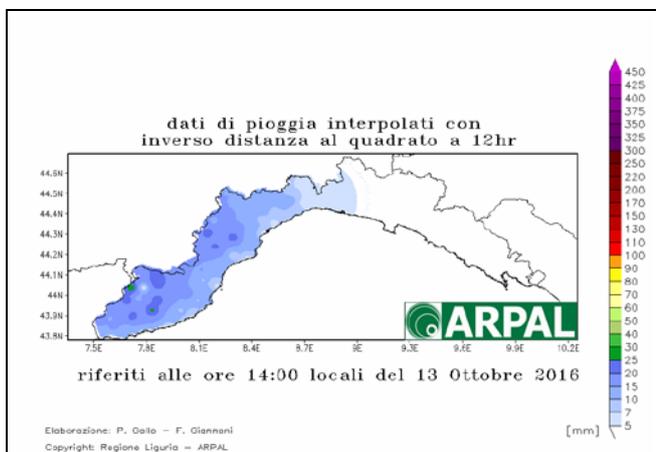


Figura 15 Piogge cumulate in 12 ore alle 12:00 UTC del 13/10/2016.

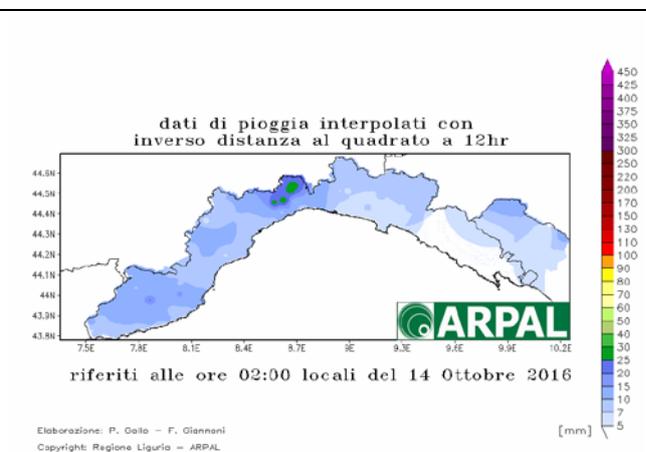


Figura 16 Piogge cumulate in 12 ore alle 00:00 UTC del 14/10/2016.

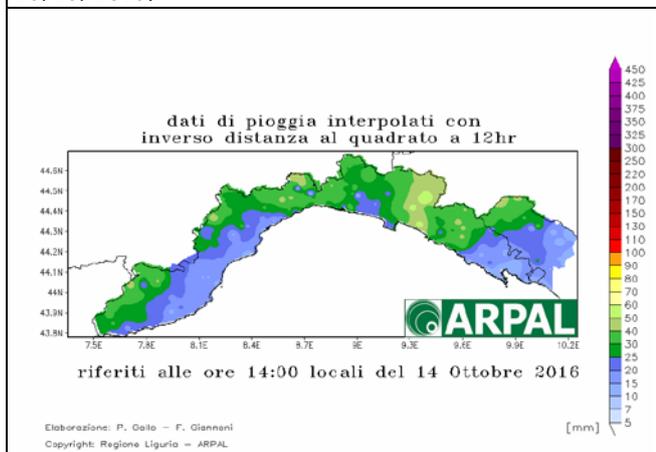


Figura 17 Piogge cumulate in 12 ore alle 12:00 UTC del 14/10/2016.

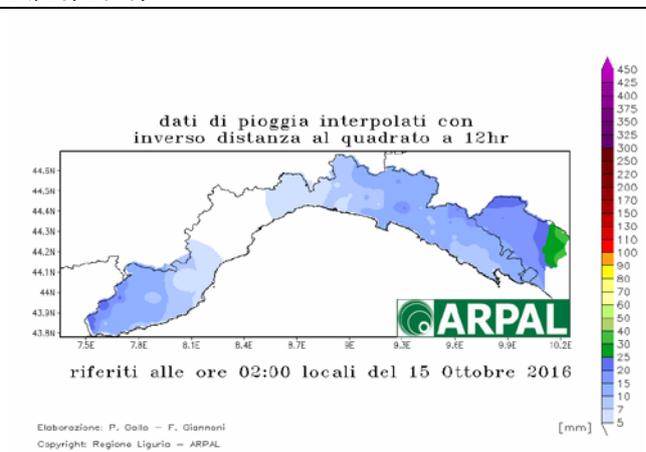


Figura 18 Piogge cumulate in 12 ore alle 00:00 UTC del 15/10/2016.

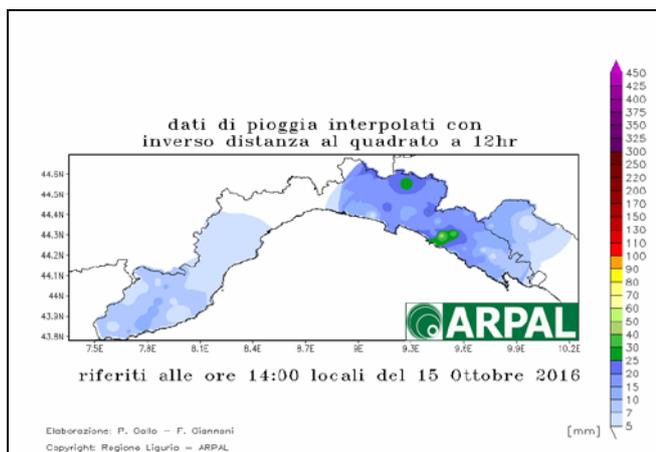


Figura 19 Piogge cumulate in 12 ore alle 12:00 UTC del 15/10/2016.

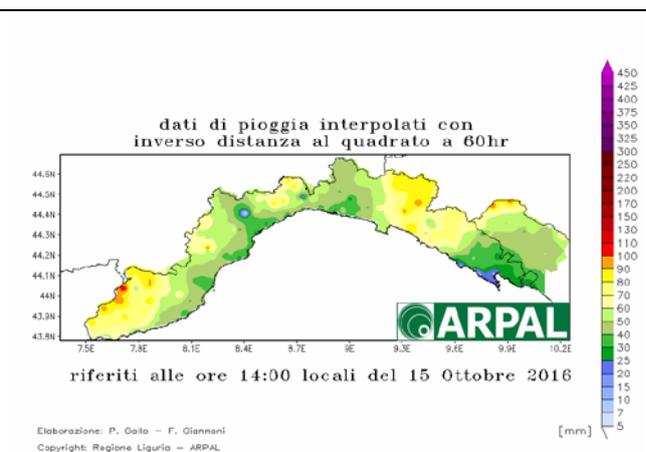


Figura 20 Piogge cumulate in 60 ore alle 12:00 UTC del 15/10/2016.

2.1.2 Analisi dei dati puntuali

Le tabelle che seguono riportano i massimi valori di precipitazione puntuale misurati dalla strumentazione della rete OMIRL tra le 00:00 UTC del 14/10/2016 e le 12:00 UTC del 15/10/2016 (36 ore) con una finestra temporale mobile, distinti per zone di allertamento e per diverse durate.

Zona allerta	(mm/5min)	(mm/10min)	(mm/15min)	(mm/30min)	(mm/45min)
A	9.2 Bestagno (BESTA) 14/10/2016 10:40	13.8 Verdeggia (VERDE) 14/10/2016 10:25	17.4 Verdeggia (VERDE) 14/10/2016 10:25	22.2 Verdeggia (VERDE) 14/10/2016 10:30	25.8 Colle Belenda (BELEN) 14/10/2016 10:35
B	11.6 Genova - Gavette (GEPKA) 14/10/2016 11:45	17.4 Genova - Gavette (GEPKA) 14/10/2016 11:45	20.8 Genova - Gavette (GEPKA) 14/10/2016 12:50	27 GE - Pontedecimo (GEPTX) 14/10/2016 11:55	28.4 GE - Pontedecimo (GEPTX) 14/10/2016 12:10
C	9 Padivarma (PDVRM) 14/10/2016 11:30	15.2 Mattarana (MATRA) 14/10/2016 06:55	20.8 Mattarana (MATRA) 14/10/2016 06:55	24 Mattarana (MATRA) 14/10/2016 07:00	28.8 Bargone (BARGO) 15/10/2016 04:25
D	5 Urbe - Vara Sup (URVAS) 14/10/2016 12:00	8.8 Piampaludo (PIAMP) 14/10/2016 11:20	10 Urbe - Vara Sup (URVAS) 14/10/2016 12:00	19.6 Piampaludo (PIAMP) 14/10/2016 11:30	21 Urbe - Vara Sup (URVAS) 14/10/2016 12:00
E	4 Loco Carchelli (LOCOC) 14/10/2016 12:00	12.6 Cabanne (CABAN) 14/10/2016 08:50	17.3 (*) Cabanne (CABAN) 14/10/2016 09:00	31 Cabanne (CABAN) 14/10/2016 09:00	40.6 (*) Cabanne (CABAN) 14/10/2016 09:00

Tabella 2 Valori massimi PUNTUALI di precipitazione registrati dai pluviometri della rete OMIRL nel periodo tra le 00:00 UTC del 14/10/2016 e le 12:00 UTC del 15/10/2016, distinti per zone di allertamento e per diverse durate (sub-orarie). (*) Il valore massimo è stimato a causa della differente granularità del dato grezzo.

Zona allerta	(mm/1h)	(mm/3h)	(mm/6h)	(mm/12h)	(mm/24h)
A	28.4 Colle Belenda (BELEN) 14/10/2016 10:50	37 Verdeggia (VERDE) 14/10/2016 12:00	38.4 Verdeggia (VERDE) 14/10/2016 12:00	48.6 Verdeggia (VERDE) 14/10/2016 20:45	66.2 Verdeggia (VERDE) 15/10/2016 01:55
B	29 GE - Pontedecimo (GEPTX) 14/10/2016 12:20	33.4 GE - Pontedecimo (GEPTX) 14/10/2016 12:50	34.6 GE - Pontedecimo (GEPTX) 14/10/2016 12:45	42.2 Isoverde (ISOVE) 14/10/2016 12:35	59 Camogli (CAMOG) 15/10/2016 02:10
C	35.8 Bargone (BARGO) 15/10/2016 04:30	43.2 Bargone (BARGO) 15/10/2016 04:55	56.2 Panesi (PANES) 14/10/2016 12:55	66.8 Giacopiane - Diga (LGIAC) 14/10/2016 14:40	91.6 Cichero (CCHER) 15/10/2016 04:30
D	26.6 Piampaludo (PIAMP) 14/10/2016 12:00	31.6 Rossiglione (ROSGL) 14/10/2016 12:30	40.8 Rossiglione (ROSGL) 14/10/2016 12:30	51 Rossiglione (ROSGL) 14/10/2016 12:40	53.4 Campo Ligure (CAMPL) 14/10/2016 21:35
E	50 Cabanne (CABAN) 14/10/2016 09:10	62 Cabanne (CABAN) 14/10/2016 09:40	78.4 Cabanne (CABAN) 14/10/2016 13:00	86.8 Cabanne (CABAN) 14/10/2016 13:50	116 Cabanne (CABAN) 15/10/2016 04:50

Tabella 3 Valori massimi PUNTUALI di precipitazione registrati dai pluviometri della rete OMIRL nel periodo tra le 0:00 UTC del 14/10/2016 e le 12:00 UTC del 15/10/2016, distinti per zone di allertamento e per diverse durate (superiori all'ora).

L'intensità della pioggia che ha interessato il territorio ligure tra il 14 e il 15 ottobre 2016 è stata puntuale al più MOLTO FORTE, con quantità fino ad ELEVATA.

Nelle zone di allertamento A, B e D l'intensità raggiunta è stata MODERATA, in C FORTE e in E MOLTO FORTE (50 mm/1h a Cabanne). Per quanto riguarda le quantità, queste sono state al massimo SIGNIFICATIVE su A e B, ELEVATE nelle restanti zone di allertamento.

Si riportano di seguito gli ietogrammi significativi relativi ad alcune stazioni che hanno registrato i valori massimi puntuali. Le intensità di pioggia, valutate in base alle cumulate su 1 e 3 ore, e le quantità, valutate in base alle cumulate su 6, 12 e 24 ore, sono definite in accordo con le soglie stabilite dal CFMI-PC.

Si rammenta che negli ietogrammi sotto mostrati è rappresentata l'intensità di pioggia oraria valutata con finestra temporale fissa (inizializzata alle 00 di ogni ora). Le altezze di pioggia potrebbero quindi essere diverse da quelle indicate nelle due precedenti tabelle, ove i valori orari sono stimati a finestra mobile.

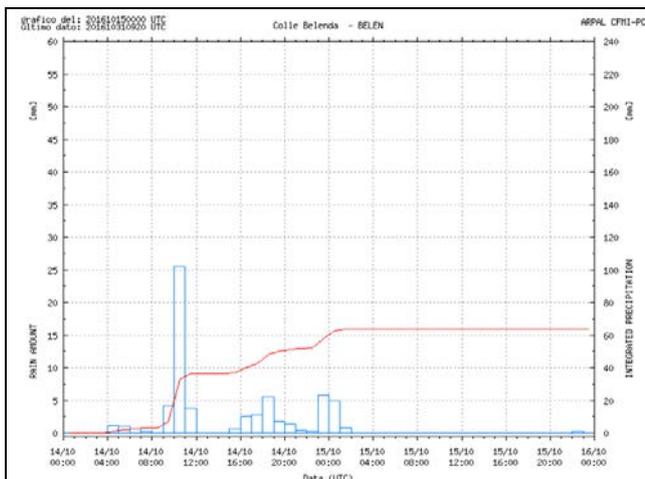


Figura 21 Ietogramma e cumulata di Colle Belenda (A)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) significativa

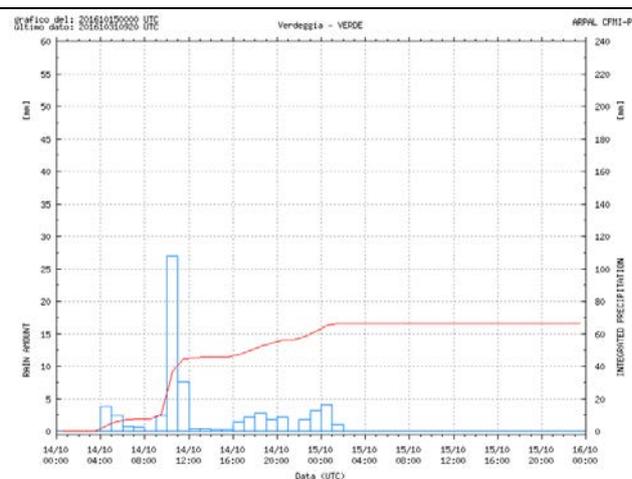


Figura 22 Ietogramma e cumulata di Verdeggia (A)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h) significativa, (mm/24h) elevata

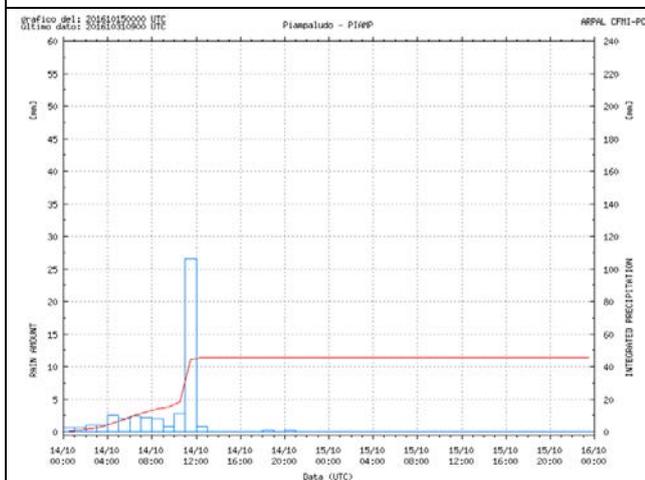


Figura 23 Ietogramma e cumulata di Piampaludo (B)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h) significativa, (mm/24h) elevata

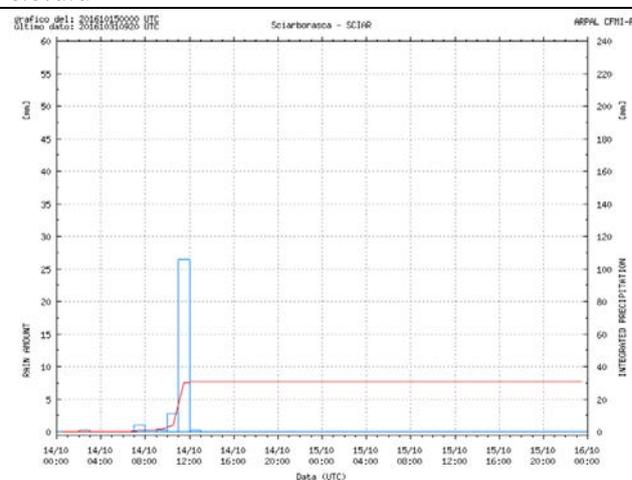


Figura 24 Ietogramma e cumulata di Sciarborasca (B)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) significativa

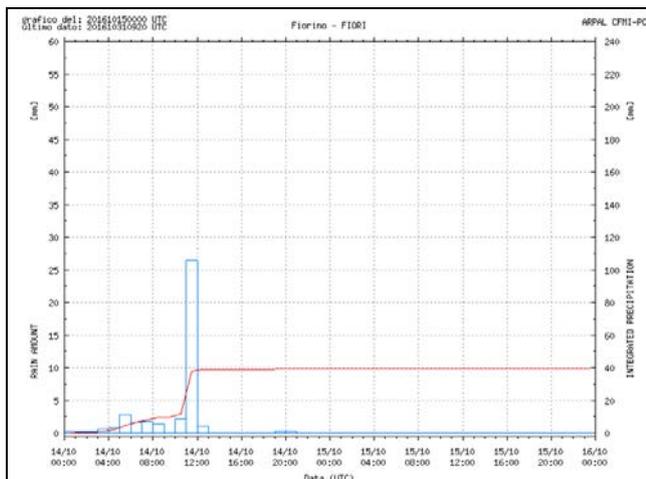


Figura 25 Ietogramma e cumulata di Fiorino (B)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) significativa

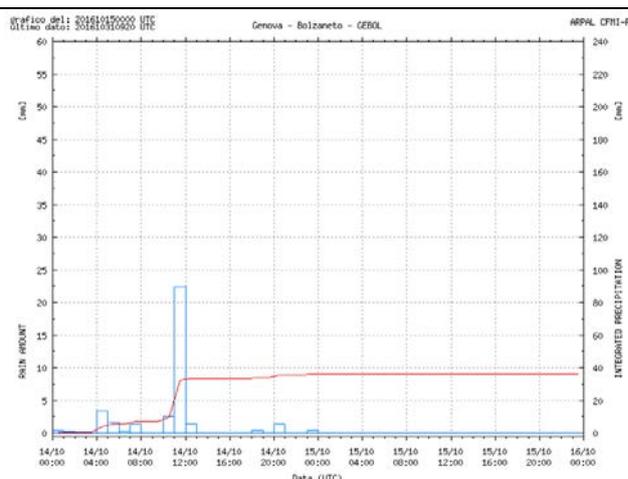


Figura 26 Ietogramma e cumulata di GE - Bolzaneto (B)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) significativa

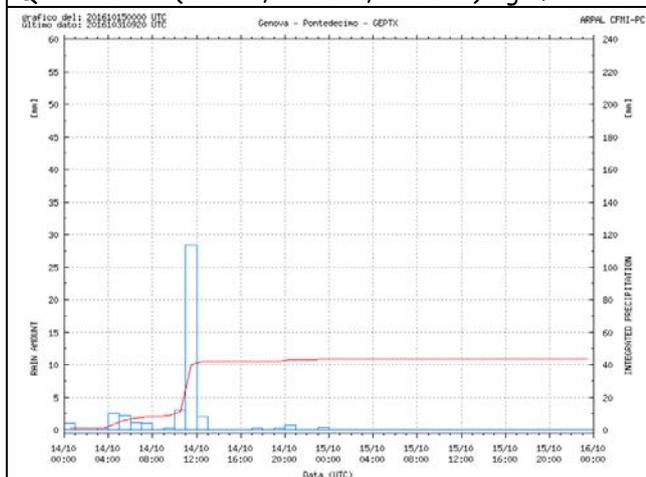


Figura 27 Ietogramma e cumulata di Pontedecimo (B)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) significativa

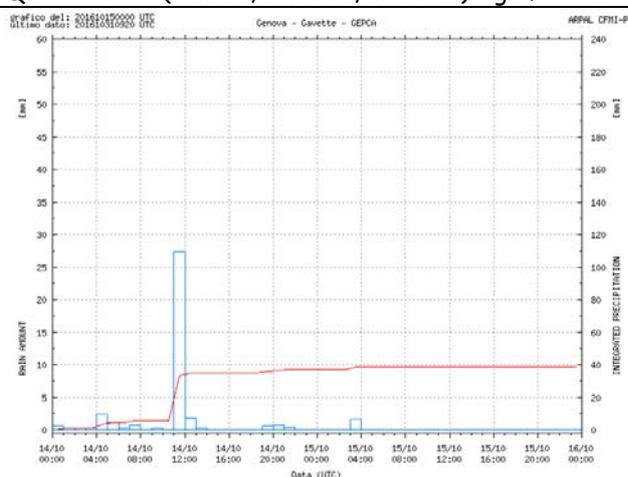


Figura 28 Ietogramma e cumulata di GE - Gavette (B)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) significativa

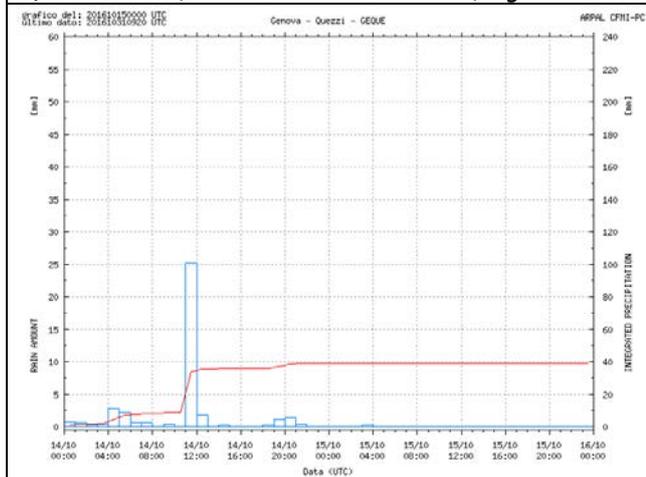


Figura 29 Ietogramma e cumulata di GE - Quezzi (B)

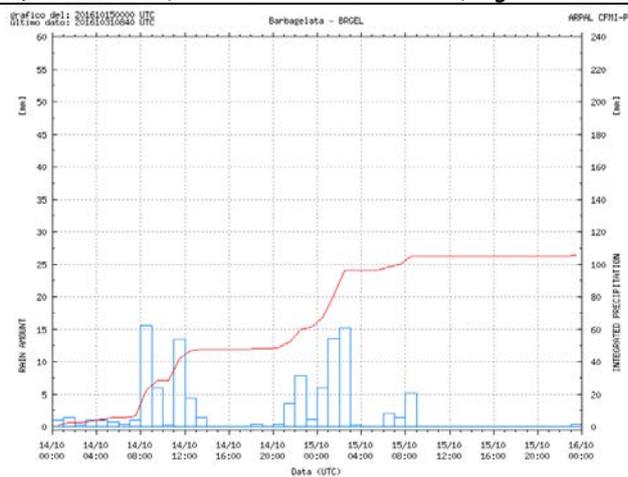


Figura 30 Ietogramma e cumulata di Barbagelata (E)

INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) significativa

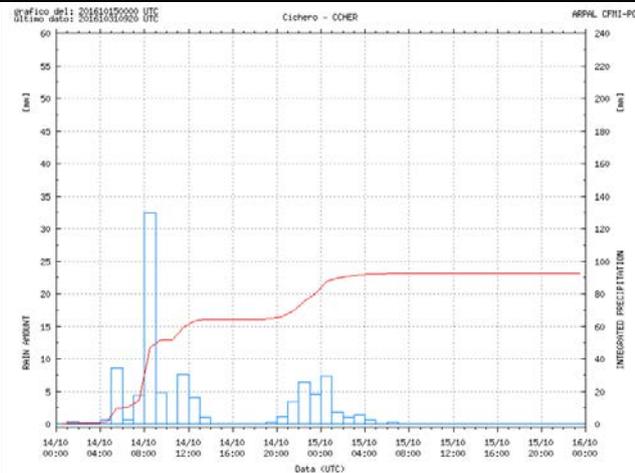


Figura 31 Ietogramma e cumulata di Cichero (C)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) forte, (mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) elevata

INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) elevata

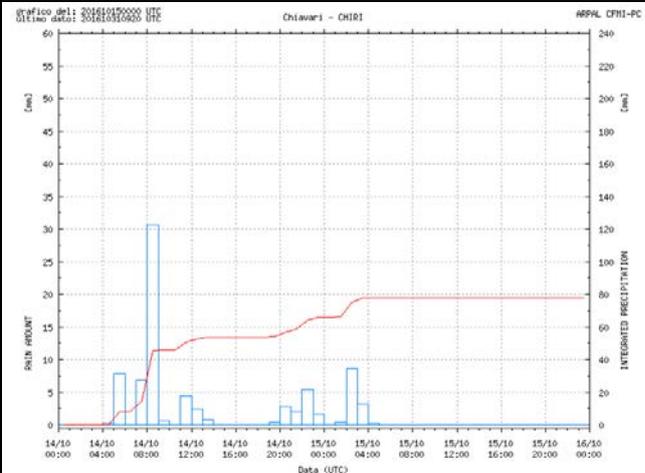


Figura 32 Ietogramma e cumulata di Chiavari (C)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) elevata

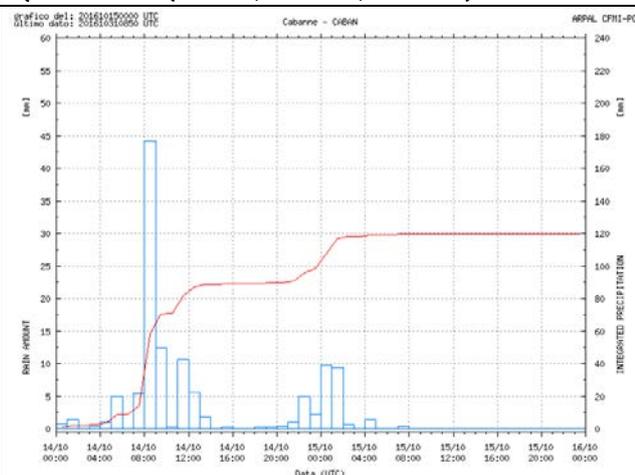


Figura 33 Ietogramma e cumulata di Cabanne (E)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) molto forte
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) elevata

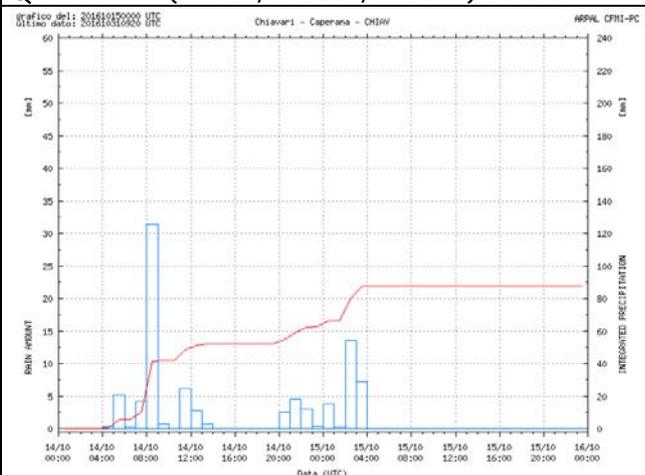


Figura 34 Ietogramma e cumulata di Chiavari - Caperana (C)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) elevata

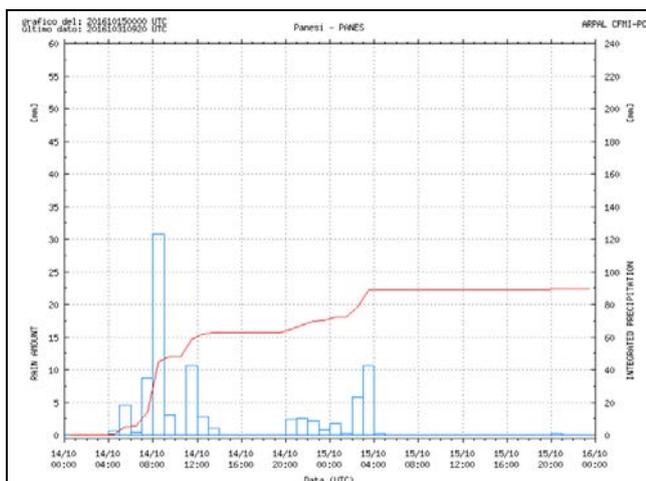


Figura 35 Ietogramma e cumulata di Panesi (C)
INTENSITA': (mm/1h, mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) elevata

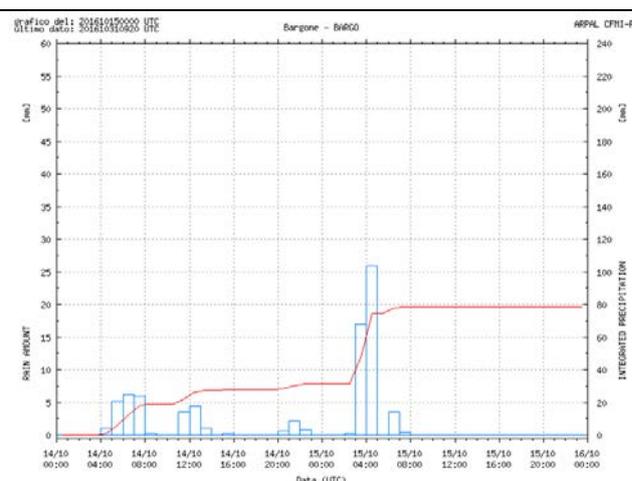


Figura 36 Ietogramma e cumulata di Bargone (C)
INTENSITA': (mm/1h) forte, (mm/3h) moderata
QUANTITA': (mm/6h, mm/12h, mm/24h) elevata

L'analisi dei dati e l'osservazione degli ietogrammi consentono di caratterizzare l'evento come segue:

- le precipitazioni sono state deboli prima del 14 ottobre;
- le aree più colpite sono state due: una al confine tra le zone di allerta C ed E (tra il Monte di Portofino e le Cinque Terre sulla costa, e tra l'Alta Val Trebbia e l'Alta Val di Vara nell'interno), l'altra nell'entroterra di A al confine con la Francia (cfr. Figura 20);
- l'evento risulta concentrato su una finestra temporale di circa 24 ore (dalla mattina del 14 ottobre e le primissime ore del giorno successivo) con un picco nelle ore centrali del 14, in corrispondenza del rapido transito della struttura temporalesca che ha determinato il *macroburst* descritto al paragrafo 1;
- un secondo picco precipitativo (meno pronunciato del primo nella maggior parte delle stazioni) è stato osservato nella notte tra il 14 e il 15 ottobre.

2.2 Analisi idrometrica e delle portate

Nella Tabella 4 vengono riportati i valori dei massimi livelli idrometrici raggiunti dai corsi d'acqua liguri monitorati a seguito delle precipitazioni occorse nei giorni 14 e 15 ottobre, con l'indicazione dell'orario in cui si sono verificati e del massimo incremento (differenza tra il valore raggiunto al colmo e il più piccolo livello che si è osservato subito prima o dopo il suo transito).

Sezione	Fiume	Zona di allerta	Livello idrometrico massimo osservato [m]	Orario del livello massimo (in UTC)	Incremento del livello massimo osservato [m]
Airole	Roia	A	2.03	14/10/2016 17:15	0.78
Torri	Bevera	A	0.15	14/10/2016 21:15	0.36
Isolabona	Nervia	A	0.95	14/10/2016 15:15	0.32
Valle Armea - Ponte	Armea	A	0.31	14/10/2016 10:45	0.17
Montalto Ligure	Argentina	A	1.60	15/10/2016 05:30	0.57
Merelli	Argentina	A	1.22	14/10/2016 16:00	0.83
Rugge di Pontedassio	Impero	A	0.05	14/10/2016 12:15	0.05
Pogli d'Ortovero	Arroscia	A	0.77	14/10/2016 16:30	0.51
Cisano sul Neva	Neva	A	1.08	14/10/2016 22:15	0.08
Murialdo	Bormida di Millesimo	D	0.06	15/10/2016 00:00	0.11

Molino Branca	Centa	A	1.18	14/10/2016 23:30	0.21
Piana Crixia	Bormida di Spigno	D	1.23	14/10/2016 15:30	0.51
Santuario di Savona	Letimbro	B	0.18	14/10/2016 14:45	0.33
Stella S. Giustina	Sansobbia	B	0.25	14/10/2016 14:45	0.29
Albisola	Sansobbia	B	0.54	15/10/2016 08:00	0.10
Bolsine	Teiro	B	0.43	14/10/2016 17:30	0.18
Tiglieto	Orba	D	1.70	14/10/2016 14:30	1.28
Campo Ligure	Stura	D	1.07	14/10/2016 15:45	0.64
Molinetto	Leira	B	0.94	14/10/2016 14:15	0.49
Genova - Granara	Varenna	B	0.12	14/10/2016 15:00	0.18
Genova - Rivarolo	Polcevera	B	0.56	14/10/2016 13:45	0.41
Pontedecimo	Polcevera	B	0.85	14/10/2016 12:30	0.29
Genova - Firpo	Bisagno	B	1.03	14/10/2016 12:15	0.77
Genova - Fereggiano	Fereggiano	B	0.56	14/10/2016 12:00	0.31
Genova - Geirato	Geirato	B	0.76	14/10/2016 12:30	0.05
Vobbietta	Vobbia	E	1.33	14/10/2016 13:30	0.08
Genova - Sturla	Sturla	B	0.01	14/10/2016 12:15	0.16
Genova - Molassana	Bisagno	B	0.14	14/10/2016 23:15	0.17
La Presa	Bisagno	B	0.77	15/10/2016 12:00	0.07
Cabanne	Aveto	E	0.04	15/10/2016 04:20	0.48
Carasco	Lavagna	C	1.49	15/10/2016 07:15	0.63
Panesi	Entella	C	-0.77	15/10/2016 07:30	0.84
Vignolo	Sturla	C	1.15	14/10/2016 12:15	0.51
Sestri Levante	Gromolo	C	0.03	15/10/2016 09:45	0.14
Caminata	Graveglia	C	0.54	15/10/2016 09:00	0.35
Sara	Petronio	C	0.84	15/10/2016 10:45	0.84
La Macchia	Vara	C	0.09	14/10/2016 06:30	0.13
Nasceto	Vara	C	2.04	15/10/2016 12:00	1.17
Brugnato	Vara	C	0.70	14/10/2016 21:00	0.73
Piana Battolla	Vara	C	-1.98	14/10/2016 22:15	0.40
Piccatello	Magra	Magra T.	0.68	14/10/2016 18:00	0.20
S. Giustina	Magra	Magra T.	0.68	14/10/2016 18:15	0.24
Ponte Teglia	Teglia	Magra T.	0.51	14/10/2016 19:15	0.16
Fornola	Magra	C	0.29	15/10/2016 01:45	0.66
Calamazza	Magra	Magra T.	0.62	14/10/2016 23:00	0.39
Ameglia Foce Magra	Magra	C	0.80	14/10/2016 17:45	0.69
Bagnone	Bagnone	Magra T.	0.59	14/10/2016 16:15	0.52
Licciana Nardi	Taverone	Magra T.	0.60	14/10/2016 18:00	0.27
Soliera	Aulella	Magra T.	1.17	14/10/2016 17:45	0.43

Tabella 4 Livelli idrometrici massimi registrati e relativi incrementi agli idrometri dei corsi d'acqua monitorati.

Di seguito viene riportata una selezione degli idrogrammi che presentano i colmi di piena più pronunciati. Si può notare comunque come gli innalzamenti registrati siano stati modesti e ampiamente al di sotto del livello di piena ordinaria, conseguenza della scarsa stazionarietà dei sistemi precipitativi.

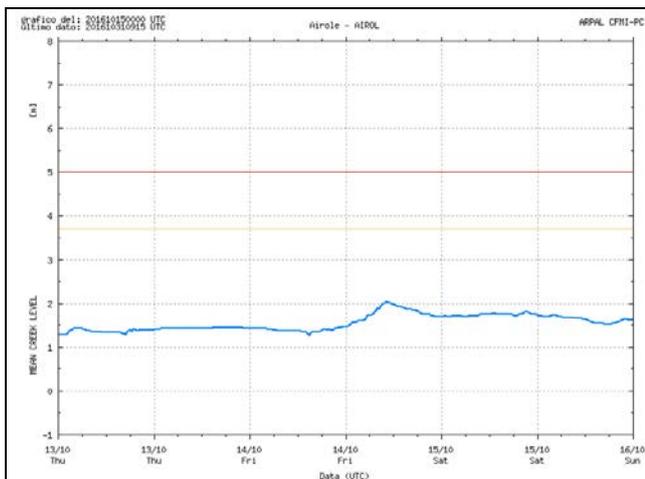


Figura 37 Livello idrometrico: Roia ad Airole

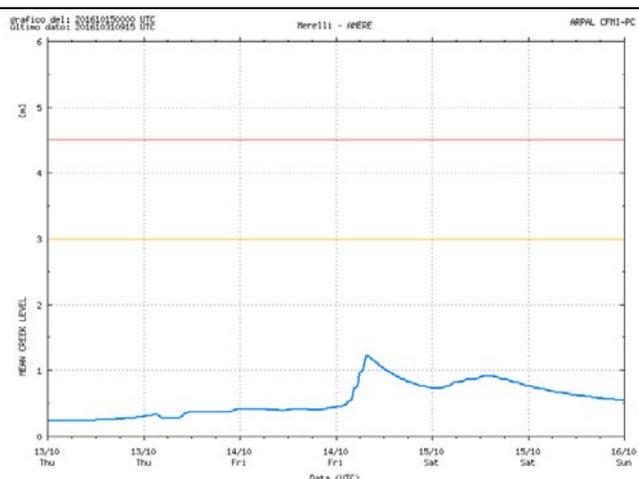


Figura 38 Livello idrometrico: Argentina a Merelli

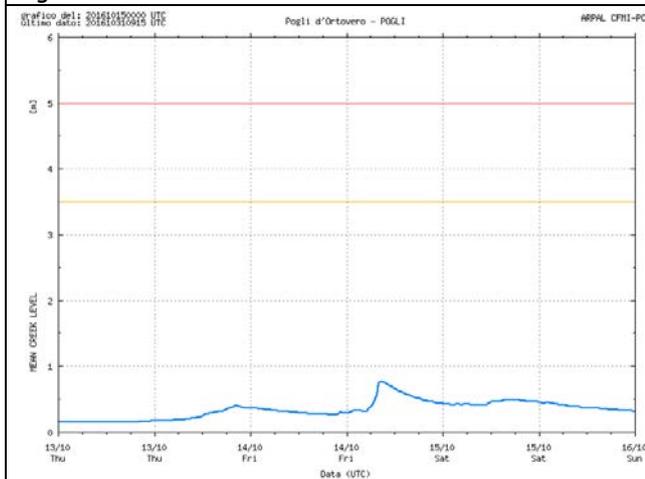


Figura 39 Livello idrometrico: Arroscia a Pogli d'Ortovero

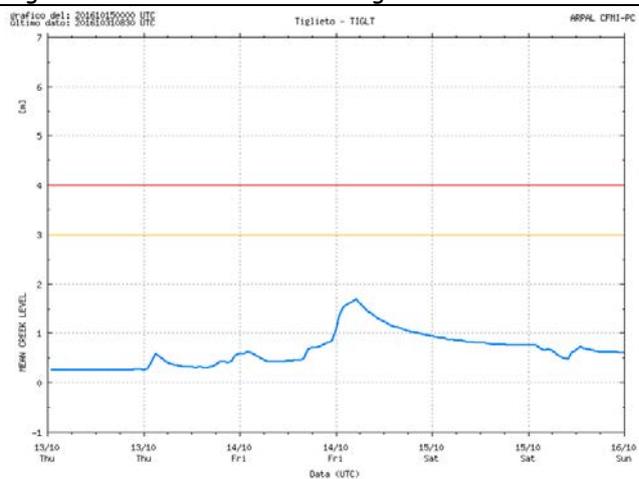


Figura 40 Livello idrometrico: Orba a Tiglieto

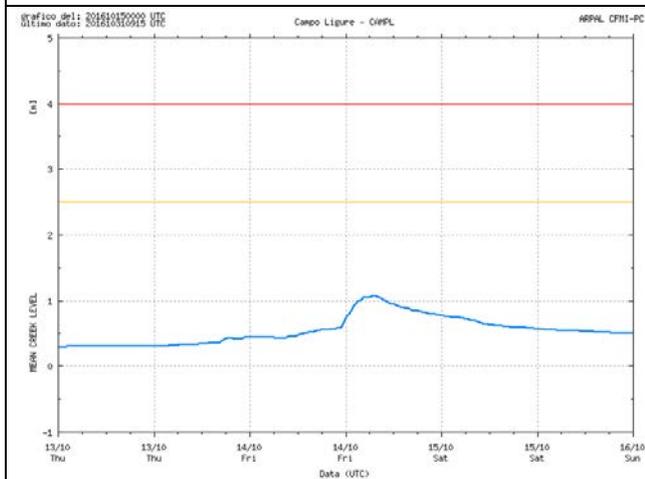


Figura 41 Livello idrometrico: Stura a Campo Ligure

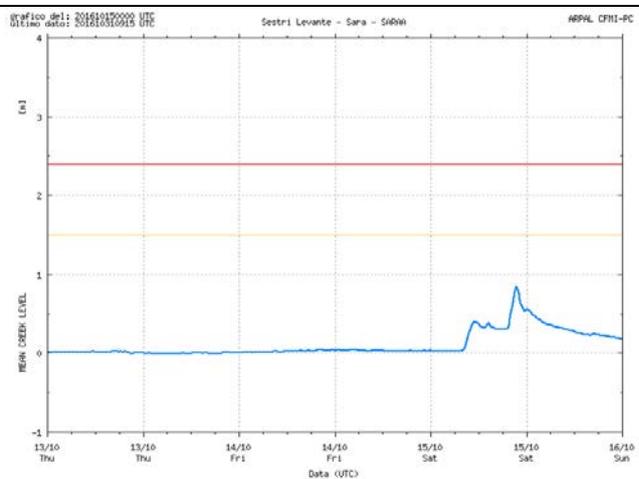


Figura 42 Livello idrometrico: Petronio a Sestri Levante

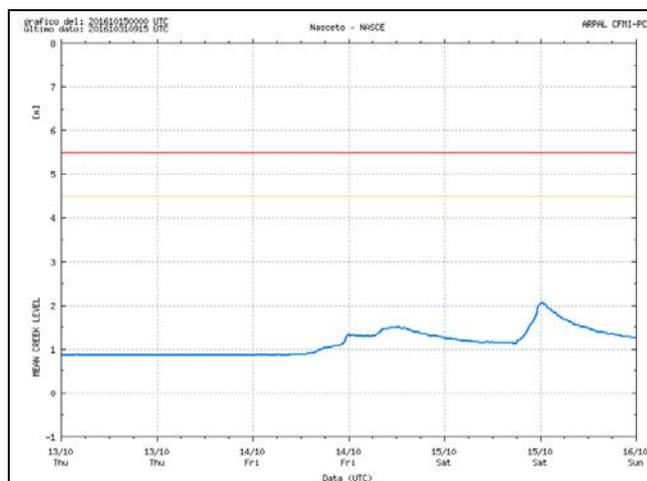


Figura 43 Livello idrometrico: Vara a Nasceto

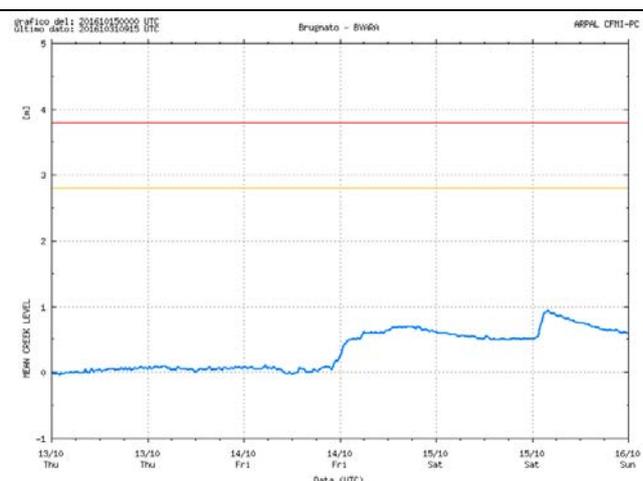


Figura 44 Livello idrometrico: Vara a Brugnato

2.3 Analisi anemometrica

Nella giornata del 14 ottobre 2016 sono stati registrati venti forti con raffiche di fortunale nelle aree di allerta A, B e C.

Nella tabella che segue si riportano i dati di vento più significativi registrati dagli anemometri della rete OMIRL con valori di raffica massima superiori ai 103 km/h (definiti nella Scala di Beaufort come venti di Fortunale).

Si noti come tra le 13:00 e le 14:30 (ora locale) nelle aree di allerta B e C sono stati registrati venti di raffica superiori ai 118 km/h (definiti nella Scala di Beaufort come venti di Urano) ed in particolare l'anemometro di Fontana Fresca ha registrato per 3 istanti consecutivi (20 minuti) raffiche superiori ai 140 km/h (tra le 13:40 e le 14:00 ora locale) raggiungendo per un istante il limite strumentale di 180 km/h.

In merito alla direzione prevalente si osserva che per quasi tutta la giornata del 14 ottobre nella parte Centro Occidentale della regione ha dominato un flusso da Nord mentre nella parte Orientale ha dominato un flusso da Sud-Est. Localmente sono state osservate variazioni significative e repentine in occasione dei passaggi delle celle temporalesche.

Stazione	Area di Allerta	Ora [UTC]	Velocità Vento Medio [km/h]	Direzione prevalente [gradi]	Velocità Raffica Massima [km/h]
Marina Loano	A	11.00	38	270	111
Bargagli	B	11.50	78	270	153
Camogli	B	11.40	35	130	116
Camogli	B	11.50	70	320	121
Fontana Fresca	B	11.30	62	170	109
Fontana Fresca	B	11.40	108	170	180 *
Fontana Fresca	B	11.50	112	320	166
Fontana Fresca	B	12.00	107	340	142
Fontana Fresca	B	12.10	88	350	116
Fontana Fresca	B	12.30	77	350	104
Genova - Punta Vagno	B	11.40	63	240	115
Genova - S. Ilario	B	11.40	31	180	114
Monte Pennello	B	11.40	64	290	108

Stazione	Area di Allerta	Ora [UTC]	Velocità Vento Medio [km/h]	Direzione prevalente [gradi]	Velocità Raffica Massima [km/h]
Monte Pennello	B	11.50	60	300	118
Monte Portofino	B	11.40	40	130	129
Savona - Istituto Nautico	B	11.20	51	290	118
Casoni di Suvero	C	11.30	61	170	139
Casoni di Suvero	C	11.40	105	170	144
Casoni di Suvero	C	11.50	77	170	106
Corniolo	C	8.30	77	150	115
Corniolo	C	8.40	70	130	107
Corniolo	C	11.00	67	120	104
Corniolo	C	11.10	82	110	113
Corniolo	C	11.20	59	110	106
Framura	C	8.30	77	120	118
Framura	C	8.40	76	130	112
Framura	C	8.50	63	140	104
Framura	C	11.10	72	130	121
Framura	C	11.20	77	150	116
Framura	C	11.30	72	160	144
Framura	C	12.00	48	270	109
Framura	C	12.10	49	320	105
Monte Rocchetta	C	11.30	54	180	124
Monte Rocchetta	C	11.40	54	210	108
S. Margherita Ligure	C	11.50	56	260	116

Tabella 5 Vento medio e raffica massima osservati sulle stazioni anemometriche della rete OMIRL il 14 ottobre 2016.

* Valore limite strumentale

2.4 Mare

Dall'analisi delle mappe delle pressioni al suolo del giorno 13 e 14 ottobre si nota la contrapposizione di un'ampia zona depressionaria presente sulla Spagna, Francia Sud-Occidentale e Nord Africa associata alla zona di alta pressione presente sull'Italia ed Europa Orientale e la formazione di una significativo gradiente che genera venti di burrasca forte e mari tra molto mossi sulle coste ed agitati al largo (Figura 45 e Figura 46).

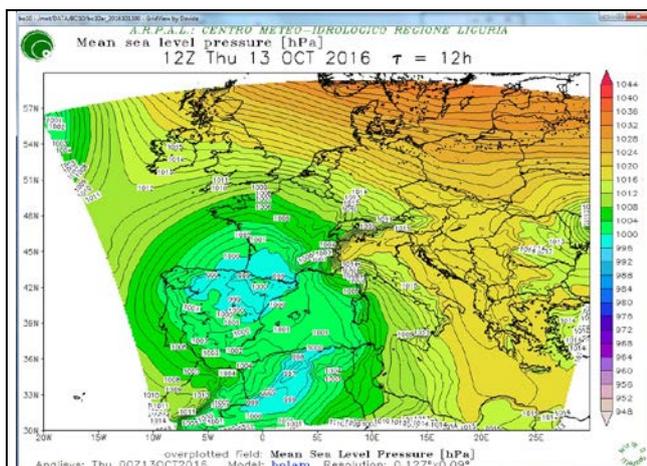


Figura 45 Mappa della pressione al livello del suolo del 13 ottobre 2016

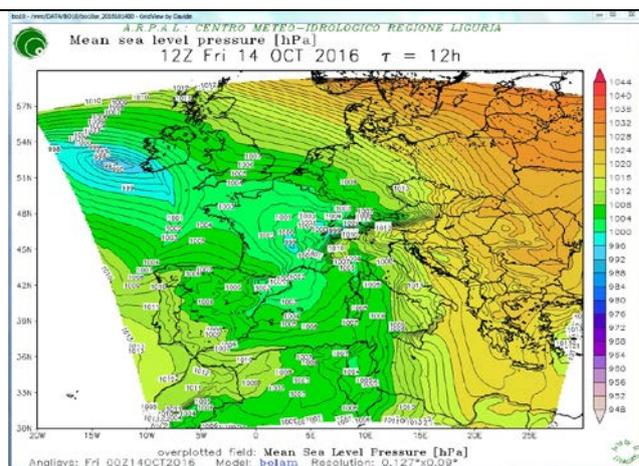


Figura 46 Mappa della pressione al livello del suolo del 14 ottobre 2016

Infatti l'accelerometro di Bonassola ha registrato il 13 ottobre uno stato del mare mosso al mattino passato a molto mosso al pomeriggio ed agitato nelle ore serali.

Per il giorno 14 ottobre, dai dati osservati dello stesso accelerometro, lo stato del mare è stato caratterizzato per lo più da un mare tra agitato e molto agitato nelle ore centrali della giornata ed in particolare è stata registrata un'onda significativa di 6 metri alle 9.00 UTC e alle 12.00 UTC.

2.5 Effetti al suolo e danni rilevanti

Gli effetti al suolo più significativi registrati nella giornata del 14 ottobre sono riconducibili non tanto alle risposte idrologiche dei bacini idrografici liguri quanto all'intensa ventilazione associata al fronte temporalesco che ha investito il Centro - Levante nelle ore centrali della giornata, provocando danni diffusi ad edifici, infrastrutture ed alberi.

Tali danni hanno a loro volta provocato interruzioni di servizio delle infrastrutture critiche, come linee di comunicazione (ferroviaria e stradale) ed elettriche. Sono stati segnalati anche alcuni feriti.

In conclusione l'evento meteorologico del 14 ottobre ha fatto osservare fenomeni di importanza rilevante per la climatologia locale, in particolare sono stati registrati:

- venti classificabili a livello di Uragano sulla Scala Beaufort,
- attività elettrica molto intensa (circa 6000 fulminazioni in 3 ore);
- estrema dinamicità dei fenomeni (l'intero territorio regionale è stato attraversato dal passaggio frontale in sole tre ore).

In tale contesto, nelle aree interessate dai fenomeni temporaleschi più intensi, si sono registrate criticità localizzate quali allagamenti (sottopassi e zone depresse, fonte: La Repubblica - Ed. di Genova) e piccoli smottamenti.

3 Conclusioni

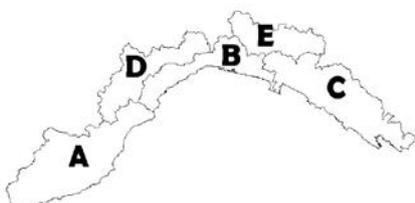
L'evento meteorologico che ha interessato la regione tra il 13 e il 15 ottobre 2016, associato alla presenza di una vasta area depressionaria sull'Europa Occidentale è stato caratterizzato dallo sviluppo di fenomeni temporaleschi particolarmente intensi su molte aree del Mediterraneo occidentale. Sulla Liguria, i fenomeni sono stati accentuati dall'interazione tra correnti meridionali caldo-umide provenienti dal nord Africa e un'imponente massa di aria fredda convogliata dalla Pianura Padana verso il Golfo Ligure.

Particolarmente rilevante è stata l'intensità dei venti e delle raffiche associati al passaggio di una struttura temporalesca nell'area compresa tra Genova ed il Tigullio, con valori registrati superiori ai 150 km/h.

I dati pluviometrici registrati evidenziano una distribuzione uniforme a livello regionale, con le maggiori cumulate verificatesi tra le zone di allerta C ed E, oltre che nel settore della zona A al confine con la Francia. Puntualmente la pioggia è stata in qualche caso di intensità tra forte e molto forte, mentre i quantitativi sono risultati al più elevati per l'assenza di stazionarietà e di persistenza dei fenomeni che ha impedito l'accumulo di rilevanti quantità di pioggia sia a scala locale sia a scala areale. Nei corsi d'acqua monitorati dagli strumenti della rete regionale OMIRL si sono osservate modeste variazioni del livello idrometrico.

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
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
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 arancione (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.