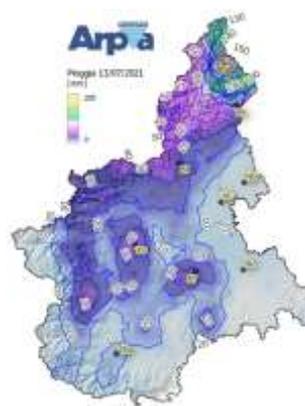
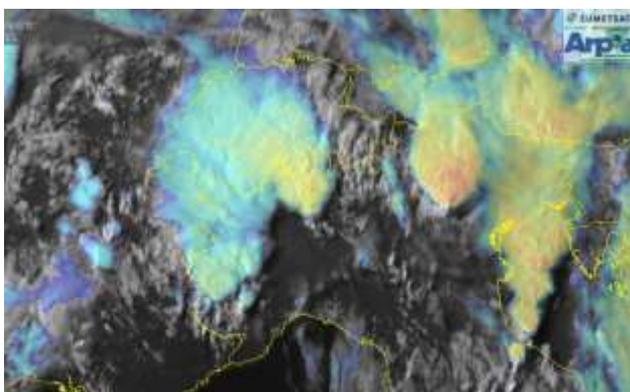


RAPPORTO EVENTO

13 LUGLIO 2021



A cura del
Dipartimento Rischi Naturali e Ambientali

Torino, 28 luglio 2021

SOMMARIO

INTRODUZIONE	1
ANALISI METEOROLOGICA	2
ANALISI PLUVIOMETRICA	23
ANALISI IDROMETRICA	27
EFFETTI AL SUOLO	28
ATTIVITA' DEL CENTRO FUNZIONALE	38

In copertina: a sinistra in alto, immagine dal satellite Meteosat del 13 luglio 2021 alle ore 16 UTC, a destra in alto distribuzione delle precipitazioni cumulate nella giornata del 13 luglio 2021; a sinistra in basso Verampio (VCO), la centrale di Crego (Foto VCO azzurro); a destra in basso, particolare dei materiali sulla sede stradale dovuti al trasporto di massa.

INTRODUZIONE

Nella giornata di martedì 13 luglio 2021 la profonda saccatura nord-atlantica, che ha causato diffuse esondazioni e forti danni in Germania, Olanda e Belgio, è stata anche responsabile di instabilità diffusa sul Piemonte, che nel corso della giornata ha interessato a varie riprese quasi tutto il territorio regionale. L'arrivo di aria molto fredda in quota ha facilmente destabilizzato l'atmosfera caldo-umida estiva, che mostrava così un significativo *lapse-rate* sul nordovest italiano, cioè una rilevante differenza di temperatura tra i vari strati atmosferici verticali, facilmente più elevata nelle ore centrali (più calde) della giornata. Conseguentemente gli indici d'instabilità convettiva erano molto elevati sul Piemonte, soprattutto nella prima parte del giorno, con elevati valori di energia convettiva disponibile di giorno, pronta anche per l'innesco dei temporali pomeridiano-serali.

Nella giornata la regione è stata interessata da forti precipitazioni, con valori cumulati in 24 ore significativi nel Verbano-Cusio-Ossola. In particolare, le stazioni di Cicogna (VB) e Larecchio (VB) hanno registrato in 24 ore rispettivamente 185,2 mm e 181,9 mm. Nel pomeriggio una forte grandinata ha interessato la pianura torinese con chicchi di dimensione superiore a 5 cm. In serata, precipitazioni intense di breve durata hanno interessato la zona del Roero: la stazione di Castellinaldo d'Alba (CN) ha registrato 51,6 mm in un'ora, corrispondente a un tempo di ritorno di 50 anni.

Le precipitazioni intense sul Verbano-Cusio-Ossola, con valori cumulati in 24 ore superiori a 180 mm in alcune stazioni, hanno determinato nell'area un aumento repentino dei livelli dei corsi d'acqua principali e secondari. Gli incrementi maggiori sono stati registrati nel corso della mattinata sul fiume Toce che, a Pontemaglio (VB), si è avvicinato alla soglia di pericolo (ore 10:30 UTC) e sul torrente Anza che, a San Carlo (VB), ha superato la soglia di attenzione (ore 8:30 UTC). In conseguenza dei maggiori apporti dei tributari, è stato registrato, a partire dal primo pomeriggio del 13 luglio, un aumento del livello del lago Maggiore, che ha raggiunto il valore massimo nella tarda mattinata del 14 luglio (ore 12:30 UTC), inferiore alla soglia di guardia.

Le precipitazioni forti e di breve durata che hanno interessato il Roero nella serata del 13 luglio hanno determinato una crescita significativa del livello idrometrico del torrente Bobore che, nella notte tra il 13 e 14 luglio (ore 01:30 UTC), ha raggiunto la soglia di attenzione.

L'elevata intensità delle precipitazioni ha comportato l'attivazione di tutte le aste torrentizie laterali ai corsi d'acqua principali. In particolar modo nei comuni di Premia e Formazza (VCO), per alcuni rii, si è avuto trasporto di abbondante materiale detritico che ha invaso e interrotto la viabilità principale.

Nel presente rapporto sono raccolti e descritti brevemente i fenomeni temporaleschi occorsi sul territorio piemontese nella giornata del 13 luglio 2021.

ANALISI METEOROLOGICA

Nella giornata di martedì 13 luglio 2021 una saccatura nord-atlantica, con una bassa pressione già in fase di isolamento (“*cut-off*”) sulla Francia (Figura 1), ha provocato instabilità diffusa sul Piemonte, che nel corso della giornata ha interessato a varie riprese quasi tutto il territorio piemontese.

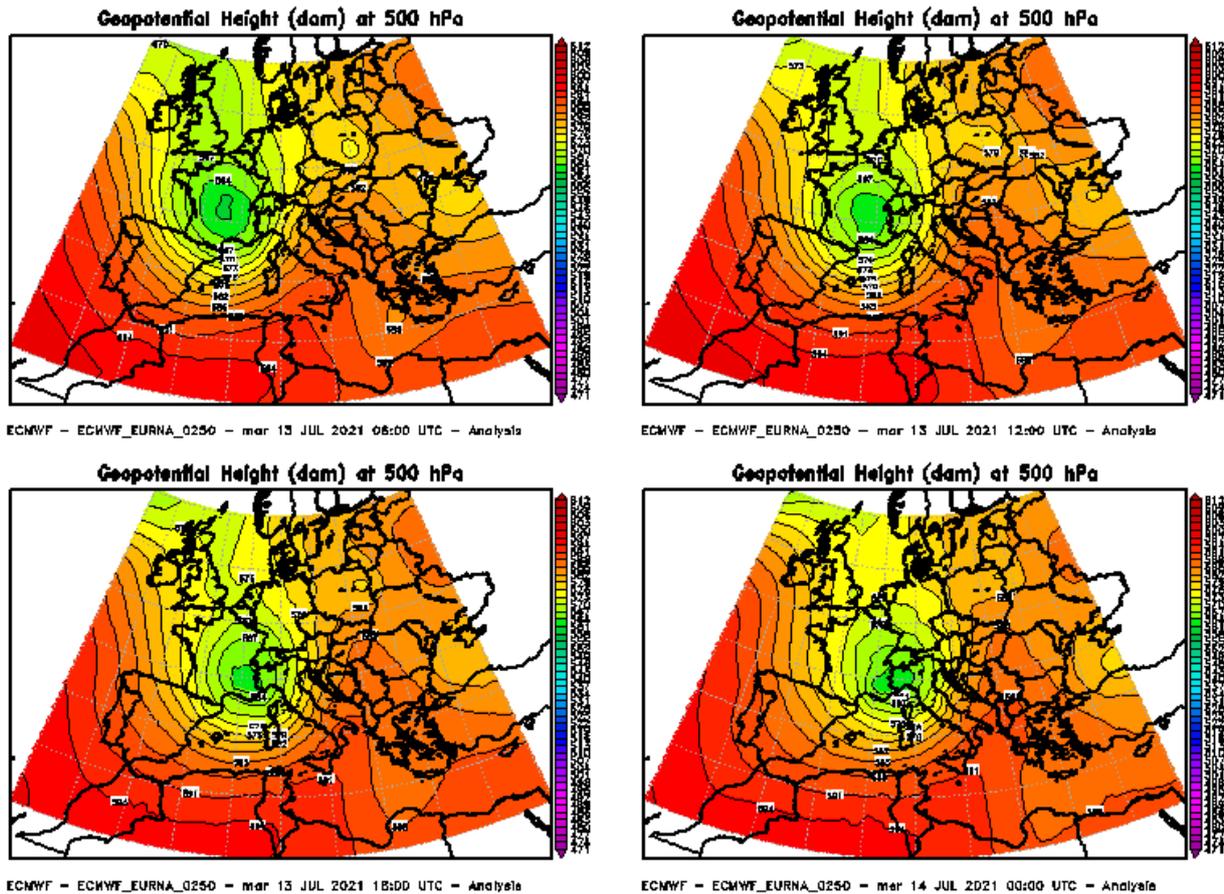


Figura 1 - Evoluzione dell'altezza di geopotenziale a 500 hPa durante la giornata di martedì 13 luglio 2021

La saccatura nord-atlantica era stata preceduta fino al giorno prima (lunedì 12) da un promontorio anticiclonico nord-africano sul Mediterraneo centrale, che andava progressivamente rafforzandosi dall'Algeria verso i Balcani (Figura 2) e così aveva già apportato aria calda (le temperature massime avevano toccato e superato localmente i 30°C in pianura) e umida dai quadranti meridionali sul Piemonte, preparando in tal modo le condizioni iniziali “fertili” per il successivo sviluppo dell'instabilità. Già nel pomeriggio-sera di lunedì 12 l'avanzata della saccatura atlantica dal Golfo di Guascogna verso l'interno della Francia e fino alle Baleari (ultima mappa della Figura 2), avvicinandosi alle Alpi occidentali italiane, aveva provocato precipitazioni temporalesche sulle zone montane settentrionali (e nord-occidentali) del Piemonte.

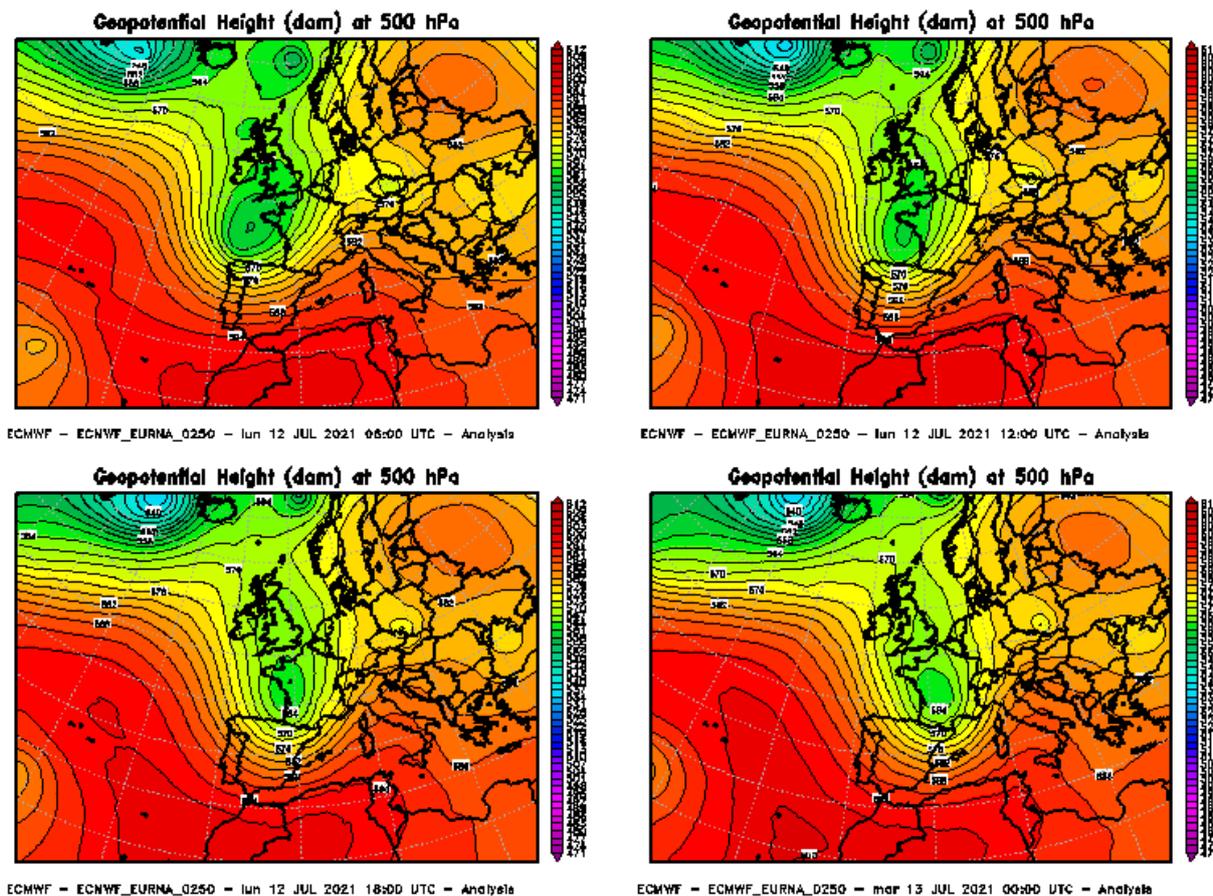


Figura 2 - Evoluzione dell'altezza di geopotenziale a 500 hPa durante la giornata di lunedì 12 luglio 2021

Ma è stata la giornata di martedì 13 il momento in cui l'instabilità ha raggiunto il suo massimo, perché la bassa pressione chiusa, oramai isolatasi sulla Francia, proseguendo la sua graduale avanzata verso est è transitata sul nordovest italiano (Figura 1).

Il cuore freddo della bassa pressione, in moto da ovest, ha progressivamente coperto tutto Il Piemonte nel pomeriggio di martedì 13 (Figura 3), con un netto calo della temperatura in quota (Figura 4) di 5°C almeno tra i 3000 e i 5000 m (dai 700 ai 500 hPa), ben riscontrabile anche nel crollo dello zero termico che è sceso di 1000 m nel corso delle 24h di martedì (Figura 5).

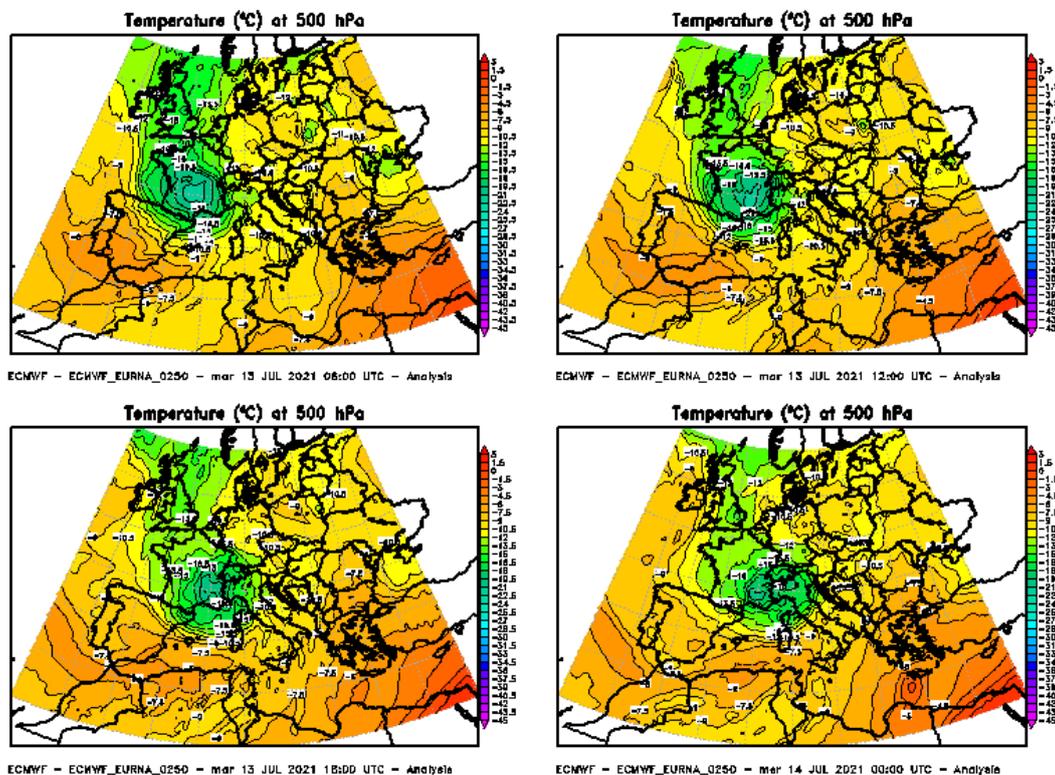


Figura 3 Evoluzione della temperatura in quota a 500 hPa (circa 5000 m) durante la giornata di martedì 13 luglio 2021

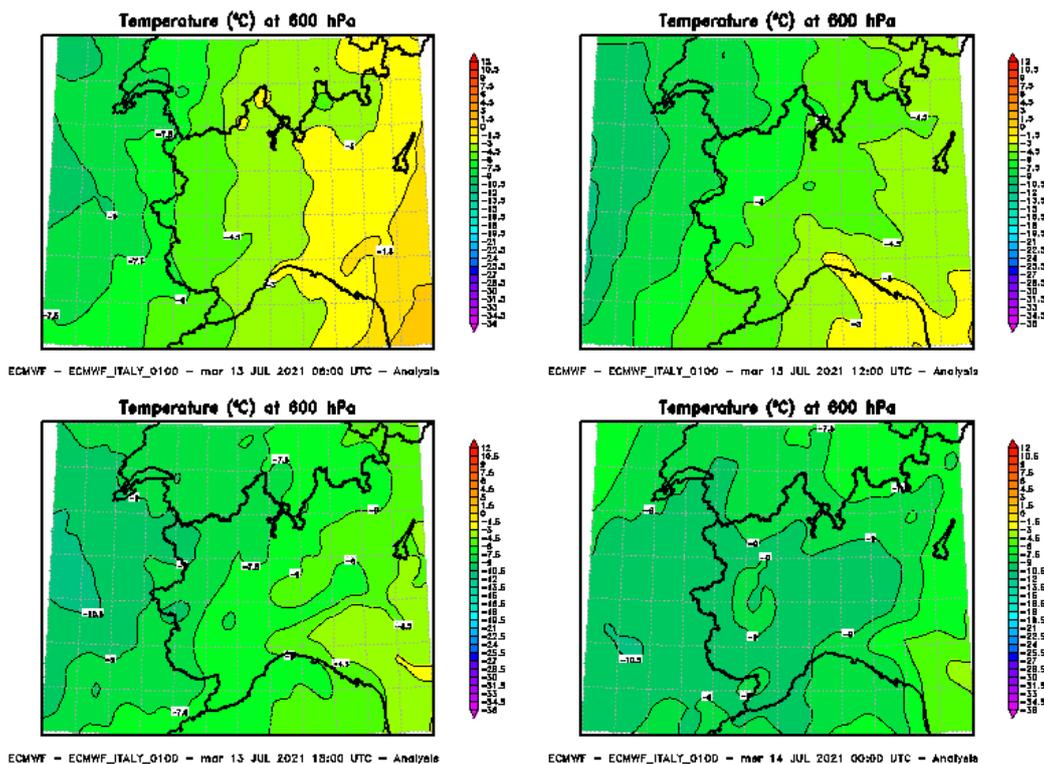


Figura 4 Evoluzione della temperatura in quota a 600 hPa (circa 4000 m) durante la giornata di martedì 13 luglio 2021, che mostra un calo di 5°C nelle 24h

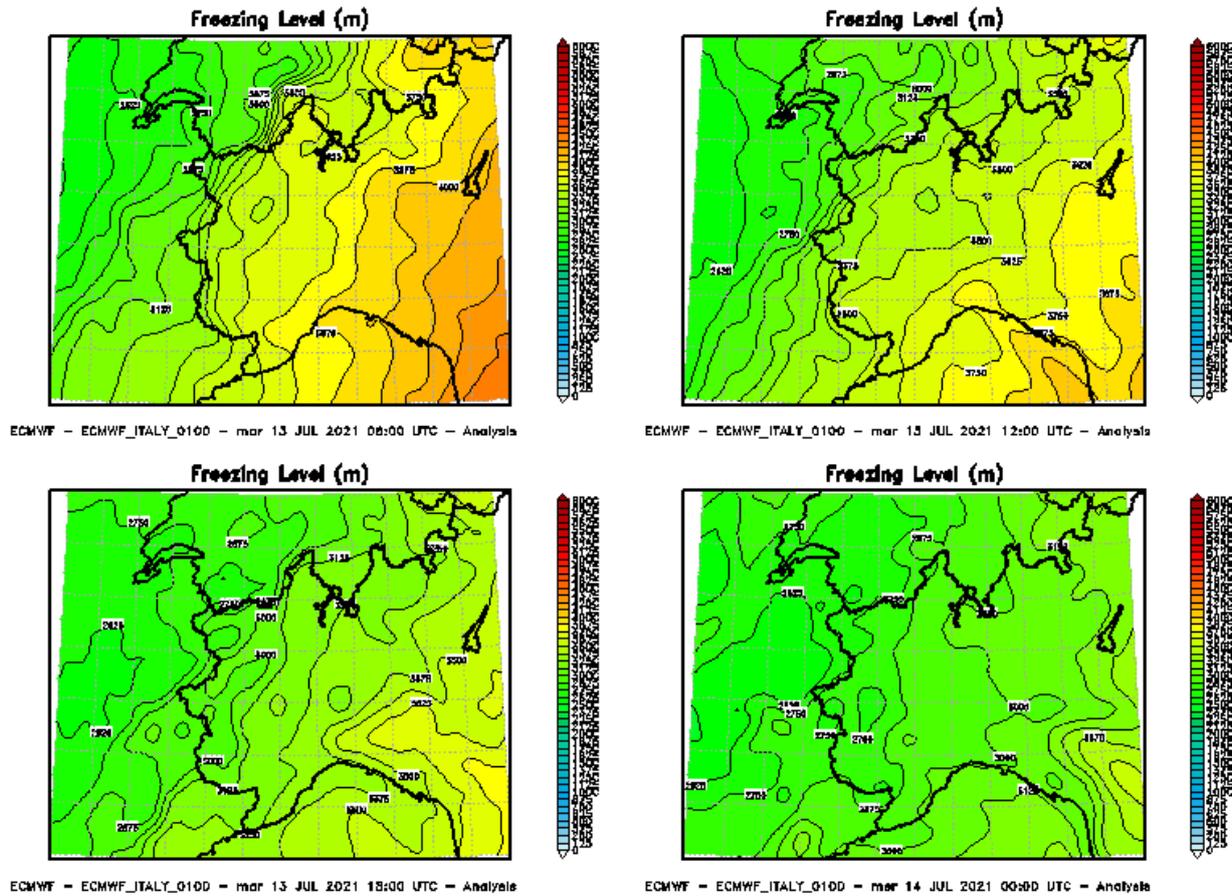


Figura 5 Evoluzione dell'altezza dello zero termico durante la giornata di martedì 13 luglio 2021

Anche le temperature al suolo hanno subito un drastico calo fino a oltre 10°C in meno rispetto al giorno prima, come si vede dalla Figura 6, ma ovviamente la loro forte diminuzione è anche stata provocata dalle precipitazioni.

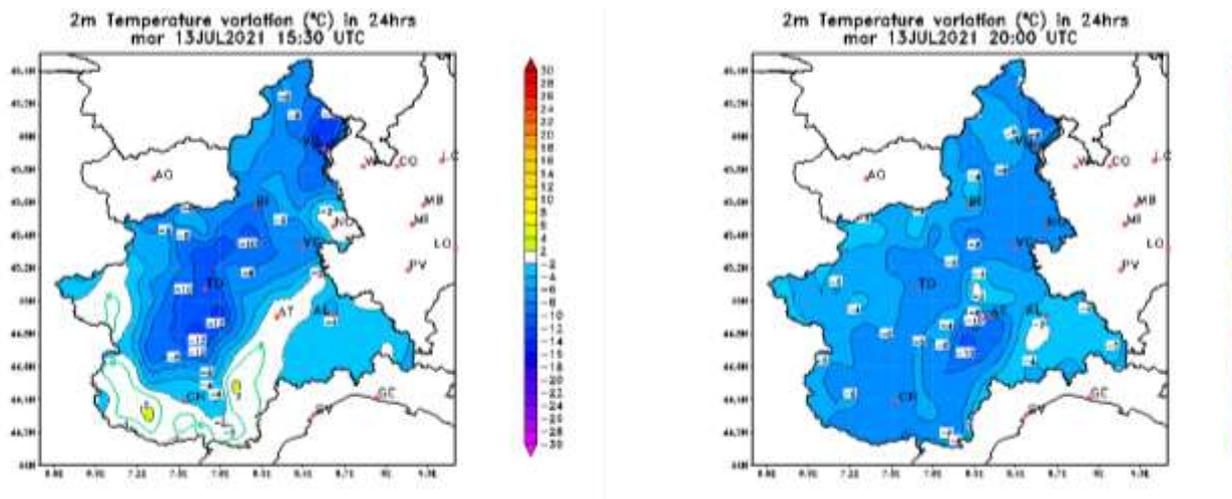


Figura 6 Variazione della temperatura al suolo rispetto alle 24h precedenti, misurata da ARPA Piemonte al pomeriggio (sinistra) e alla sera (destra) di martedì 13 luglio

Il passaggio del nucleo depressionario freddo sul Piemonte è ben delineato anche dalla discesa dell'altezza della tropopausa rappresentato dalla Figura 7, che mostra il centro della depressione in quota avanzare dalla Francia all'Italia settentrionale.

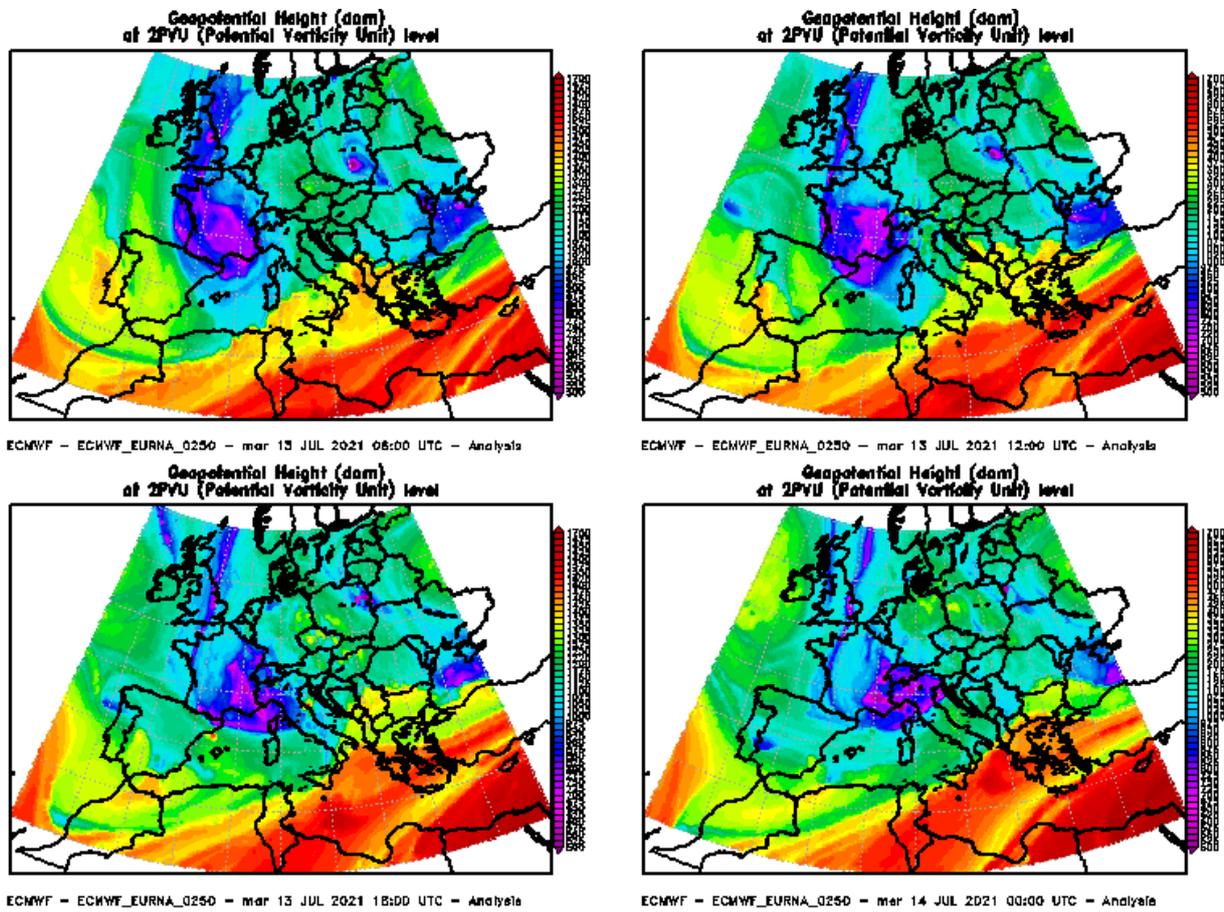


Figura 7 Evoluzione dell'altezza di geopotenziale al livello di 2 PVU ('altezza tropopausa') durante la giornata di martedì 13 luglio 2021

Naturalmente l'arrivo di quest'aria molto fredda in quota ha facilmente destabilizzato l'atmosfera caldo-umida estiva, che mostrava così un significativo *lapse-rate* sul nordovest italiano (Figura 8), cioè una rilevante differenza di temperatura tra i vari strati atmosferici verticali, facilmente più elevata nelle ore centrali (più calde) della giornata.

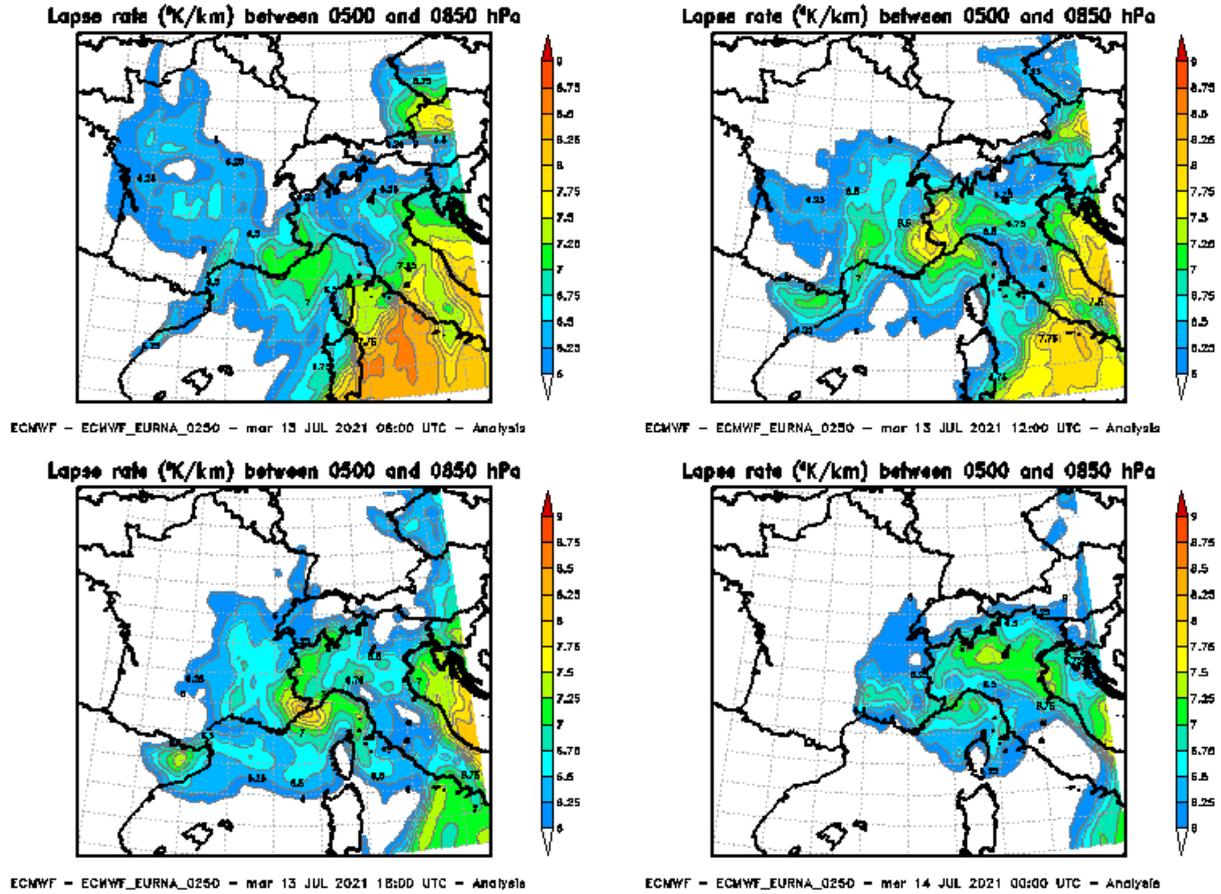


Figura 8 Evoluzione della variazione verticale di temperatura tra 1500 m e 5000 m circa (*'lapse-rate'* tra 850 e 500 hPa) durante la giornata di martedì 13 luglio 2021

Conseguentemente gli indici d'instabilità convettiva erano molto elevati sul Piemonte, soprattutto nella prima parte del giorno, in particolare per K-Whiting (indice di K-Whiting "ricondizionato" in Figura 9) e CAPE (Figura 10), che rappresentavano quindi l'intensa energia convettiva disponibile di giorno, pronta anche per l'innescò dei temporali pomeridiano-serali. Questi 2 indici mostrano tutta l'instabilità atmosferica che nella prima parte della giornata ha coinvolto con intense precipitazioni il Piemonte settentrionale: rispetto al mattino, essi presentano una netta attenuazione nella seconda parte della giornata (immagini delle h18 e h24 in Figura 9 e Figura 10).

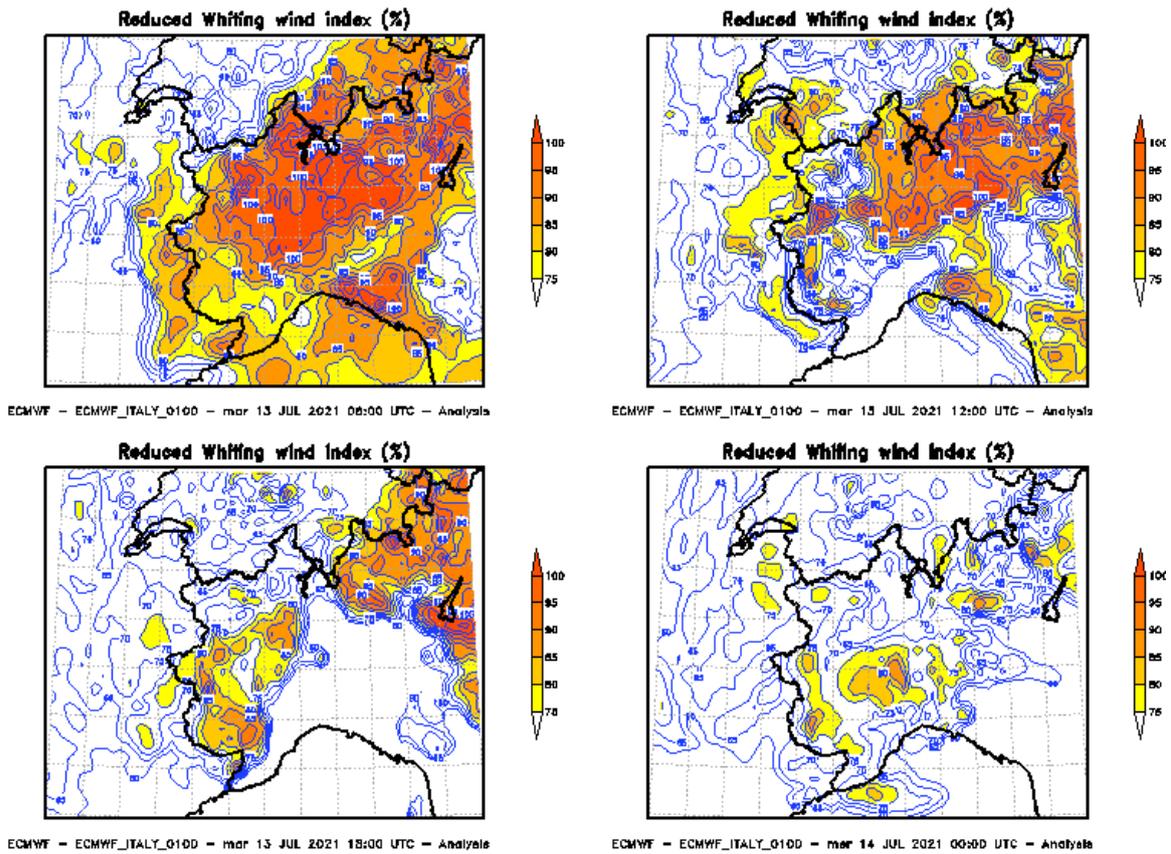


Figura 9 Evoluzione dell'indice d'instabilità di K-Whiting (RKWI) durante la giornata di martedì 13 luglio 2021

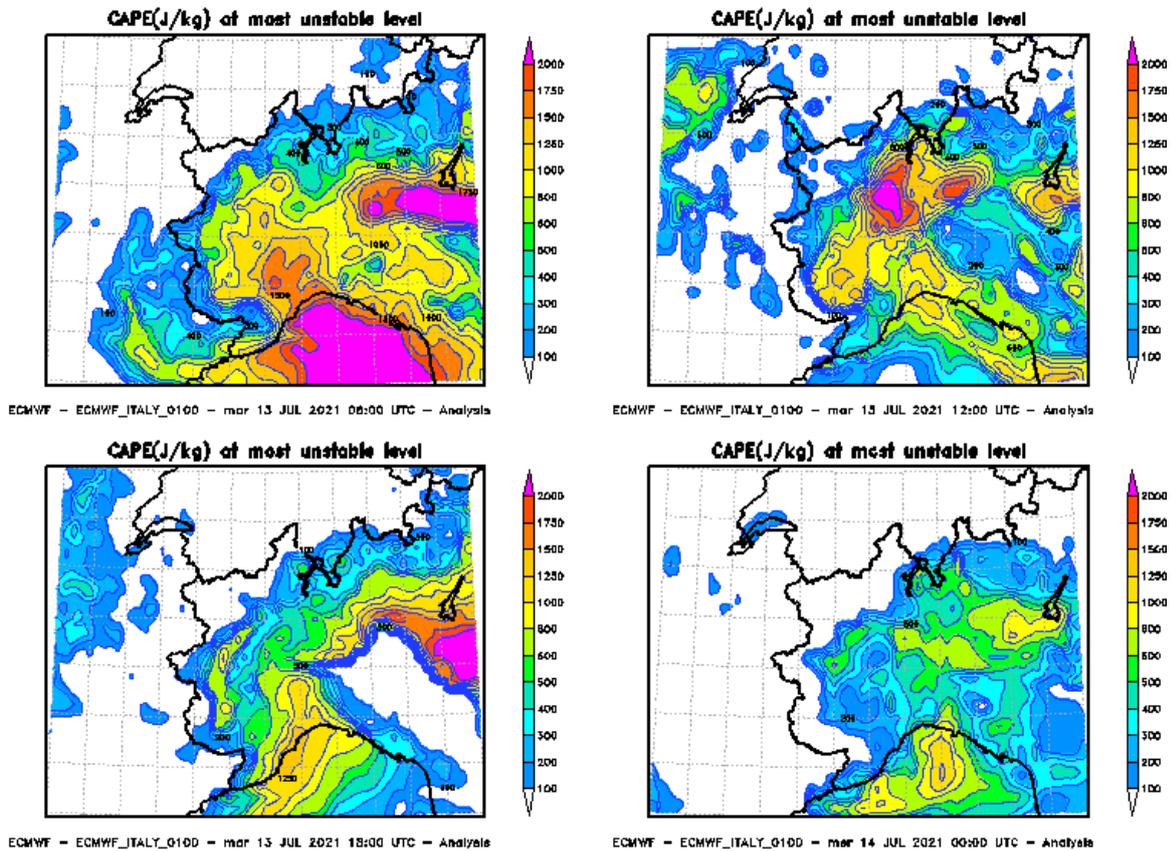


Figura 10 Evoluzione dell'indice d'instabilità Cape durante la giornata di martedì 13 luglio 2021

Viceversa, forse solo l'indice "Lifted" (Figura 11) è perdurato relativamente più a lungo con valori d'instabilità consistenti anche nelle ore pomeridiane: e questo è un indice tipicamente associato alla probabilità di grandine, grandine che infatti ha poi interessato nel pomeriggio, con forte intensità e grandi dimensioni, la pianura torinese.

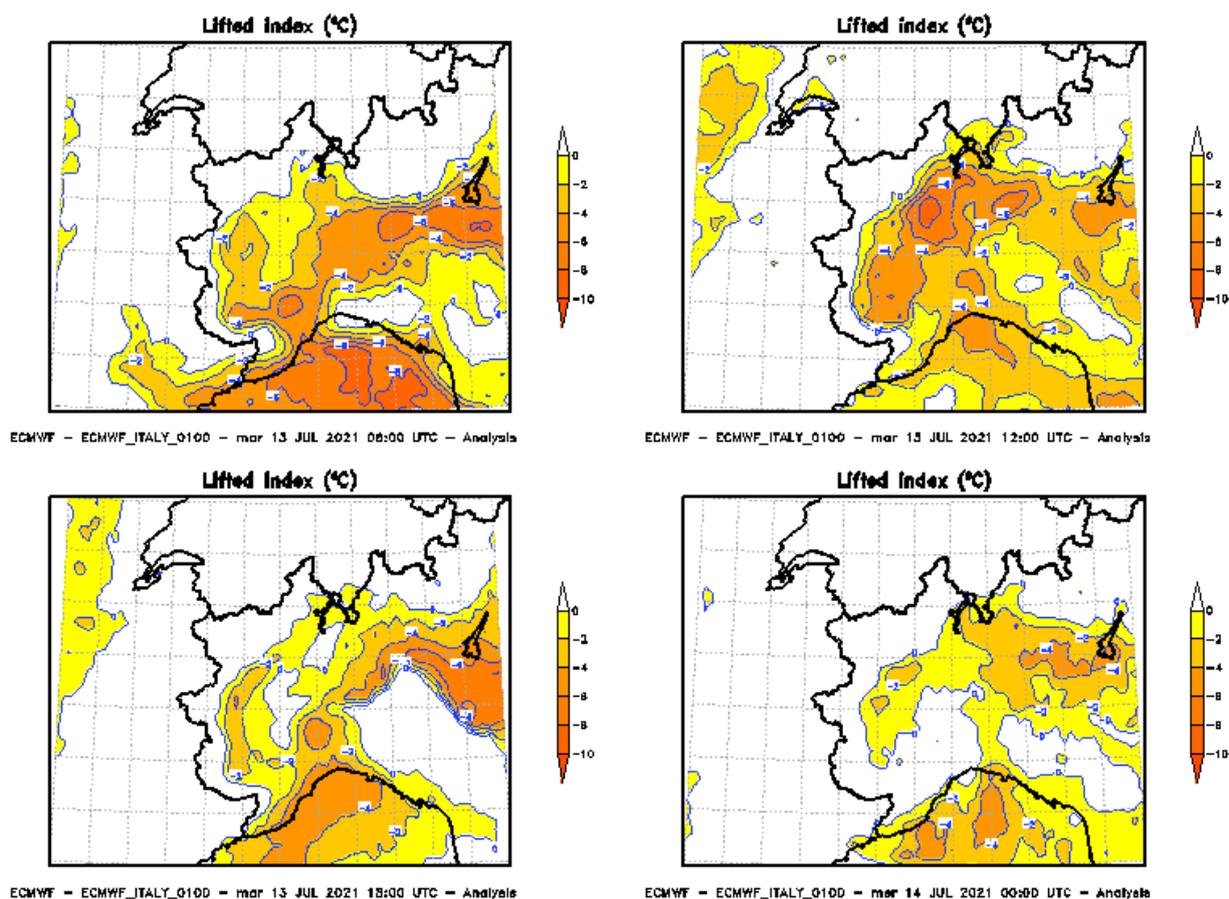


Figura 11 Evoluzione dell'indice d'instabilità "Lifted" durante la giornata di martedì 13 luglio 2021

La forte instabilità atmosferica è assolutamente visibile nei radiosondaggi verticali dell'atmosfera (Figura 12) effettuati a Cuneo e a Novara alle h12 UTC del 13-luglio, che mostrano valori di Cape e Li (lifted) enormi: rispettivamente oltre 2700 J e -10 Li a Cuneo e oltre 3300 J e -11 Li a Novara, subito intuibili anche a colpo d'occhio dalla vasta area (la "pancia" gialla) compresa tra il profilo della temperatura rosso e celeste, che rappresenta tutta la porzione di aria pronta a scatenare forti temporali.

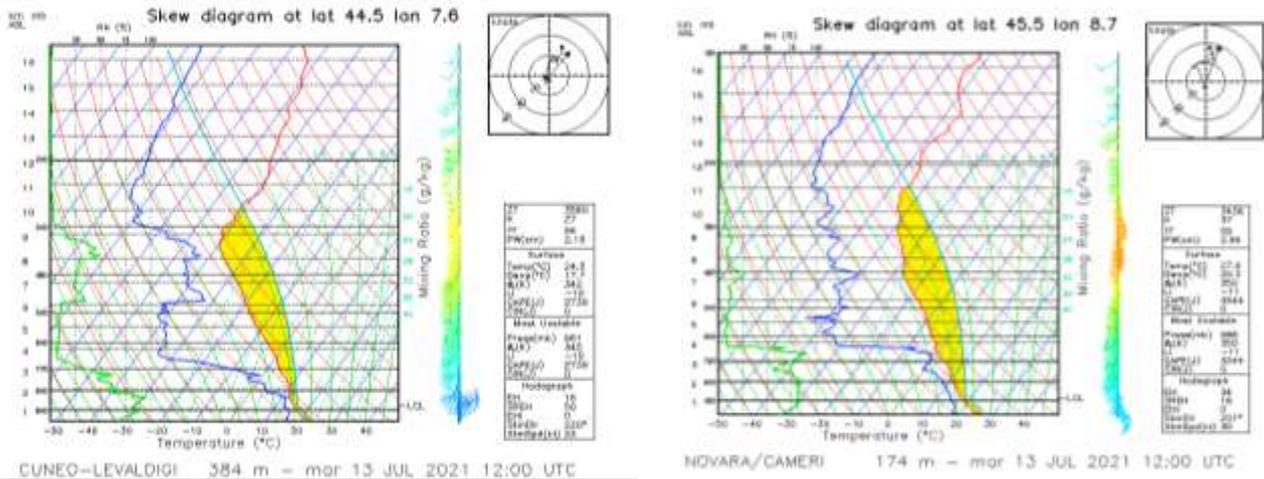


Figura 12 Radiosondaggi atmosferici a Cuneo (a sinistra) e Novara Cameri (a destra) osservati alle ore 12:00 UTC del 13 luglio

Da tali profili verticali dell’atmosfera (Figura 12) si vede anche come il vento, rappresentato dalle frecce colorate sulla destra, presenti un certo *wind-shear* con la quota, una variazione di direzione lungo la verticale, seppur i valori più intensi di *wind-shear* in realtà abbiano anch’essi attraversato il Piemonte soprattutto nella prima parte della giornata (Figura 13), trovandosi ormai il Piemonte già nel “occhio del ciclone” al pomeriggio-sera del 13-luglio.

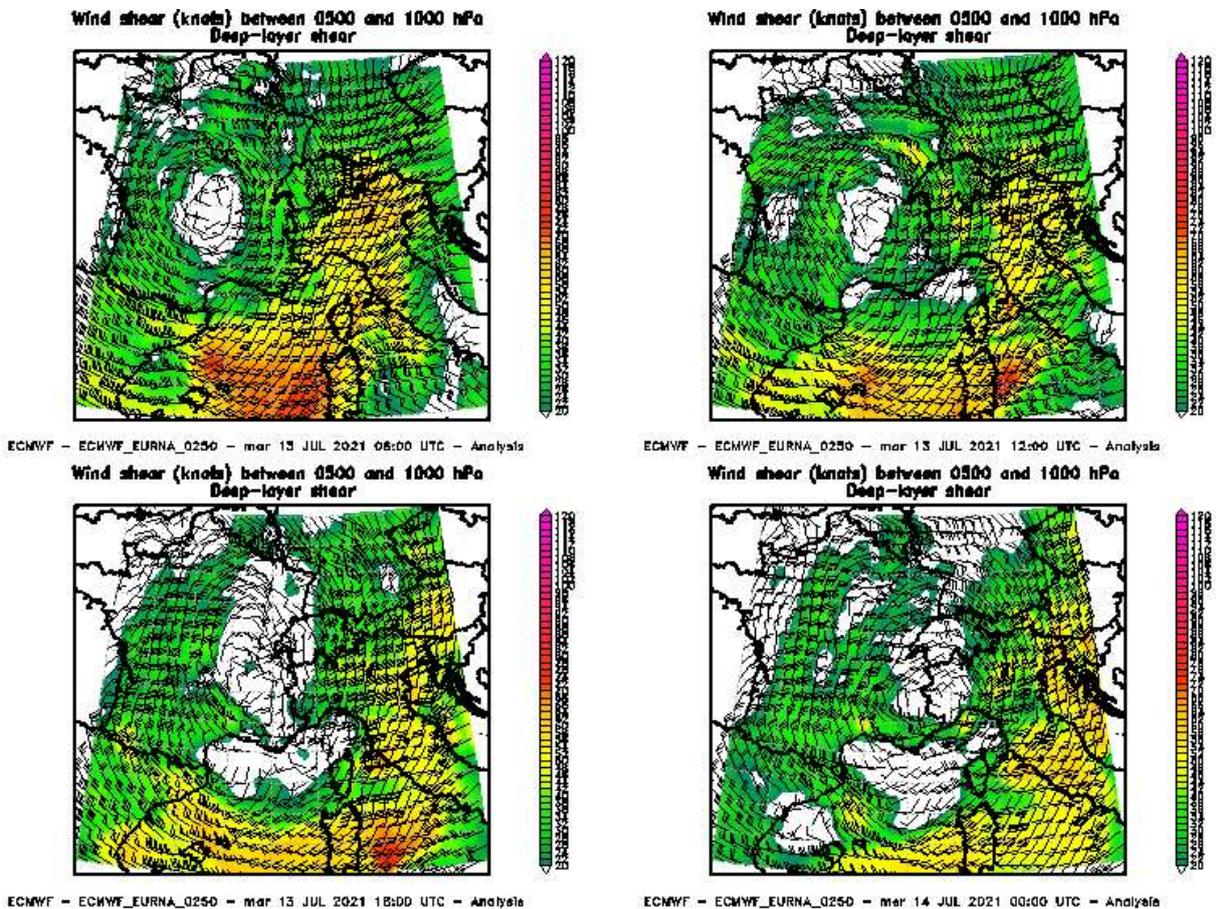


Figura 13 Evoluzione del *wind-shear* tra 1000 hPa (suolo) e 500 hPa (5000 m circa) durante la giornata di martedì 13 luglio 2021

Proprio questo intenso *wind-shear*, più evidente nella prima parte del giorno, può esser stato tra i fattori determinanti per l'innesco delle precipitazioni più forti che hanno colpito il nord-Piemonte già nella mattinata del 13-luglio. Il *wind-shear* (la variazione della direzione del vento lungo la verticale e, più precisamente, la rotazione dei venti in senso orario dal basso verso l'alto in Figura 12), aumentando la turbolenza, favorisce l'invorticoamento della colonna d'aria e quindi la predisposizione dell'aria a risalire verso l'alto (moti verticali ascensionali), alimentando l'instabilità atmosferica.

Naturalmente anche la direzione dei venti dai quadranti meridionali (Figura 14 e Figura 18) ha convogliato le precipitazioni più consistenti sul nord della regione, con ulteriore contributo dato dal locale effetto orografico (venti anche forti da sudest sul Verbano al mattino in Figura 14).

10m Wind (m/s) at mar 13JUL2021 06:00 UTC

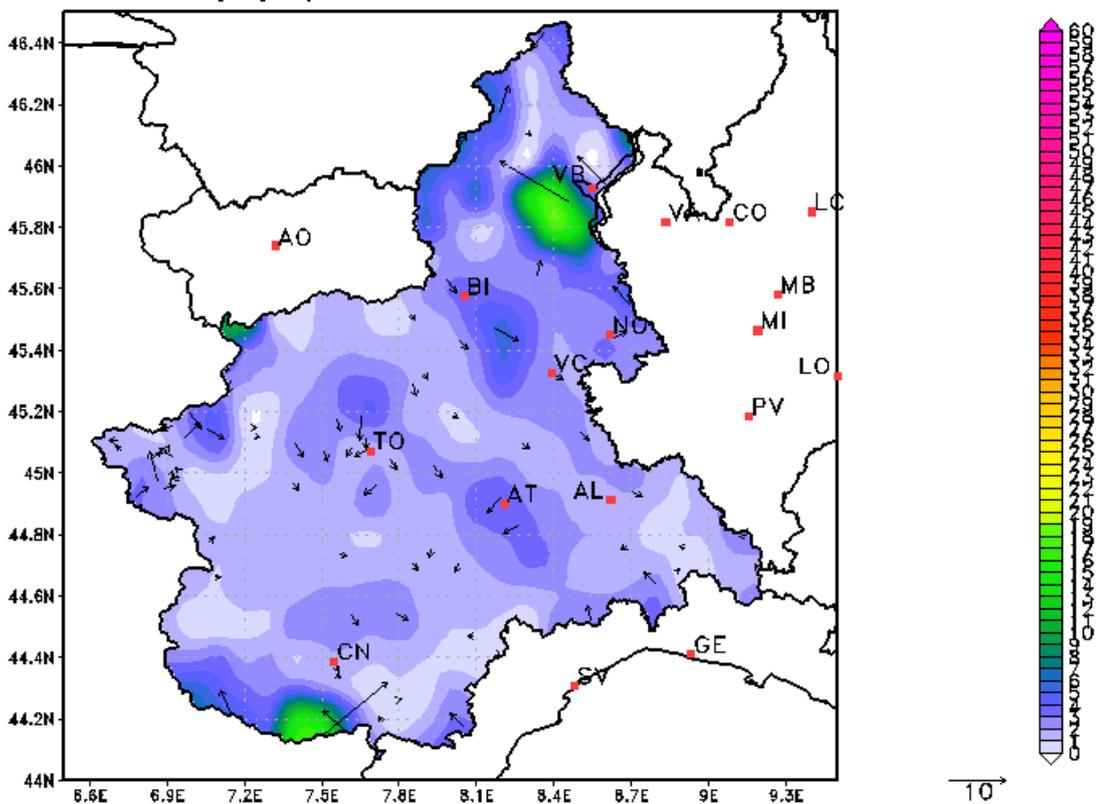
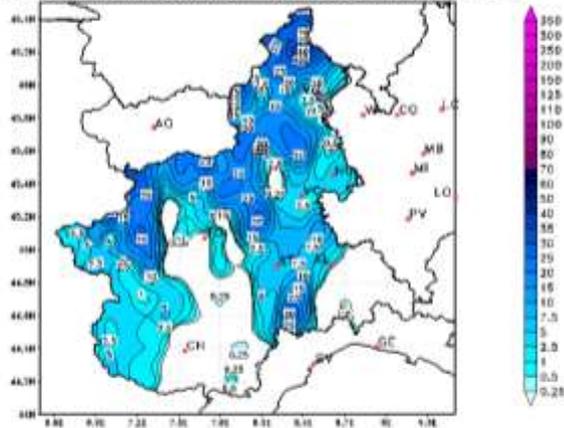


Figura 14 Venti al suolo misurati da ARPA Piemonte al mattino di martedì 13 luglio 2021

Precipitation (mm/06hr) at mar 13JUL2021 06:00 UTC



Precipitation (mm/06hr) at mar 13JUL2021 12:00 UTC

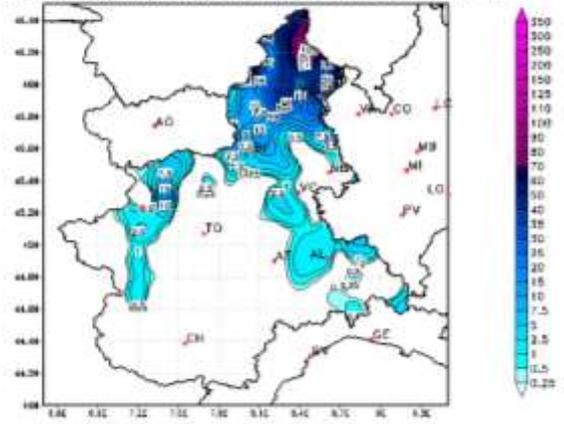
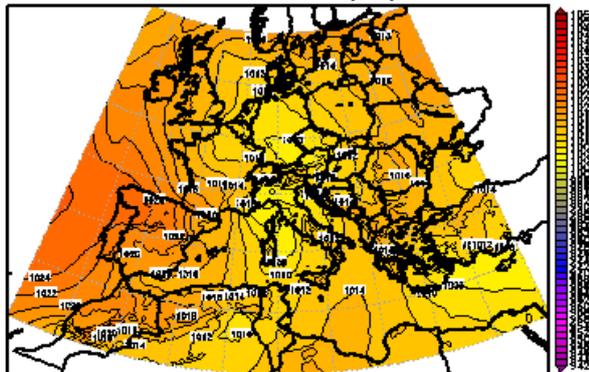


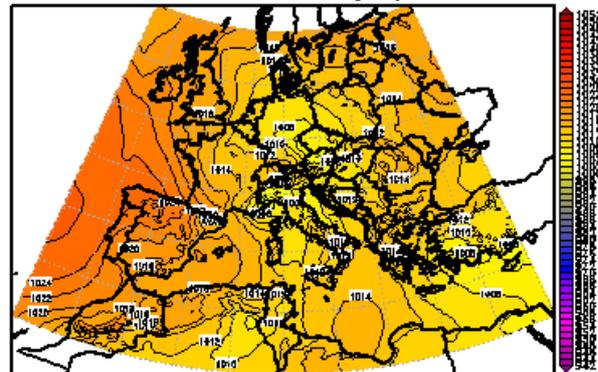
Figura 15 Evoluzione delle precipitazioni su 6h misurate da ARPA Piemonte nel mattino di martedì 13 luglio

Sea Level Pressure (hPa)



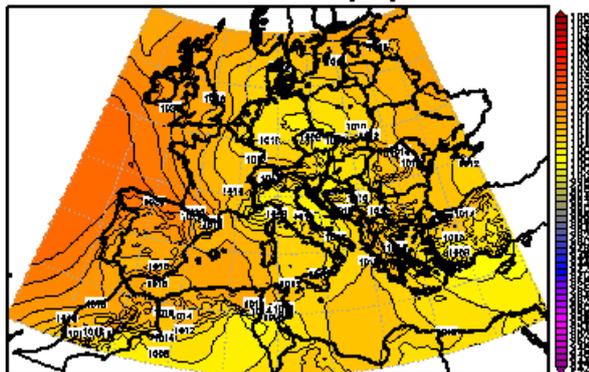
ECMWF - ECMWF_EURNA_0250 - mar 13 JUL 2021 06:00 UTC - Analysis

Sea Level Pressure (hPa)



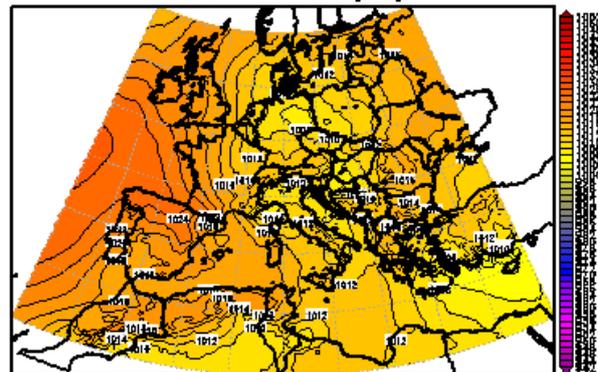
ECMWF - ECMWF_EURNA_0250 - mar 13 JUL 2021 12:00 UTC - Analysis

Sea Level Pressure (hPa)



ECMWF - ECMWF_EURNA_0250 - mar 13 JUL 2021 18:00 UTC - Analysis

Sea Level Pressure (hPa)



ECMWF - ECMWF_EURNA_0250 - mar 14 JUL 2021 00:00 UTC - Analysis

Figura 16 Evoluzione della pressione al suolo durante la giornata di martedì 13 luglio 2021

L'aria marcatamente fredda della depressione in quota (Figura 3) è riuscita a scavare un relativo minimo di pressione al suolo sul nordovest italiano. Infatti se il minimo principale della bassa pressione al suolo (Figura 16) era sull'Europa centrale subito a nord delle Alpi (disallineato quindi con la posizione del minimo in quota sulla Francia in Figura 1, con una conformazione fortemente baroclina), un minimo di s/p si è approfondito anche a sud delle Alpi, prima sul nordovest italiano (Val Padana) e poi sulla costa ligure (Figura 17).

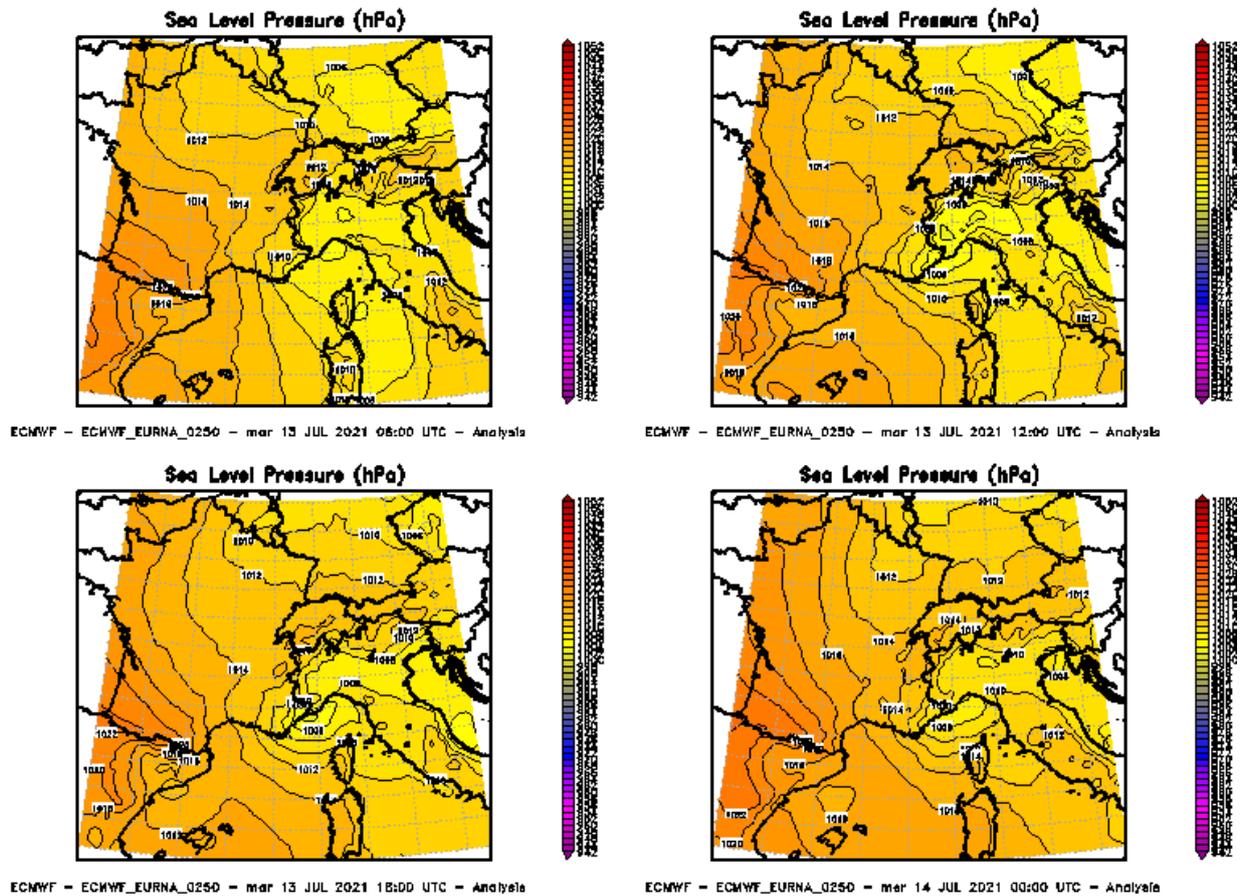


Figura 17 Evoluzione della pressione al suolo durante la giornata di martedì 13 luglio 2021

Questo ha direzionato i venti sul Piemonte: ancora nettamente e diffusamente meridionali al mattino, hanno portato l'aria umida e instabile da sud sul Piemonte con precipitazioni sparse abbastanza estese (in Figura 15) e (come si accennava prima con la Figura 13) con i valori di precipitazioni più forti sul Piemonte settentrionale al mattino, anche grazie al locale effetto orografico.

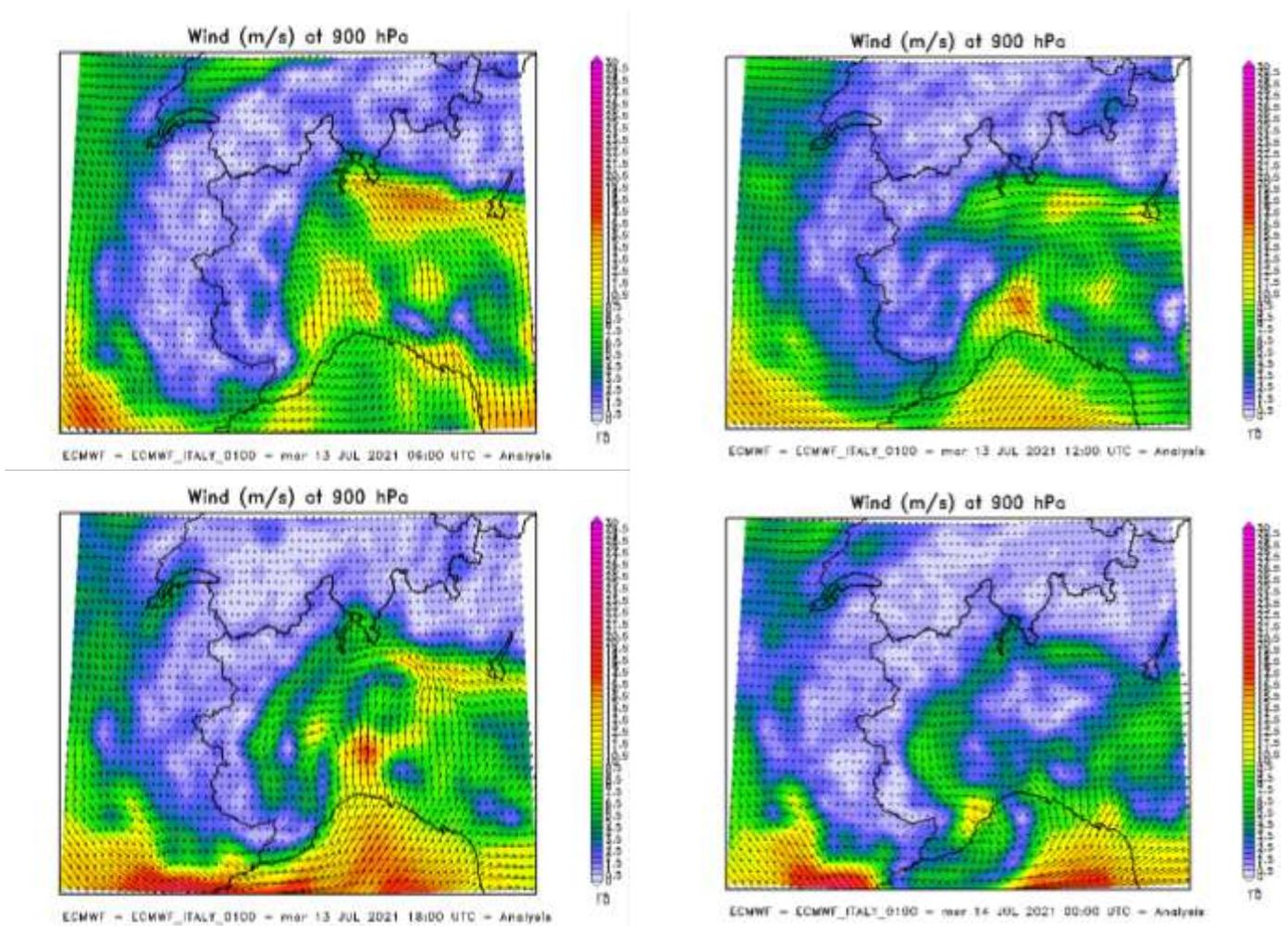


Figura 18 Evoluzione dell'intensità e direzione dei venti a 900 hPa (circa 1000 m) nella giornata di martedì 13 luglio 2021

Con la progressiva avanzata del minimo in quota dalla Francia al Piemonte (Figura 1), nel corso della giornata la nostra regione alla fine si è venuta a trovare proprio nel centro del vortice ciclonico, con la corrispondente graduale rotazione ciclonica dei venti osservati (sia in Figura 18 da sudest a est-nord, poi nord e infine anche nordovest, sia in Figura 20) e con la corrispondente diversa localizzazione delle precipitazioni sulla regione (tra Figura 15 e Figura 19).

È perfettamente concorde il movimento della localizzazione delle precipitazioni durante le 24h del giorno (in Figura 15 e Figura 19) con la corrispondente rotazione dei venti (in Figura 18): con i venti da sud-sudest al mattino (Figura 14 e Figura 18) le precipitazioni (Figura 15) più intense sono andate a concentrarsi soprattutto sul Piemonte settentrionale (e nord-occidentale), si sono spostate sul settore occidentale coi venti da est nel pomeriggio (Figura 18) e infine a sud del Po sotto i venti da nord-nordovest in serata.

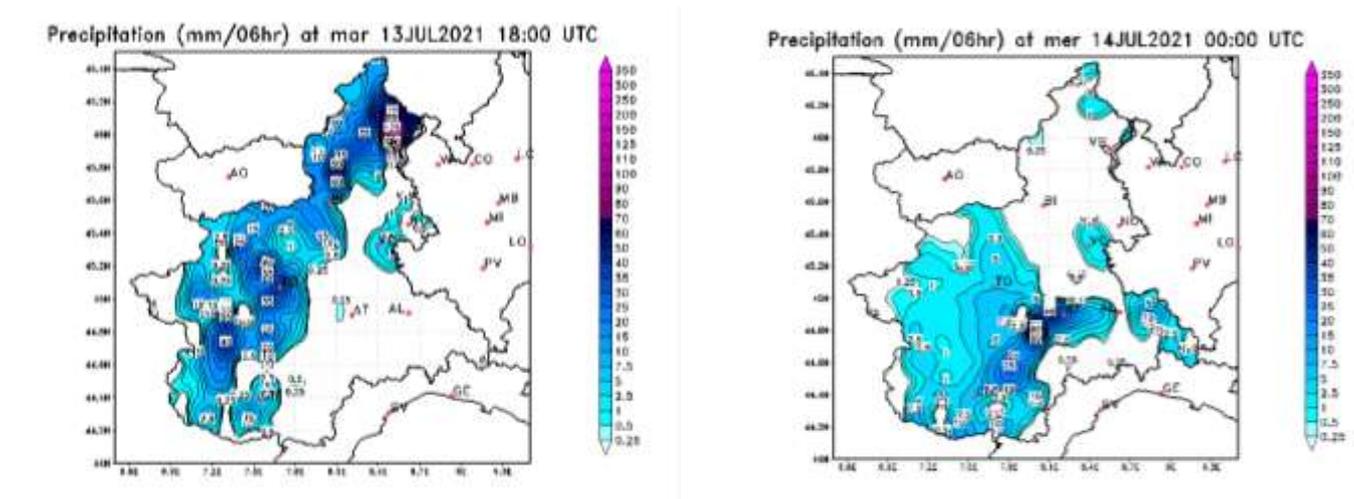


Figura 19 Evoluzione delle precipitazioni su 6h misurate da ARPA Piemonte nel pomeriggio di martedì 13 luglio

Le scadenze orarie raffigurate nella Figura 20 mostrano il momento in cui si sono avute le precipitazioni più forti del pomeriggio sulla pianura torinese, quando sono state associate a intensi fenomeni grandinigeni con chicchi di grandi dimensioni.

Si vede bene una confluenza dei venti, da sud-sudest sul Piemonte orientale e da nord-nordovest su quello occidentale, che hanno generato una pericolosa zona di convergenza proprio sulla pianura centrale della regione.

Infatti, se al mattino era il flusso umido meridionale convogliato dalla saccatura atlantica sulla Francia (Figura 1), e in particolare da sudest nei bassi strati di Figura 18 e Figura 14, a portare le precipitazioni sul territorio piemontese, più intense per effetto orografico sulle zone montane e pedemontane alpine settentrionali (e nord-occidentali), al pomeriggio l'ulteriore fattore destabilizzante per l'atmosfera è stato l'arrivo del nucleo freddo del ciclone, che (come visto coi vari parametri di *wind-shear* in Figura 13 e indici d'instabilità in Figura 11 e Figura 12) ha potuto incrementare nuovamente l'instabilità e innescare forti moti verticali convettivi, intense correnti verticali ascensionali nella zona di convergenza dei venti di Figura 20, che hanno generato la formazione di grandine di grandi dimensioni.

Confortante la sintonia tra le mappe di analisi *ECMWF* di Figura 18 con le misure della rete di monitoraggio al suolo di ARPA Piemonte di Figura 14 e Figura 20.

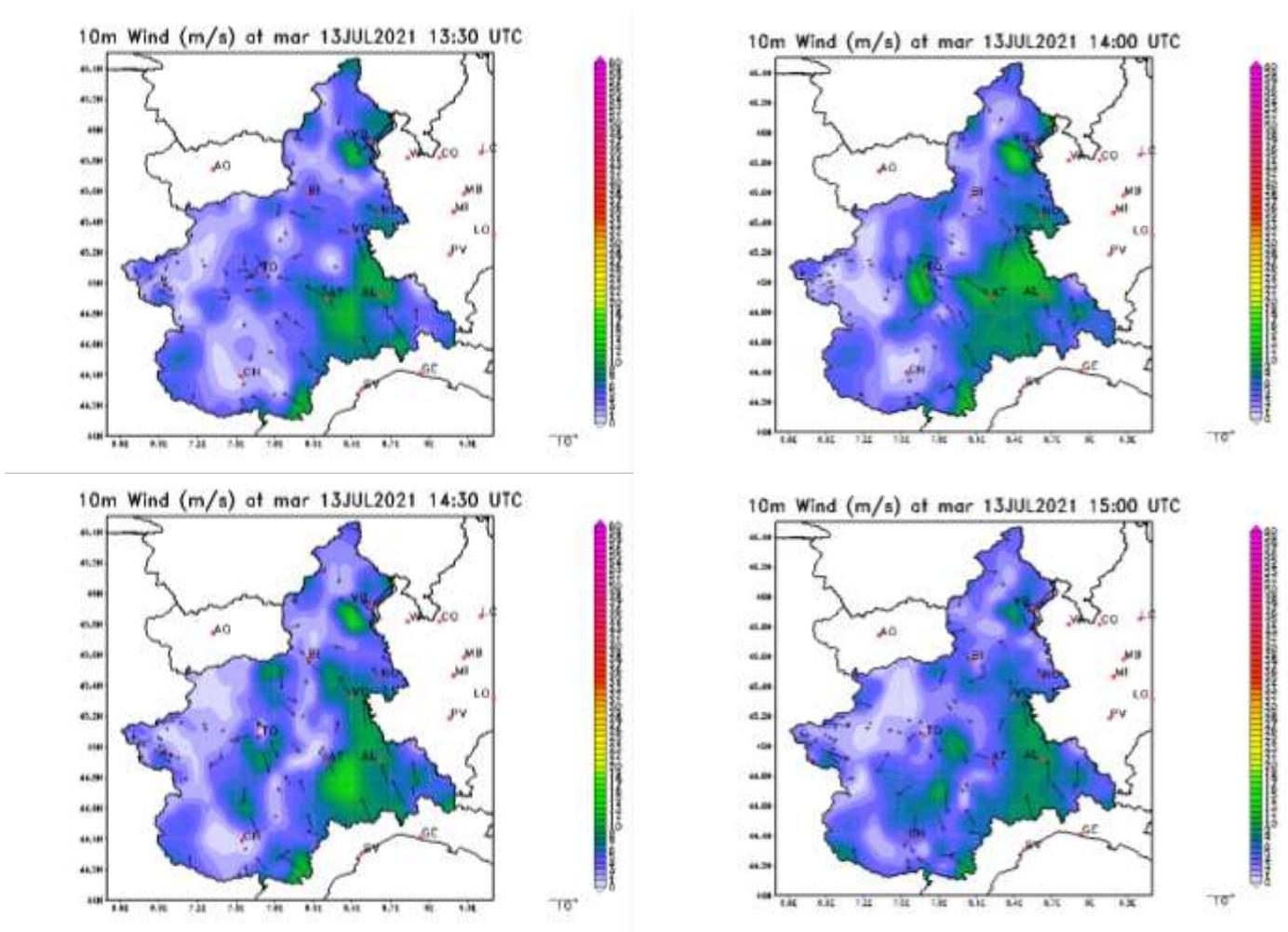


Figura 20 Evoluzione dell'intensità e direzione dei venti al suolo misurati da ARPA Piemonte ogni 30 minuti nel pomeriggio di martedì 13 luglio 2021

La medesima evoluzione descritta prima, con le figure sopra di Figura 15, Figura 18 e Figura 19, si può dedurre dalle mappe delle fulminazioni di Figura 21 e si è osservata nelle immagini Meteosat (Figura 22), con le nuvole che, dalla sera di lunedì 12-luglio alla mattinata di martedì 13, si muovevano sul nordovest italiano da sudovest a nordest, si sono poi fermate e accresciute sul Piemonte centro-occidentale, per l'invortamento della colonna d'aria con l'arrivo del nucleo depressionario nel pomeriggio, e infine hanno ripreso di nuovo a muoversi verso est-sudest in serata.

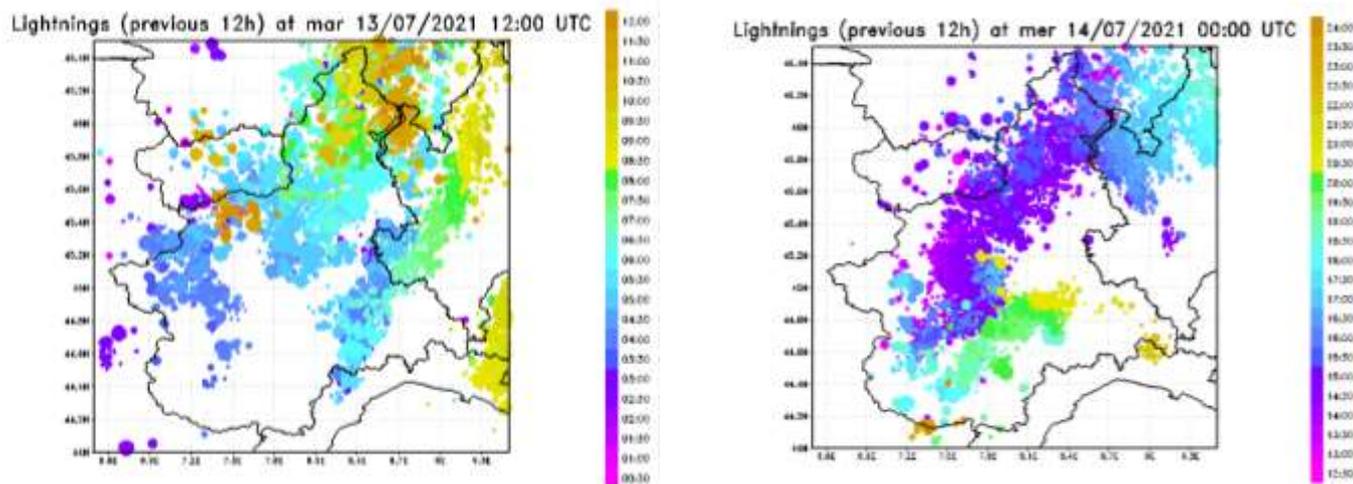


Figura 21 Fulminazioni osservate sul Piemonte nelle 12 ore del mattino (sinistra) e 12 ore del pomeriggio (destra) di martedì 13 luglio 2021

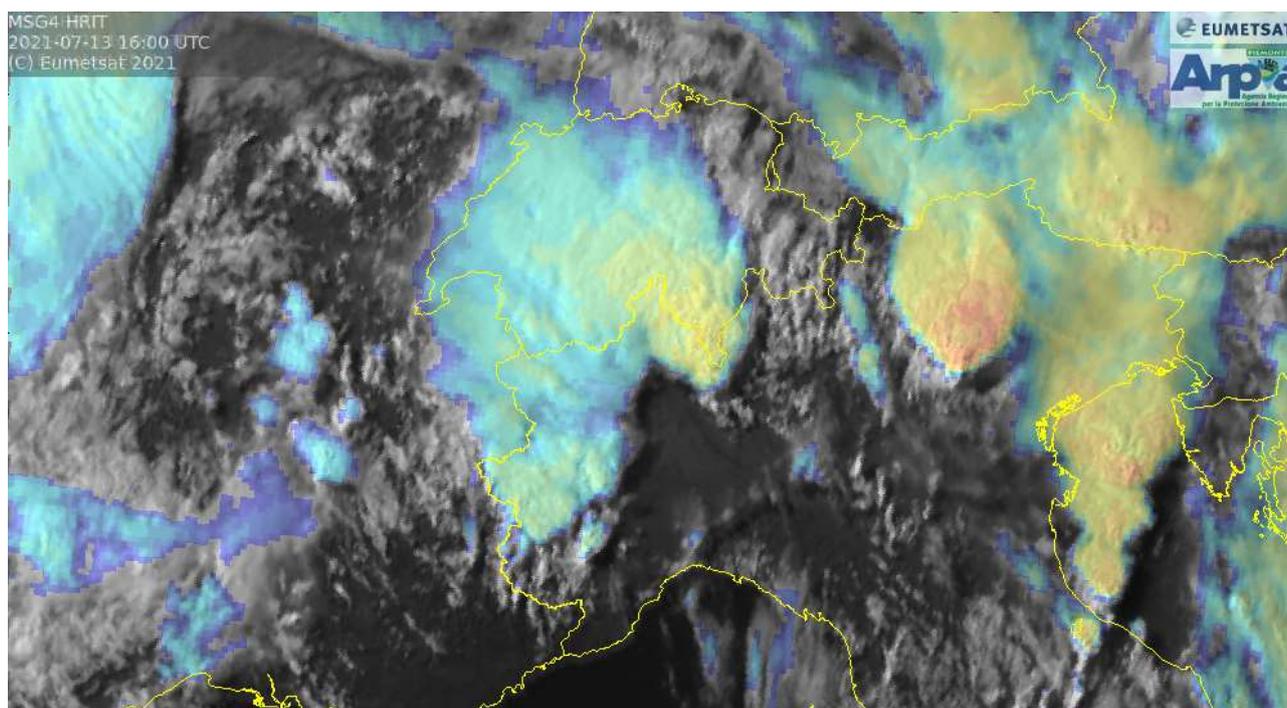


Figura 22 Immagine dal satellite Meteosat del 13 luglio h16 UTC

Il movimento della bassa pressione è stato condizionato e rallentato anche dalla presenza dell'anticiclone tra l'Italia centro-meridionale e i Balcani (Figura 2 e Figura 1), che ne ha ostacolato il moto verso est, tant'è che infatti alla fine la bassa pressione, nella sua avanzata da sinistra a destra, è risalita verso nord-est, risalendo di latitudine a nord delle Alpi (Figura 23).

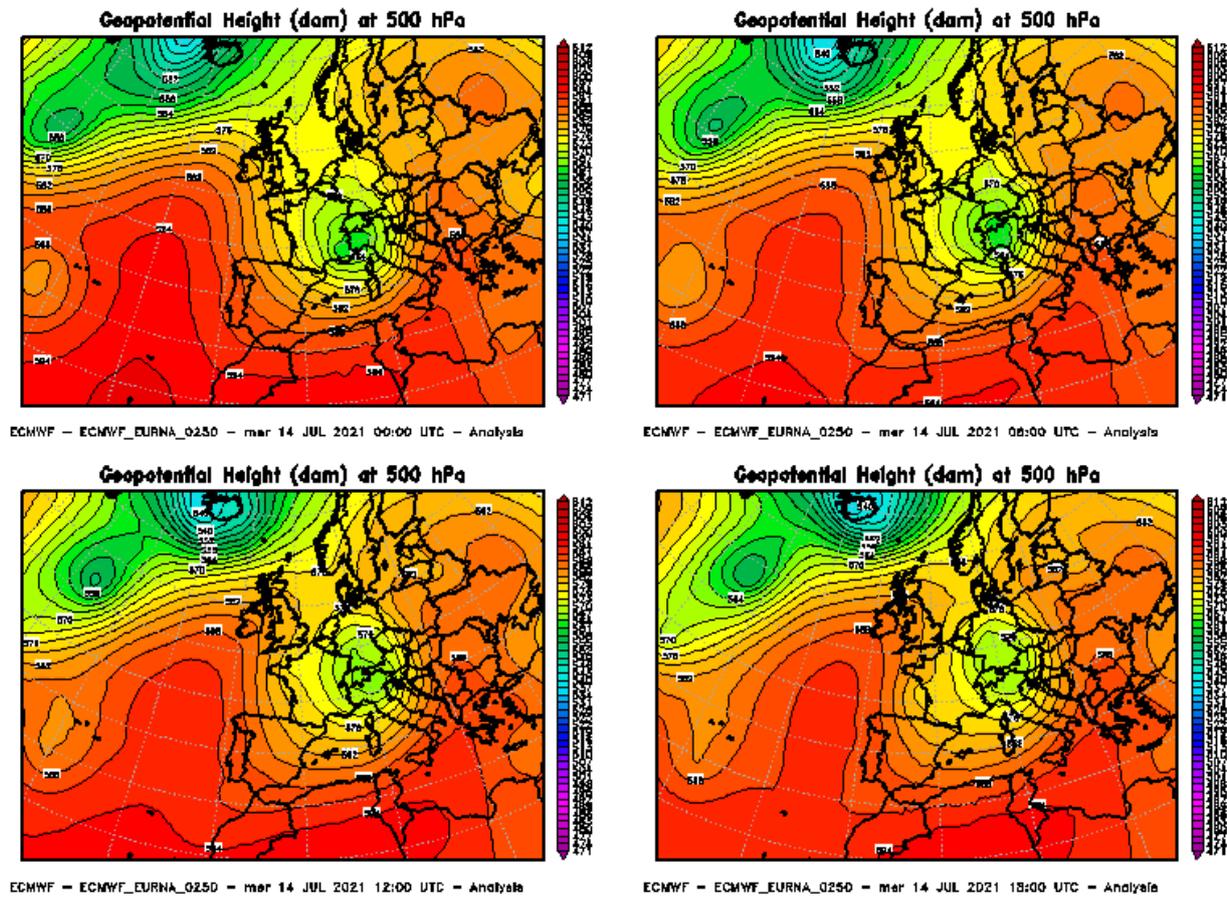


Figura 23 Evoluzione dell'altezza di geopotenziale a 500 hPa durante la giornata di mercoledì 14 luglio 2021

I temporali che hanno interessato il Piemonte il 13 luglio 2021 sono stati accompagnati da forti raffiche di vento. La Tabella seguente riporta le massime raffiche giornaliere registrate dagli anemometri della rete meteoidrografica regionale al di sotto dei 700 m di quota nelle giornate in esame.

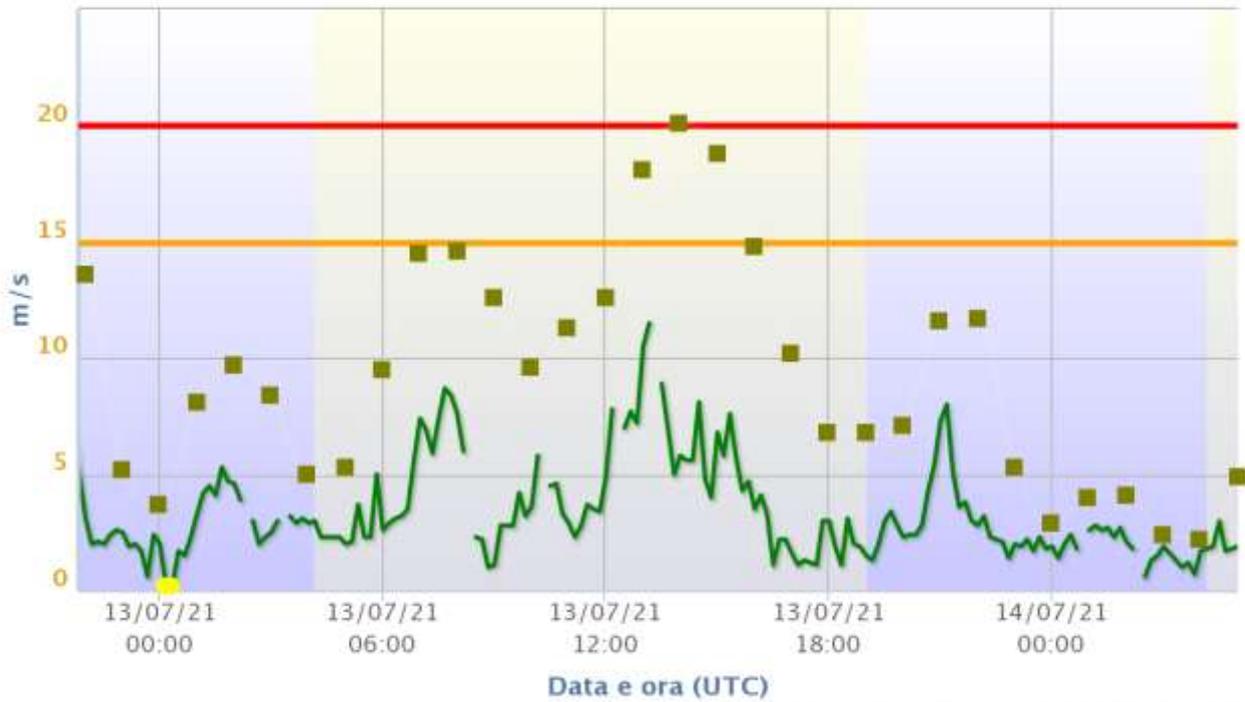
NOME STAZIONE	COMUNE	PROV	QUOTA m.s.l.m.	ORA UTC	VEL km/h
BRIC CASTELLARO	BOSIO	AL	415	13:02	72,4
MASSAZZA	MASSAZZA	BI	226	15:08	71,6
BAUDUCCHI	MONCALIERI	TO	226	14:00	68,8
MONTALDO SCARAMPI	MONTALDO SCARAMPI	AT	295	14:21	68,8
SARDIGLIANO	SARDIGLIANO	AL	320	15:37	65,9
PALLANZA LAGO MAGGIORE	VERBANIA	VB	202	16:00	65,5
CASALE MONFERRATO	CASALE MONFERRATO	AL	118	14:09	63,7
TORINO VIA DELLA CONSOLATA	TORINO	TO	290	13:58	61,6
PIETRASTRETTA	SUSA	TO	520	17:00	59,8
BASALUZZO	BASALUZZO	AL	128	14:46	58,3
BORGOFRANCO D'IVREA	BORGOFRANCO D'IVREA	TO	337	16:23	56,5
ASTI	ASTI	AT	175	13:52	55,1
ARQUATA SCRIVIA	ARQUATA SCRIVIA	AL	325	15:00	53,3
TORINO ALENIA	TORINO	TO	320	14:00	52,6
BRA	BRA	CN	285	14:57	52,2
CARMAGNOLA	CARMAGNOLA	TO	232	14:06	52,2
LOZZOLO	LOZZOLO	VC	533	05:41	51,1

Tabella 1 Massime raffiche in km/h registrate il 13 luglio 2021 registrate dalla rete meteoidrografica di Arpa Piemonte

Come si nota dalla **Tabella 1**, i fenomeni temporaleschi sono stati caratterizzati da forti raffiche, con valori superiori a 50 km/h in stazioni alle basse quote. Spiccano i valori di Bric Castellaro (AL) con 72,4 km/h, Massazza (BI) con 71,6 km/h, Moncalieri (TO) e Montaldo Scarampi (AT) con 68,8 km/h.

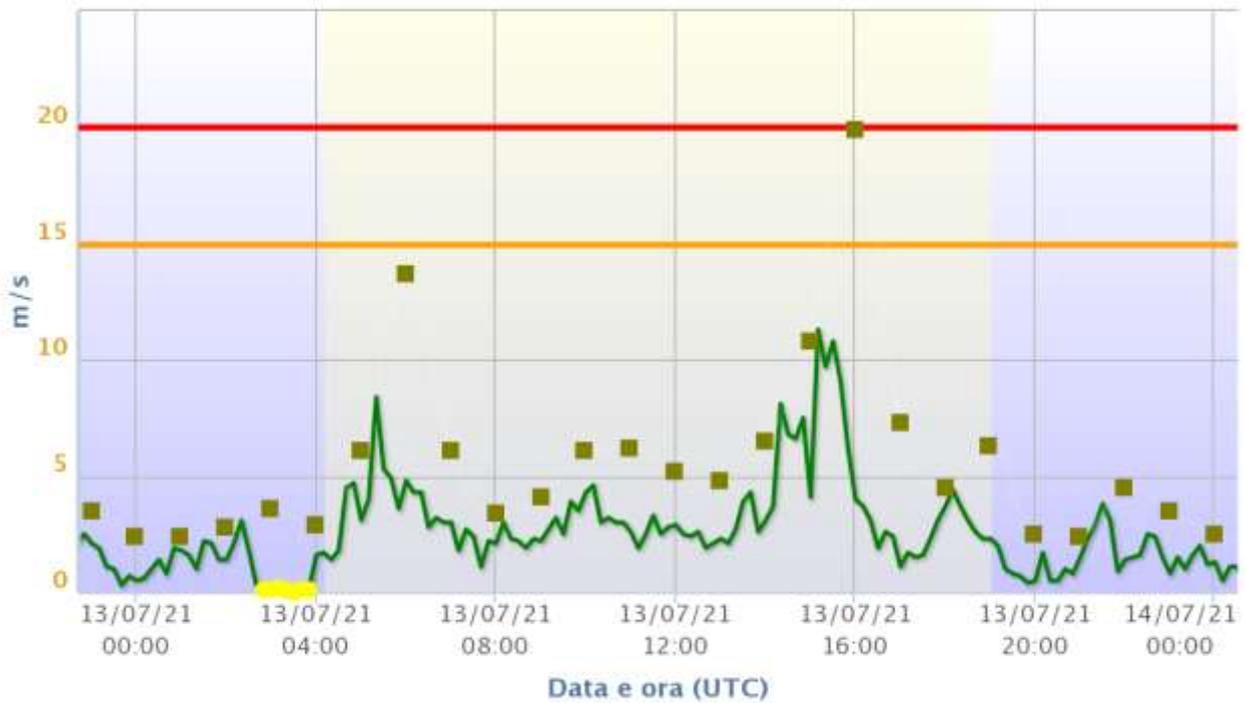
La figura seguente mostra l'andamento del vento nella giornata per le stazioni più significative della rete meteoidrografica regionale.

BRIC CASTELLARO – Quota 415 m s.l.m.
 Velocita' del vento e raffica



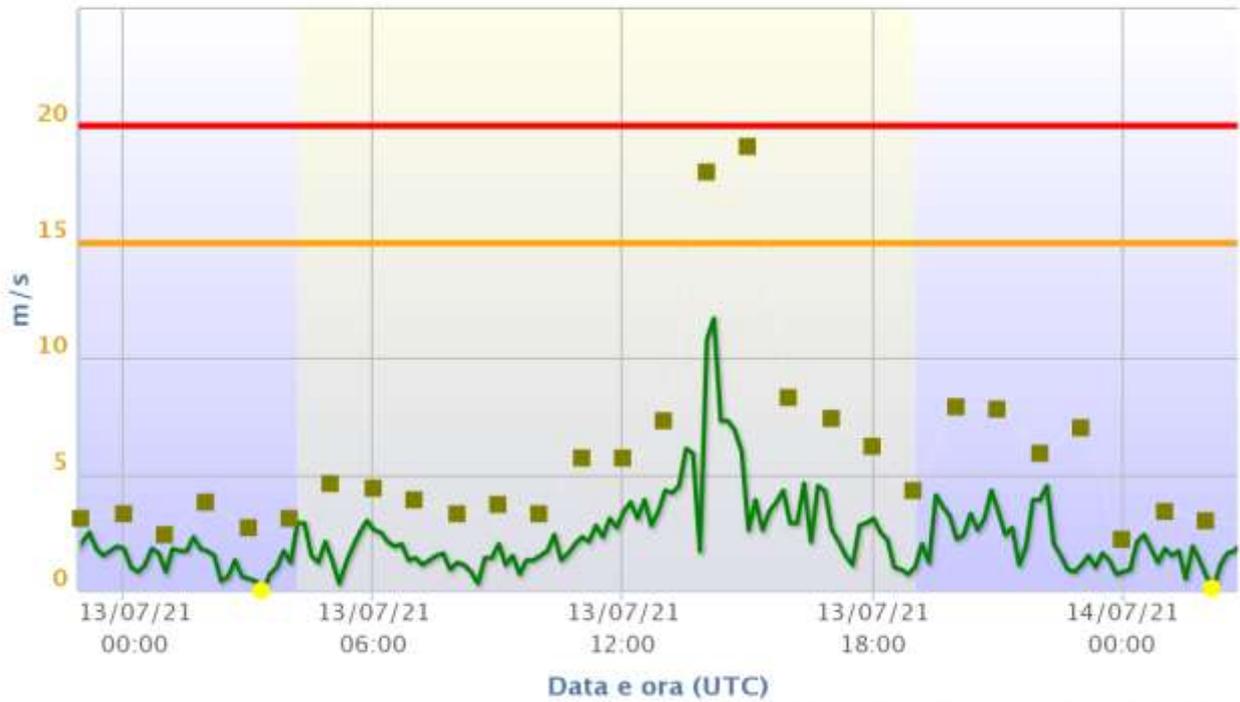
Arpa Piemonte – ultimo agg. 2021-07-27 07:52:00

MASSAZZA – Quota 226 m s.l.m.
 Velocita' del vento e raffica



Arpa Piemonte – ultimo agg. 2021-07-27 07:52:00

BAUDUCCHI – Quota 226 m s.l.m.
 Velocità del vento e raffica



MONTALDO SCARAMPI – Quota 295 m s.l.m.
 Velocità del vento e raffica

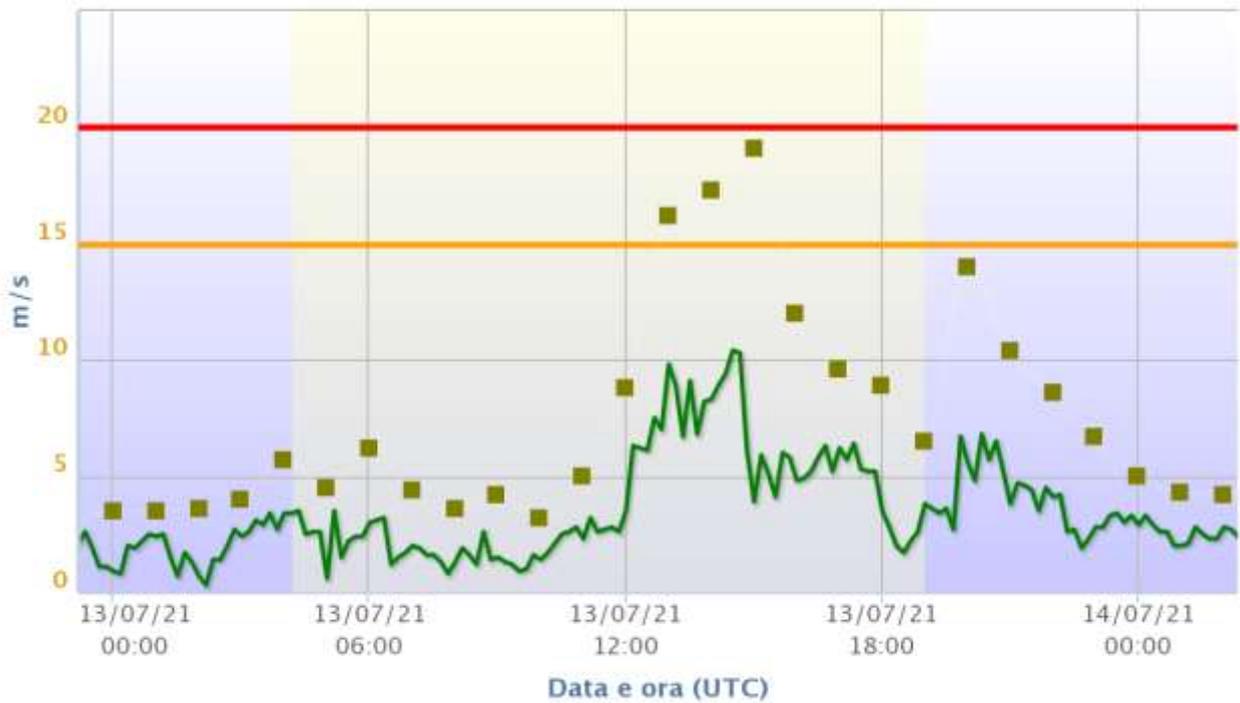


Figura 24 Dall'alto in basso, andamento della velocità del vento il 13 luglio 2021 nelle stazioni di Bric Castellaro (AL), Massazza (BI), Bauducchi (TO), Montaldo Scarampi (AT)

I fenomeni temporaleschi sono stati accompagnati da violente grandinate con chicchi di dimensioni superiori ai 4 cm. La Figura seguente mostra la distribuzione delle grandinate nella giornata del 13 luglio 2021. Le mappe mostrano la probabilità di grandine: il colore ocra delinea le zone interessate da grandine con diametro superiore ai 4 cm.

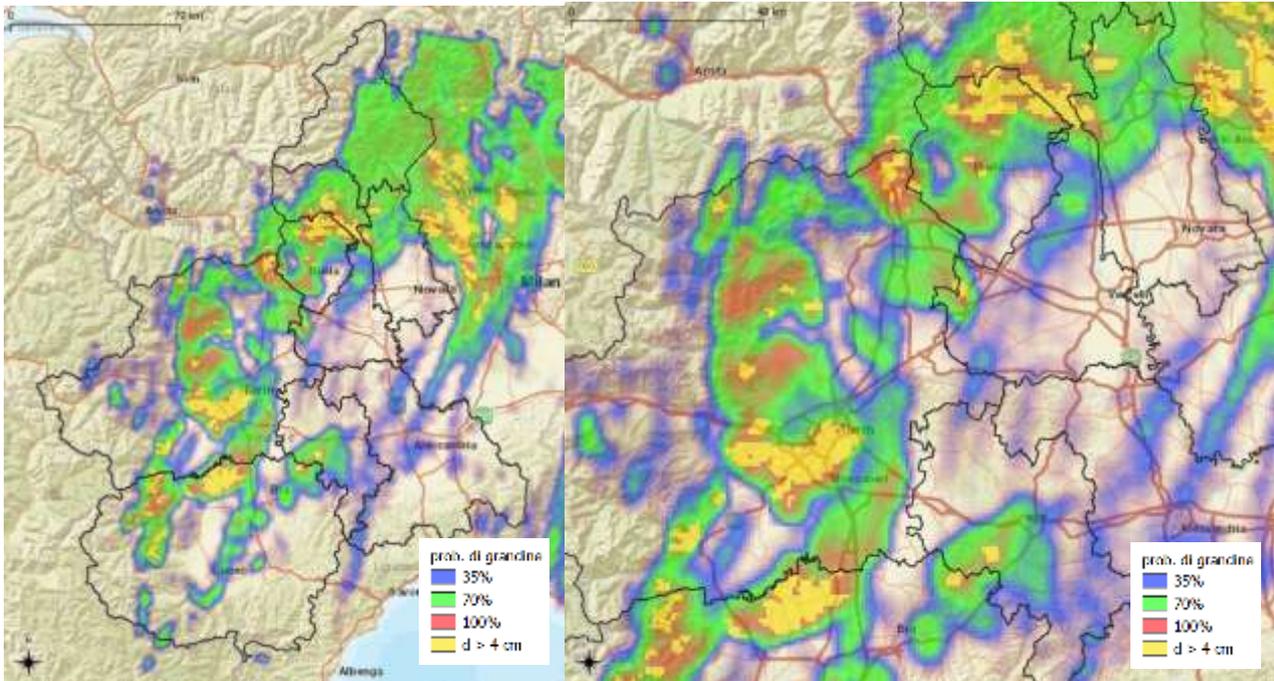


Figura 25 - Distribuzione delle grandinate nella giornata del 13 luglio 2021. Da destra dettaglio sulle zone pianeggianti centrali, area metropolitana torinese e biellese

Dalla Figura si notano le zone di Polonghera (CN), Moretta (CN), l'area metropolitana di Torino, l'eporediese e la zona al confine tra le province di Biella e Vercelli, interessate da grandinate con chicchi di grosse dimensioni.

ANALISI PLUVIOMETRICA

Nella giornata del 13 luglio 2021 la regione è stata interessata da forti precipitazioni, con valori cumulati in 24 ore significativi nel Verbano-Cusio-Ossola. In particolare, le stazioni di Cicogna (VB) e Larecchio (VB) hanno registrato in 24 ore rispettivamente 185.2 mm e 181.9 mm.

Nel pomeriggio una forte grandinata ha interessato la pianura torinese con chicchi di dimensione superiore a 5 cm.

Nel corso della serata precipitazioni intense di breve durata hanno interessato la zona del Roero: la stazione di Castellinaldo d'Alba (CN) ha registrato 51.6 mm in un'ora, corrispondente a un tempo di ritorno di 50 anni.

La **Figura 26** mostra la distribuzione spaziale delle precipitazioni nella giornata del 13 luglio.

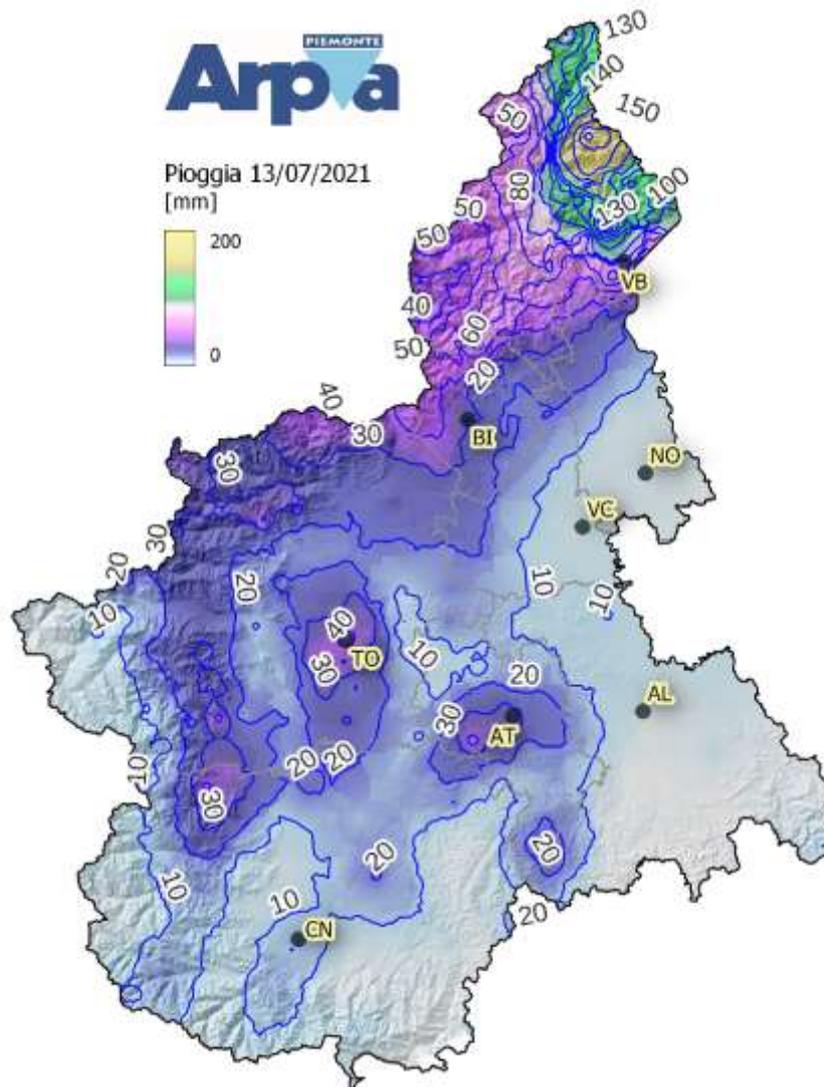


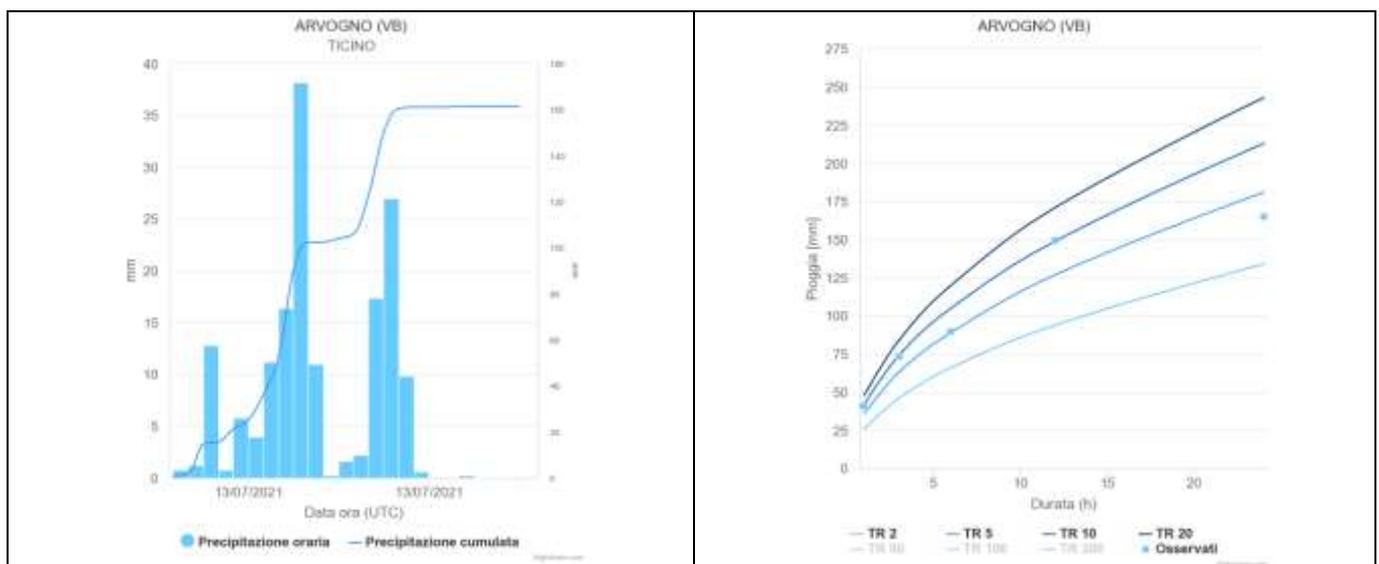
Figura 26 – Distribuzione spaziale delle precipitazioni cumulate nella giornata del 13 luglio 2021

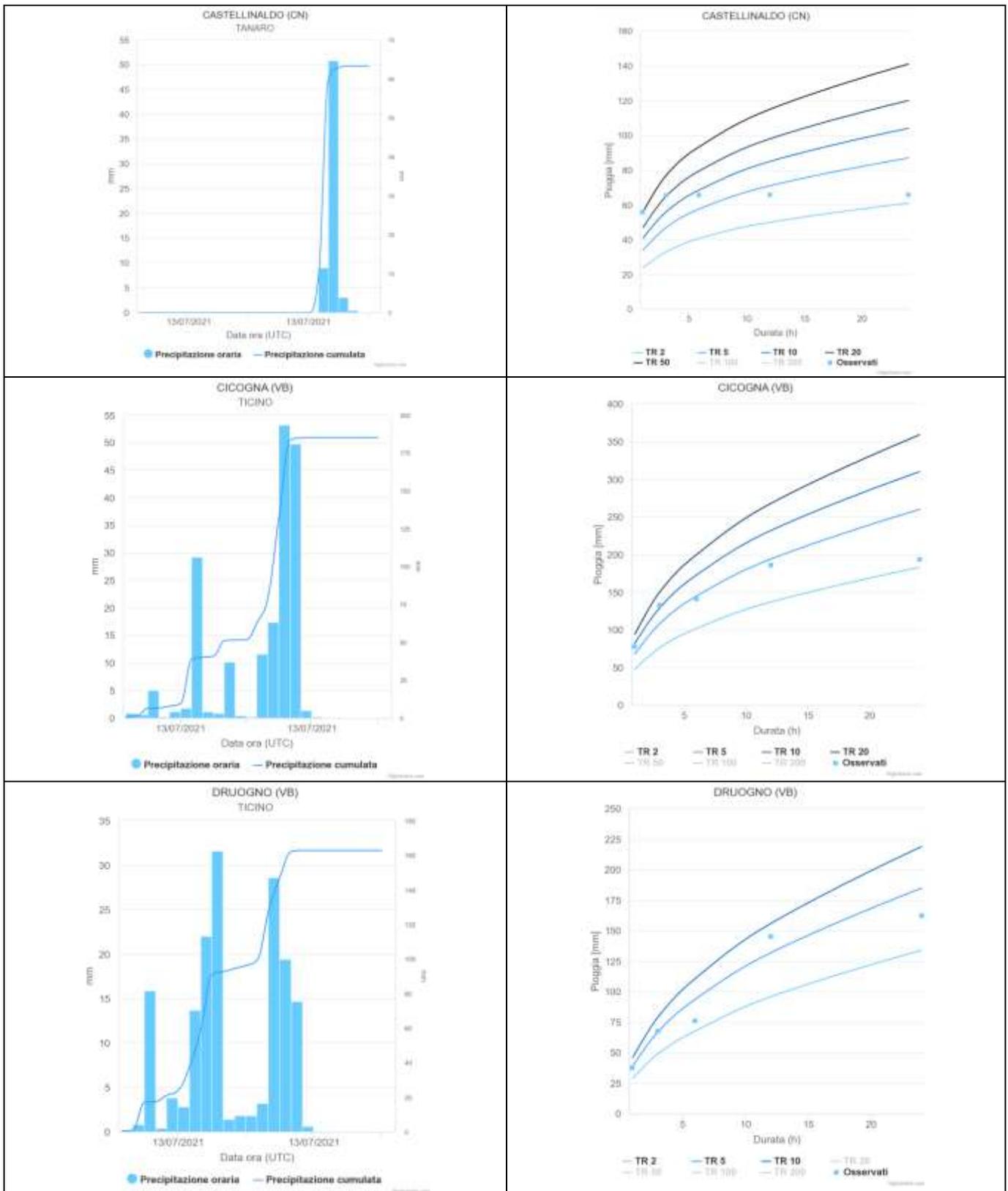
Nella Tabella 2 si riportano i valori massimi di pioggia registrati per le durate di 1 ora e 3 ore in alcune stazioni pluviometriche della rete di Arpa Piemonte. Si evidenziano, in particolare, i valori delle stazioni di Cicogna (VB), con 77.5 mm in un'ora e 132.6 mm in tre ore, di Formazza Bruggi (VB) e Larecchio (VB), rispettivamente con 79.9 mm e 86.5 mm in tre ore e il valore orario di 55.6 mm della stazione di Castellinaldo (CN).

ZONA	BACINO	COMUNE	PROV	STAZIONE	MAX 1H	DATA E ORA MAX 1H	MAX 3H	DATA E ORA MAX 3H
Piem-A	TICINO	BACENO	VB	ALPE DEVERO	23.5	13/07/2021 07:50	43.0	13/07/2021 09:59
Piem-A	TICINO	COSSOGNO	VB	CICOGNA	77.5	13/07/2021 15:23	132.6	13/07/2021 15:49
Piem-A	TICINO	CRODO	VB	CRODO	24.5	13/07/2021 10:00	54.4	13/07/2021 09:58
Piem-A	TICINO	DRUOGNO	VB	DRUOGNO	37.7	13/07/2021 08:37	67.7	13/07/2021 09:22
Piem-A	TICINO	FORMAZZA	VB	FORMAZZA BRUGGI	40.4	13/07/2021 09:16	79.9	13/07/2021 09:55
Piem-A	TICINO	MONTECRESTESE	VB	LARECCHIO	47.7	13/07/2021 08:59	86.5	13/07/2021 09:40
Piem-A	TICINO	TOCENO	VB	ARVOGNO	41.0	13/07/2021 08:58	73.5	13/07/2021 09:30
Piem-L	TANARO	CASTELLINALDO	CN	CASTELLINALDO	55.6	13/07/2021 19:57	65.6	13/07/2021 21:38

Tabella 2 Massimi di pioggia più significativi, espressi in millimetri, registrati in 1h e 3h in alcune stazioni pluviometriche della rete di Arpa Piemonte. L'ora indicata (UTC) si riferisce alla fine dell'evento precipitativo. In grassetto sono indicati i valori più rilevanti di precipitazione.

La caratterizzazione in termini statistici dell'evento si effettua mediante il confronto dei valori di altezza e durata delle precipitazioni registrate in corso d'evento con quelli relativi alle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) utilizzate nel sistema di allerta regionale.





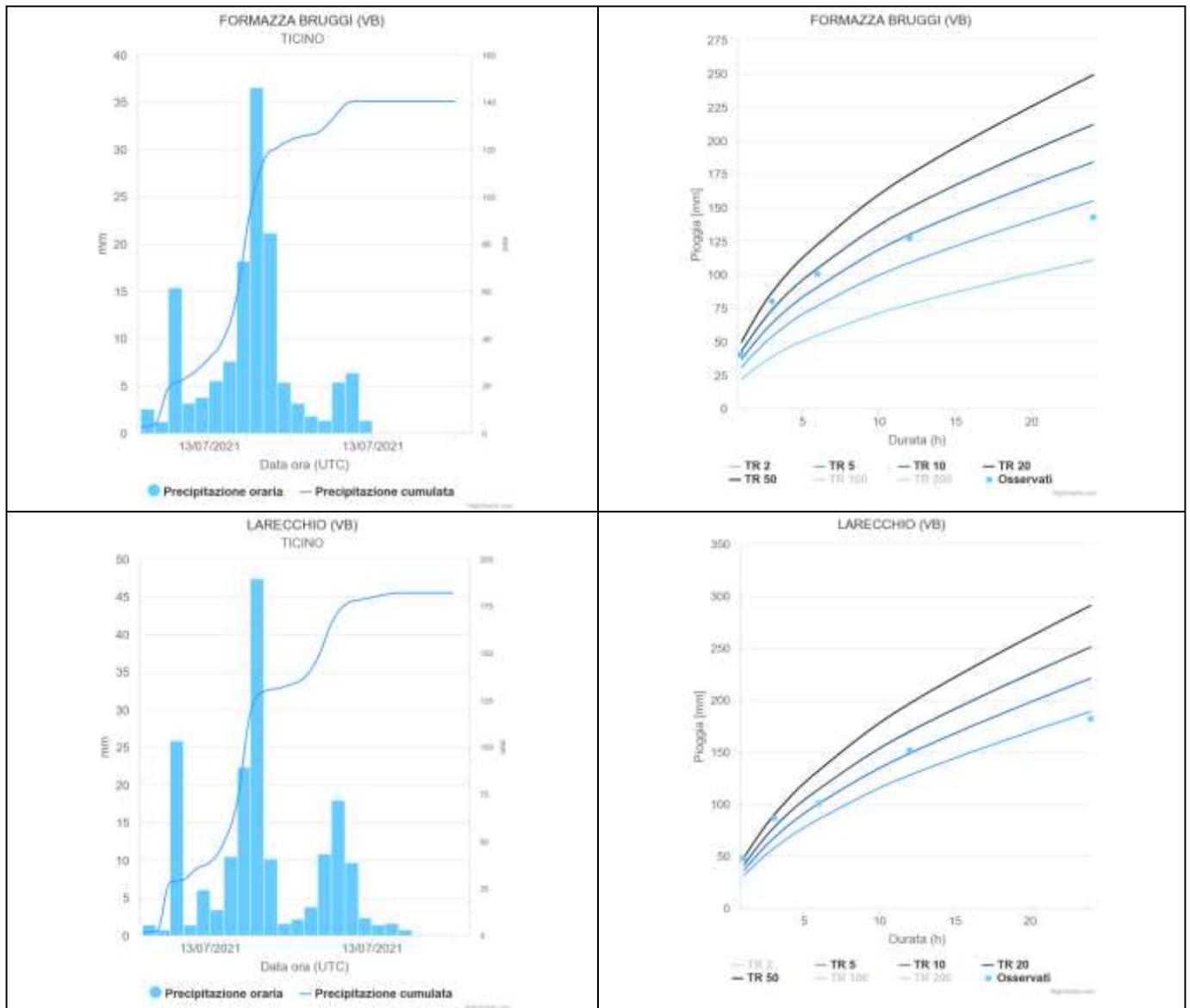


Figura 27 Ietogrammi delle stazioni che hanno registrato le precipitazioni maggiori e linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per la determinazione del tempo di ritorno del fenomeno

La Figura 27 riporta gli ietogrammi delle stazioni che hanno registrato le precipitazioni maggiori e le rispettive linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per la determinazione del tempo di ritorno del fenomeno.

Martedì 13 luglio 2021 le stazioni di Druogno, Arvogno e Larecchio (VB) hanno registrato precipitazioni cumulate in 12 ore con tempo di ritorno stimato superiore ai 10 anni. Si evidenzia inoltre per durate di un'ora il tempo di ritorno superiore a 20 anni registrato dalle stazioni di Larecchio (VB) e Castellinaldo (CN).

ANALISI IDROMETRICA

Le precipitazioni intense della giornata del 13 luglio 2021 sul Verbano-Cusio-Ossola, con valori cumulati in 24 ore superiori a 180 mm in alcune stazioni, hanno determinato nell'area un aumento repentino dei livelli dei corsi d'acqua principali e secondari (Figura 28). Gli incrementi maggiori sono stati registrati nel corso della mattinata sul fiume Toce che, a Pontemaglio, si è avvicinato alla soglia di pericolo (ore 10:30 UTC) e sul torrente Anza che, a San Carlo, ha superato la soglia di attenzione (ore 8:30 UTC). In conseguenza dei maggiori apporti dei tributari, è stato registrato, a partire dal primo pomeriggio del 13 luglio, un aumento del livello del lago Maggiore, che ha raggiunto il valore massimo nella tarda mattinata del 14 luglio (ore 12:30 UTC), inferiore alla soglia di guardia.

Le precipitazioni forti e di breve durata che hanno interessato il Roero nella serata del 13 luglio hanno determinato una crescita significativa del livello idrometrico del torrente Borbore che, nella notte tra il 13 e 14 luglio (ore 01:30 UTC), ha raggiunto la soglia di attenzione.

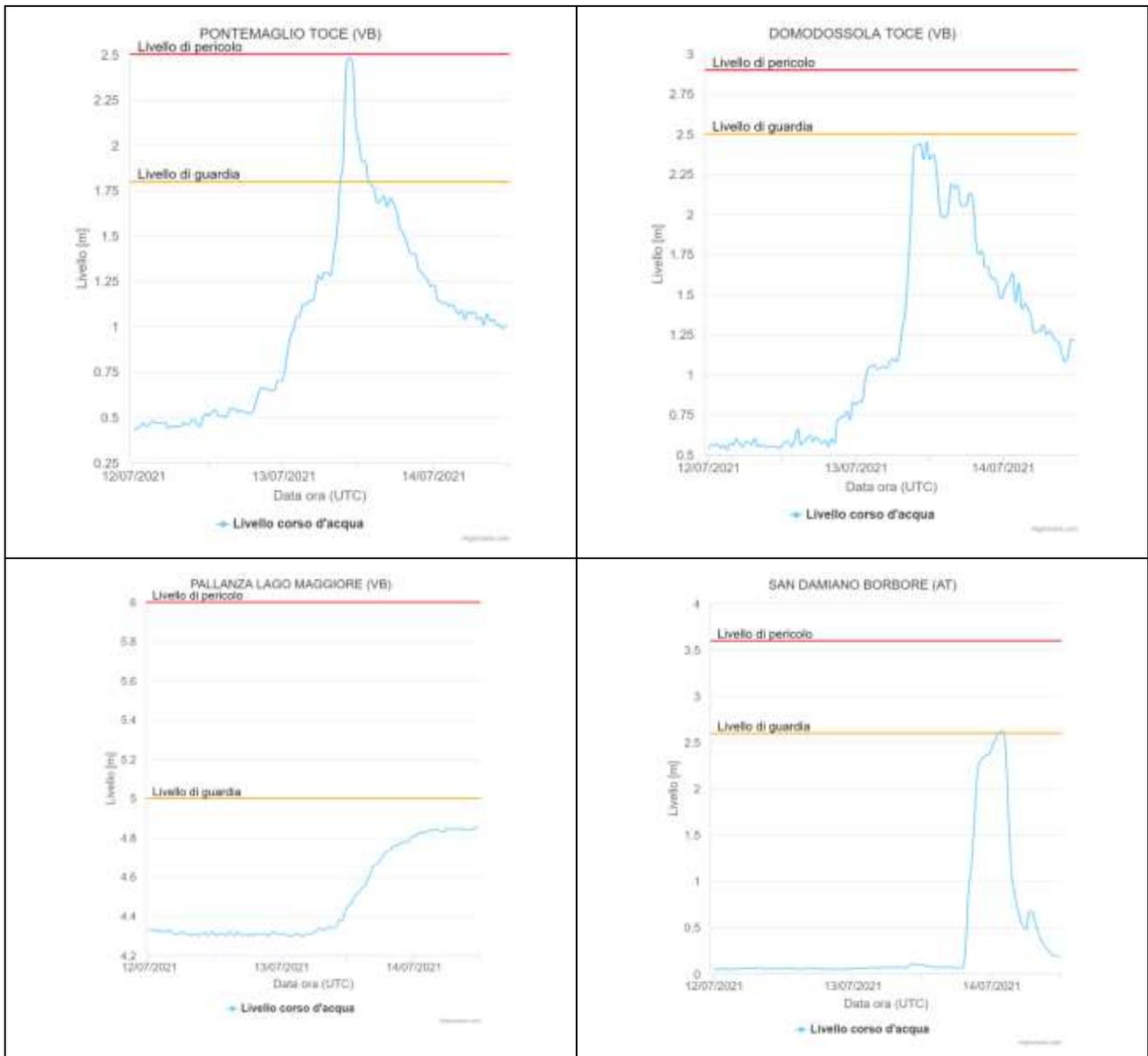


Figura 28 Idrogrammi di livello del fiume Toce a Domodossola (VB) e Pontemaglio (VB), del lago Maggiore a Pallanza (VB) e del torrente Borbore a San Damiano (AT)

EFFETTI AL SUOLO

Attività di rilevamento

A partire dai giorni immediatamente successivi l'evento sono stati organizzati da parte di Arpa Piemonte i sopralluoghi conoscitivi finalizzati alla definizione del quadro degli effetti al suolo nella parte alta della valle d'Ossola.

Sulla base del rilievo speditivo effettuato il giorno 15 luglio, si è potuto rilevare che l'evento del 13/07/2021 è stato circoscritto ai bacini del torrente Devero e alto Toce (Figura 29).

L'elevata intensità delle precipitazioni ha comportato l'attivazione di tutte le aste torrentizie laterali ai corsi d'acqua principali. In particolar modo nei comuni di Premia e Formazza, per alcuni rii, si è avuto trasporto di abbondante materiale detritico che ha invaso e interrotto la viabilità principale.

Le piogge hanno causato anche un repentino aumento del corso d'acqua principale. Il Toce ha fatto registrare all'idrometro di Pontemaglio alle 12.30 il massimo dell'altezza raggiungendo il livello di pericolo.



Figura 29 – Processi rilevati (stelle rosse)

Bacino del Torrente Devero

Nel comune di Baceno le ingenti precipitazioni hanno portato alla rimobilitazione di materiale nell'alveo del rio di Cugnisco (Figura 30). Il bacino del rio si estende dalle pendici dei monti del Corona Troggi e P.zo Nava sino al T. Devero nei pressi della Centrale di Goglio. Il substrato affiorante nelle porzioni più alte del bacino è costituito da paragneiss e calcescisti mentre nella porzione media e terminale, con pendenze variabili tra 50-60%, il bacino del rio è impostato su depositi detritici per lo più calcescisti, con una consistente componente fine su cui si è imposta una rigogliosa vegetazione boschiva.



Figura 30 – Cartografia del trasporto di massa con le aree interessate dal materiale mobilitato e i danni rilevati

Da un'analisi dei dati satellitari Sentinel disponibili (Figura 31), è stato possibile definire che il fenomeno si è sviluppato nelle porzioni più alte del bacino e lungo l'asta principale mobilitando il materiale presente sul fondo e lateralmente; la forza della massa fluida è stata tale da smuovere, in più punti dell'impluvio, blocchi di dimensioni metriche.



Figura 31 – Confronto immagini di indice NDWI (Normalized Difference Water Index) pre (10/07/2021) e post evento (18/07/2021) con evidenziata l'area del bacino del rio Cugnese; nell'immagine di destra (post evento) è visibile il canale di transito del debris flow (immagini Sentinelhub)

Il fenomeno di trasporto di massa ha interessato lungo il suo percorso più volte la strada comunale che da Goglio porta all'Alpe Devero.

- A ridosso di un tornante a circa 1300 m di quota: la colata è tracimata oltre il muro di contenimento, un blocco di grandi dimensioni ha occupato la sede stradale (Figura 32).



Figura 32 – Tracimazione della colata (freccia rossa)

- All'intersezione a quota 1200 m, il trasporto di massa ha mobilitato diversi blocchi rocciosi di dimensioni metriche presenti nell'impluvio che si sono fermati sulla strada, lesionando il guardrail posto a valle e ostruendo l'attraversamento stradale (Figura 33).



Figura 33 – Blocchi in fase di rimozione dalla sede stradale e dal sottopasso del rio Cugnesco.

- Nei pressi della Centrale di Goglio: il materiale detritico di dimensione variabile, da ciottolo a blocco metrico, ha completamente ostruito il tratto tombinato, tra la condotta forzata e la sede stradale, danneggiando il muro della condotta e si è riversato sulla sede stradale interrompendo la viabilità; il materiale più fine è defluito in destra sino al ponte sul T. Devero e in sinistra sino all'ingresso della centrale elettrica (Figura 34, Figura 35).



Figura 34 – Panoramica dell'area d'intersezione tra il rio Cugnesco e la strada comunale per l'Alpe Devero effetti del passaggio della colata sopra alla condotta forzata e del materiale depositato sulla sede stradale



Figura 35 – Particolare dei materiali che sono stati trasportati dal trasporto di massa: nella foto a sinistra il materiale fine ha raggiunto il ponte sul T. Devero, nella foto a destra il materiale più grossolano presente sulla sede stradale

Bacino del Torrente Toce

Nel comune di Formazza la statale 659 è stata interrotta appena prima dell'attraversamento del rio Tamia. Le propaggini ad est del Pizzo Calba si raccordano alla valle attraverso un ripido versante inciso da impluvi, sede anche di valanghe minori. In due di questi si sono generati fenomeni di trasporto in massa probabilmente attraverso la rimobilizzazione di materiale già depositato all'interno delle incisioni (Figura 36). Blocchi di calcescisti sono stati trasportati a valle inglobati in una miscela di materiale più fine.

Il fenomeno più a monte ha esaurito la sua energia con il cambio di pendenza al raccordo con il conoide del rio Tamia: il materiale più grossolano si è depositato mentre parte dell'acqua con il materiale più fine ha raggiunto la statale parallelamente al corso del rio. Il secondo processo più a valle raggiunta la piana si è incanalato in una depressione preesistente e ha interessato l'arteria stradale depositando il detrito preso in carico sottoforma di lobi. Qui il materiale ha invaso la sede interrompendo la viabilità e ha interessato marginalmente l'area sosta camper ivi presente (Figura 37), (Figura 38). I processi possono essere classificati come Cohesive Debris Flow a comportamento non newtoniano attivabili con piogge estive con intensità uguali o superiori a 20 mm/h, viste le caratteristiche di deposizione e del bacino di origine di tipo ottimo produttore di argilla ECM (Clay Weathering Index Tiranti et al., 2014).

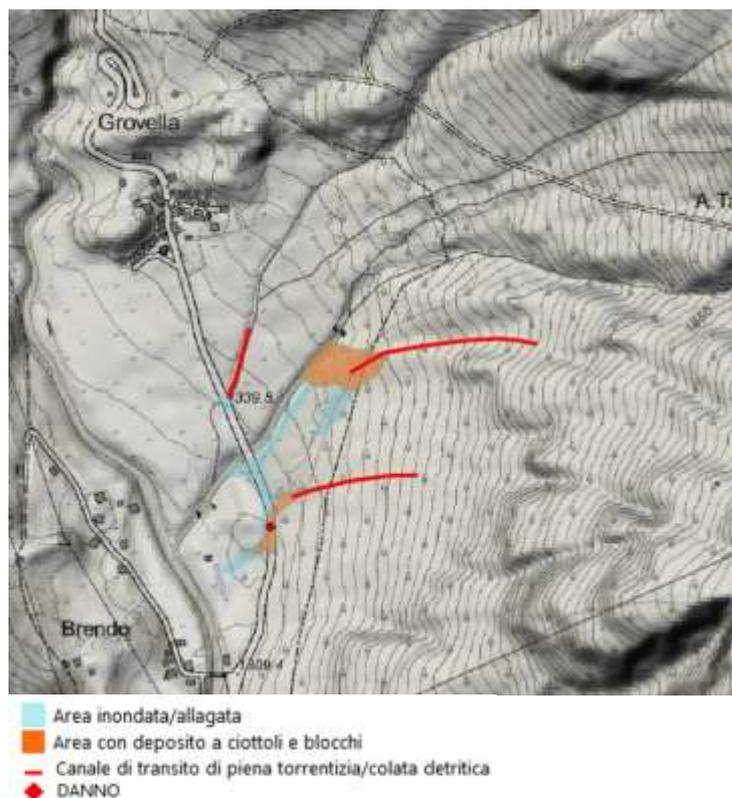


Figura 36 - Ubicazione delle colate che hanno interessato la SS 659 nei pressi di Grovella, comune di Formazza



Figura 37 - Frazione Grovella (a sinistra) parte del materiale più fine che ha raggiunto la strada parallelamente al rio Tamia (a destra) accumulo di materiale deposto dal processo più a valle



Figura 38 – Parte della colata si è depositata sulla statale 659. Foto La Stampa 14/07/2021

A monte della frazione Foppiano un processo di trasporto di materiale detritico in un rio, in sinistra idrografica, ha interrotto la statale a causa dei detriti giunti sino al ponte che attraversa il Toce (Figura 39).



Figura 39 – Tratto di strada interessato dal materiale detritico anche di grossa pezzatura (a sinistra), ricostruzione del processo, la linea rosso è il canale in cui è transitato il materiale detritico che si è depositato perlopiù sulla strada statale. Parte dell'acqua con materiale più fine ha seguito la strada superando il ponte e giungendo ai piedi del versante opposto (a destra).

Nel comune di Premia in frazione Chioso si segnala la riattivazione del conoide poligenico del rio Malagrino.

Il sopralluogo effettuato in data 15/07/2021 ha messo in evidenza come la colata detritica si sia generata a partire dalla zona apicale ad elevata pendenza del conoide che si raccorda al fondovalle con un salto roccioso per "effetto cascata", si ipotizza che i sedimenti presenti in zona apicale siano stati rimossi con violenza dal getto della cascata del rio generando la colata detritica, processo già verificatosi durante l'evento del 23-24 agosto 1987. A conferma di questa ipotesi è il confronto delle immagini Sentinel-2 esplicitate attraverso l'indice di vegetazione NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) pre-evento (30/06/2021) e post-evento (18/07/2021) che evidenzia l'asportazione di vegetazione unicamente in corrispondenza della parete a forte acclività in raccordo con l'apice del conoide e non nella parte alta del bacino.

Il debris flow, ostacolato dall'attraversamento della strada che porta all'Alpe Vova, ha depositato materiale litoide di pezzatura da metrica a decimetrica sulla sede stradale, poi si è diviso in due rami: quello in sinistra idrografica, particolarmente ricco d'acqua, ha percorso la strada arrivando sino alla SS 659 di fondovalle; l'altro in destra ha proseguito la discesa verso valle seguendo il canale del conoide. Il muro costruito a protezione dell'abitato di Chioso, subito a valle del ponte della strada interpodereale dell'Alpe Vova, ha evitato che la colata detritica raggiungesse le abitazioni della frazione Chioso, infatti solo una miscela di acqua e sabbia ha interessato alcune pertinenze e i garage posti sulla strada di fondovalle (Figura 39).



Figura 40 – Zona apicale del conoide dove si è generata la colata detritica: il materiale detritico di grossa pezzatura si è depositato sulla sede statale. Parte dell'acqua con materiale più fine ha seguito la strada raggiungendo la SS659, mentre parte della colata è transitata verso il fondovalle costeggiando il canale.

Il debris flow si è esaurito a valle dell'attraversamento della SS 659 nell'area distale del conoide che presenta una pendenza decisamente inferiore dell'area apicale. L'alveo del rio Malandrino è molto stretto e pensile, ossia posto a quota più elevata del piano campagna circostante; dove vi è il netto cambio di direzione di scorrimento del canale il materiale trasportato dalle acque del rio è uscito in sinistra idrografica depositandosi sottoforma di lobi, mentre in destra la parte più liquida ha interessato il campo da calcio (Figura 39, Figura 42).

Il processo torrentizio può essere classificato come flusso detritico non coesivo viste le caratteristiche di deposizione e del bacino di origine, di tipo scarso produttore di argilla BCM (Clay Weathering Index, Tiranti et al., 2014).



Figura 41 – Zona distale del conoide: in primo piano un lobo di deposizione; blocchi lapidei e alcuni tronchi hanno intasato l'alveo del rio Malagrino

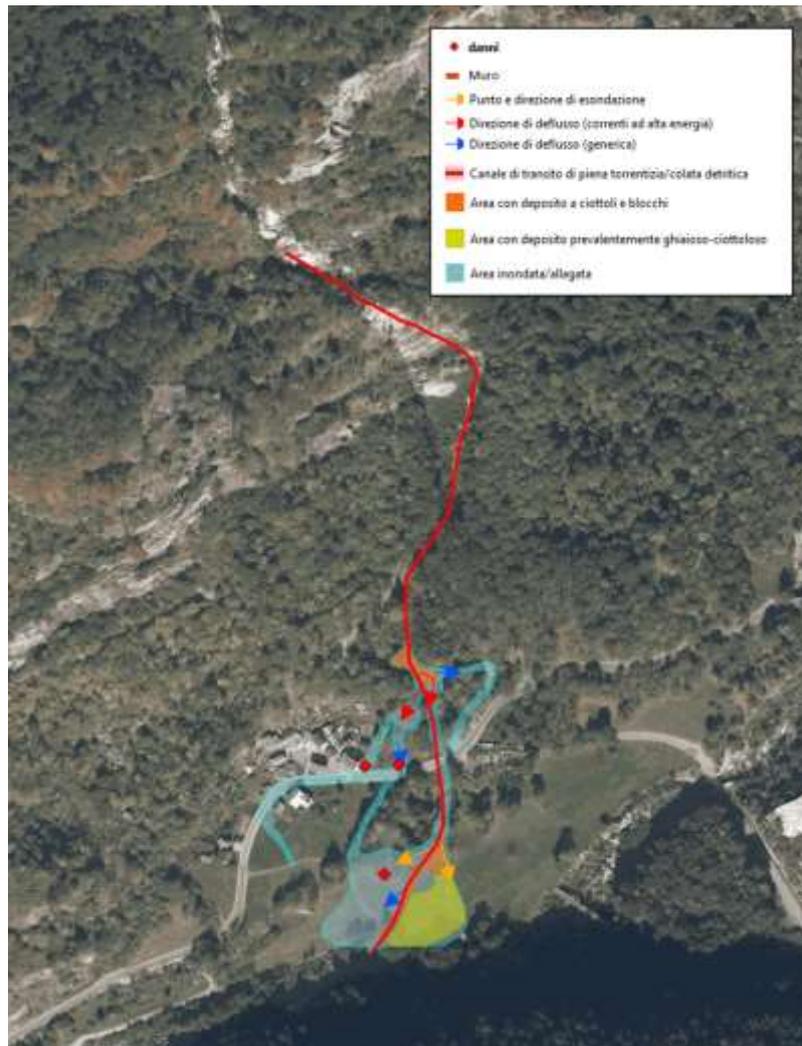


Figura 42 – Ubicazione della colata detritica del rio Malagrino a Chioso, comune di Premia

Nel comune di Crodo, le intense piogge nella mattinata di martedì 13 hanno fatto innalzare il livello del Toce che in località Verampio ha causato l'allagamento della piana in cui è situata la centrale elettrica Conti. L'area situata appena dopo la confluenza del torrente Devero con il Toce è chiusa a valle dai grandi conoidi dei Rii Antolina e Alfenza (Figura 43). Il Toce è fuoriuscito in sinistra appena a valle del ponte per la centrale di Crego, le acque si sono riversate nel canale di scarico e sono ritornate in alveo. In sponda destra invece i deflussi sono stati limitati dalla strada per un centinaio di metri e hanno poi oltrepassato il sedime con battenti di circa 60 cm inondando parte dei campi verso frazione Verampio e a sud tutta l'area della centrale Conti, il campo sportivo (137 cm di acqua) e alcuni edifici (Figura 44, Figura 45).

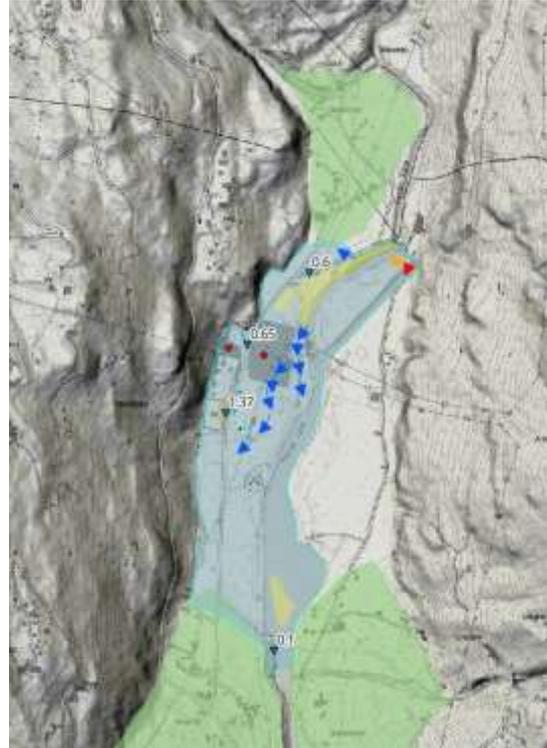


Figura 43 – in azzurro le aree inondate, le frecce rosse e blu indicano la direzione e intensità della corrente, i depositi in giallo e in verde le conoidi che chiudono la piana di Verampio



Figura 44 – Verampio (sinistra) Sullo sfondo la centrale di Crego (Foto VCO azzurra); a destra Edifici del "Ranch" in parte interessati dai deflussi (Foto MeteoReporter24)



Figura 45 - Omegna, alcuni processi erosivi del T. Strona hanno interessato le strutture portanti di alcuni edifici artigianali (a sinistra) e il pilone della tangenziale (a destra)

La banca dati processi effetti di Arpa Piemonte riporta l'allagamento della piana durante l'alluvione dell'agosto 1987. Il processo fu allora più esteso interessando parte dei campi in sponda sinistra (Figura 46). *Evento alluvionale del 24/26 agosto 1987 in Valle Ossola COLLANA INFORMATIVA TECNICO - SCIENTIFICA VALLE OSSOLA QUADERNO N°20 2008, Arpa Piemonte.*



Figura 46 – Crodo, piana di Verampio dopo l'alluvione del 1987 (Foto Comune di Crodo)

ATTIVITA' DEL CENTRO FUNZIONALE

Il Centro Funzionale di Arpa Piemonte fin dal 12 luglio 2021 ha emesso allerta gialla per temporali forti sull'intero territorio regionale.

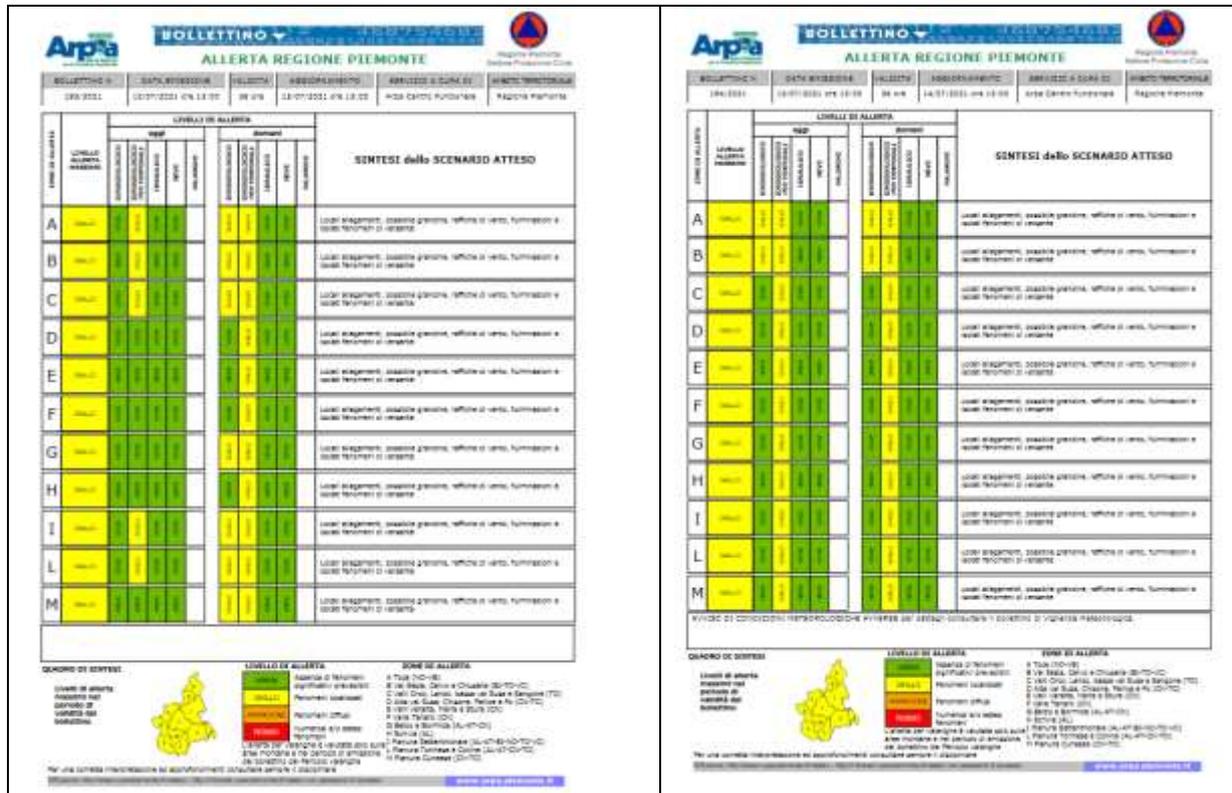


Figura 47. Bollettini di Allerta Meteorologica emessi dal Centro Funzionale Piemonte nelle giornate del 12 e 13 luglio 2021

Il Centro Funzionale ha assicurato in continuo il monitoraggio strumentale del territorio regionale con la rete meteorografica ed i sistemi radarmeteorologici che hanno regolarmente operato.

Nel corso degli eventi, sono state assicurate le attività di divulgazione al pubblico sia attraverso l'aggiornamento della sezione tematica del sito di Arpa Piemonte www.arpa.piemonte.it/rischinaturali, sia attraverso la pubblicazione di notizie sul sito web dell'Agenzia e l'utilizzo del canale Twitter.