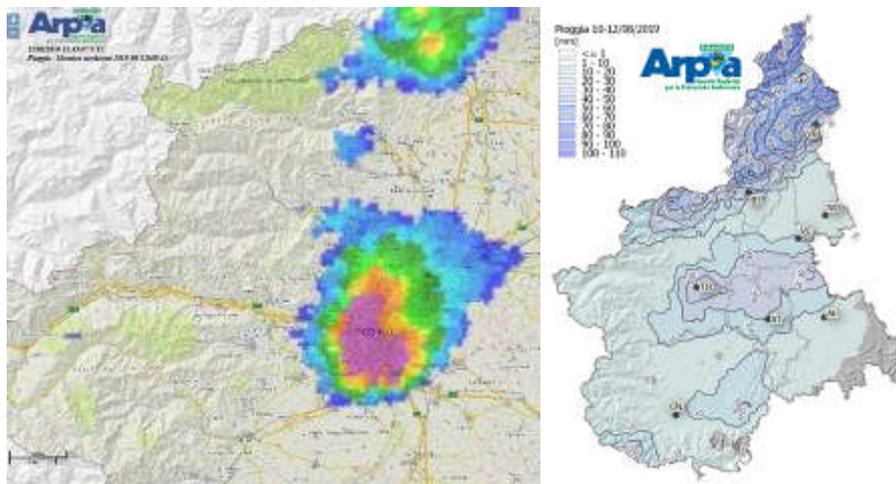


RAPPORTO EVENTI TEMPORALESCHI DAL 10 AL 12 AGOSTO 2019



A cura del
Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali

Torino, 22 agosto 2019

SOMMARIO

INTRODUZIONE	1
ANALISI METEOROLOGICA	2
ANALISI PLUVIOMETRICA	18
FENOMENI GEOMORFOLOGICI RILEVANTI	22

In copertina: a sinistra intensità di precipitazione da radar (viola oltre 100 mm/h e presenza di grandine) della cella temporalesca che ha interessato chierese e monferrato domenica 11 agosto 2019; a destra pioggia cumulata sul Piemonte dal 10 al 12 agosto 2019.

INTRODUZIONE

Tra sabato 10 e lunedì 12 agosto 2019, il Piemonte è stato interessato da alcuni episodi temporaleschi accompagnati da piogge intense, forti raffiche di vento e grandine che hanno determinato locali situazioni di criticità.

La mattina del 11 agosto 2019 lo scenario sinottico si presenta caratterizzato da un esteso promontorio anticiclonico africano esteso fino ai Balcani, in progressivo cedimento sotto la spinta di una perturbazione di origine nordatlantica che lambisce le coste atlantiche. Nella giornata di lunedì 12 agosto la saccatura atlantica si è spinta lentamente verso est, causando anche un debole forcing sinottico per l'irruzione di aria fredda a cavallo della catena alpina determinando i fenomeni più rilevanti.

Le precipitazioni, a carattere di rovescio, hanno registrato picchi di intensità elevata sulle brevi durate (inferiori a 3 ore), maggiormente significative sul settore settentrionale della regione con massimi a Baceno (VB) con 62 mm di pioggia in un'ora il 12 agosto con un tempo di ritorno superiore a 50 anni.

I valori puntuali di raffica, registrati dalla rete meteoidrografica nelle giornate tra il 10 e 12 agosto in un contesto di venti deboli o moderati, sono rappresentativi di condizioni di forti venti di raffica che si sono verificati in corrispondenza delle celle temporalesche. Il fenomeno, noto come *downburst*, si presenta con un'improvvisa intensificazione dei venti ed una brusca variazione di direzione ed è causato da aria densa e fredda discendente dalla nube temporalesca, trascinata per attrito dalle forti precipitazioni; contrariamente alle trombe d'aria non è presente il tipico moto rotatorio dei venti.

Nella giornata dell'11 agosto 2019 si segnalano Buttigliera d'Asti (AT) e Bauducchi, Moncalieri (TO) rispettivamente con raffiche di 64,8 km/h e 60,5 km/h nel pomeriggio. Mentre il giorno successivo spicca la stazione di Pallanza (VB) con 119,5 km/h alle 10:06 UTC, seguita da Casale Monferrato (AL), Villanova Solaro (CN), Asti (AT) e Montalto Scarampi (AT), tutte con raffiche di oltre 80 km/h.

Anche le forti grandinate sono state il fenomeno distintivo dei temporali del periodo. L'11 agosto si sono registrate grandinate dalla collina torinese al Piemonte orientale, interessando in particolar modo il Monferrato. Il giorno successivo, 12 agosto 2019, le grandinate hanno interessato in particolar modo la regione compresa tra Carmagnola (dove i danni maggiori sono stati causati dal vento associato al temporale) e Asti ed il Verbano.

Attraverso l'analisi delle misure rilevate dai sistemi di monitoraggio gestiti da Arpa Piemonte, il presente rapporto fornisce un inquadramento meteorologico ed idrologico dell'evento, mettendo in evidenza cause, intensità e distribuzione territoriale dei fenomeni.

ANALISI METEOROLOGICA

Sabato 10/8/2019

La giornata di sabato 10 agosto è stata caratterizzata dalla presenza di un vasto anticiclone di matrice africana (Figura 1) sul bacino occidentale del Mediterraneo, che ha mantenuto una sostanziale stabilità meteorologica su tutto il Piemonte (al di là di qualche rovescio debole o localmente moderato sul settore settentrionale).

La presenza dell'anticiclone, con correnti umide dai quadranti meridionali a tutte le quote (si veda il flusso di temperatura equivalente potenziale a 850 hPa in Figura 2) ha favorito l'accumulo di umidità e di energia per gli eventi convettivi che sono occorsi nei giorni successivi.

Si noti infatti che le massime della giornata in pianura osservate dalla rete di ARPA Piemonte sono state in pianura oltre ai 30°C su tutto il territorio, mentre l'umidità relativa nelle ore serali ha superato il 90% (Figura 3).

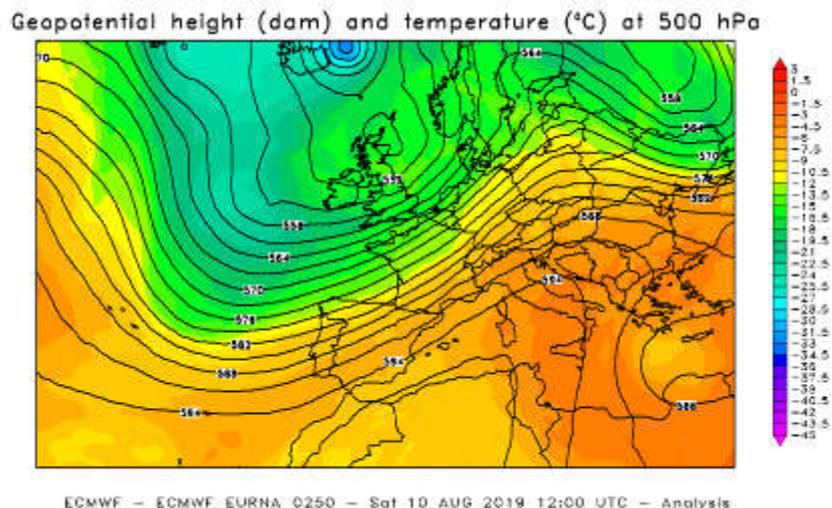


Figura 1 - Altezza di geopotenziale e temperatura a 500 hPa del 10/8/2019 alle 12 UTC dalle analisi ECMWF

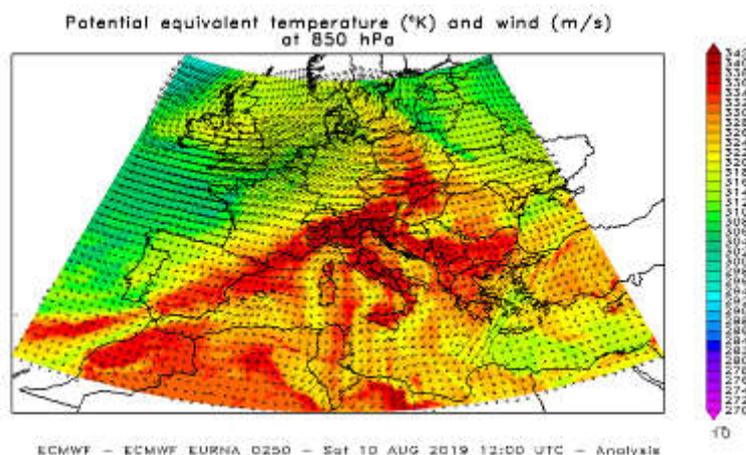


Figura 2-Temperatura potenziale e Vento a 850 hPa del 10/8/2019 alle 12 UTC dalle analisi ECMWF

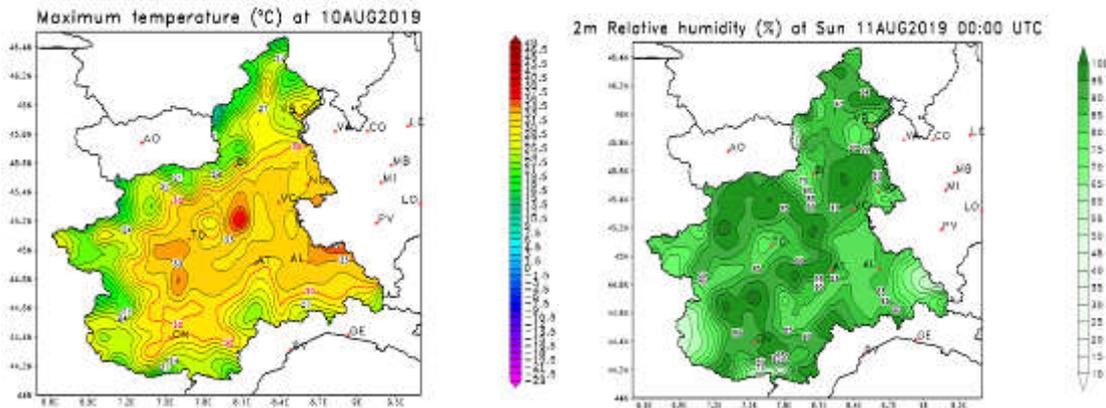
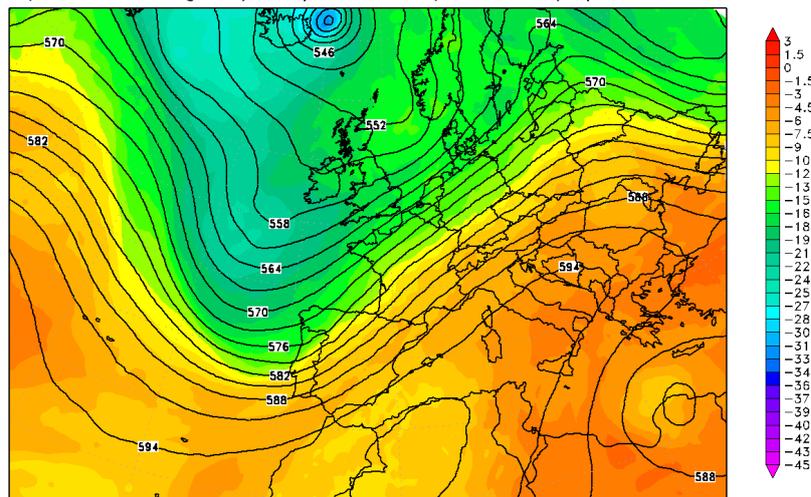


Figura 3 -Temperatura massima del 10/8/2019 e umidità relativa alle 00 UTC del 11/8/2019 dalla rete ARPA Piemonte

Domenica 11/8/2019

Nella mattinata dell'11/8/2019 lo scenario sinottico si presenta caratterizzato da un esteso promontorio anticiclonico africano esteso fino ai Balcani, in progressivo cedimento sotto la spinta di una perturbazione di origine nordatlantica che lambisce le coste atlantiche (Figura 4).

Geopotential height (dam) and temperature (°C) at 500 hPa

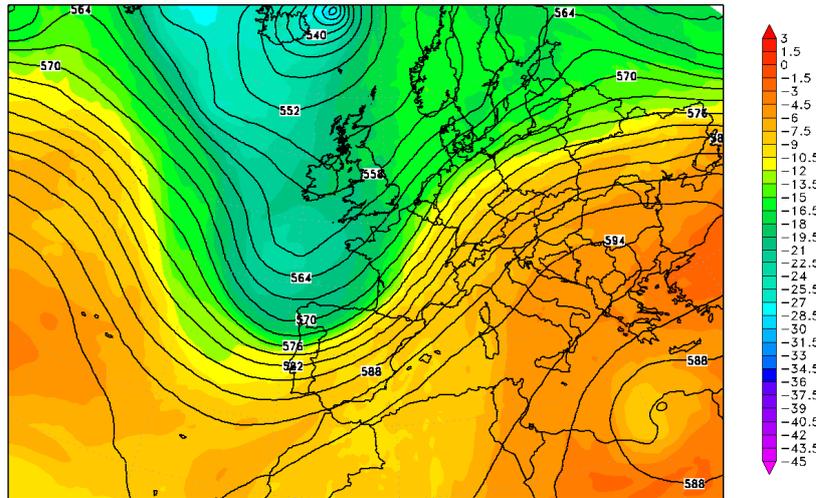


ECMWF - ECMWF_EURNA_0250 - Sun 11 AUG 2019 00:00 UTC - Analysis

Figura 4 -Altezza di geopotenziale e temperatura a 500 hPa del 11/8/2019 alle 00 UTC dalle analisi ECMWF

Alle 12 UTC di domenica 11 agosto 2019 il centro di massa della saccatura atlantica risulta spostato verso la Bretagna, mentre si va inasprendo rapidamente il gradiente di pressione tra Francia e il nordovest italiano (Figura 5) risultando in un aumento della vorticità positiva, seppur limitato, sulla nostra regione (evidenziato in Figura 6).

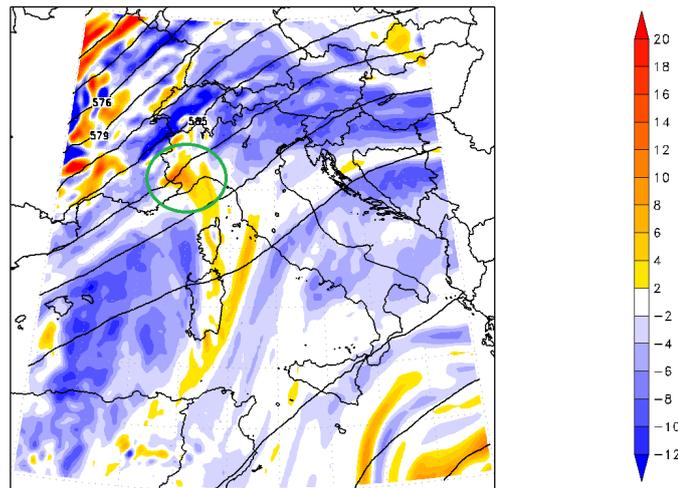
Geopotential height (dam) and temperature (°C) at 500 hPa



ECMWF – ECMWF_EURNA_0250 – Sun 11 AUG 2019 12:00 UTC – Analysis

Figura 5 -Altezza di geopotenziale e temperatura a 500 hPa del 11/8/2019 alle 12 UTC dalle analisi ECMWF

Geopotential height (dam) and relative vorticity (10^{-5} s^{-1}) at 500 hPa

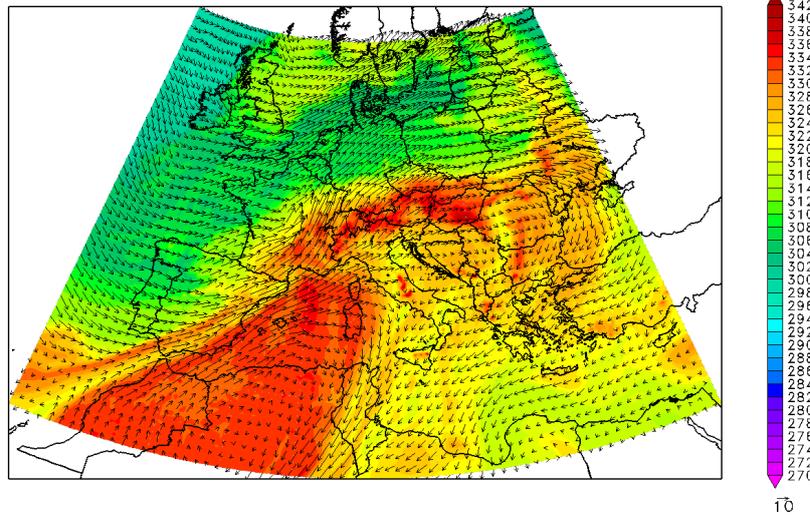


ECMWF – ECMWF_ITALY_0100 – Sun 11 AUG 2019 12:00 UTC – Analysis

Figura 6 - Altezza di geopotenziale e avvezione di vorticità relativa a 500 hPa del 11/8/2019 alle 12 UTC dalle analisi ECMWF

Nelle stesse scadenze, si può quindi concludere che la nostra regione si trova in pieno nel settore prefrontale della perturbazione in arrivo (Figura 7), soggetta ad un intenso flusso umido sudoccidentale che va ad alimentare la già presente instabilità atmosferica dovuta al caldo afoso delle giornate precedenti.

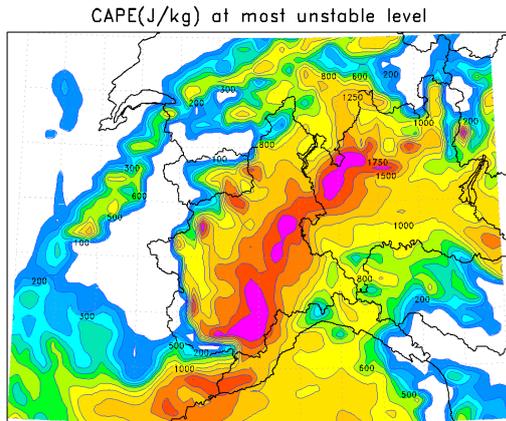
Potential equivalent temperature (°K) and wind (m/s)
 at 700 hPa



ECMWF - ECMWF_EURNA_0250 - Sun 11 AUG 2019 12:00 UTC - Analysis

Figura 7 - Temperatura potenziale Equivalente e Vento a 700 hPa del 11/8/2019 alle 12 UTC dalle analisi ECMWF

Analizziamo quindi l'instabilità atmosferica. Sempre alle 12 UTC del 11/8, sul Piemonte il CAPE (MUCAPE) risulta elevato, superiore ai 2000 J/Kg sulle zone pianeggianti (Figura 8), così come pure si osserva dal radiosondaggio di Cuneo nello stesso orario, con 2322 J/Kg di CAPE (Figura 9).



ECMWF - ECMWF_ITALY_0100 - Sun 11 AUG 2019 12:00 UTC - Analysis

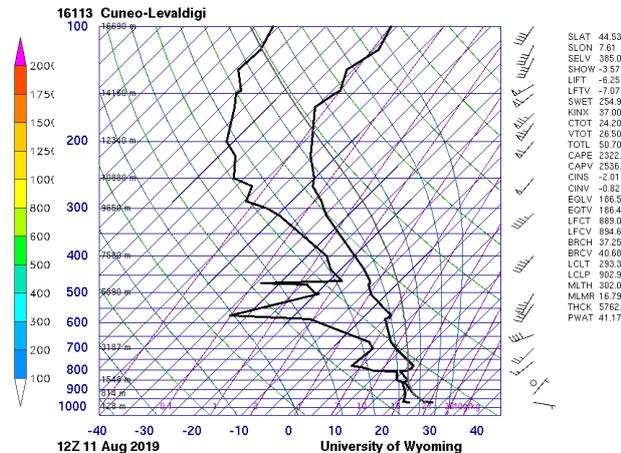


Figura 8 a sinistra CAPE alle 12 UTC del 11/8/2019 dalle analisi ECMWF ed a destra con il profilo verticale del radiosondaggio di Cuneo allo stesso istante temporale

Per completare il quadro riguardo all'instabilità, occorre ancora portare all'attenzione due particolari: in primis, è presente anche una non trascurabile inibizione convettiva ($CIN > 200$ J/Kg), che potrebbe ostacolare l'innesco dei fenomeni (Figura 9); in secondo luogo, il prodotto di $CAPE * Shear$ del vento (tra 500 e 1000 hPa), usato in letteratura come campo utile per indicazione di eventuali fenomeni grandinigeni, è su valori decisamente alti, > 1000 m^2/s^2 (Figura 10). Questo per indicare che da questi spunti non si può ancora essere confidenti nell'innesco dei fenomeni, dal punto di vista previsionale, ma se si innescano potrebbero evolvere in maniera potenzialmente violenta (come poi è avvenuto).

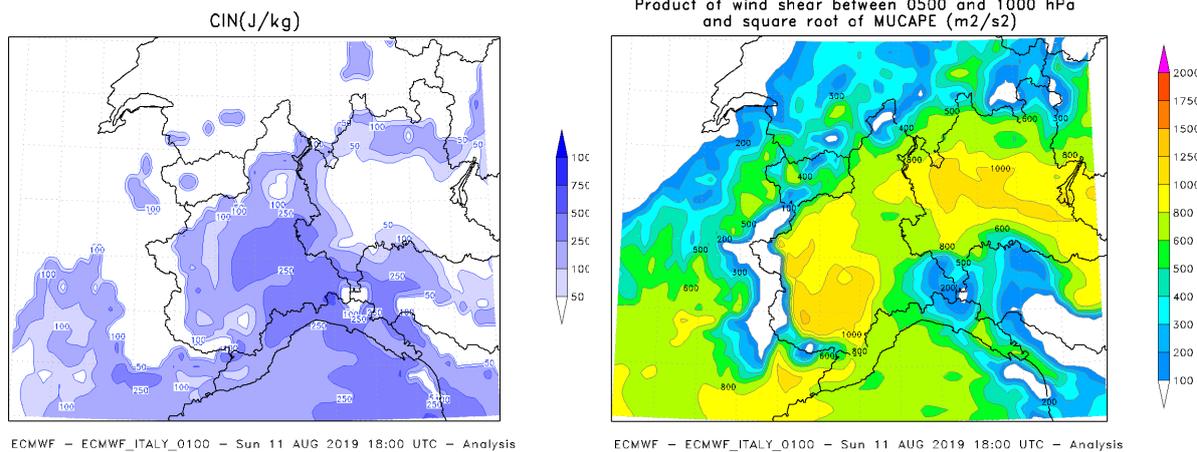


Figura 9 a sinistra CIN alle 18 UTC del 11/8/2019 ed a destra prodotto di MUCAPE e Deep Layer Shear allo stesso istante temporale dalle analisi ECMWF

Risulta fondamentale quindi un'analisi dei venti, partendo prima dallo *shear* dei venti tra 500 e 1000 hPa, correlato alla potenziale organizzazione dei fenomeni convettivi (Figura 10). I valori dello *shear* risultano elevati, sopra i 20 m/s (Figura 10), valore potenzialmente correlabile con la formazione di supercelle o MCS (nel caso di innesco con sufficiente azione di sollevamento, o LIFT). Da segnalare che lo *shear* è previsto in aumento durante la giornata e in quella successiva, raggiungendo valori eccezionali verso le 12 UTC del 12/8, sopra i 30 m/s sul settore settentrionale della regione (Figura 10). Valori simili di *shear* possono essere correlati con temporali a supercella o autorigeneranti.

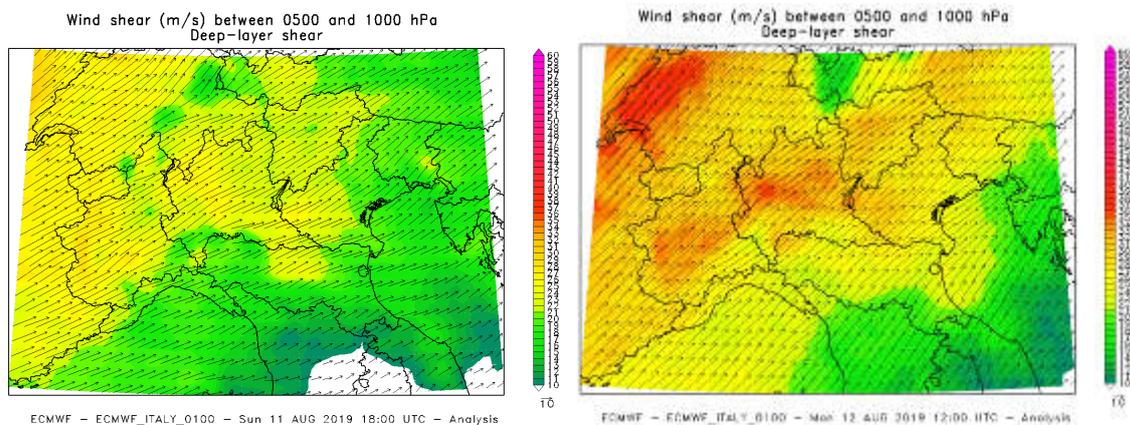


Figura 10 a sinistra Deep Layer Shear alle 12 UTC del 11/8/2019 ed a destra alle 12 UTC del 12/8/2019 dalle analisi ECMWF

Una valutazione accurata del campo di vento a tutte le quote si rende quindi necessaria per capire se le correnti potrebbero essere in grado di generare il sollevamento necessario (LIFT) per vincere l'inibizione convettiva.

Iniziando dal vento in quota, precisamente a 700 hPa (Figura 11) tra le scadenze delle 12 UTC e delle 18 UTC dell'11 agosto, si vede un intenso vento da sudovest, in intensificazione ulteriore verso sera. Il vento a questa quota è indicativo per comprendere il movimento delle eventuali celle, una volta formatesi e la velocità del relativo spostamento. Eventuali celle, con questa configurazione, seguirebbero un movimento rapido con traiettoria verso nordovest.

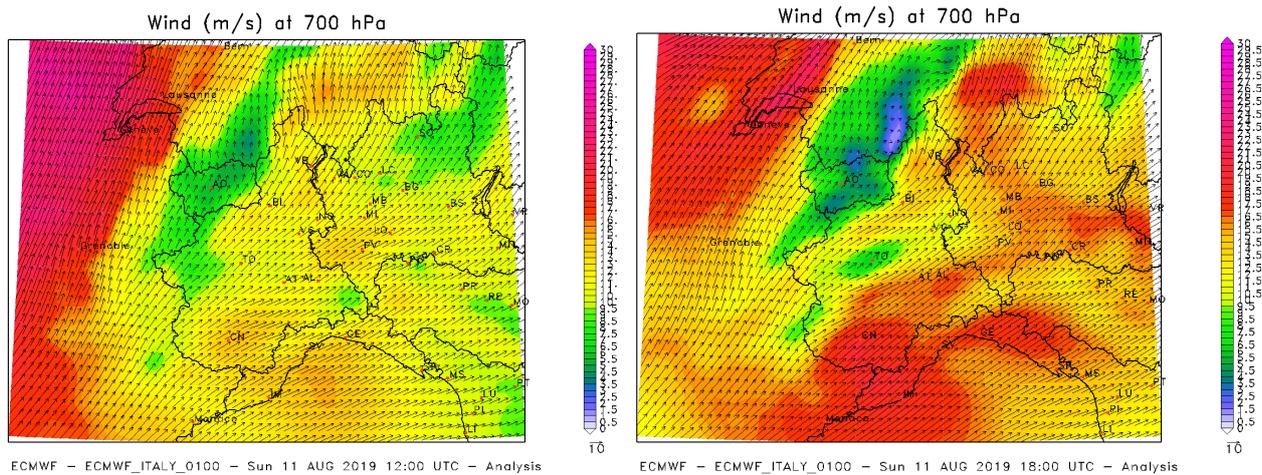


Figura 11 a sinistra vento a 700 hPa alle 12 UTC ed a destra alle 18 UTC del 11/8/2019 dalle analisi ECMWF

Passiamo ad analizzare il vento a 850 hPa, particolarmente indicativo per le convergenze dei flussi umidi (e quindi delle maggiori precipitazioni), sempre per le stesse scadenze (Figura 12). Si nota la notevole convergenza di correnti meridionali umide (l'umidità non è mostrata in figura) che va a insistere, intensificandosi, sulla zona del Verbano, dove si vengono a creare le condizioni per le precipitazioni più intense.

Passiamo ora ad analizzare con cura le correnti a 950 hPa, quota particolarmente indicativa per evidenziare le convergenze che possono dare luogo a sollevamento orografico e quindi a vincere l'inibizione convettiva. Dato il grande potenziale in gioco, conoscere una zona probabile di innesco dei temporali, seppur con una media incertezza spaziale, è molto importante per comprendere dove si verificheranno i fenomeni più violenti, che sono in genere localizzati relativamente vicino alla zona di innesco. Analizziamo in particolare l'evoluzione delle correnti a 950 hPa tra le 12 UTC del 11 agosto e le 06 UTC del 12 agosto, ogni 3 ore per 4 intervalli.

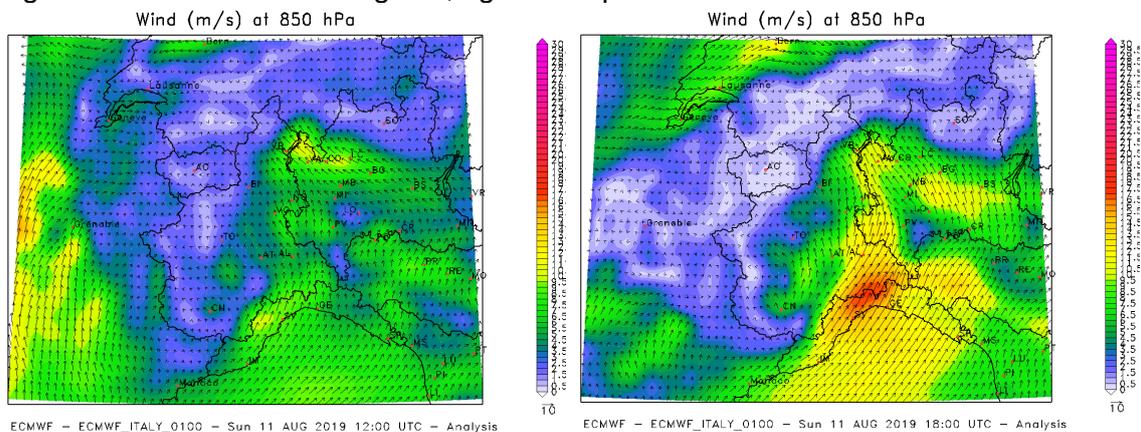


Figura 12 a sinistra vento a 700 hPa alle 12 UTC ed a destra alle 18 UTC del 11/8/2019 dalle analisi ECMWF

Quello che si nota è che alle 12 UTC (Figura 13) si innesca un flusso da sud, caldo e umido, dalle zone appenniniche verso le pianure orientali, iniziando a creare le condizioni per un potenziale sollevamento, mentre un flusso orientale è già presente dalla Lombardia verso il Piemonte orientale. Alle 18 UTC (Figura 14) si vede chiaramente l'interazione tra il flusso meridionale dagli Appennini e il flusso orientale, situazione che genera una convergenza interessante tra Torinese e Cuneese. Questa è una situazione pericolosa ma ancora parecchio indeterminata: la zona di convergenza è molto estesa e non si può determinare con un buon margine di probabilità dove esordiranno i fenomeni. Alle 00 UTC (Figura 14) la situazione vede una fascia di convergenza più definita sulle pianure orientali, che è l'area su cui si può aspettare si stiano muovendo le celle, spinte verso nordest dal vento in quota.

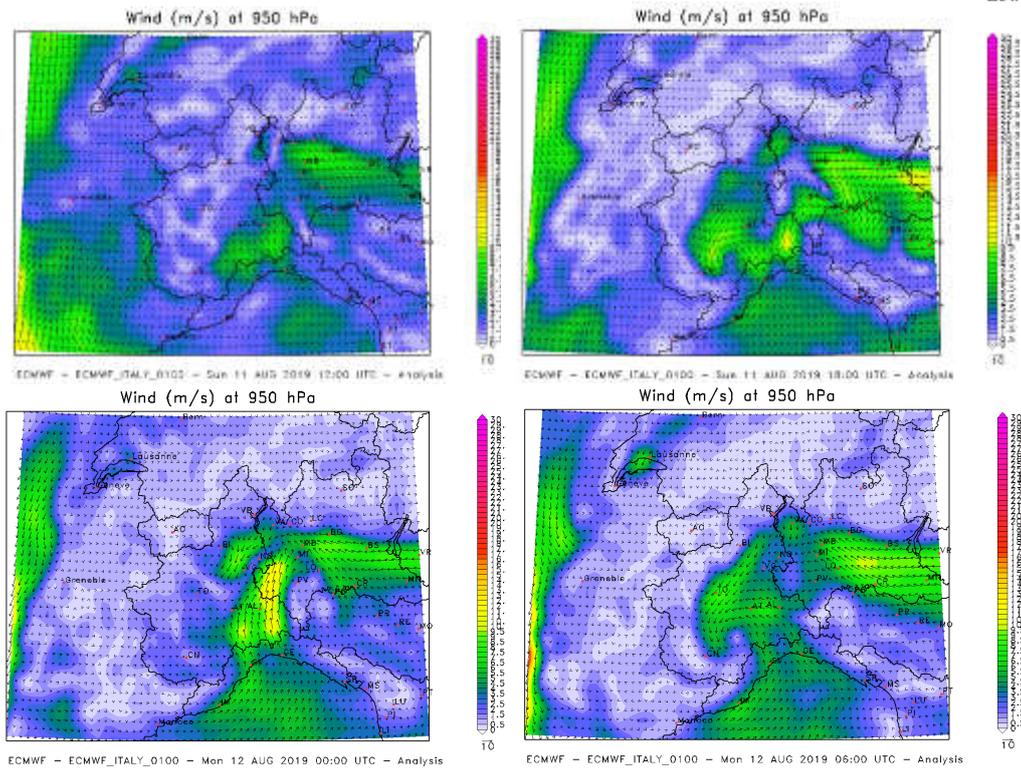


Figura 13 Evoluzione del campo di vento a 950 hPa dalle 12 UTC del 11/8/2019 ogni 3 ore dalle analisi ECMWF

Alle 06 UTC del 12 agosto la situazione pare oramai stabilizzata, con venti in prevalenza da nord. Da sottolineare però che le correnti hanno uno *shear* direzionale di quasi 180° rispetto alle correnti in quota (500 e 700 hPa) il che, vista l'instabilità forzata anche sinotticamente del giorno 12 agosto, pone la possibilità di fenomeni temporaleschi autorigeneranti nelle zone con un'orografia favorevole a tali fenomeni (il Verbano in particolare).

Come si è visto, questa analisi delle convergenze nei bassi strati non è comunque sufficiente per far comprendere le zone in cui ci si aspetta o no l'innesco dei fenomeni. Occorre avvalersi dei modelli ad alta risoluzione. Utilizzando il modello meteorologico COSMO-I2, corsa delle 00 UTC dell'11/8/2019 (l'ultima utile a livello previsionale prima dell'evento) e focalizzandosi sulle correnti a 950 hPa, ogni 3 ore tra le 15 UTC e le 00 UTC del 12/8, si possono fare delle considerazioni interessanti (Figura 14).

Alle 15 UTC (Figura 14) esordisce il flusso da sud sugli Appennini, che inizia a convergere con il flusso da nordest, ancora più caldo e umido. La zona di convergenza non è ben definita, ma abbastanza ampia tra Torinese e Novarese. Alle 18 UTC (Figura 15) la linea di convergenza si fa più sottile, andando però a coprire un'area abbastanza ampia per quanto sottile, tra il Roero a sud e la zona di Novara a nord. In tale situazione, comprendere dove si formeranno i temporali e se si formeranno diventa una sfida decisamente difficile. A questo bisogna poi aggiungere che il modello, che risolve esplicitamente la convezione, non vede dei rinforzi dei venti associati a delle celle di dimensione significativa (in alcuni casi evidenza chiaramente i *downdraft*). Alle 21 UTC (Figura 14) si nota il rinforzo della convergenza sul Verbano, mentre tra Novarese e Vercellese è presente un campo di vento piuttosto turbolento, non facilmente decifrabile. Alle 00 UTC (Figura 14) il vento da sud si smorza e diventa prevalente la componente settentrionale.

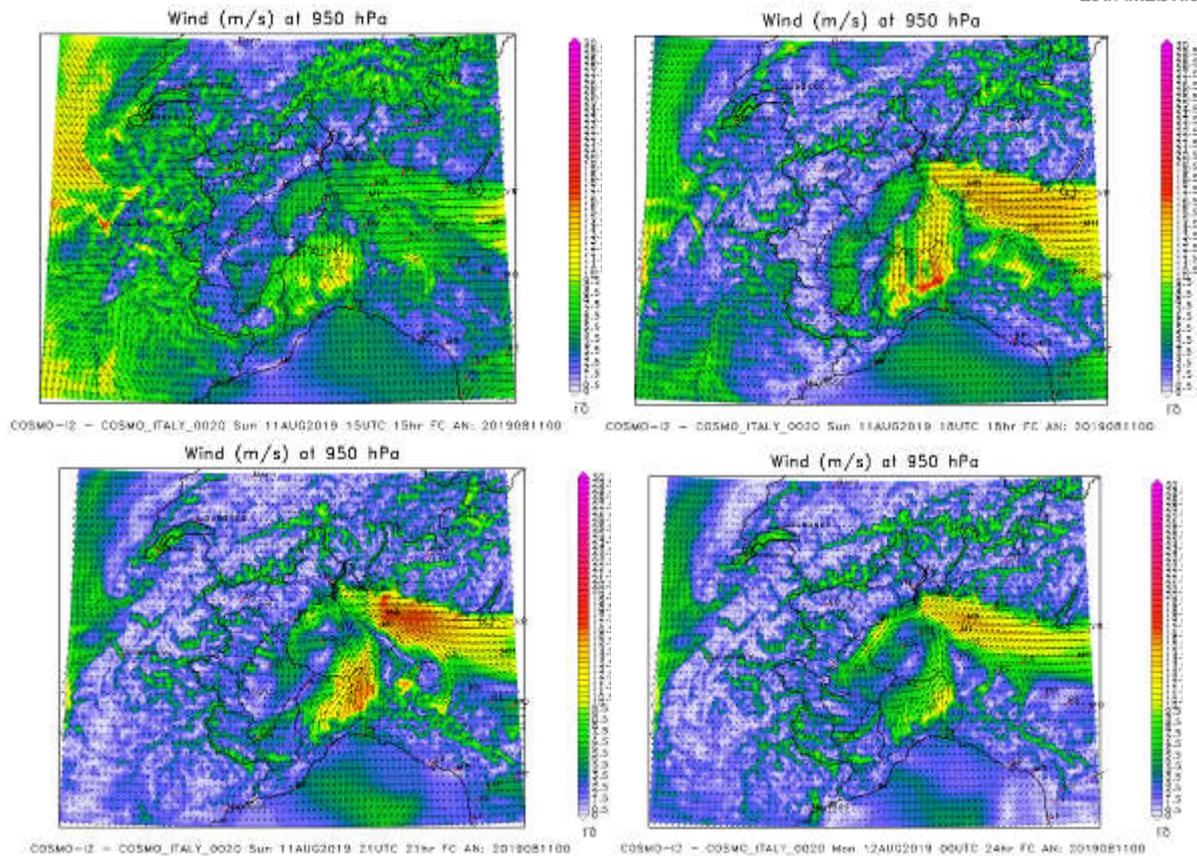


Figura 14 Evoluzione del campo di vento a 950 hPa dalle 15 UTC del 11/8/2019 ogni 3 ore dalle previsioni del modello COSMO-I2, run delle 00 UTC del 12/8.

Alla luce delle presenti considerazioni, e alla luce del fatto che le precipitazioni previste dai modelli sono state sottostimate per il giorno 11 agosto 2019, è evidente la difficoltà nella previsione dell'intensità e localizzazione dell'evento. Dopo alcuni temporali che hanno interessato le zone pedemontane di biellese e Verbano, nel pomeriggio verso le 16 locali un'intensa cella temporalesca si è formata nel pinerolese, a ovest di Torino. Attorno alle 16:30 locali il temporale si è portato rapidamente su Torino con una velocità di 35-45 km/h, si è intensificato ulteriormente ed è transitato sulla collina in direzione est. Sopraggiunta su Chieri (TO), la cella temporalesca ha si è intensificata, con grandine, fulmini, rovesci violenti e forti raffiche di vento associate alle correnti discendenti fredde associate al temporale (*downburst*) (Figura 15).

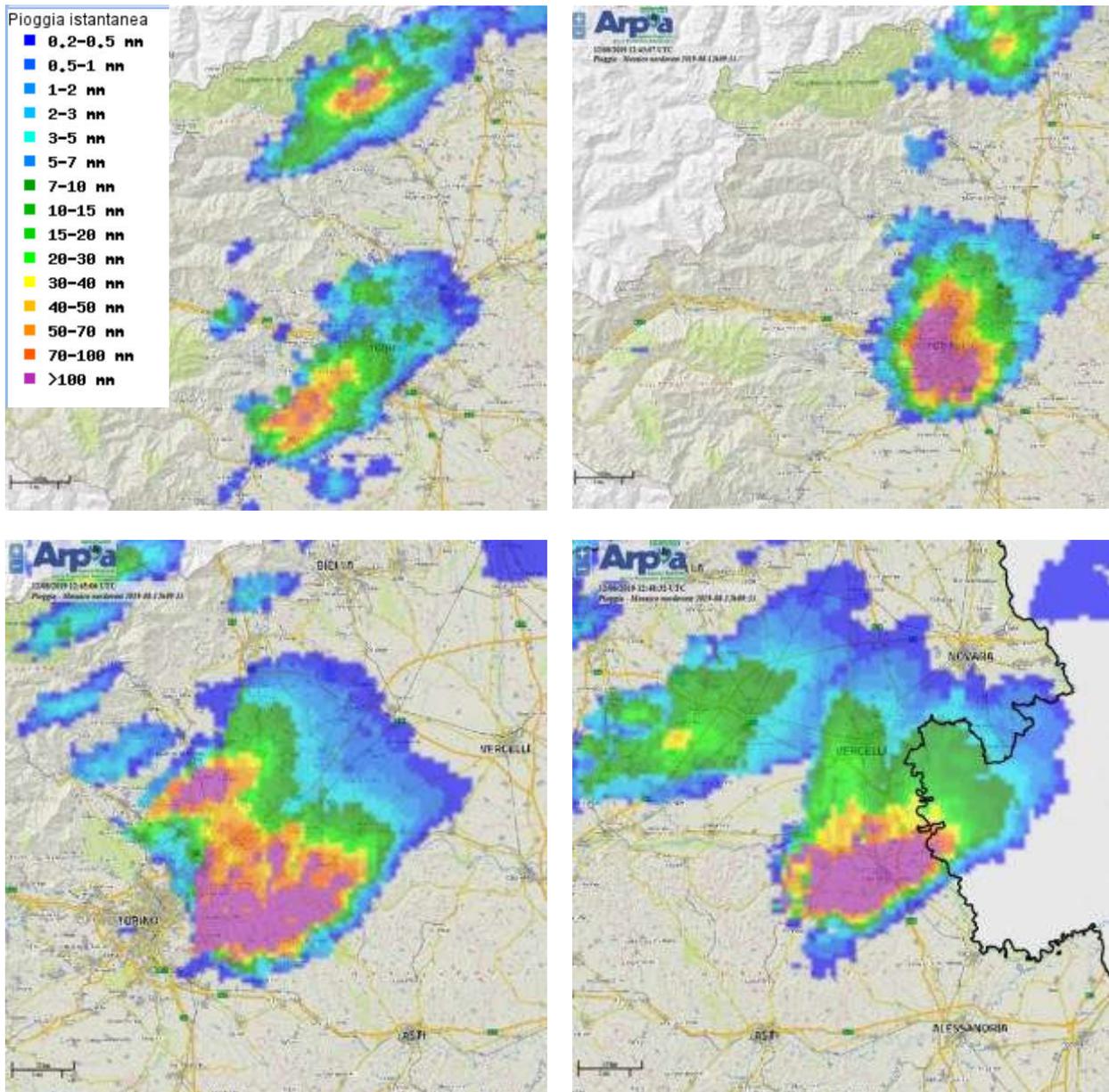


Figura 15 Intensità di precipitazione da radar (viola oltre 100 mm/h e presenza di grandine) della cella temporalesca che ha interessato il Monferrato Domenica 11 agosto 2019: in alto a sinistra alle ore 16 locali, in alto a destra alle 16:30, in basso a sinistra alle 17 e in basso a destra alle 18.

La Figura 16 mostra il percorso della cella temporalesca dal chierese fino al transito sulla Lomellina: in poco più di 2 ore ha percorso oltre 90 km.

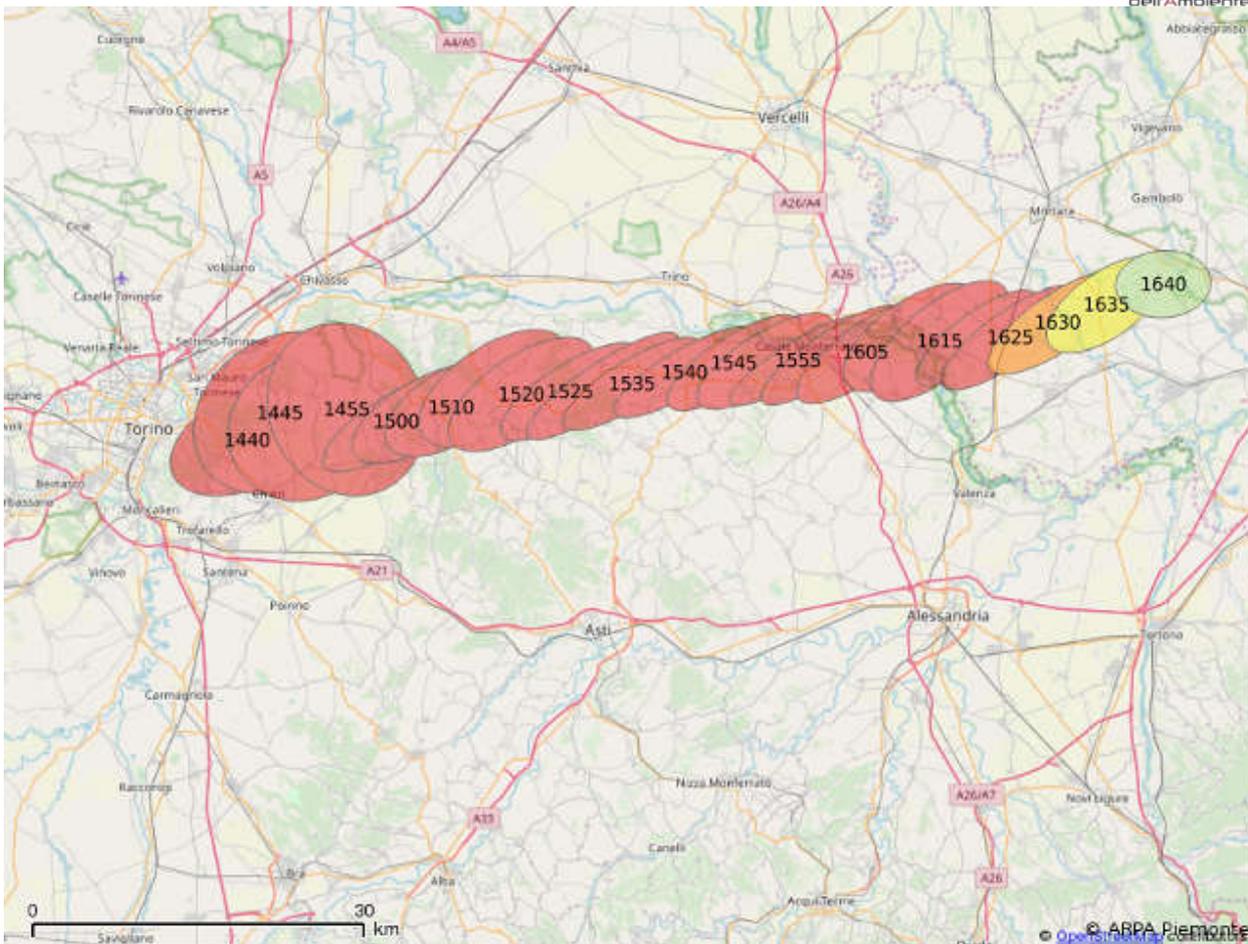
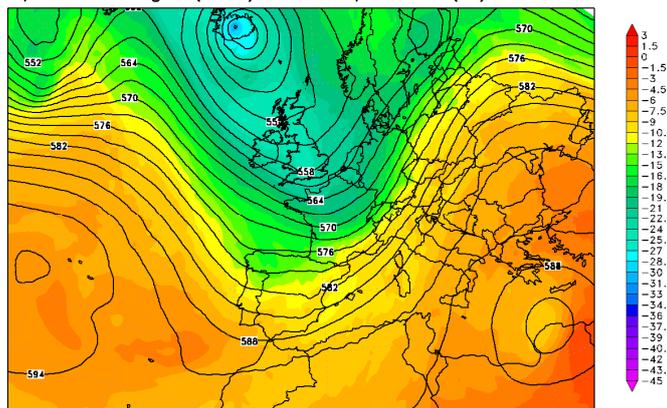


Figura 16 Traiettorie della cella temporalesca identificata da radar tra le 16:30 locali (14:30UTC) e le 18:40 (16:40UTC).

Nella giornata di lunedì 12 agosto 2019 la saccatura atlantica si è spinta lentamente verso est, causando anche un debole forcing sinottico per l'irruzione di aria fredda a cavallo della catena alpina (Figura 17). Anche la pressione è scesa su tutta l'area.

Geopotential height (dam) and temperature (°C) at 500 hPa



ECMWF - ECMWF_EURNA_0250 - Mon 12 AUG 2019 18:00 UTC - Analysis

Figura 17 Altezza di geopotenziale e temperatura a 500 hPa del 12/8/2019 alle 18 UTC dalle analisi ECMWF

Ciò che è necessario evidenziare della giornata del 12 è innanzitutto l'elevata convergenza di flussi umidi da sud verso il settore settentrionale della regione già al mattino, uniti ad un'inversione delle correnti sotto i 900 hPa (Figura 18). In questa configurazione atmosferica sono possibili temporali autorigeneranti, che insistano per ore su una stessa zona. Quello che accade è la rigenerazione sopravento delle celle, identificabile tramite i vettori di Corfidi. Nella Figura 18 vediamo, dall'analisi

ECMWF, il campo di vento a 500, 700, 850, 925 hPa, dove si può vedere il notevole *shear* verticale direzionale.

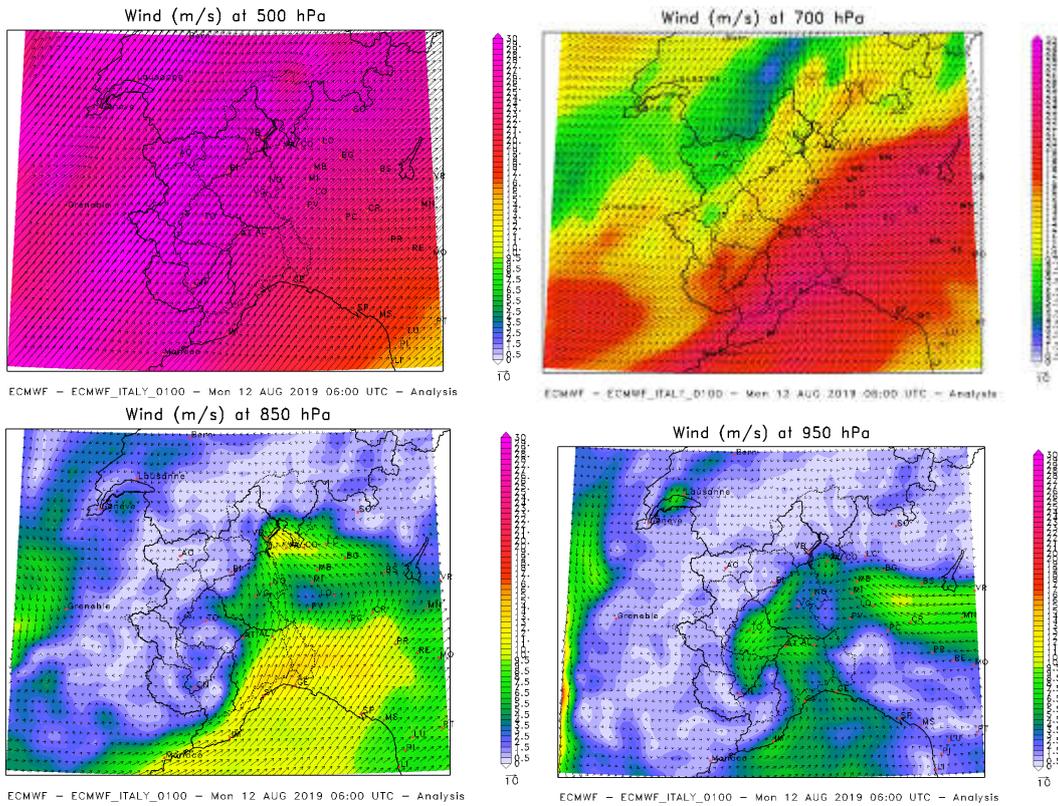


Figura 18 Campo di vento rispettivamente a 500,700,850,950 hPa alle 06 UTC del 12/8/2019 dalle analisi ECMWF

Ciò che è accaduto nella mattinata del 12 agosto 2019 è stato proprio una formazione di celle sulla stessa direttrice sudovest-nordest per quasi tutta la mattinata, che hanno scaricato più di 80 mm di precipitazione in poche ore sul Verbano settentrionale (Figura 19), continuando poi ancora per parecchie ore nel pomeriggio, spostandosi lievemente verso sud.

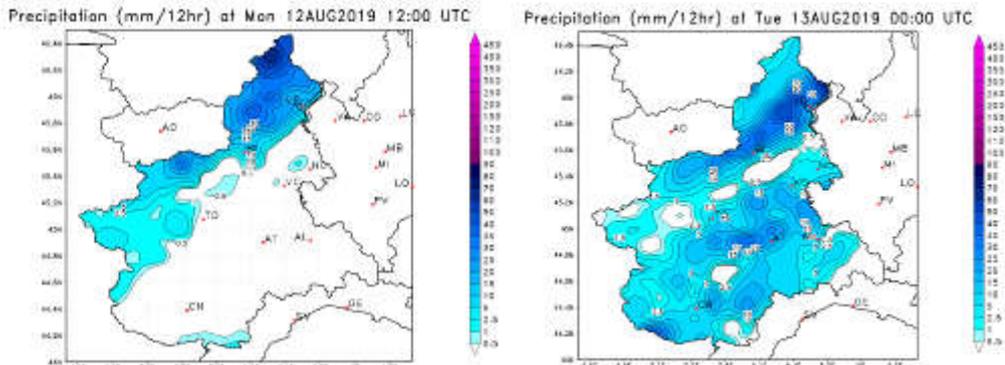


Figura 19 Precipitazione osservata dalla rete al suolo nelle prime 12 ore (15a) e nelle seconde 12 ore (15b) della giornata del 12/8/2019

Passiamo ad analizzare invece quello che è accaduto sulle pianure. Come si è detto, il giorno 12 agosto è caratterizzato da una forzante sinottica, che è andata ad influenzare una regione già molto instabile. Come si vede dalla Figura 20, il CAPE alle 12 UTC sulle pianure centrali e meridionali era ancora molto alto (>2000 J/kg), con un prodotto $\sqrt{\text{CAPE}} \cdot \text{shear}$ oltre i 1500 m^2/s^2 (valore eccezionale, come si vede dalla Figura 20 in alto a destra). Dello *shear* 500-1000 hPa si è già parlato, ma è conveniente notare che anche il Low Level Shear (700-1000 hPa) è decisamente elevato, ed è un prodotto correlato con la possibile occorrenza di supercelle e trombe

d'aria (Figura 20 in basso a sinistra). Infine, anche nel pomeriggio è stata presente una sostanziale inibizione alla convezione, superiore localmente anche ai 200 J/kg.

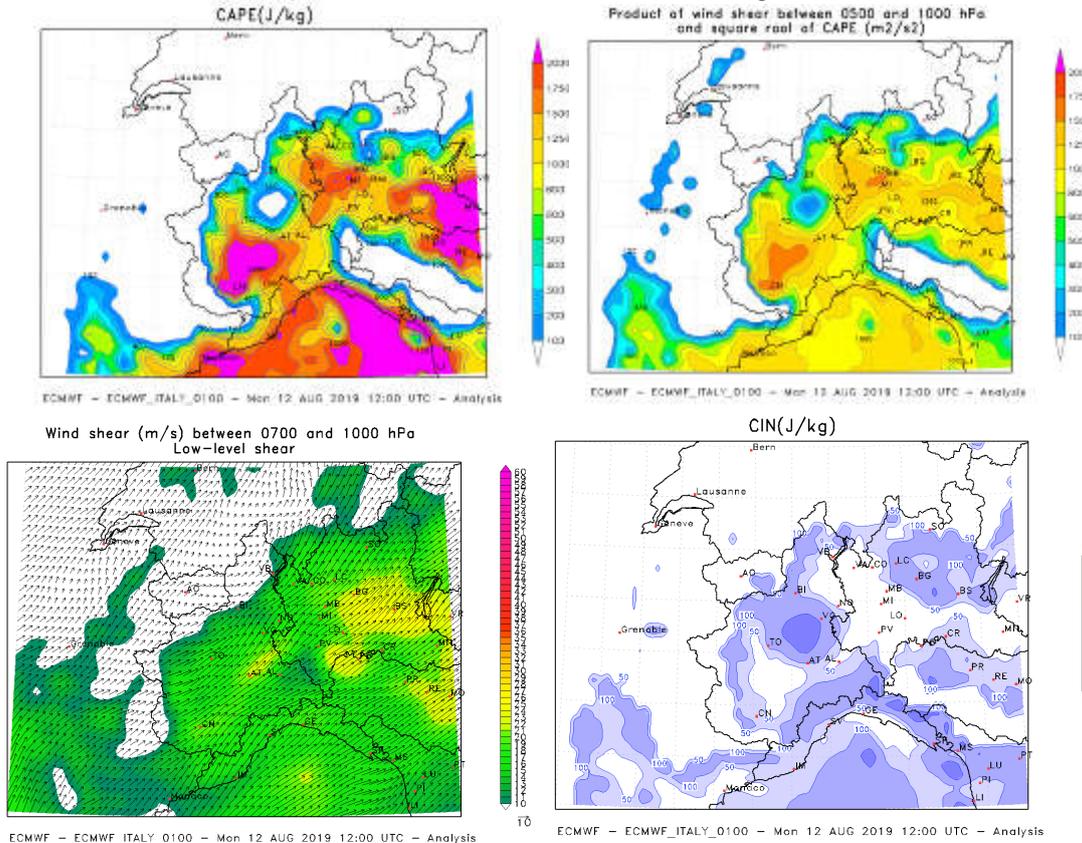


Figura 20 in alto a sinistra CAPE, in alto a destra CAPE per Deep Level Shear, in basso a sinistra Low Level Shear e in basso a destra CIN alle 12 UTC del 12/8/2019 dalle analisi ECMWF

Per quanto riguarda l'azione forzante di sollevamento, è distinguibile una evidente linea di convergenza a est di Torino sia dall'analisi ECMWF (Figura 21 sinistra) sia dalla corsa del 12 agosto del modello COSMO-I2 (Figura 21 destra). Ci si aspetta quindi che le celle nascano in quell'area, anche se con un'instabilità così diffusa tutta l'area è potenzialmente a rischio. In Figura 21 si vede un evidente flusso dai quadranti meridionali che ha sicuramente la potenzialità di fornire il necessario sollevamento per innescare le celle temporalesche sulle pianure. Data l'elevatissima instabilità, con questa configurazione sono possibili fenomeni molto violenti.

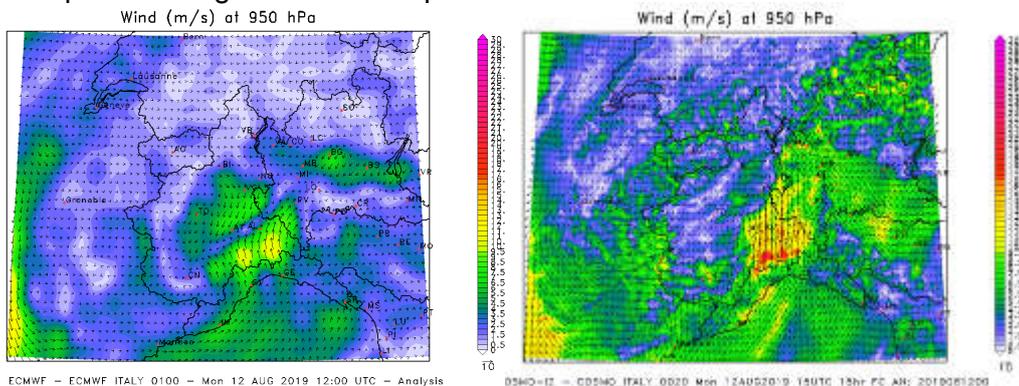


Figura 21 Vento a 950 hPa rispettivamente dalle analisi ECMWF alle 12 UTC e dalla previsione del run delle 00 UTC di COSMO-I2 del 12/8 per le 15 UTC del pomeriggio stesso

Analizziamo quindi cosa è accaduto nel pomeriggio del 12 agosto 2019. Mentre sono continuati i temporali sul Verbano, alimentati dalla notevole convergenza di correnti meridionali, una linea di temporali è partita dalle zone alpine già dopo le 12 UTC, per raggiungere le pianure e intensificarsi sulla zona di Torino intorno alle 13:30 UTC. Dai report giornalistici si è parlato di una tromba d'aria

vicino a Carmagnola, ma tale descrizione non è consistente con le immagini radar e satellitari del fenomeno. Si è trattato probabilmente di un forte downburst. I fenomeni più intensi si sono mossi rapidamente sull'Astigiano e sul Verellese, seguendo la linea di convergenza determinata dalle correnti della Figura 21.

Dietro a questa linea di temporali, ne è esordita un'altra, più a sud, evidentemente innescata dalle correnti discendenti della prima, che ha percorso Cuneese, Astigiano e Alessandrino.

Nella Figura 22 sono riassunti i fenomeni dal punto di vista delle fulminazioni, nelle 4 scadenze (00-06, 06-12, 12-18, 18-24 UTC) della giornata del 12/8.

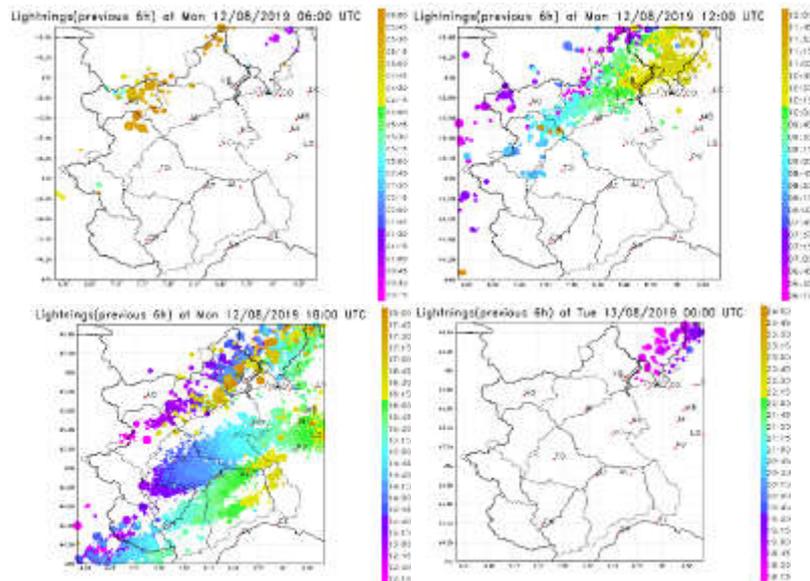


Figura 22– Fulminazioni nelle 4 scadenze orarie del 12/8/2019

Gli eventi del 11 e 12 agosto sono stati associati a precipitazioni di tipo grandinigeno. Il giorno 11 agosto, in particolare, forti grandinate si sono verificate tra Torinese, Monferrato e Astigiano.

La Figura 23 mostra la mappa di probabilità giornaliera di grandine, stimata a partire dalle osservazioni radar meteorologiche. Si osserva una striscia con alta probabilità di grandine (colore rosso), che si estende dalla collina torinese al Piemonte orientale, interessando in particolar modo il Monferrato.

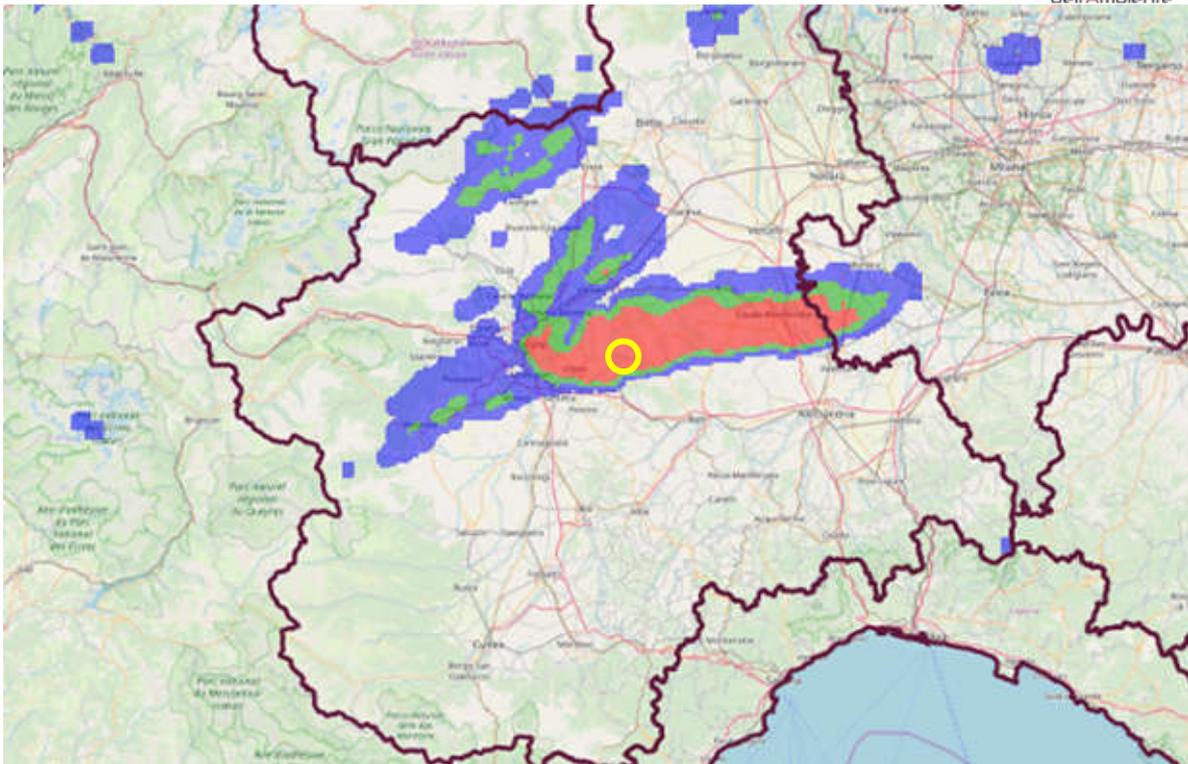


Figura 23 Probabilità di grandine per il giorno 11 agosto 2019. Il cerchio giallo indica la località di Castelnuovo Don Bosco, particolarmente colpita dalla violenta grandinata che ha imbiancato le strade del paese.

Il giorno successivo, 12 agosto, i temporali hanno interessato in particolar modo la regione compresa tra Carmagnola (dove i danni maggiori sono stati causati dal vento associato al temporale) e Asti (Figura 24).

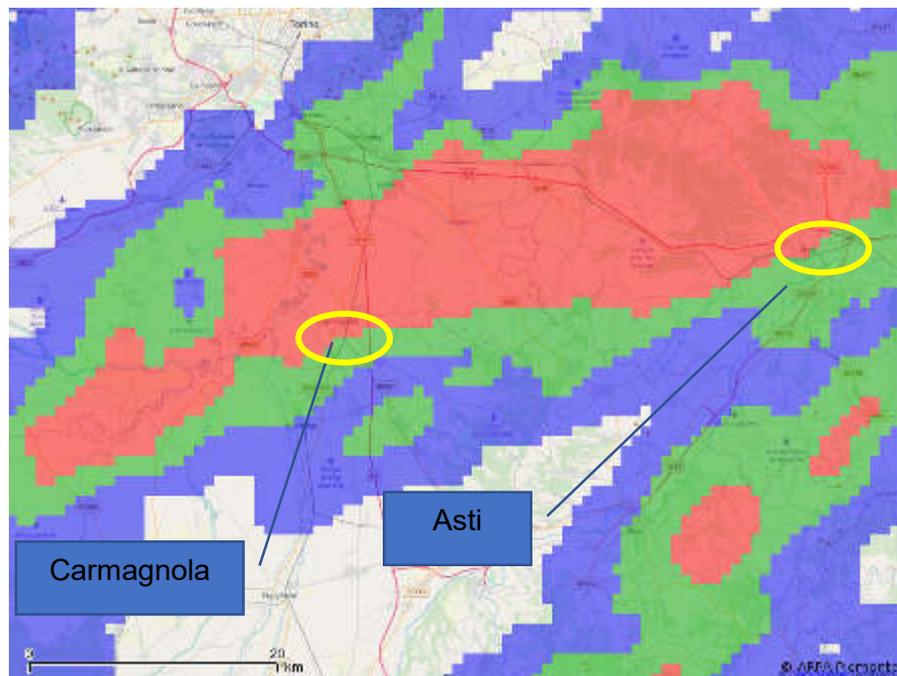


Figura 24 Probabilità di grandine per il giorno 12 agosto 2019.

La Tabella seguente riporta le massime raffiche registrate dalle stazioni al di sotto dei 700 m tra il 10 ed il 12 agosto 2019.

Tabella 1. Massima raffica registrata dagli anemometri della rete meteoidrografica regionale a quote inferiori ai 700 m slm e registrate tra il 10 ed il 12 agosto 2019.

COMUNE	PROV	STAZIONE	QUOTA	RAFFICA Km/h	DATA	ORA UTC
BOSIO	AL	BRIC CASTELLARO	415	47,9	10-ago-19	19:23
SARDIGLIANO	AL	SARDIGLIANO	320	41,8	10-ago-19	20:31
ARQUATA SCRIVIA	AL	ARQUATA SCRIVIA	325	42,1	11-ago-19	19:00
BOSIO	AL	BRIC CASTELLARO	415	41,8	11-ago-19	18:52
CASALE MONFERRATO	AL	CASALE MONFERRATO	118	55,8	11-ago-19	16:08
BUTTIGLIERA D'ASTI	AT	BUTTIGLIERA D'ASTI	290	64,8	11-ago-19	15:05
CALUSO	TO	CALUSO	257	43,9	11-ago-19	15:13
CARMAGNOLA	TO	CARMAGNOLA	232	50,0	11-ago-19	14:36
CASELLE TORINESE	TO	CASELLE	300	42,1	11-ago-19	15:02
MONCALIERI	TO	BAUDUCCHI	226	60,5	11-ago-19	14:40
PINO TORINESE	TO	PINO TORINESE	608	47,5	11-ago-19	14:45
RIVOLI	TO	RIVOLI LA PEROSA	362	47,9	11-ago-19	14:33
SUSA	TO	PIETRASTRETTA	520	43,2	11-ago-19	13:00
TORINO	TO	TORINO ALENIA	320	46,8	11-ago-19	15:00
ARQUATA SCRIVIA	AL	ARQUATA SCRIVIA	325	45,0	12-ago-19	15:00
BASALUZZO	AL	BASALUZZO	128	47,2	12-ago-19	16:30
BOSIO	AL	BRIC CASTELLARO	415	62,3	12-ago-19	13:56
CASALE MONFERRATO	AL	CASALE MONFERRATO	118	85,7	12-ago-19	14:49
SARDIGLIANO	AL	SARDIGLIANO	320	52,2	12-ago-19	06:44
SERRALUNGA DI CREA	AL	CREA	385	52,6	12-ago-19	14:23
ASTI	AT	ASTI	175	81,4	12-ago-19	14:10
BUTTIGLIERA D'ASTI	AT	BUTTIGLIERA D'ASTI	290	47,5	12-ago-19	13:49
MONTALDO SCARAMPI	AT	MONTALDO SCARAMPI	295	80,6	12-ago-19	14:23
ALBA	CN	ALBA TANARO	172	46,1	12-ago-19	14:00
BALDISSERO D'ALBA	CN	BALDISSERO D'ALBA	265	46,1	12-ago-19	14:00
BRA	CN	BRA	285	51,8	12-ago-19	13:43
SALICETO	CN	BERGALLI	385	48,6	12-ago-19	11:37
VILLANOVA SOLARO	CN	VILLANOVA SOLARO	267	82,4	12-ago-19	13:21
BORGOFRANCO D'IVREA	TO	BORGOFRANCO D'IVREA	337	48,2	12-ago-19	09:32
BORGONE SUSÀ	TO	BORGONE	400	43,6	12-ago-19	17:00
CARMAGNOLA	TO	CARMAGNOLA	232	45,4	12-ago-19	13:23
MONCALIERI	TO	BAUDUCCHI	226	41,8	12-ago-19	13:23
SUSA	TO	PIETRASTRETTA	520	69,5	12-ago-19	21:00
VERBANIA	VB	PALLANZA LAGO MAGGIORE	202	119,5	12-ago-19	10:06

Nella giornata dell'11 agosto 2019 si segnalano Buttigliera d'Asti (AT) e Bauducchi, Moncalieri (TO) rispettivamente con raffiche di 64,8 km/h e 60,5 km/h nel pomeriggio. Il giorno successivo

spicca Pallanza (VB) con 119,5 km/h alle 10:06 UTC, seguita da Casale Monferrato (AL), Villanova Solaro (CN), Asti (AT) e Montalto Scarampi (AT), tutte con raffiche di oltre 80 km/h.

I valori puntuali registrati dalla rete meteoidrografica nelle giornate tra il 10 e 12 agosto, in un contesto di venti deboli o moderati, sono rappresentativi di condizioni di forti venti di raffica che si sono verificati in corrispondenza delle celle temporalesche. Il fenomeno, noto come *downburst*, si presenta con un'improvvisa intensificazione dei venti ed una brusca variazione di direzione ed è causato da aria densa e fredda discendente dalla nube temporalesca, trascinata per attrito dalle forti precipitazioni. Contrariamente al *downburst* l'elemento distintivo delle trombe d'aria è la presenza del tipico moto rotatorio dei venti.

ANALISI PLUVIOMETRICA

Precipitazioni deboli si sono registrate sul Piemonte a partire dal 10 agosto 2019, con un progressivo aumento delle intensità nei due giorni successivi, maggiormente significative sul Piemonte settentrionale. Le precipitazioni, spesso a carattere di rovescio, sono state caratterizzate localmente da picchi di intensità elevati sulle brevi durate.

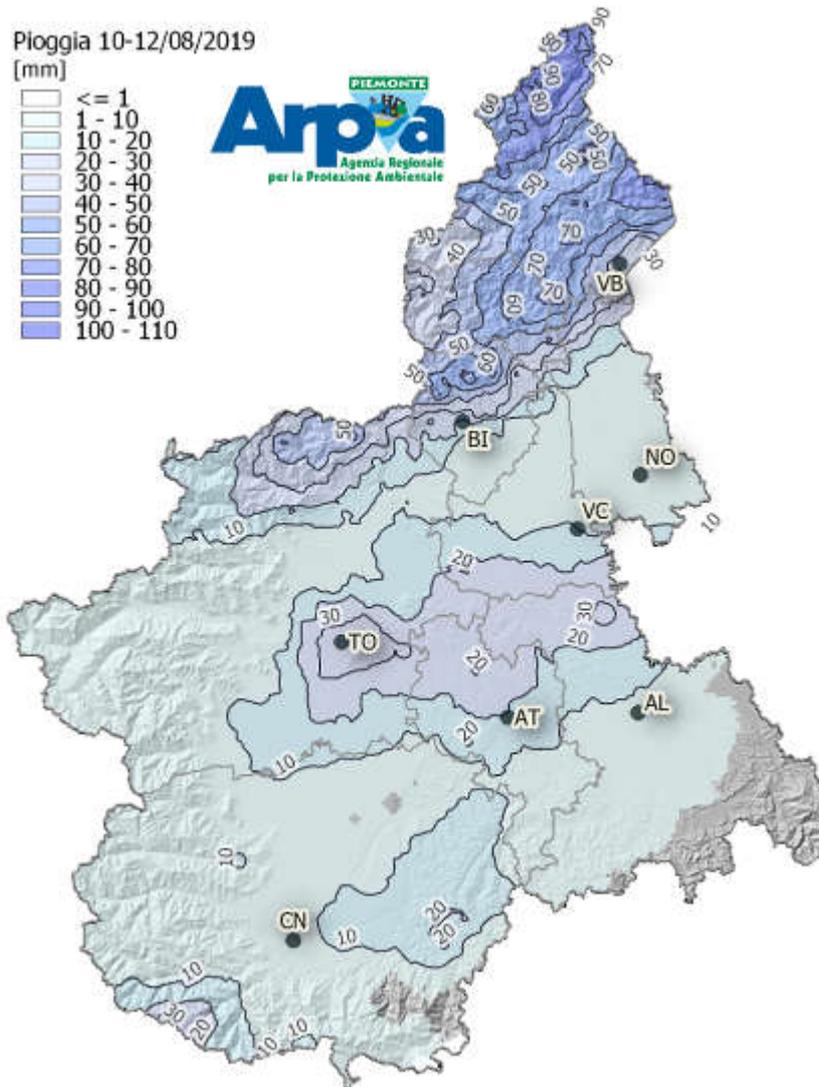


Figura 25. Pioggia cumulata dal 10 al 12 agosto 2019.

Le piogge giornaliere e la cumulata totale dell'evento per le stazioni pluviometriche appartenenti alla Rete Meteorologica Regionale di Arpa Piemonte, che hanno di fatto registrato i valori più significativi nelle aree interessate dalle precipitazioni, sono riportate nella Tabella 2.

Tabella 2. Totali di pioggia, espressi in millimetri per diverse durate per le stazioni più significative.

Zona di allerta	Bacino	Comune	Provincia	Stazione	10 agosto	11 Agosto	12 agosto	Totale
A	TICINO	BACENO	VB	ALPE_DEVERO	5,4	4,4	86,2	96,0
A	TICINO	FORMAZZA	VB	FORMAZZA_BRUGGI	4,6	30,6	55,2	90,4
A	TICINO	PREMIA	VB	PREMIA	12,4	29,6	48,2	90,2
A	TICINO	CANNOBIO	VB	CANNOBIO	0,0	0,8	86,2	87,0
A	TICINO	VARZO	VB	VARZO	1,8	6,8	66,0	74,6
A	TICINO	TRASQUERA	VB	TRASQUERA	3,6	13,6	54,2	71,4
B	SEZIA	VARALLO	VC	VARALLO	0,0	5,8	64,8	70,6
B	SEZIA	BIELLA	BI	OROPA	1,0	5,6	58,8	67,0
C	ORCO	RONCO CANAVESE	TO	FORZO	0,0	4,6	50,4	55,0
E	TANARO	VINADIO	CN	COLLE LOMBARDA	0,0	0,0	40,2	40,2
I	PO	CASALE MONFERRATO	AL	CASALE MONFERRATO	0,0	15,2	23,0	38,2
L	DORA RIPARIA	TORINO	TO	TORINO GIARDINI REALI	0,0	35,0	7,6	42,6
L	PO	PINO TORINESE	TO	PINO TORINESE	0,0	24,0	11,2	35,2
L	TANARO	CASTELL'ALFERO	AT	CASTELL'ALFERO	0,0	0,0	25,6	25,6

I dati riportati in **Tabella 2**, evidenziano che durante l'evento nel bacino del Ticino il pluviometro Cannobio (VB), ubicato nell'omonimo comune, ha registrato il massimo della pioggia totale del periodo considerato pari a 96 mm; altrove, sempre nel Verbano, i valori di pioggia sono stati comunque significativi compresi tra i 90 e i 70 mm, come anche nel biellese e vercellese anche se su un'areale più ristretto. Nel resto del Piemonte le altezze di pioggia cumulata si sono mantenute su valori più moderati, generalmente al di sotto di 60 mm.

Nella **Tabella 3** si riportano i valori massimi di pioggia per le durate da 1 a 24 ore registrati dalle stazioni pluviometriche della rete gestita da Arpa Piemonte.

Tabella 3. Massimi di pioggia, espressi in millimetri per diverse durate per le stazioni più significative.

Zona di allerta	Bacino	Comune	Provincia	Stazione	Max 1 h	Max 3 h	Max 6 h	Max 12 h	Max 24 h
A	TICINO	BACENO	VB	ALPE DEVERO	62,6	77,6	81,6	85,4	89,8
A	TICINO	VARZO	VB	VARZO	50,6	62,6	63,8	69,4	72,6
A	TICINO	CANNOBIO	VB	CANNOBIO	42,4	52,2	74,6	86,2	86,2
A	TICINO	TRASQUERA	VB	TRASQUERA	36,4	47,2	50,0	56,8	65,4
B	SEZIA	BIELLA	BI	OROPA	42,6	47,8	52,4	58,8	60,0
B	SEZIA	VARALLO	VC	VARALLO	37,6	37,6	46	64,8	64,8
C	ORCO	RONCO CANAVESE	TO	FORZO	25,8	28,6	43,8	50,4	55,0
E	TANARO	VINADIO	CN	COLLE LOMBARDA	36,8	40,2	40,2	40,2	40,2
I	PO	CASALE MONFERRATO	AL	CASALE MONFERRATO	21,8	23,0	23,0	23,0	38,2
L	PO	TORINO	TO	TORINO VALLERE	26,4	26,4	31,6	31,6	35,6
L	TANARO	CASTELL'ALFERO	AT	CASTELL'ALFERO	25,6	25,6	25,6	25,6	25,6
L	PO	PINO TORINESE	TO	PINO TORINESE	21,2	21,2	24,0	24,0	35,2

Poiché gli eventi esaminati sono caratterizzati da durate brevi, sono anche state calcolati i massimi di pioggia sub-orari (Tabella 4), espressi in mm, registrati dalle stazioni di pianura interessate dai fenomeni temporaleschi più intensi.

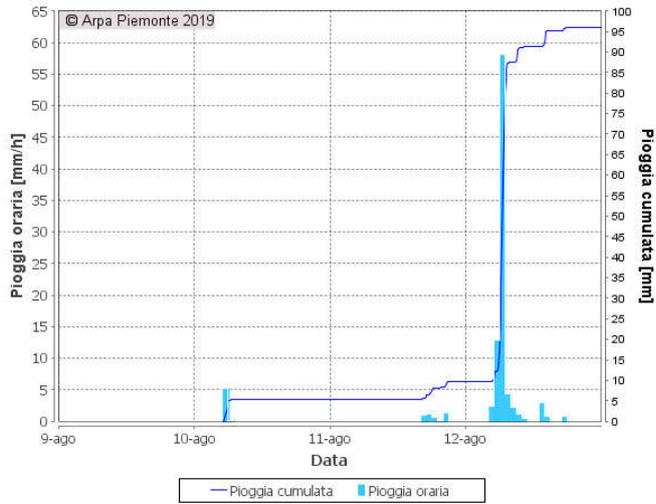
Tabella 4. Massimi di pioggia sub-orari in mm per diverse durate per le stazioni più significative.

Zona di allerta	Bacino	Comune	Provincia	Stazione	Max 10 m	Max 20 m	Max 30 m
I	PO	CASALE MONFERRATO	AL	CASALE MONFERRATO	17,0	21,1	22,3
L	PO	TORINO	TO	TORINO VALLERE	14,8	26,8	27,8
L	TANARO	CASTELL'ALFERO	AT	CASTELL'ALFERO	17,6	25,0	27,0
L	PO	PINO TORINESE	TO	PINO TORINESE	14,2	23,2	25,5

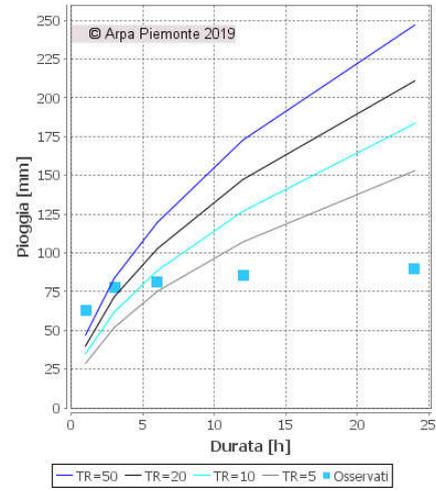
La caratterizzazione in termini statistici dell'evento (Figura 26), mediante il confronto dei valori registrati con quelli relativi alle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP), indica che le durate critiche sono quelle di 1-3 ore con tempi di ritorno ad Alpe Devero (VB), Varzo (VB) e Colle della Lombarda (CN) tra i 20 e i 50 anni.

Nei settori di pianura e collinari i valori più significativi sono invece per durate sub-orarie dove comunque le intensità si sono mantenute su tempi di ritorno inferiori ai 20 anni.

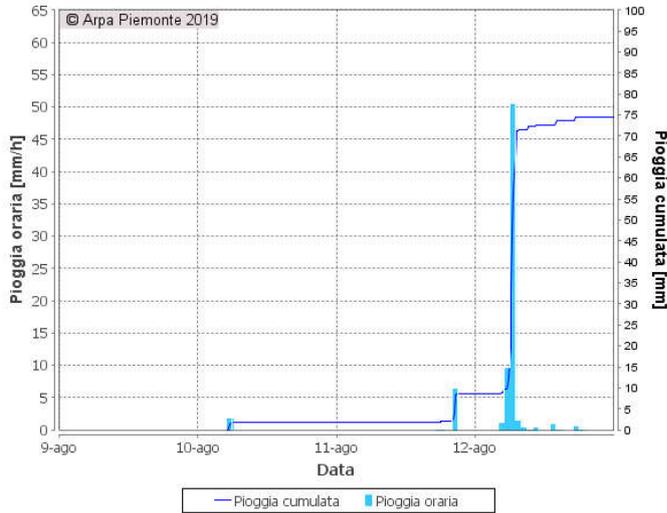
ALPE DEVERO (VB)
TICINO



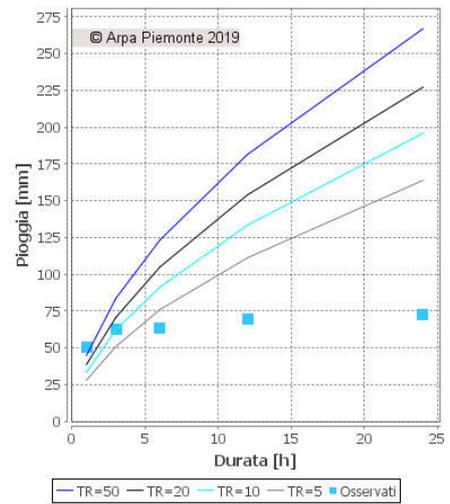
ALPE DEVERO (VB)
TICINO



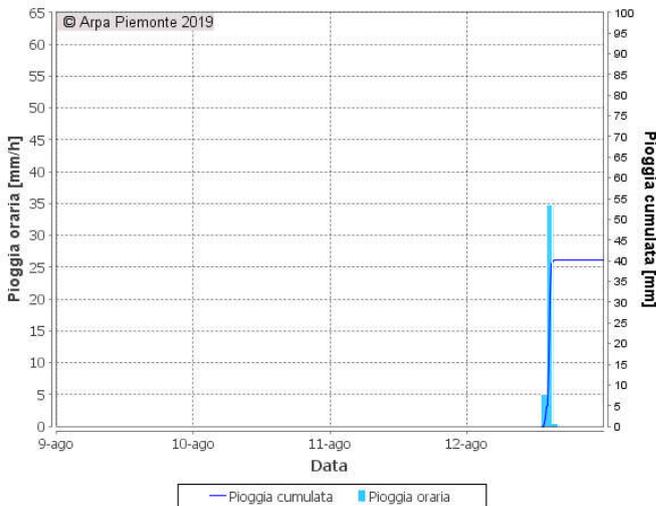
VARZO (VB)
TICINO



VARZO (VB)
TICINO



COLLE LOMBARDA (CN)
TANARO



COLLE LOMBARDA (CN)
TANARO

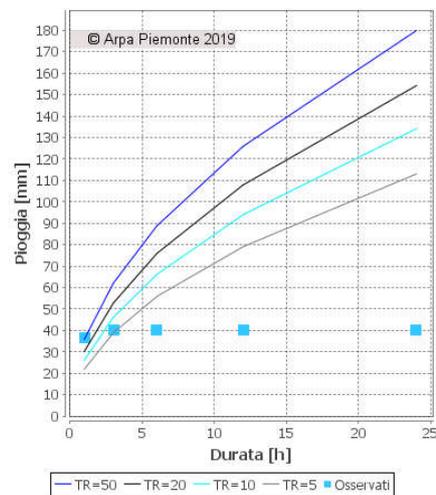


Figura 26. Ietogrammi delle stazioni che hanno registrato le precipitazioni caratterizzate da tempi di ritorno più significativi.

FENOMENI GEOMORFOLOGICI RILEVANTI

Durante il periodo in cui si sono verificate le precipitazioni, sono stati osservati un paio di fenomeni gravitativi rilevanti, di cui uno legato alle precipitazioni intense verificatesi il 12 agosto (l'evento di colata detritica del Rio Croso nel comune di Varzo, VB), ed un secondo le cui cause di innesco non sono direttamente collegabili alle precipitazioni occorse nel periodo considerato (il fenomeno di crollo occorso nella mattina del 10 agosto nell'alta valle di Rochemolles nel comune di Bardonecchia, TO).

Di seguito sono riportate le descrizioni dei due eventi con le relative considerazioni in merito alle possibili cause predisponenti e innescanti.

Colata detritica del Rio Croso a S. Domenico, Varzo (VB)

Il giorno 12 agosto 2019 le piogge brevi ed intense, che hanno interessato tra le 6:00 e le 7:00 UTC il bacino del Rio Croso nel comune di Varzo (VB) in località S. Domenico, hanno dato origine ad una colata detritica che ha interessato il ponte della strada comunale che collega S. Domenico con Ponte Campo (strada S. Domenico- Alpe Veglia) (Figura 27, a sinistra). L'area è risultata già oggetto di fenomeni di questo tipo che si sono attivati in occasione di eventi meteo-pluviometrici intensi. Nel canale principale del Rio Croso è avvenuto il collasso di parte del detrito in esso presente e di alcune porzioni di versante roccioso, nei pressi dei piloni della seggiovia che da Casa Rossa porta all'Alpe Ciamporino. La miscela solido-liquida ha alimentato una colata detritica che ha raggiunto il ponte sulla strada per l'Alpe Veglia realizzato nel 2017. La colata detritica, incontrando il ponte ne ha occluso la luce, depositando successivamente materiale dietro l'opera fino a raggiungerne la sommità. La miscela più diluita, costituita prevalentemente da acqua e sedimenti fini, si è incanalata ai lati del ponte: in destra idrografica per una decina di metri sulla strada in direzione Alpe Veglia per poi invadere i pascoli sottostanti (Figura 27, a destra), in sinistra idrografica ha aggirato il ponte per immettersi nuovamente nel canale principale con un effetto erosivo.



Figura 27. A sinistra: materiale depositatosi sul ponte della strada comunale S. Domenico-Alpe Veglia; a destra: componente liquida con sedimento fine che ha interessato i pascoli.

Il materiale mobilizzato è per lo più derivante da depositi di pregressi fenomeni di colata detritica presenti in alveo, prevalentemente costituiti da clasti pluricentimetrici e blocchi metrici arrotondati di litologia varia (calcarei, calcescisti e gneiss) in matrice da sabbiosa a siltoso-argillosa (Figura 28, a sinistra). Ulteriori apporti di materiale detritico derivano dall'erosione della coltre superficiale (depositi eluvio-colluviali e glaciali) presente sulle scarpate dell'alveo nella parte medio-alta del bacino (Figura 28, a destra) e da diversi fusti arborei sradicati delle scarpate laterali del rio.



Figura 28. A destra: materiale depositato a monte del ponte; a sinistra: porzione di coltre superficiale.

Nella porzione mediosuperiore del bacino si sono riscontrati alcuni fenomeni di crollo di limitate dimensioni (Figura 29, a sinistra) che hanno interessato il substrato roccioso affiorante fratturato e alterato. I crolli si sono verificati successivamente al passaggio della colata depositando blocchi di roccia sul corpo della colata detritica stessa. Inoltre, del materiale rimobilizzato proveniente dalla cava dismessa di Calcare, presente in destra idrografica, ha raggiunto il canale principale del Rio Croso (Figura 29, a destra).



Figura 29. A sinistra: frana da crollo sviluppatasi dopo il passaggio della colata detritica; a destra: rimobilizzazione di materiale proveniente dalla vecchia cava di Calcare.

La colata detritica ha interessato alcune strutture trasversali e longitudinali presenti nell'alveo del Rio Croso:

- il ponte della strada comunale: occlusione della luce del ponte e deposito di blocchi rocciosi sullo stesso e lesione dei muri di ala a monte e a valle del ponte;
- una soglia in c.a. posta a circa 60 m a monte del ponte: struttura completamente sepolta dalla colata detritica;
- la briglia in c.a. sita a una quota di circa 1600 m s.l.m.;
- alcune opere annesse agli impianti di risalita del comprensorio di S. Domenico.

La cartografia di Figura 30 sintetizza quanto accaduto il 12 agosto 2019 rispetto all'assetto pre-evento del bacino del Rio Croso.

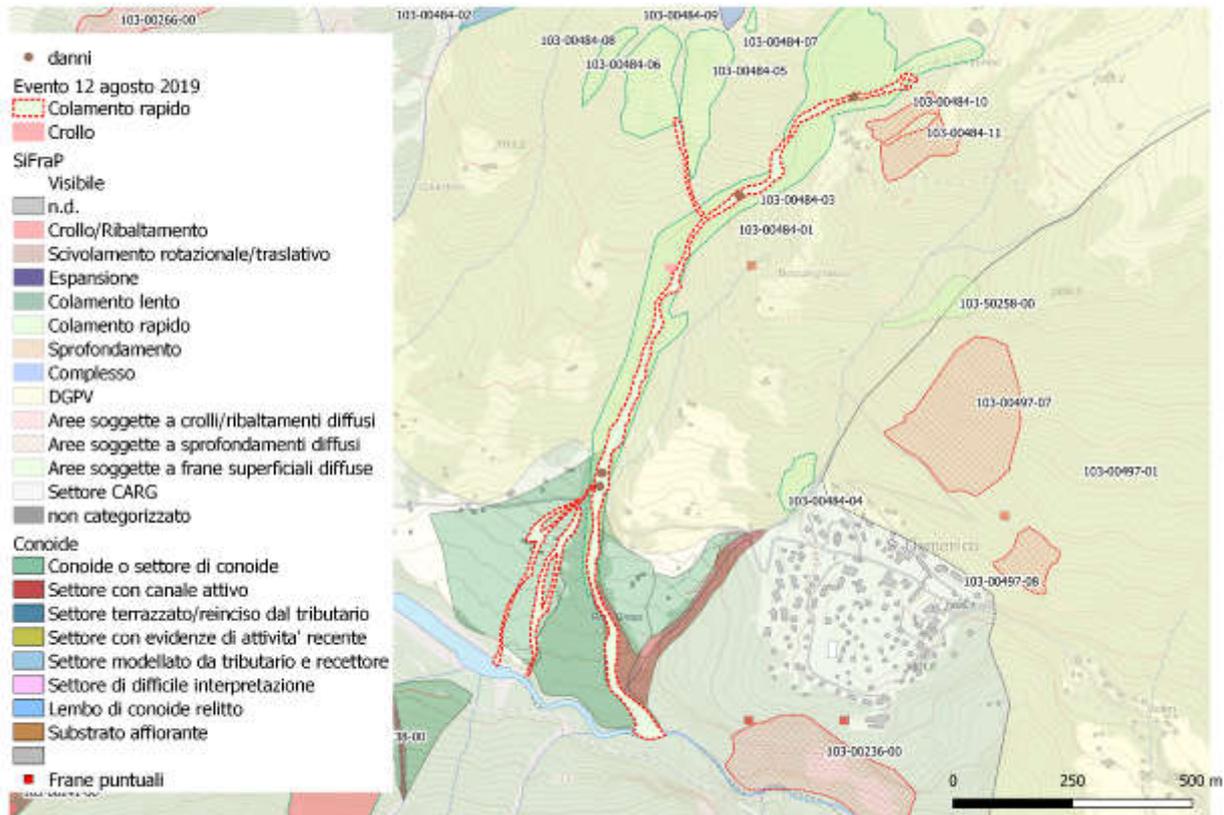


Figura 30. Cartografia di sintesi raffigurante le perimetrazioni dei fenomeni di colata detritica e crollo avvenuti il 12 agosto 2019 e la localizzazione dei relativi danni indotti dal passaggio della colata detritica, in relazione all'assetto pre-evento del Rio Croso.

Il crollo del Gran Becco, Bardonecchia (TO)¹

La mattina di sabato 10 agosto 2019 (alle ore 3 UTC, secondo alcune testimonianze), si è verificato un evento di crollo sul versante sinistro orografico dell'alta valle di Rochemolles, in corrispondenza di un canalone in prossimità della cresta della Costa del Gran Becco. La fase parossistica era stata preceduta qualche ora prima da "forti rumori", come testimoniato dai gestori del Rifugio Scarfiotti ubicato sul fondovalle al piede del versante interessato dalla frana.

Il collasso principale ha coinvolto importanti volumi di roccia, stimati complessivamente in circa 1000–1500 m³, ed è durato alcune ore con crolli minori (crolli di piccole porzioni rocciose o di singoli blocchi sono stati segnalati anche nei giorni seguenti da testimoni oculari e dal presidio posto a controllo dell'accesso della strada per il Colle Sommeiller chiusa al traffico).

Numerosi blocchi hanno raggiunto la strada sterrata per il Colle del Sommeiller, danneggiando anche la tubazione di alimentazione dell'acqua del rifugio posta all'interno dell'incisione torrentizia immediatamente a valle, e alcuni di questi si sono arrestati poche decine di metri a monte degli edifici presenti sul fondovalle (il rifugio e una malga), destando non poca preoccupazione sui numerosi presenti.

¹ Con la collaborazione del geologo del CFAVS, Dr. Zeno Vangelista.

La zona di distacco, posta a circa 2650-2700 m s.l.m., è caratterizzata da un ammasso roccioso fratturato e localmente rilasciato costituito da alternanze di calcescisti carbonatici più o meno marmorei e di filladi nerastre appartenenti al Complesso del Lago Nero (unità litostratigrafica ofiolitica a calcescisti prevalenti). Il versante è inciso da numerosi canali, alla base dei quali si sviluppano conoidi detritici coalescenti di origine mista (gravitativa e valanghiva) le cui unghie si raccordano con l'ampio fondovalle pianeggiante di origine glaciale a circa 2100 m s.l.m. (Figura 31).



Figura 31. Vista d'insieme del versante settentrionale del Gran Becco interessato dal fenomeno di crollo del 10 agosto 2019. Visibile la zona di distacco e transito, il conoidi di accumulo alla base del canalone, la strada di accesso al Colle Sommeiller e gli edifici sul fondovalle raggiunti dai blocchi (l'edificio vicino al lago è il rifugio CAI Scarfiotti).

Al momento dell'evento erano presenti nel rifugio numerose persone, ed erano previsti non meno di 120 utenti nel corso della giornata. I gestori del rifugio e gli abitanti dell'alpeggio hanno sgomberato rapidamente la zona ed allertato la forza pubblica. I gitaniti ed alpinisti rimasti bloccati con i relativi automezzi a monte della strada, bloccata dai detriti, sono stati evacuati. Il Sindaco di Bardonecchia ha emesso alcune ordinanze di interdizione al traffico di mezzi e persone lungo la strada in corrispondenza del bivio per il Rifugio ed è stata istituita una guardiania. È inoltre iniziato il monitoraggio della situazione di pericolo e rischio da parte del CFAVS che ritiene che la situazione di rischio permarrà fino a che il canalone non sarà progressivamente svuotato dai blocchi di maggiori dimensioni (Figura 32).



Figura 32. A sinistra, dettaglio della zona di distacco a 2700 m s.l.m. nei calcescisti del Complesso del Lago Nero e canale di transito del materiale, in parte ancora occupato dal detrito fine e grossolano; a destra, blocco di circa 1 m³ che ha raggiunto il fondovalle fermandosi a circa 20 m dalla malga.

Al momento non è stata chiarita la causa scatenante del crollo, verificatosi alcuni giorni prima delle intense precipitazioni che hanno interessato il Piemonte. Alcune testimonianze, ancora da verificare, indicano che i primi segnali di movimento si sono verificati il 7 agosto quando nella zona era effettivamente presente una debole precipitazione. Altre possibili cause possono essere ricercate nella dinamica di fusione della neve, che ha avuto un lungo periodo di permanenza in quota nella primavera-estate 2019, e nella dinamica termica atmosfera-litosfera del periodo, caratterizzato da alcune brevi ed intense ondate di calore anche in alta quota. A quest'ultimo aspetto potranno essere di valido supporto i dati della stazione di monitoraggio termico del permafrost del Colle Sommeiller, ubicata nella stessa valle a circa 3000 m di quota.

La cartografia di Figura 33 riporta la perimetrazione del fenomeno di crollo avvenuto il 10 agosto 2019 e la localizzazione dei relativi danni registrati.

