

RAPPORTO EVENTO DEL 07/06/2018 **Colata detritica nel comune di Bussoleno**



A cura del
Dipartimento Sistemi Previsionali
Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto

Torino, giugno 2018

Aggiornamento 25/6/2018

SOMMARIO

INTRODUZIONE	1
ANALISI METEOROLOGICA	1
DESCRIZIONE DEL FENOMENO	7
INQUADRAMENTO DEL BACINO	8
ANALISI GEOMORFOLOGICA DA RILIEVI SPEDITIVI	11
ANALISI DELLE CAUSE DI INNESCO	15
ANALISI PLUVIOMETRICA	18
REFERENZE	22

In copertina: Conoide di Loc. S. Lorenzo, deposito di materiale immediatamente a ridosso di un'abitazione.

INTRODUZIONE

A seguito delle precipitazioni a carattere temporalesco del 7 giugno 2018 si è verificato un fenomeno di mud-debris flow in corrispondenza del bacino del Rio delle Foglie, sito nel comune di Bussoleno (TO) nella bassa Valle di Susa, che ha raggiunto il centro abitato intorno alle 12:30 UTC (14:30 ora locale). La colata di fango e detriti ha interessato parte dell'abitato che sorge sull'apparato di conoide tra loc. S. Lorenzo e ha raggiunto il sottopasso della ferrovia. Alcune delle abitazioni più prossime alla zona di apice sono state gravemente danneggiate, mentre buona parte della frazione ha subito diffusi fenomeni di alluvionamento. Nel corso del mese precedente altri eventi di esondazione in conoide di minore entità legati alle diffuse precipitazioni temporalesche di questo periodo, hanno interessato il bacino.

ANALISI METEOROLOGICA

Nei giorni precedenti all'evento meteorologico del 7 giugno 2018, il Piemonte è stato interessato da un prolungato periodo umido che ha portato registrare precipitazioni ben al di sopra della norma climatica. Il mese di maggio 2018, infatti, è stato il 7° maggio più piovoso degli ultimi 60 anni con un surplus pluviometrico di oltre il 60% rispetto al periodo di riferimento 1971-2000.

In particolare, nella media Val di Susa, da inizio anno si è osservato un cumulo di precipitazioni superiore del 68% rispetto alla norma climatica 1971-2000 (Figura 1) e, alla data del 7 giugno 2018, delle ultime 40 giornate, se ne erano osservate in zona 30 con pioggia a partire dal 29 aprile.

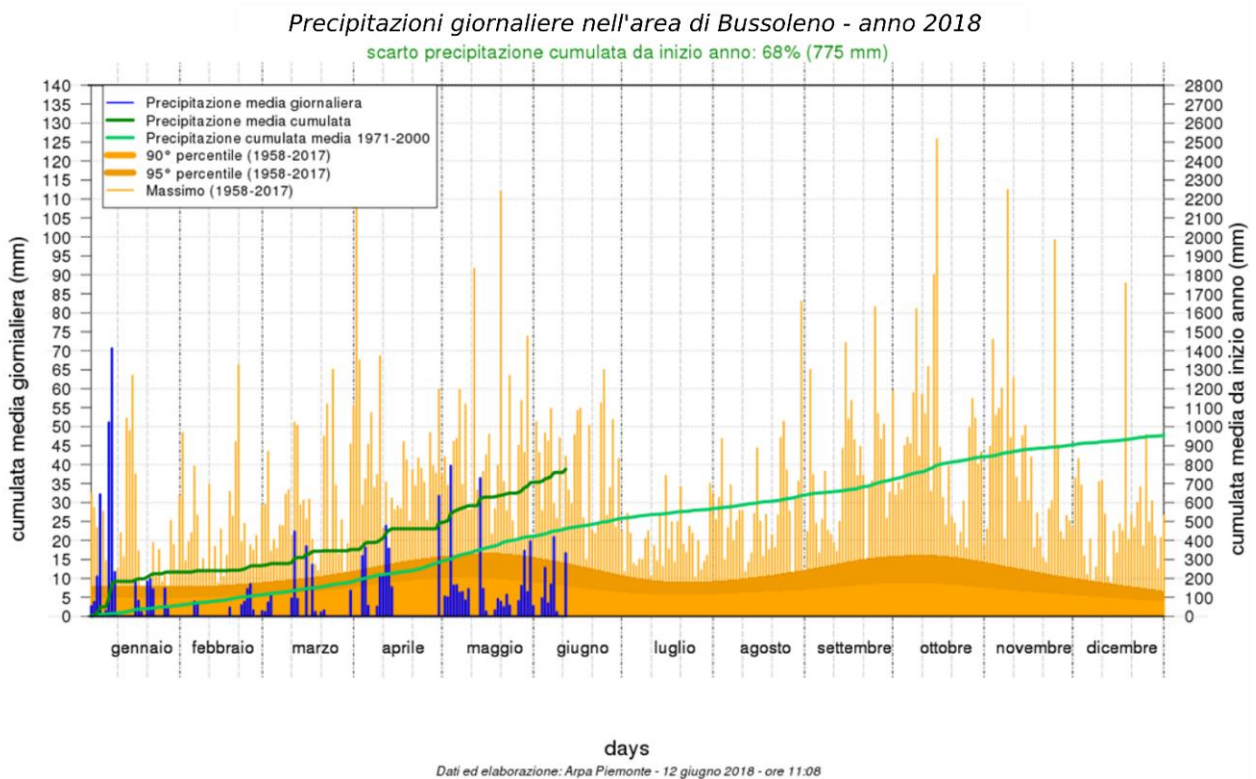


Figura 1. Andamento giornaliero delle precipitazioni in media Valle di Susa nel 2018 rispetto alla norma climatica 1971-2000. Dati ed elaborazione Arpa Piemonte.

In questo contesto pregresso di abbondanza d'acqua disponibile e caduta sia sulla regione nel suo complesso sia nella Valle di Susa in particolare, il 6 giugno, giorno precedente all'evento meteorologico, il Piemonte è stato interessato da un debole e temporaneo promontorio di alta pressione il quale, a partire dalla notte tra il 6 e il 7 giugno, è stato scalzato dall'ingresso nell'alto Tirreno di una modesta saccatura di origine atlantica (Figura 2) che ha innescato una serie di rovesci temporaleschi sparsi sulla zone montane e pedemontane alpine, con locale sconfinamento nelle pianure adiacenti, in particolare nel torinese e nel cuneese.

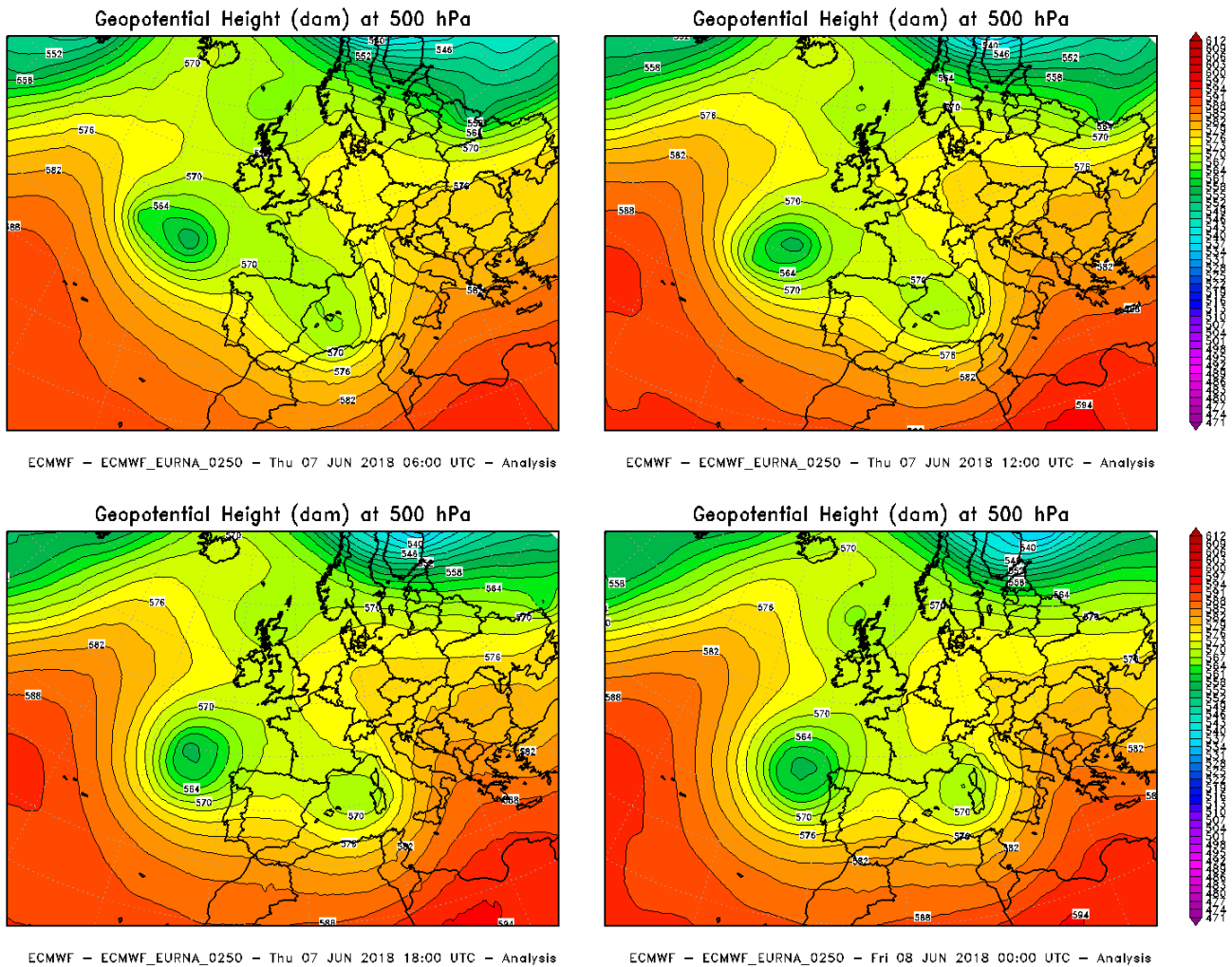
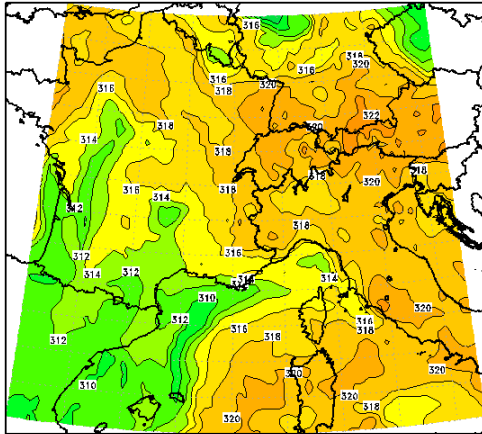


Figura 2. Altezza di geopotenziale a 500 hPa dalle ore 06 UTC del 7 giugno 2018 fino alle ore 00 del 8 giugno 2018. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

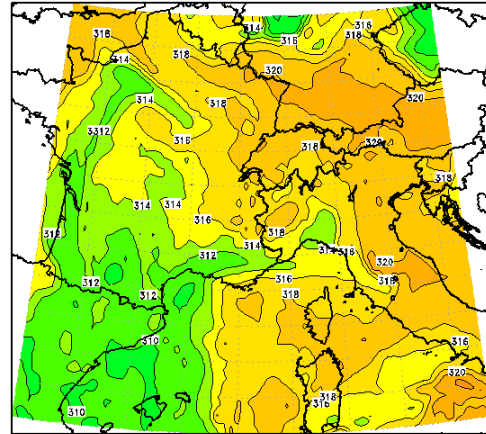
L'aria più fresca associata alla bassa pressione della saccatura, è riuscita a penetrare parzialmente negli alti strati atmosferici (Figura 3), interagendo con le condizioni di umidità presenti in regione e riuscendo, almeno localmente, a sviluppare cumuli che hanno dato luogo a temporali con picchi anche forti associati a grandine e raffiche di vento intense.

Potential equivalent temperature (°K) at 700 hPa



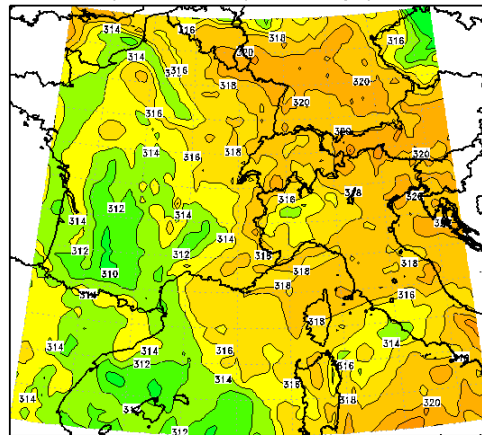
ECMWF - ECMWF_EURNA_0250 - Thu 07 JUN 2018 00:00 UTC - Analysis

Potential equivalent temperature (°K) at 700 hPa



ECMWF - ECMWF_EURNA_0250 - Thu 07 JUN 2018 06:00 UTC - Analysis

Potential equivalent temperature (°K) at 700 hPa



ECMWF - ECMWF_EURNA_0250 - Thu 07 JUN 2018 12:00 UTC - Analysis

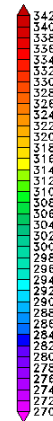


Figura 3. Temperatura potenziale equivalente a 700 hPa tra le ore 00 UTC del 7 e 12 UTC del 7 giugno 2018, intervallate ogni 6 ore. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

Dalla Figura 4, che mostra le piogge registrate nelle 24 ore del pomeriggio di giovedì, si evince come i fenomeni convettivi siano stati di intensità mediamente moderata. Tuttavia, le mappe di fulminazione (Figura 5) e la mappa dell'indice termodinamico WHITING (Figura 6), che valuta il grado di instabilità della massa d'aria, mostrano come localmente si siano verificati anche temporali molto forti. La stazione meteorologica di Torino via della Consolata (TO) ha registrato 39 mm di pioggia tra le 16:20 UTC e le 17:20 UTC di mercoledì 7 giugno e la stazione di Verbania-Unchio Trobaso (VB) 35 mm tra le 19:10 UTC e le 20:10 UTC e quella di Dronero (CN) 30.6 mm tra le 13:40 e le 14:40 UTC.

Precipitation (mm/24hr) at Fri 08JUN2018 00:00 UTC

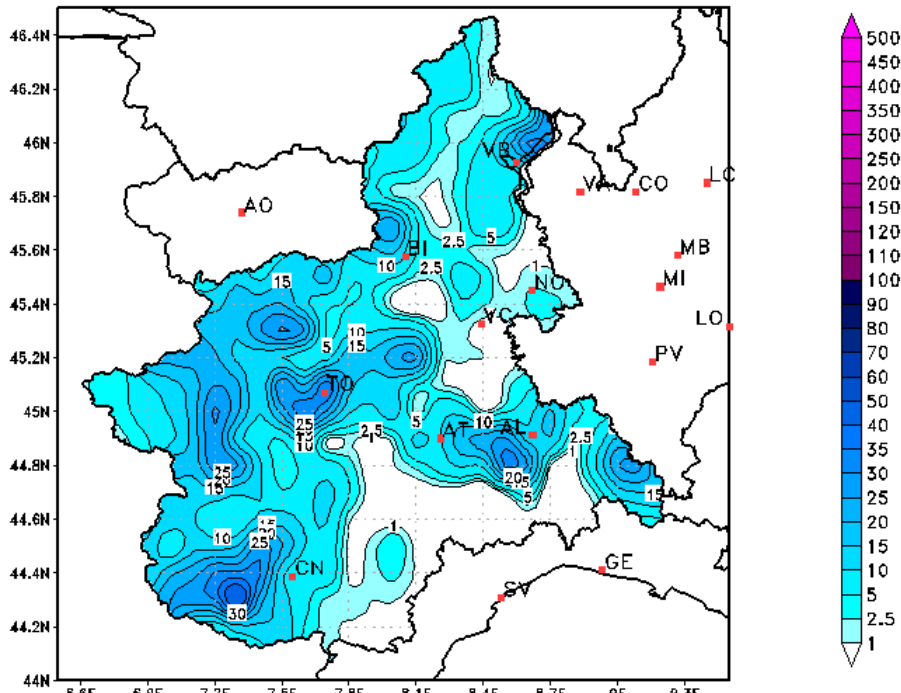


Figura 4. Precipitazioni cumulate sul Piemonte osservate dalla rete in telemisura di Arpa nella giornata del 7 giugno 2018 (sopra). A destra dettaglio sopra Bussoleno. Elaborazione e dati Arpa Piemonte.

Le mappe di fulminazione (Figura 5) mostrano chiaramente come nelle prime ore della giornata di mercoledì 7 giugno si siano sviluppati una serie di temporali sparsi pre-frontali (Figura 7), tra i quali anche il temporale che ha interessato i rilievi al di sopra di Bussoleno (Figura 8), mentre nelle ore centrali il fronte sia transitato sulla regione spazzando il Piemonte da sudovest verso nordest. Le piogge, quindi, si sono attenuate fino ad esaurirsi nella notte, salvo nel Verbano e nella media Val di Susa dove, deboli rovesci hanno persistito fino alla mattina della notte tra il 7 e l'8 giugno.

Dalle ore 06 UTC alle ore 12 UTC

Dalle ore 12 UTC alle ore 18 UTC

Dalle ore 18 UTC alle ore 00 UTC

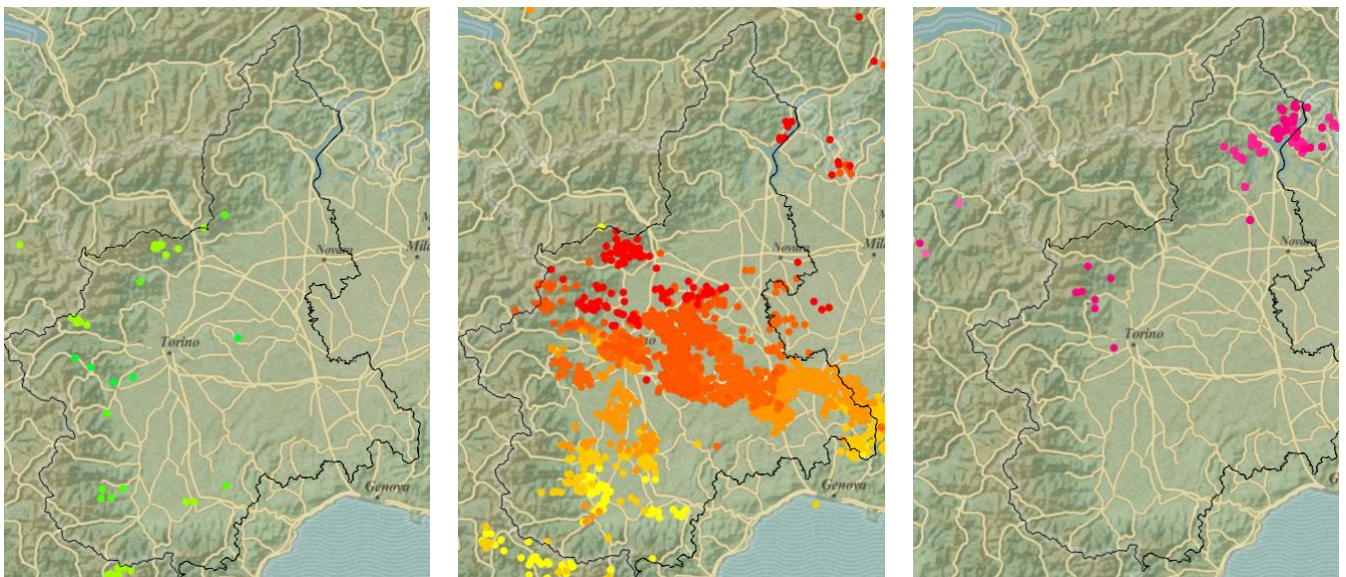


Figura 5. Fulminazioni registrate in Piemonte tra le ore 06 UTC del 7 giugno 2018 alle ore 00 UTC dell'8 giugno 2018, graficate per finestre esa-orarie. Elaborazione Arpa Piemonte su dati dell'Aeronautica Militare.

La Figura 6 mostra l'indice termodinamico WHITING che indica le aree favorevoli allo sviluppo di celle temporalesche il 7 giugno alle ore 12 UTC.

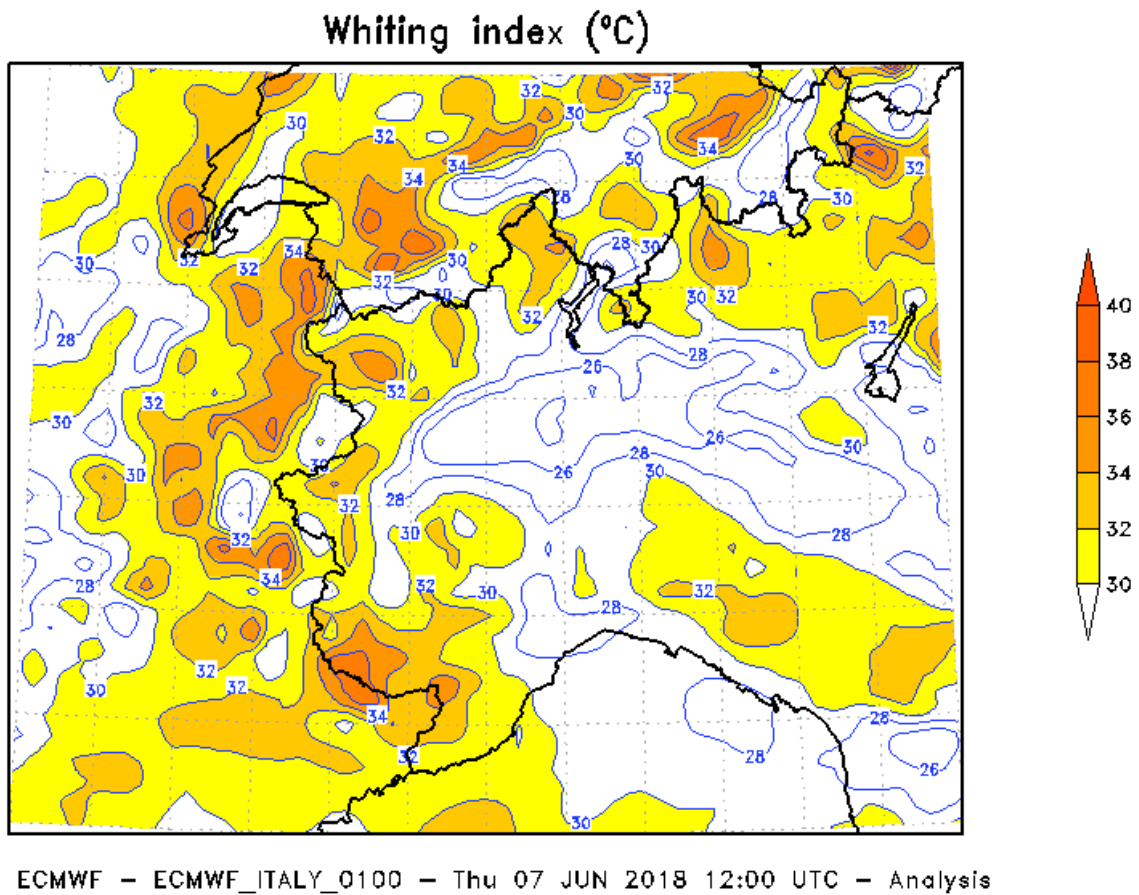


Figura 6. Mappa dell'indice termodinamico WHITING relativa alle ore 12 UTC del 7 giugno 2018. Elaborazione Arpa Piemonte su dati ECMWF.

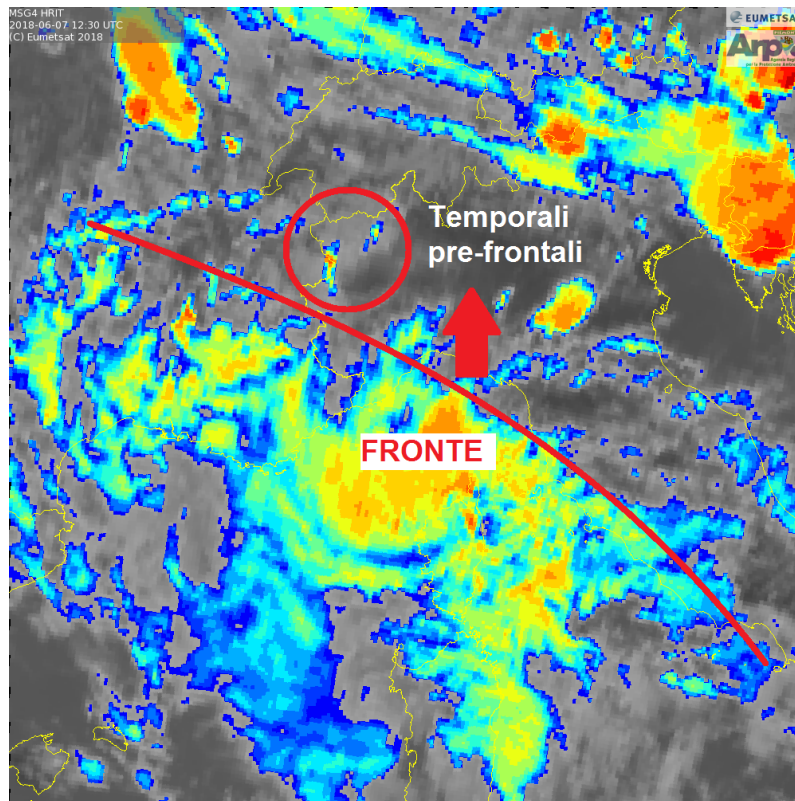


Figura 7. Immagine Enhanced-IR del satellite Meteosat sull'Europa alle ore 12:30 UTC del 7 giugno 2018; il colore rosso corrisponde a nubi più fredde. Elaborazione Arpa Piemonte su dati EUMETSAT. Nel cerchio rosso il temporale che ha interessato Bussoleno.

La Figura 8 mostra un dettaglio delle fulminazioni registrate attorno al centro di scroscio.

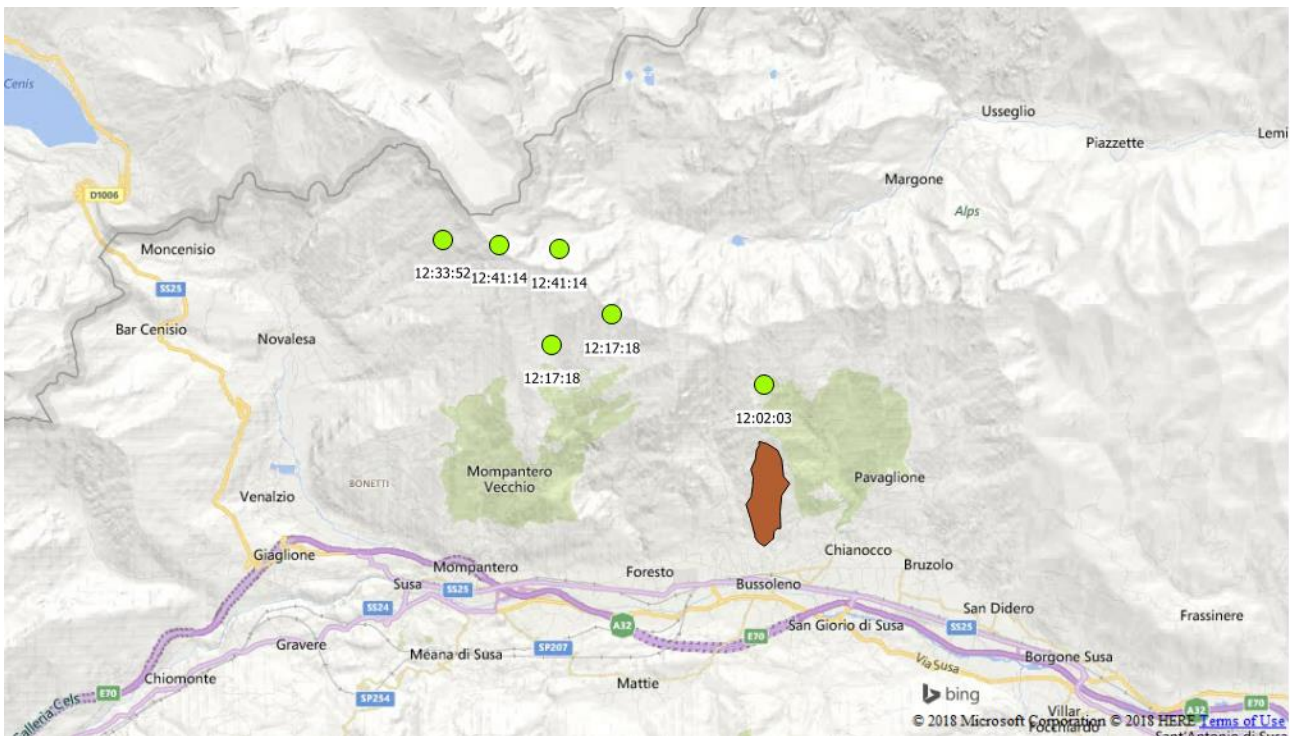


Figura 8. Fulminazioni con ora di accadimento in UTC nell'area interessata dal temporale. Il poligono marrone rappresenta il bacino del Rio delle Foglie.

DESCRIZIONE DEL FENOMENO

Il giorno 7 giugno 2018 le piogge brevi ed intense che hanno interessato il bacino del Rio delle Foglie hanno determinato l'attivazione di un fenomeno di trasporto in massa di materiale fangoso-detritico estremamente rapido. Intorno alle 12:30 UTC (14:30 ora locale) la colata di fango e detriti ha raggiunto la zona di conoide. Il fenomeno ha interessato parte dell'abitato che sorge sull'apparato di conoide tra loc. S. Lorenzo raggiungendo il sottopasso della ferrovia (cfr. Figura). Alcune delle abitazioni più prossime alla zona di apice sono state gravemente danneggiate, mentre diverse altre abitazioni hanno subito diffusi fenomeni di alluvionamento.

Si tratta di un fenomeno di mud-debris flow, ovvero una miscela con prevalenza di particelle fini (matrice sabbiosa-limosa con ghiaia più cenere come residuo combusto) con all'interno e in parte anche subordinati ciottoli e massi fino al metro cubo, nonché una rilevante quantità di materiale vegetale flottante, compresi rami e tronchi di rilevanti dimensioni.

Nel corso del mese precedente altri fenomeni di esondazione e alluvionamento in conoide di minore entità, legati alle diffuse precipitazioni temporalesche di questo periodo (Figura 9), hanno interessato il bacino. Gli eventi più significativi sono stati registrati nei giorni 29 aprile, 2 maggio, 9 maggio e 13 maggio, quando, in seguito a precipitazioni a carattere temporalesco, sono state interessate varie strade del paese, tra cui via Camposciutto e via San Lorenzo. In tutti i casi, ad esclusione dell'evento del 9 maggio, sono avvenuti allagamenti e alluvionamenti con trasporto di materiale fine, grossolano e materiale vegetale flottante. Solo nel caso del 9 maggio sono stati registrati prevalentemente fenomeni di allagamento, con modesto trasporto di materiale solido.

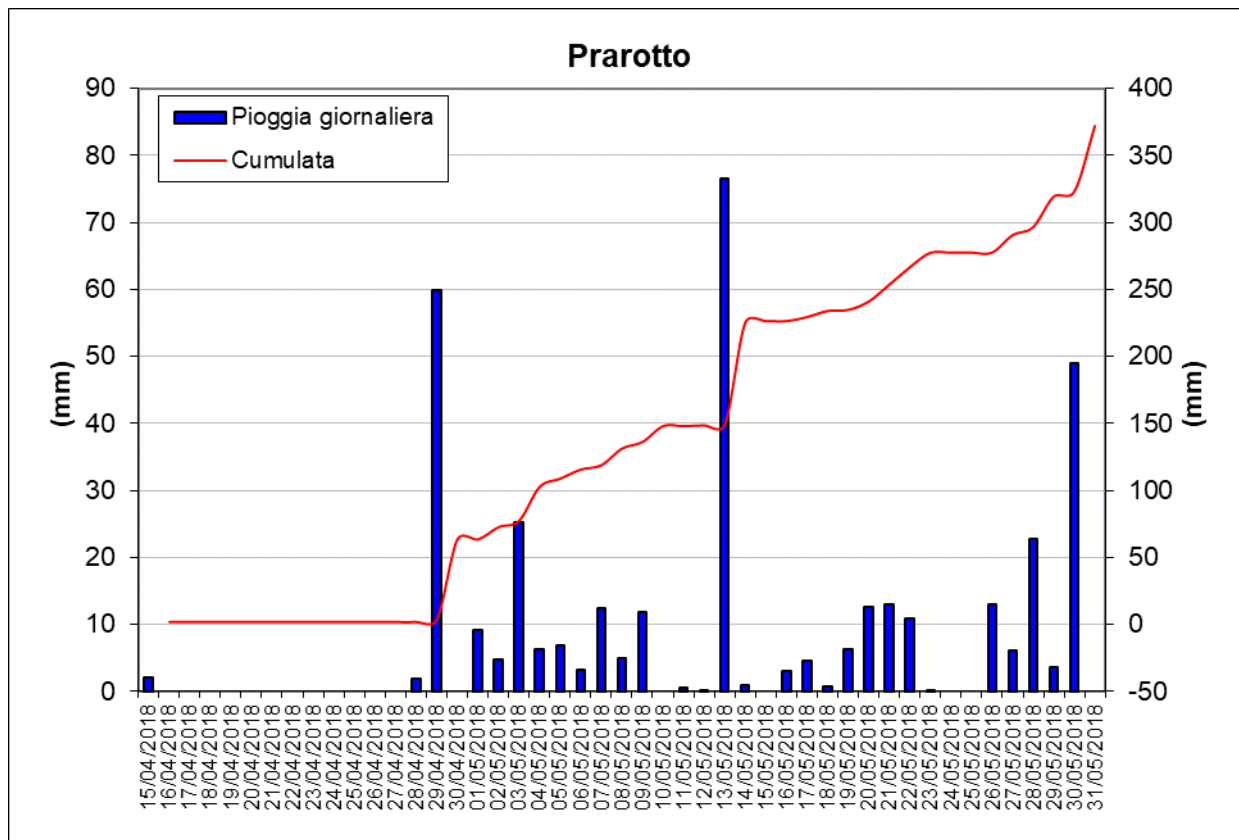


Figura 9. Grafico delle piogge precedenti. L'istogramma blu si riferisce alle piogge giornalieri, mentre la curva rossa rappresenta la cumulata di pioggia sull'intero periodo. Si noti che in corrispondenza degli eventi del 29 aprile e 13 maggio il pluviometro di Prarotto ha registrato valori di cumulata giornaliera pari o superiori a 60mm.

Dall'analisi della banca dati eventi di Arpa Piemonte non risultano segnalazioni di ulteriori fenomeni significativi passati, come anche confermato dai tecnici dell'amministrazione comunale. Antecedentemente agli incendi dell'autunno scorso, si erano esclusivamente registrati casi di allagamento della strada, ma senza significativo trasporto di materiale solido.

INQUADRAMENTO DEL BACINO

Il bacino del Rio delle Foglie ha un'estensione di 1.37 Km² ed è modellato su un basamento roccioso appartenente alle unità del Dora-Maira, in particolare sulle unità della copertura metasedimentaria carbonatica costituita da marmi e subordinati calcescisti carbonatici. In base alla litologia prevalente che lo costituisce (rocce carbonatiche), il bacino è classificato come Good Clay Maker (GCM) in accordo con la classificazione adottata in Piemonte basata sul Clay Weathering Index (CWI), proposto da Tiranti et al. (2014) (Figura 10).

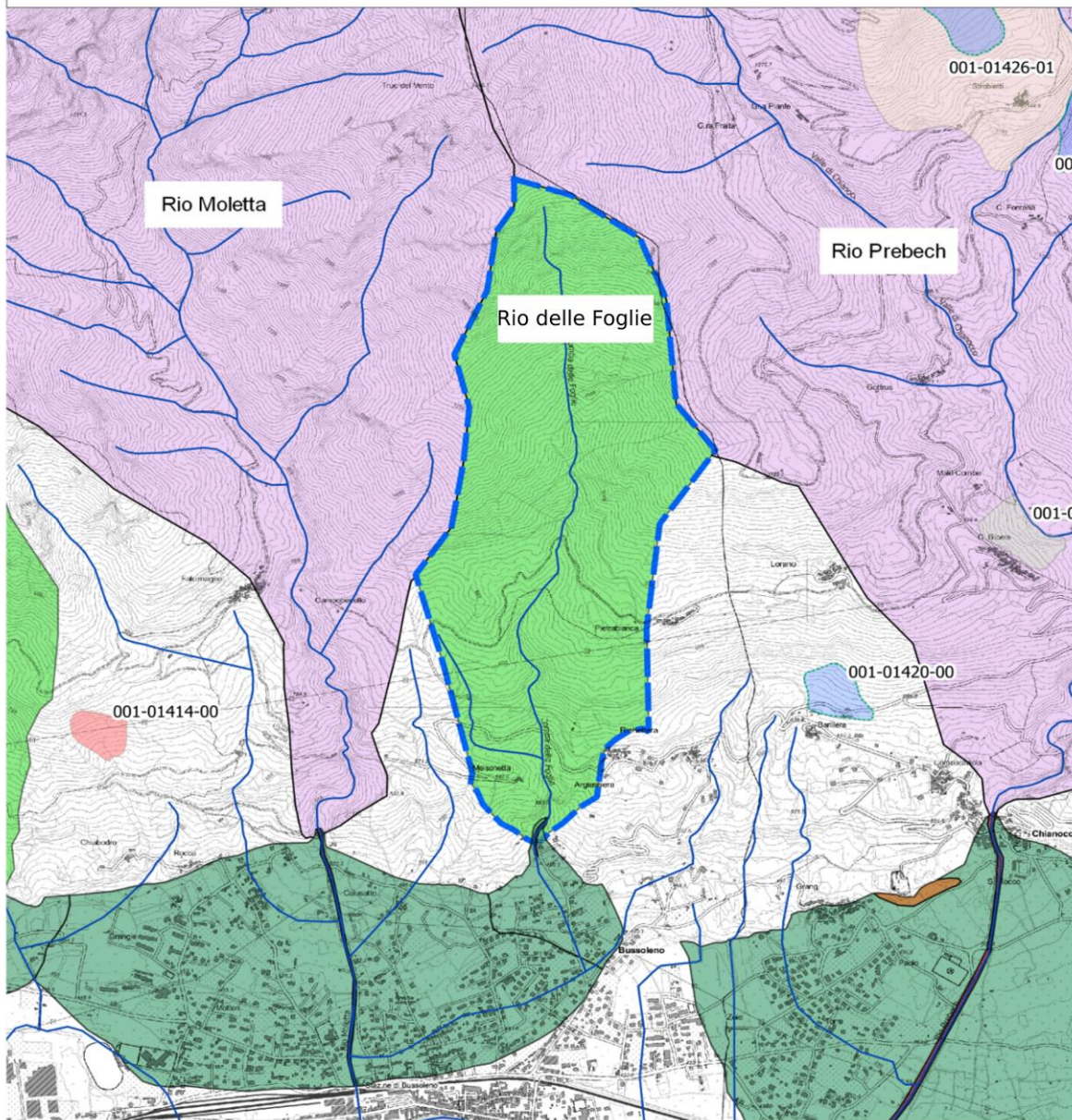
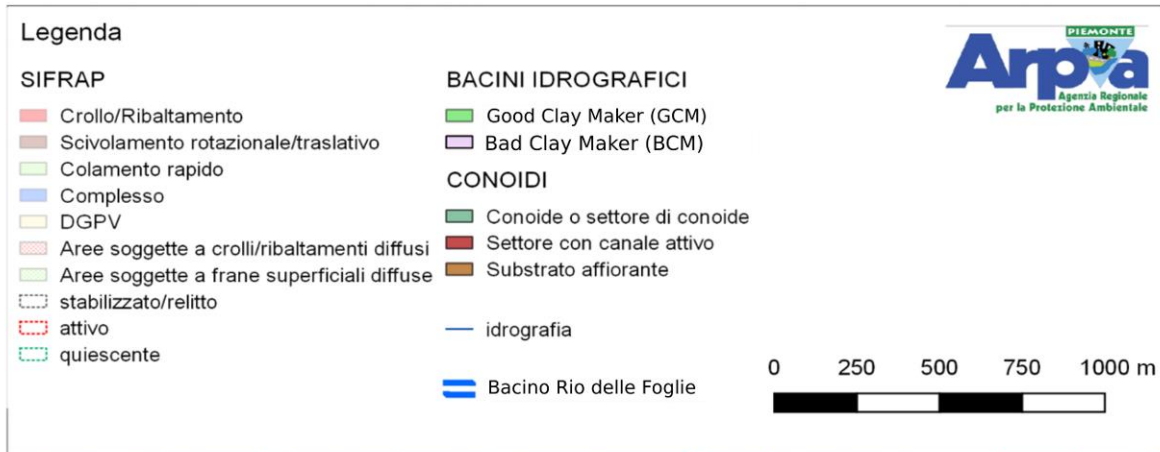


Figura 10. Quadro generale dei dissesti e classificazione del bacino (Fonte: Banca dati SICON e SIFRAP, Arpa Piemonte).

Il bacino è caratterizzato da pendenze elevate, generalmente superiori ai 30° (Figura 11, a sinistra).

L'intero bacino è stato diffusamente interessato da incendi dell'autunno scorso; dalla "Carta della severità di combustione" realizzata dal Nucleo tutela forestale, ambientale e agroalimentare dei Carabinieri (Figura 11, a destra), la severità dell'incendio è stata classificata come medio-alta nella porzione superiore del bacino e bassa in quella mediano inferiore.

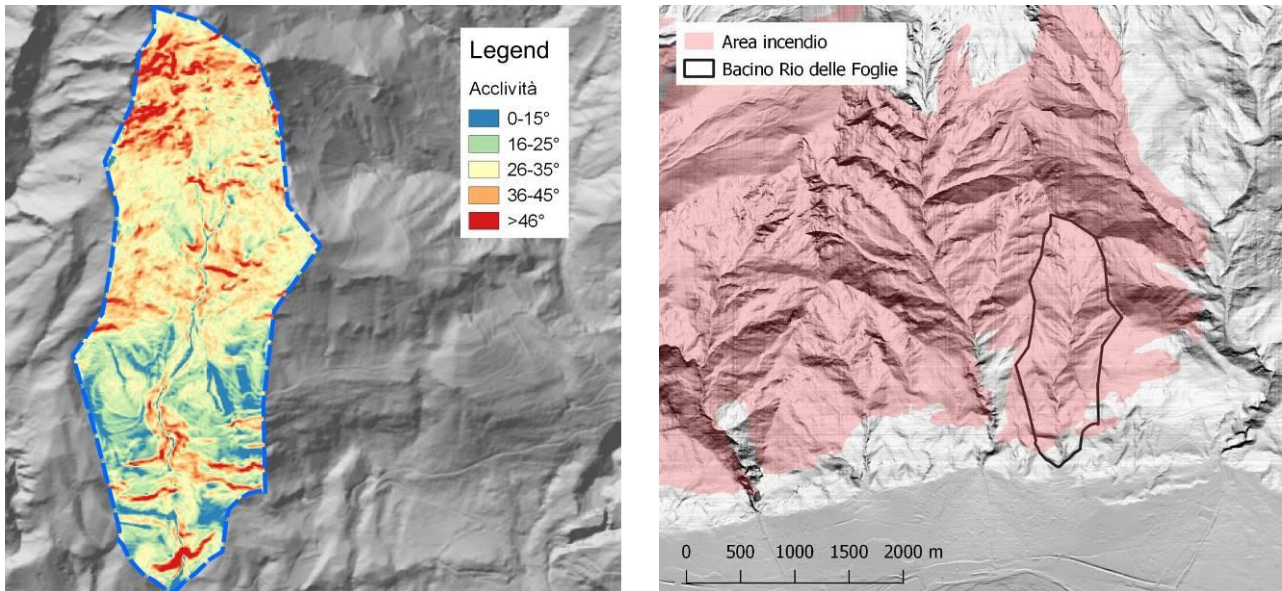


Figura 11. A sinistra, carta delle acclività, a destra, area del bacino del Rio delle Foglie interessata dall'incendio del 22 ottobre 2017 (perimetrazione dell'incendio a cura del Nucleo tutela forestale, ambientale e agroalimentare dei Carabinieri).

Il profilo dell'incisione principale si presenta più regolare nella parte alta ed è caratterizzata dalla presenza di evidenti cambi di pendenza nella parte mediana, compresa tra gli 800m e l'apice di conoide (Figura 12).

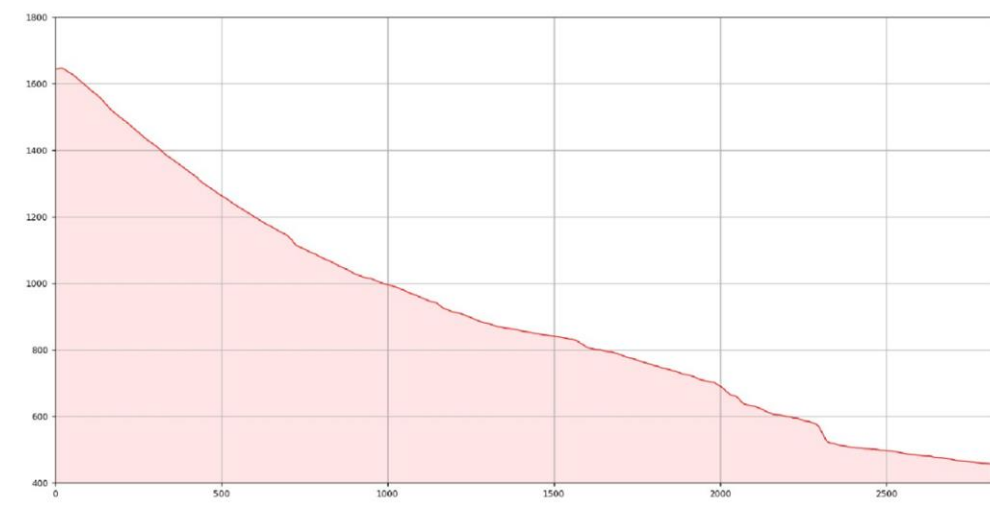


Figura 12. Profilo altimetrico dell'incisione principale del bacino.

ANALISI GEOMORFOLOGICA DA RILIEVI SPEDITIVI

La parte superiore del bacino del Rio delle Foglie è caratterizzata da una forte pendenza, superiore mediamente ai 35°, da una modesta percentuale di affioramenti rocciosi e dalla presenza di bosco rado o prateria con ampie zone interessate dall'incendio dell'autunno scorso.

Allo stato attuale, nel bacino è ancora presente materiale residuo della combustione a granulometria medio-fine e materiale vegetale parzialmente carbonizzato, potenzialmente rimobilizzabile. La presenza di calcescisti (coperture mesozoiche Dora-Maira) contribuisce alla formazione di una coltre detritica diffusa a granulometria fine. Questo materiale, unitamente alla ridotta azione protettiva della vegetazione, ha reso i versanti particolarmente soggetti a fenomeni di dilavamento della porzione più superficiale di suolo da parte delle precipitazioni intense o prolungate; i recenti fenomeni di colata (maggio 2018) attivatisi sul bacino e giunti fino al fondovalle sono evidentemente stati alimentati da questa componente solida confluita dal settore superiore del bacino sul canale principale del Rio delle Foglie.

Si ipotizza che i recenti avvenimenti stagionali (incendi, precipitazioni e colate detritiche) abbiano modificato l'assetto geomorfologico e idrologico del bacino, contribuendo ad un significativo aumento delle portate liquide e solide del Rio delle Foglie rispetto al recente passato (Figura 13) e Figura 14). Tale ipotesi sarà verificata mediante successivi approfondimenti che verranno programmati nei prossimi mesi.



Figura 13 Tratto superiore Rio delle Foglie (foto Regione Piemonte), si può notare le'elevata acclività e la disponibilità di materiale rimobilizzabile legata agli incendi dell'autunno scorso, a sinistra; particolare area incendiata; a destra.

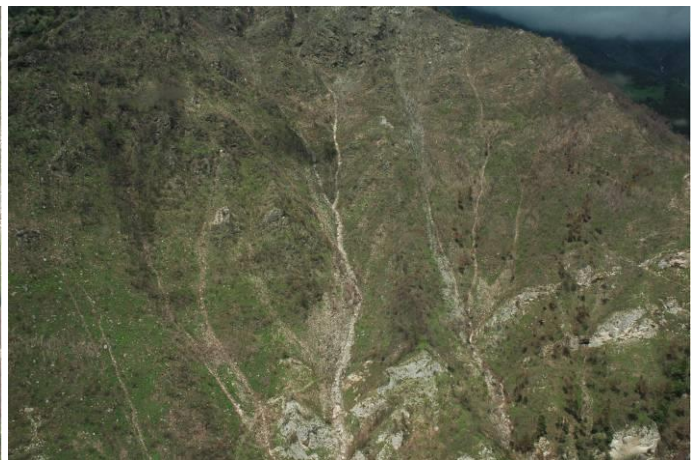


Figura 14. Fenomeni di erosione concentrata sul reticolo idrografico minore nella parte superiore del bacino.

Il tratto intermedio del bacino è caratterizzato da un profilo longitudinale irregolare con frequenti cambi di pendenza e ripidi balzi rocciosi. Le tracce di passaggio della colata evidenziano una rilevante sezione di deflusso a testimonianza di una portata complessiva della miscela solido-liquido a carattere eccezionale, la quale si è accresciuta significativamente grazie all'azione erosiva del materiale detritico in alveo e sulle sponde. Dai recenti sopralluoghi effettuati si evidenzia come l'alveo del canale principale sia spesso ben ripulito dai detriti con il substrato sottostante affiorante. Nei punti con riduzione di pendenza si ha deposito di materiale sui bordi (effetto soglia naturale con deposizione di materiale), mentre in corrispondenza dei tratti a forte pendenza si è riscontrata la notevole azione erosiva della colata con escavazione laterale e presa in carico di materiale grossolano. Tuttavia, buona parte dei volumi di materiale rimobilizzato a granulometria medio-fine è stato trasportato a valle giungendo nell'area di conoide antropizzata. (Figura 15 e Figura 16).



Figura 15. A sinistra, substrato in alveo riesumato a testimonianza dell'azione erosiva e di trasporto a valle del materiale detritico in corrispondenza primo attraversamento stradale. A destra, erosione di materiale detritico grossolano nel tratto intermedio del bacino, avvenuta nei tratti ad elevata pendenza e in corrispondenza della sponda esterna.



Figura 16. Erosione di materiale grossolano e successiva deposizione di materiale nei tratti intermedi del bacino a riduzione della pendenza.

Il materiale preso in carico nel bacino si è depositato nella zona di conoide interessando un'area di circa 35'000 m², compresa tra la frazione di S. Lorenzo e la parte distale del conoide fino al sottopasso della ferrovia. La porzione di colata a maggiore energia, caratterizzata da depositi più

grossolani (ciottoli e blocchi immersi in matrice fine), si è arrestata in corrispondenza dei civici n. 55-57 di via S. Lorenzo. Gli spessori depositi risentono fortemente della presenza degli elementi antropici, e variano da valori superiori a 1-1,5 m immediatamente a ridosso degli ostacoli (edifici e strutture di delimitazione delle pertinenze) e in corrispondenza degli accessi agli interrati delle abitazioni (Figura 17 e Figura 18), fino a 30-60 cm nelle zone dove il deflusso non è stato ostacolato. A causa dell'elevata energia e della presenza di materiale a grossi blocchi e di tronchi di grandi dimensioni in questo settore si sono verificati i danni maggiori alle abitazioni e della viabilità.

Ai margini della colata principale e generalmente al di sotto dell'incrocio tra Via S. Lorenzo e strada Camposciutto, la colata ha perso energia depositando materiale progressivamente più fine (sabbie e limi con ghiaia e subordinati ciottoli), con spessori compresi tra 5-10cm fino a 50-60cm in corrispondenza di ostacoli e zone depresse (Figura 19).

In via preliminare, sulla base dei primi rilievi speditivi, si può stimare un volume di materiale depositato in conoide di circa 15-20 mila metri cubi.



Figura 17. Deposizione di materiale nei tratti intermedi del bacino a riduzione della pendenza.



Figura 18. Deposito di materiale fine in corrispondenza della parte distale del conoide.

Legenda

- Materiale grossolano (ghiaia ciottoli e massi in matrice fine)
- Materiale fine (sabbioso-limoso con ghiaia e ciottoli)
- Substrato riesumato

Base topografica: BDTRE2018 Regione Piemonte e Ortofoto 2010 Regione Piemonte

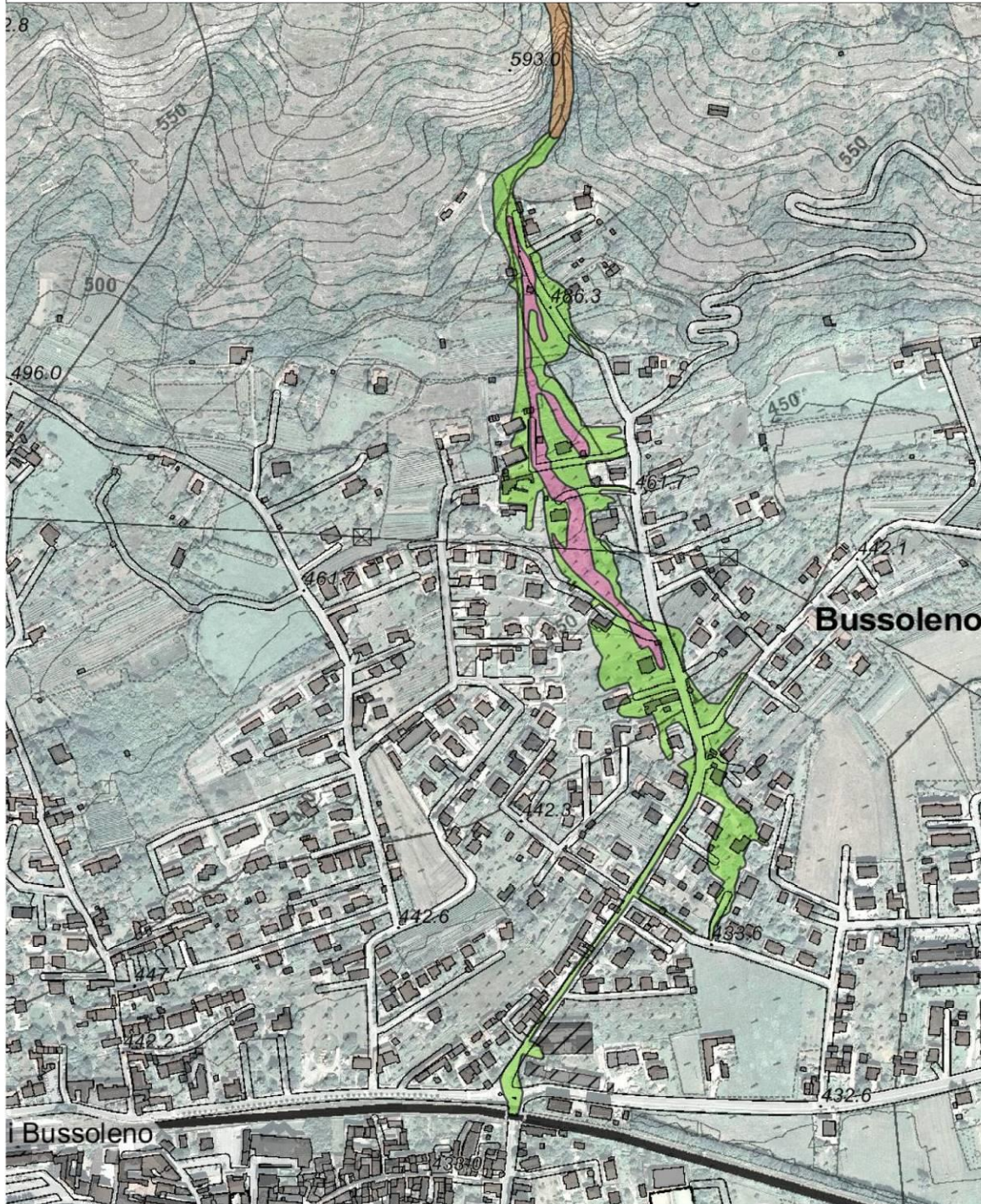


Figura 19. Perimetrazione del mud-debris flow del 7 giugno 2018 effettuata sulle foto aeree Regione Piemonte 2010, area in conoide.

ANALISI DELLE CAUSE DI INNESCO

Secondo la classificazione CWI la natura delle rocce predominanti costituenti il bacino influenza la reologia, i processi sedimentari, gli stili deposizionali e l'architettura dei conoidi alluvionali, la frequenza di occorrenza e la stagionalità d'innescò delle colate detritiche che hanno origine nei bacini stessi. In base alla capacità di una litofacies di produrre argilla, silt argilloso o minerali argillosimili, che andranno a costituire la frazione fine del detrito disponibile alla mobilizzazione, si avranno processi di trasporto in massa contraddistinti da reologie molto differenti che ne condizioneranno innescò, propagazione e deposizione. I bacini GCM sono in grado di produrre discrete quantità di silt argilloso, da cui deriva un comportamento moderatamente viscoplastico dei flussi detritici. La natura del materiale prodotto dai bacini condiziona anche la frequenza di occorrenza dei fenomeni torrentizi e la stagionalità in cui questi si manifestano più abbondantemente. Tale aspetto è legato alle caratteristiche delle precipitazioni piovose in grado di mobilizzare il materiale sciolto prodotto da tali bacini. L'intensità di pioggia minima in grado di innescare un fenomeno torrentizio di trasporto in massa in bacini di tipo GCM è pari a 30mm/h. Il Rio delle Foglie ricade all'interno del bacino della Dora Riparia, caratterizzata da tempi di ritorno di 20 anni per piogge di tali intensità.

Tuttavia, il bacino in esame è caratterizzato da una bassa densità di affioramento in favore di un'estesa copertura vegetativa che ricopre oltre il 90% del bacino (Figura 20). In accordo con Tiranti et al. (2016), i bacini caratterizzati da un'elevata copertura vegetativa non favoriscono l'innescò di fenomeni torrentizi ad alta concentrazione di sedimento, poiché la scarsità di affioramenti implica una bassa produzione di materiale sciolto che si renda disponibile alla mobilizzazione. L'assenza di eventi torrentizi storici documentati per il Rio delle Foglie potrebbe essere legato a quest'ultimo aspetto.

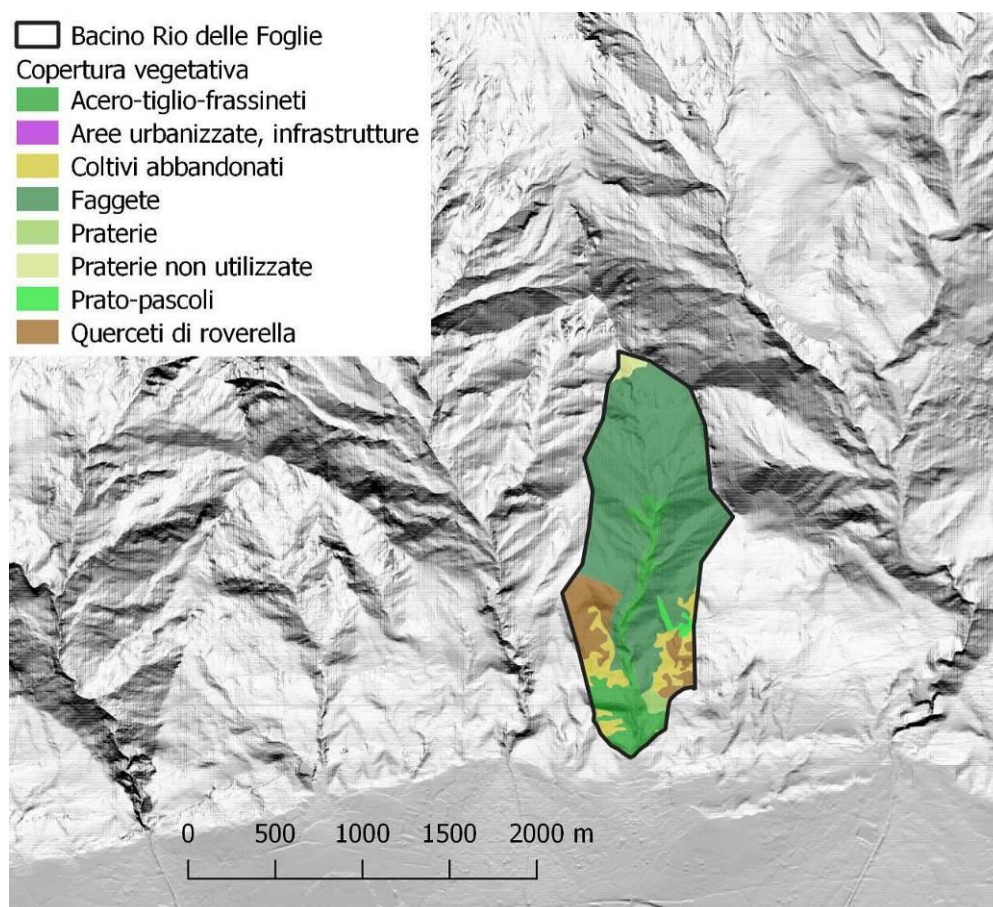


Figura 20. Copertura vegetativa del Rio delle Foglie (estratto della Carta dei Piani Forestali del Piemonte a scala 1:10000).

Nonostante ciò, il vasto incendio dell'ottobre 2017, che ha interessato quasi completamente l'area del bacino, ha modificato le condizioni preesistenti aumentando da una parte il materiale disponibile alla mobilizzazione (incluso il detrito ligneo combusto) (Figura 21a) e, dall'altra, modificando le caratteristiche idrologiche dei versanti (Figura 21b).

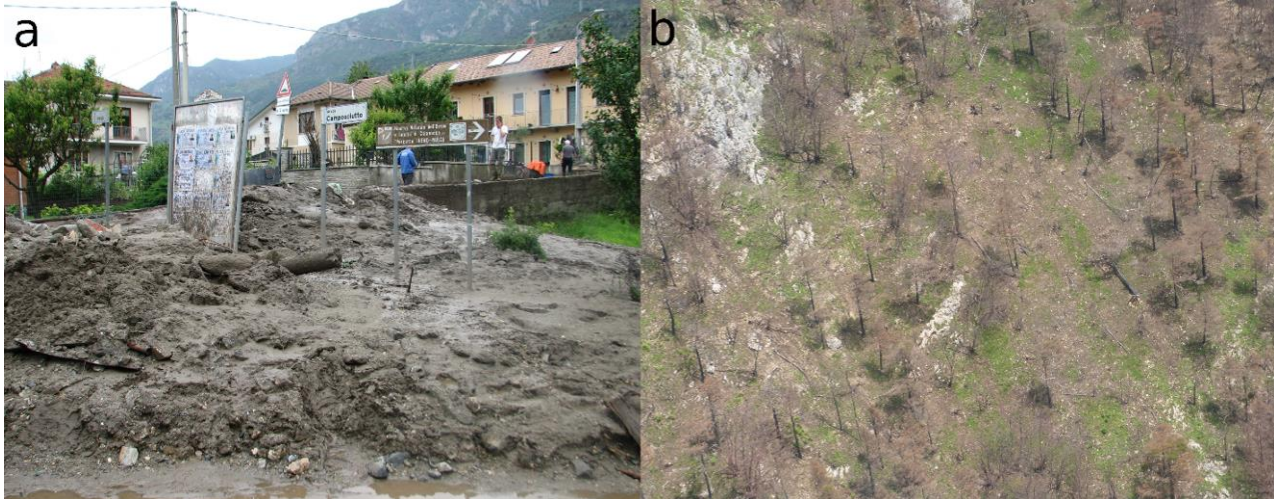


Figura 21. a) Materiale ligneo combusto rinvenuto nel deposito del mud-debris flow. La matrice mostra un'alta percentuale di sedimento fine di colorazione marrone scuro attribuibile alle particelle di materiale combusto. b) Versanti denudati dall'incendio in cui sono visibili arbusti e alti fusti carbonizzati, nell'area di testata del bacino.

I versanti percorsi da incendi subiscono una rielaborazione termica degli strati superficiali del suolo che genera l'aumento delle quantità di materiale fine (livello del suolo combusto) e la formazione di una superficie impermeabile anche discontinua che si sviluppa al di sotto del livello di suolo rielaborato dell'incendio, dovuta alla vetrificazione della frazione argillosa contenuta nel suolo ad opera delle alte temperature (hydrophobic soil surface) (DeBano and Ktammes, 1966; Bashir, 1969; Brandt, 1969).

In tali circostanze, il bacino risulta più suscettibile all'innesco di fenomeni torrentizi ad alto contenuto di sedimento trasportato, in virtù della maggiore quantità di materiale fine non consolidato resosi disponibile alla mobilizzazione e della maggiore azione erosiva delle piogge per diminuita capacità di suzione del suolo (DeBano, 1969) e per diminuita copertura vegetativa. In tali circostanze, scrosci anche di moderata intensità risultano maggiormente efficaci nel mobilizzare il materiale detritico disponibile, rispetto a quanto accadeva prima che il bacino fosse interessato dall'incendio (Ziarnolz et al., 1995; Cannon, 2001). Un caso analogo è già stato documentato in Piemonte nel comune di Pallanzeno (VB) il 18 luglio 2005 (Arpa Piemonte, 2005; Tiranti et al., 2006).

Come illustrato in precedenza, l'innesco del mud-debris flow del 7 luglio si è verificato, per l'appunto, in presenza di precipitazioni di moderata intensità, soprattutto se paragonate alle piogge antecedenti che, il 29 aprile, il 2, 9 e 14 maggio 2018 hanno causato eventi torrentizi di magnitudo inferiore caratterizzati dal trasporto di prevalente materiale fine (sabbie e silt di colore marrone scuro) e detriti lignei combusti (Figura 22) in concentrazioni modeste.

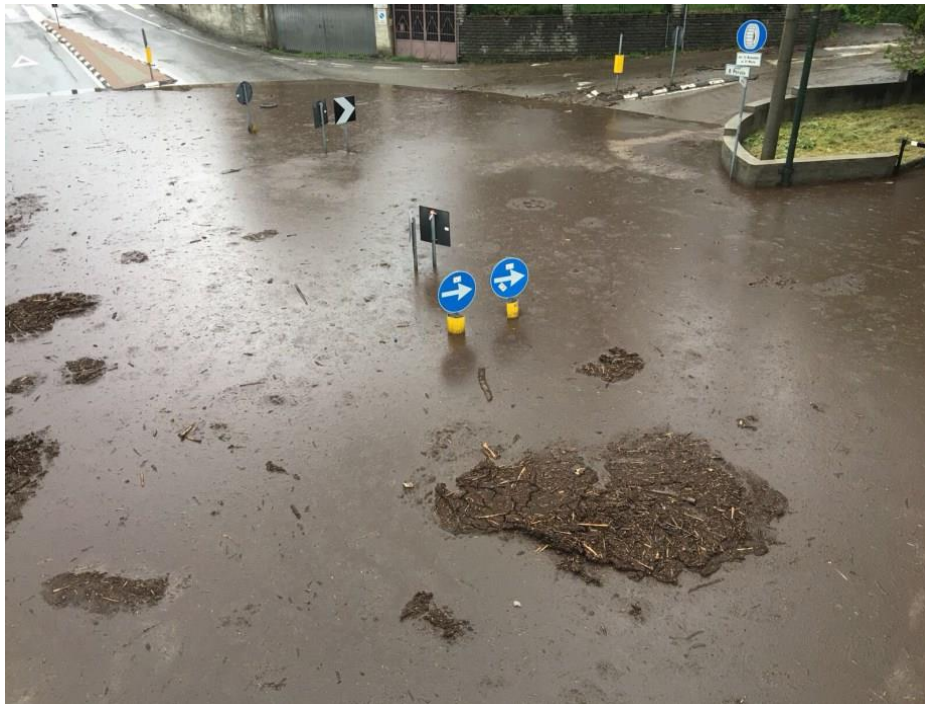


Figura 22. Natura del sedimento depositato dal mud flow che ha interessato Bussoleno il 29 aprile 2018 (fonte: settimanale ValsusaOggi del 29/04/2018 - <http://www.valsusaoggi.it/foto-valsusa-la-pioggia-manda-in-tilt-bussoleno-sottopasso-e-strade-allagate-frana-ed-allevatori-evacuati/> - consultato il 14/06/2018).

Per quanto riguarda le cause di innesco, alle considerazioni sopra esposte relative alle condizioni predisponenti, occorre aggiungere anche l'ipotesi di una portata di innesco "maggiorata" a causa della formazione di uno sbarramento temporaneo (in genere in formazione in corrispondenza di restringimenti naturali della sezione del canale e/o in corrispondenza di brusche riduzioni della pendenza) e successivo rilascio improvviso per rottura dello stesso. Tale ipotesi, da verificare, giustificerebbe a maggior ragione una portata eccezionale non riscontrata negli eventi storici precedenti.

Sulla base dei rilievi speditivi seguiti agli eventi oggetto di studio, il canale principale si presenta mediamente ripulito dai depositi e detriti superficiali presenti in alveo, tuttavia permangono forti disponibilità di materiale rimobilizzabile sulle sponde del tratto intermedio e lungo tutte le incisioni minori del tratto superiore del bacino afferenti al canale principale.

La mancanza di un canale di deflusso in conoide ha sicuramente avuto un ruolo fondamentale sull'amplificazione degli effetti sulle strutture antropiche e sulla dinamica del fenomeno.

ANALISI PLUVIOMETRICA

Come già accennato, il fenomeno è spiegabile poiché le precipitazioni che interessano un bacino dopo un incendio rimuovono per dilavamento il materiale prodotto dalla combustione sui versanti convogliandolo in alveo. Il dilavamento può avvenire gradatamente e in fasi successive in concomitanza di eventi piovosi separati e distinti (eventi pluviometrici di aprile e maggio). Quando il materiale è stato in gran parte dilavato dai versanti, viene lasciato esposto un suolo impoverito e localmente caratterizzato dalla presenza di più o meno estese superfici idrofobiche. Ne consegue una sensibile e generale diminuzione della permeabilità dei suoli, con un conseguente significativo aumento del run-off sui versanti, per cui l'effetto delle acque di ruscellamento diffuso (sui versanti) e concentrato (negli impluvi) risulta amplificato e in grado di mobilizzare anche il materiale grossolano presente in alveo.

Le precipitazioni osservate dai pluviometri più prossimi al bacino del Rio delle Foglie evidenziano valori non significativi o nulli nell'intorno dell'ora di occorrenza del fenomeno torrentizio (11:30-12:30UTC). I pluviometri di Prarotto (quota 1440m s.l.m., Condove, TO), Pietrastretta (quota 520m s.l.m., Susa, To) e Borgone (quota 400m s.l.m., Borgone Susa, To), situati a una distanza di 6,968 km, 7,856km e 8,690km dal bacino, hanno registrato rispettivamente 0,4mm, 3,2mm e 0mm. Valori di pioggia più consistenti sono stati registrati dagli stessi tra le 15:00 e le 18:30UTC, rispettivamente di 15,6mm, 10,8mm e 11,6mm. Tuttavia, data la distanza e la differenza di quota dei pluviometri rispetto al bacino, nonché alla luce della natura temporalesca delle precipitazioni, i dati di pioggia provenienti da tali misurazioni non possono essere considerati significativi per identificare i valori di pioggia responsabili dell'innescio del processo torrentizio. I dati pluviometrici si sono però rivelati utili al fine di attenuare l'incertezza delle stime radar. Questi sono stati confrontati con le stime radar ottenendo un fattore di correzione che, in questo caso specifico, ha permesso di identificare ed attenuare la sottostima dei valori di precipitazione stimati dalle osservazioni radar. La visibilità radar sull'area di interesse è parzialmente limitata a causa dell'orografia complessa. La Figura 23 mostra l'elevazione radar utile, ovvero libera da blocco orografico, per il radar di Bric della Croce, che si trova a circa 50km da Bussoleno. Come si può osservare, mentre nel fondo valle il fascio radar si propaga liberamente anche ad elevazioni inferiori a circa 1 grado, per la stima della precipitazione in corrispondenza dei versanti bisogna fare affidamento su misure raccolte a elevazioni più alte e quindi corrispondenti a quote elevate.

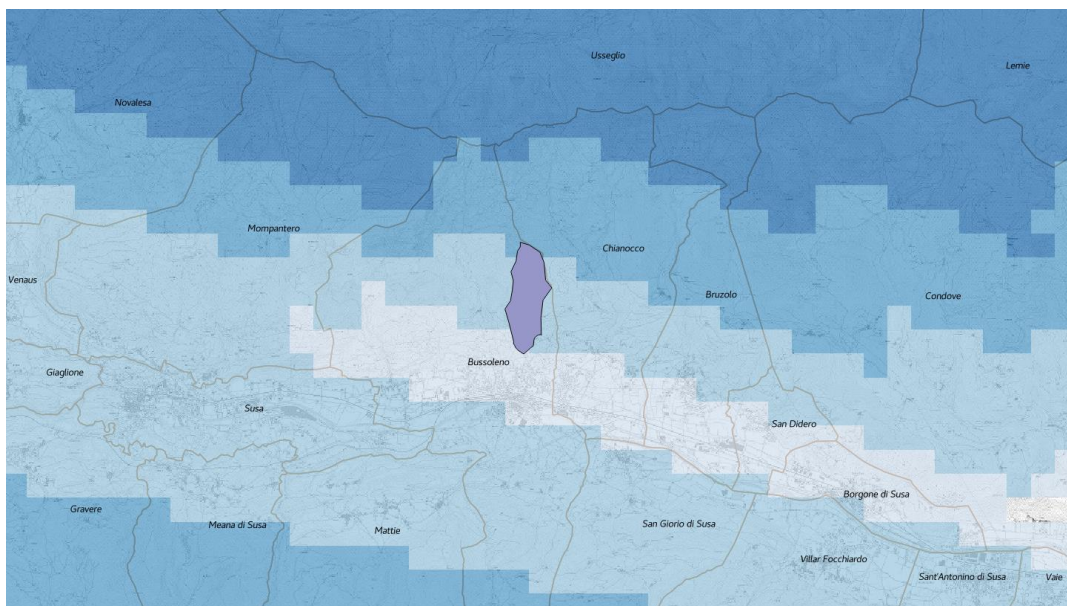
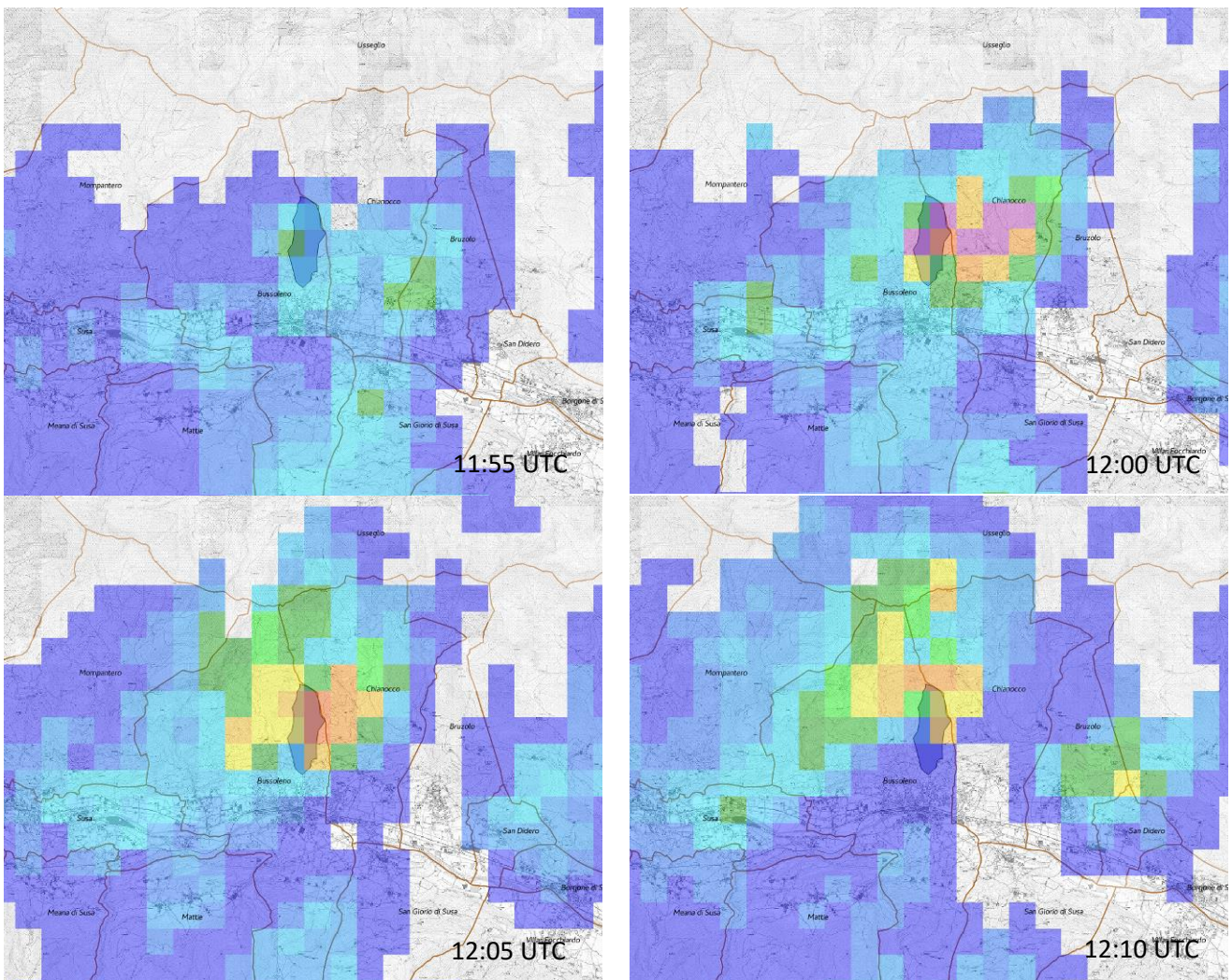


Figura 23. Mappa di visibilità dal radar di Bric della Croce sulla Val di Susa. Le tonalità di blu corrispondono a elevazioni da 0.5deg (blu chiaro), fino a 3.0deg (blu scuro, sopra Usseglio). L'area del bacino del Rio delle Foglie è evidenziata in colore viola al centro dell'immagine.

Considerando l'elevazione di 2.0deg, la quota delle osservazioni del radar di Bric della Croce sopra Bussoleno è di circa 2500m s.l.m., mentre l'elevazione successiva (3.0deg) corrisponde ad una quota di circa 3500m s.l.m.

Analizzando in dettaglio le piogge stimate da radar (Figura 24), è stata identificata una cella temporalesca, formatasi intorno alle 11:45UTC sul comune di Chianocco e zone limitrofe e transitata sul bacino in oggetto tra le 11:55 e le 12:25UTC. In Fig. 24 sono riportate le mappe con l'evoluzione della cella temporalesca nella zona di Bussoleno. L'intensità di precipitazione stimata da radar sul bacino considerato presenta dei picchi molto intensi compresi tra 60 e 100mm/h alle 12:00UTC. Alcuni valori di poco superiori a 100mm/h possono indicare la probabile presenza di graupel (grandine molle) alla quota delle osservazioni. L'intensità di precipitazione si è mantenuta oltre i 30-50mm/h fino alle 12:10UTC. Successivamente la cella temporalesca si è spostata verso Nord-Ovest, con una conseguente riduzione dell'intensità sul bacino del Rio delle Foglie. Quindi, tra le ore 12:00 e le ore 12:10UTC sono caduti circa 10 mm con un'intensità di 60mm/h.



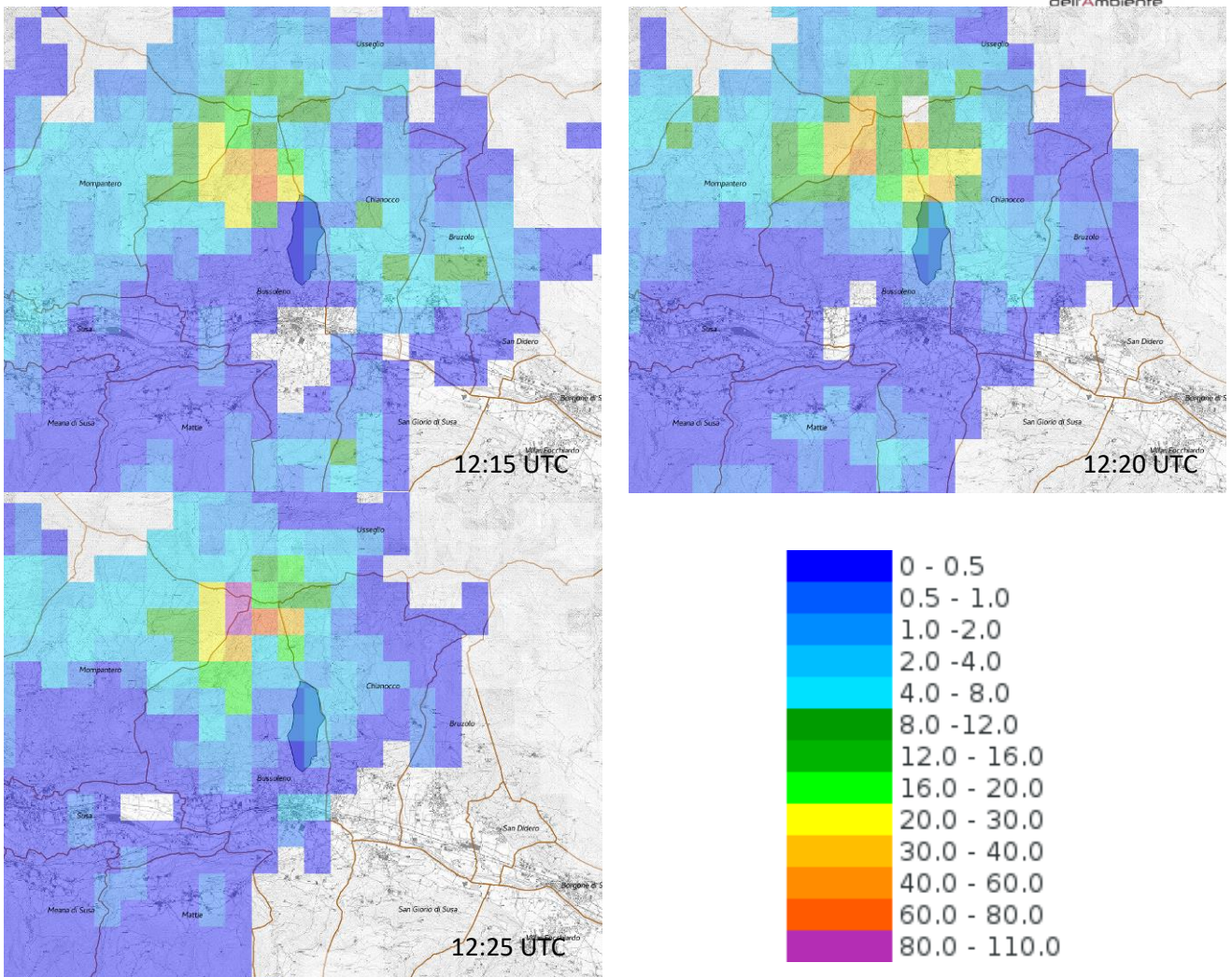


Figura 24. Intensità oraria di precipitazione stimata dal radar di Bric della Croce tra le 11:55 e le 12:25UTC. Le osservazioni utilizzate provengono dall'elevazione di 2.0deg e corrispondono ad una quota di circa 250m s.l.m. nell'area considerata. L'area del bacino del Rio delle Foglie è evidenziata al centro dell'immagine.

La mappa in Figura 25 riporta la stima della cumulata di pioggia al suolo relativa all'intervallo 11:55 – 12:25UTC. Si nota un massimo di circa 15mm (verde chiaro) sul bacino interessato dal mud-debris flow, corrispondente ad un'intensità di precipitazione media di circa 30 mm/h durante 30 minuti.

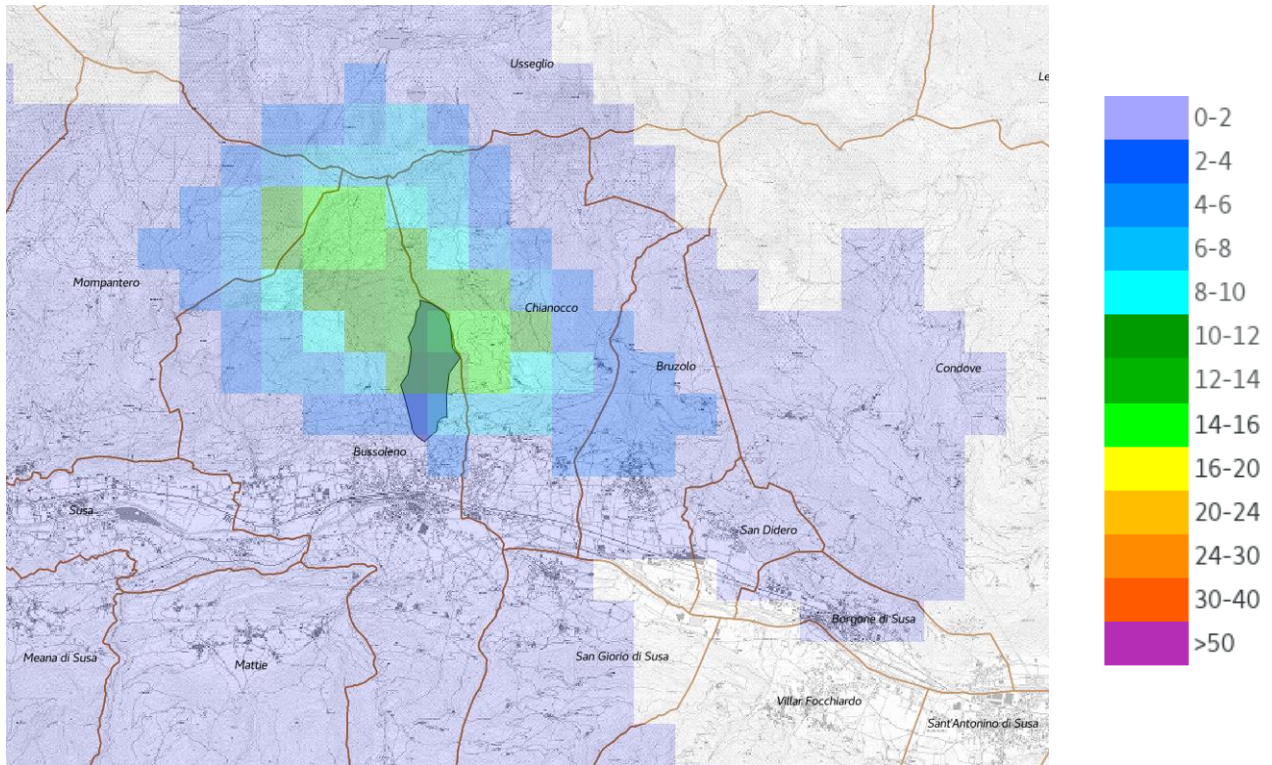


Figura 25. Cumulata al suolo stimata da radar relativa all'intervallo di tempo 11:55 – 12:25UTC del 07/06/2018, derivata dall'analisi delle osservazioni a 2.0deg. L'area del bacino del Rio delle Foglie è evidenziata al centro dell'immagine.

L'analisi statistica delle precipitazioni dell'evento ha evidenziato che le durate più critiche sono state quelle dei 10 minuti e della mezz'ora; infatti sui dieci minuti sono stati registrati circa 10mm e in mezz'ora circa 15mm. Tali quantitativi sono corrispondenti ad un tempo di ritorno di 5 anni, come si può notare dal grafico seguente, che riporta le linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per assegnato tempo di ritorno e diverse durate calcolate nel centro di scroscio che ha interessato il bacino del Rio delle Foglie (Figura 26).

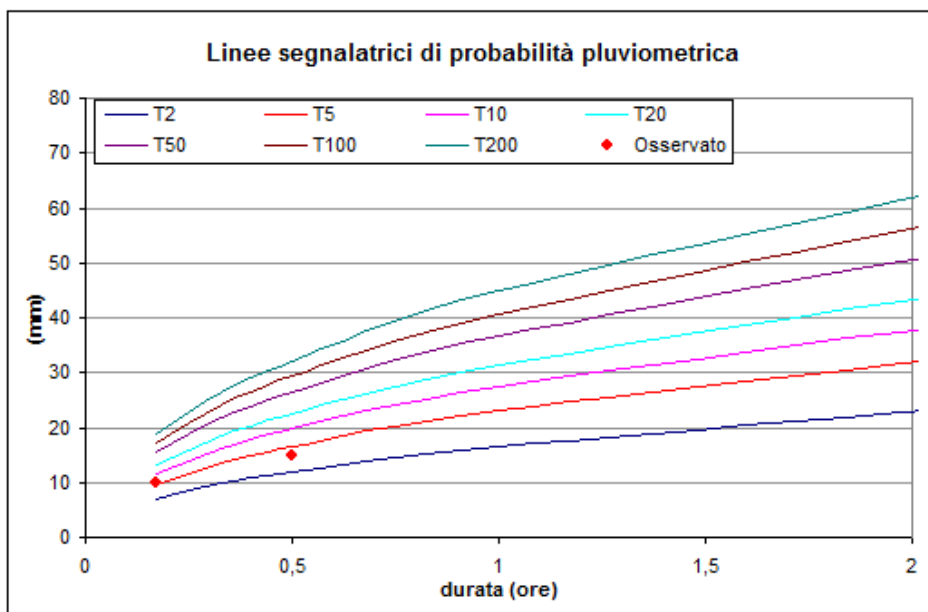


Figura 26. Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per assegnato tempo di ritorno per diverse durate calcolate nel centro di scroscio che ha interessato il bacino. I pallini rossi corrispondono ai valori di pioggia sui 10 e 30 minuti che intersecano la linea segnalatrice T5 (tempo di ritorno 5 anni).

REFERENZE

Arpa Piemonte, 2005, Il “trasporto in massa” a Pallanzeno (VB) del 18 luglio 2005. Pp. 24.

Bashir, S.M., 1969, Hydrophobic soils on the east side of the Sierra Nevada: Reno, University of Nevada, M.S. thesis, 97 p.

Brandt, G.H., 1969, Water movement in hydrophobic soils, in DeBano, L.F., and Letey, John, eds., Water-repellent soils: University of California, Riverside, May 6-10, 1968, Proceedings, p. 91-114.
Cannon, S.H., 2001. Debris flow generation from recently burned watersheds. Environmental and Engineering Geoscience 7 (4), 321–341.

DeBano, L.F., 1969c., The relationship between heat treatment and water repellency in soils: in DeBano, L.F., and Letey, John, eds., Water-repellent soils: University of California, Riverside, May 6-10, 1968, Proceedings, p. 265-279.

DeBano, L.F., and Krammes, J.S., 1966, Water-repellent soils and their relation to wildfire temperatures: Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology, v. 11, no. 2, p. 14-19.

Tiranti, D., Moscariello, A., Giudici, I., Rabuffetti, D., Cremonini, R., Campana, V., Bosco, F., Giardino, M., 2006, Post-fire rainfall events influence on debris-flows trigger mechanisms, evolution and sedimentary processes: the Rio Casella case study in the North-western Italian Alps. In: EGU General Assembly 2006 Geophysical Research Abstracts, Vol. 8, 03479, 2006 SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU06-A-03479

Tiranti, D., Cremonini, R., Marco F., Gaeta, A.R., Barbero, S., 2014, The DEFENSE (DEbris Flows triggERed by storms - Nowcasting SystEm): an early warning system for torrential processes by radar storm tracking using a Geographic Information System (GIS). Computers & Geosciences 70: 96-109. DOI: 10.1016/j.cageo.2014.05.004

Tiranti, D., Cremonini, R., Asprea, I., Marco, F., 2016, Driving Factors for Torrential Mass-Movements Occurrence in the Western Alps. Front. Earth Sci. 4:16. DOI: 10.3389/feart.2016.00016

Ziarnolz, Christoph, Hairsine, Peter, and Booker, Fred, 1995, Runoff and soil erosion in brushland following the Sydney bushfires: Australian Journal of Soil and Water Conservation, v.8, no. 4, p. 28-37.