



QUADERNO N°21

ATTIVITA' TORRENTIZIA IN VAL CENISCHIA

Inquadramento delle
recenti riattivazioni
rispetto alla
classificazione regionale
dei conoidi alluvionali

2012

*COLLANA INFORMATIVA
TECNICO-SCIENTIFICA*



ATTIVITA' TORRENTIZIA IN VAL CENISCHIA

Inquadramento delle recenti riattivazioni rispetto alla
classificazione regionale dei conoidi alluvionali

Quaderno n. 21

Collana informativa tecnico-scientifica

**ATTIVITÀ TORRENTIZIA IN VAL CENISCHIA - Inquadramento delle recenti riattivazioni
rispetto alla classificazione regionale dei conoidi alluvionali**
Collana informativa tecnico-scientifica Quaderno n. 21

Autori

Federica Marco

Arpa Piemonte, Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto

Davide Tiranti, Roberto Cremonini, Secondo Barbero

Arpa Piemonte, Dipartimento Tematico Sistemi Previsionali

Coordinamento redazionale

Federica Marco, Arpa Piemonte, Dipartimento Tematico Geologia e Dissesto

Fotografie archivio Arpa Piemonte



Progetto SCARTA LA CARTA

Questa pubblicazione è disponibile solamente on-line.

Nessuna copia cartacea è stata stampata.

ISBN 978-88-7479-109-5

Copyright © 2012, Arpa Piemonte

Via Pio VII, 9 - 10135 Torino – Italia

www.arpa.piemonte.it

La riproduzione è autorizzata citando la fonte.

SOMMARIO

Introduzione	2
1 Classificazione dei bacini idrografici e dei processi torrentizi attesi.....	2
2 Descrizione dei processi torrentizi osservati il 3 settembre 2001 e sintetico confronto con i dati storici disponibili.....	5
2.1 Torrente Gioglio	6
2.1.1 Tipo di processo ed effetti in conoide	6
2.1.2 Danni in conoide	8
2.1.3 Quadro degli eventi conosciuti	9
2.2. Torrente Claretto	10
2.2.1 Tipo di processo ed effetti in conoide	10
2.2.2 Danni in conoide	12
2.2.3 Quadro degli eventi conosciuti	12
2.3 Torrente Marderello	13
2.3.1 Tipo di processo ed effetti in conoide	13
2.3.2 Danni in conoide	14
2.3.3 Quadro degli eventi conosciuti	15
3 Analisi delle cause di innesco.....	17
4 Conclusioni	21
Riferimenti bibliografici.....	22

Introduzione

L'obiettivo del presente documento è presentare l'analisi dei fenomeni torrentizi che si sono verificati nel pomeriggio del 3 settembre 2011 in Val Cenischia lungo i torrenti Gioglio, Claretto e Marderello, nonché della situazione meteorologica che ne ha determinato gli inneschi, con particolare riferimento alla classificazione dei bacini idrografici alpini recentemente realizzata da Arpa Piemonte a scala regionale. Tale classificazione, basata su criteri geologici, consente di valutare il tipo di processo che può verificarsi con maggiore probabilità nei bacini considerati a fronte di una determinata intensità di precipitazione.

La descrizione dei fenomeni del 2011 è corredata da un sintetico quadro di confronto con le informazioni sugli eventi che hanno interessato gli stessi corsi d'acqua in epoca più o meno recente.

1 Classificazione dei bacini idrografici e dei processi torrentizi attesi

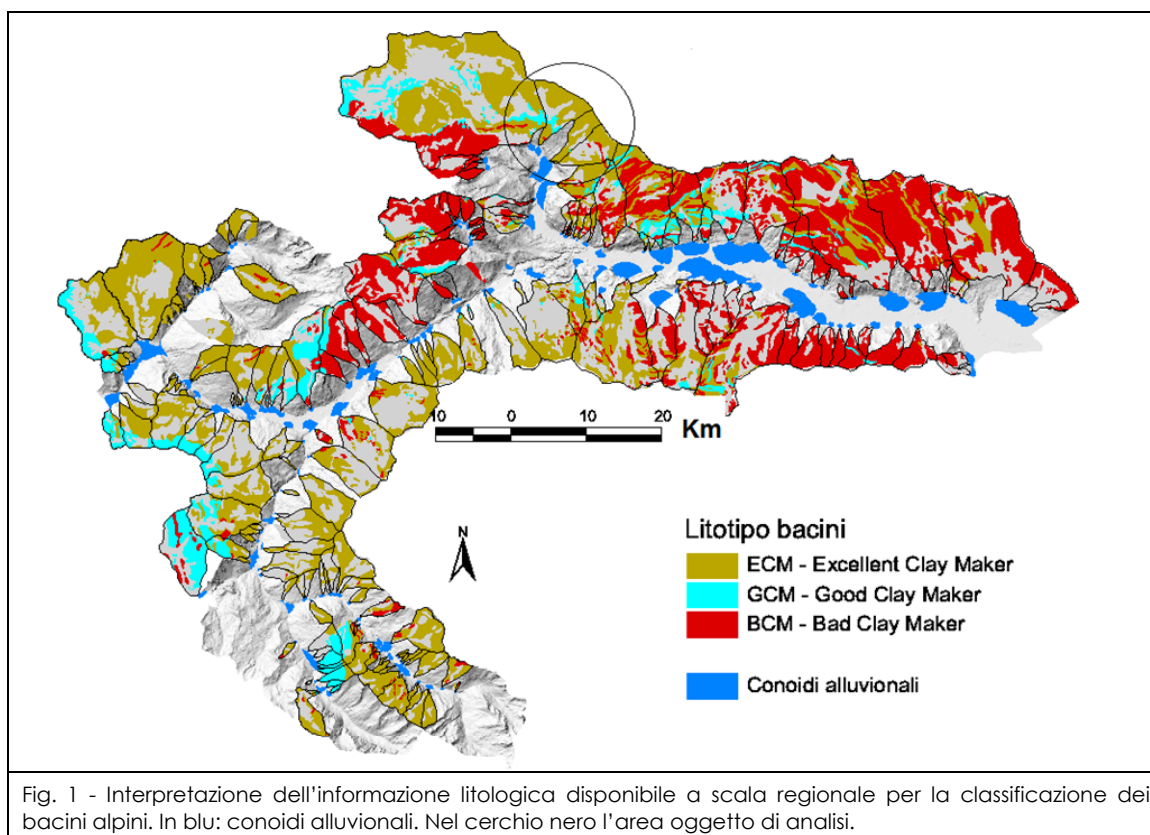
A partire da quanto proposto da Moscariello et al. (2002) e sulla base di studi più recenti (Tiranti, 2008; Tiranti ed al., 2008; Pirulli and Marco, 2010; Cremonini et al., 2010; Deangeli et al., 2011) i bacini idrografici delle Alpi piemontesi sono stati classificati sulla base della litologia prevalente del substrato affiorante a partire da informazioni omogenee a scala regionale, allo scopo di implementare i sistemi di previsione dei fenomeni torrentizi.

Tale criterio prevede l'attribuzione dei vari tipi di rocce affioranti nei bacini di alimentazione dei conoidi alluvionali a tre categorie principali che si differenziano per il ruolo giocato dalla matrice fine nei processi che si verificano lungo il reticolo idrografico, a determinare un flusso di tipo *cohesive* piuttosto che *non cohesive*: 1) *Excellent Clay Maker (ECM)*: rocce metamorfiche fittamente foliate e rocce sedimentarie ricche in minerali argillosi; 2) *Good Clay Maker (GCM)*: rocce carbonatiche massicce; 3) *Bad Clay Maker (BCM)*: rocce ignee o metamorfiche massicce (Tiranti, 2008).

In Figura 1 è riportata la classificazione secondo questo criterio metodologico dei litotipi costituenti il substrato affiorante nei bacini idrografici della Val di Susa afferenti a conoidi alluvionali; nel cerchio nero ricadono da NW verso SE i bacini e i conoidi dei torrenti Gioglio, Claretto e Marderello.

Dal litotipo prevalente nel bacino idrografico e quindi dalla disponibilità e dalle caratteristiche dei minerali che costituiscono la matrice fine, dipendono direttamente alcune caratteristiche distintive dei processi torrentizi che si verificano, quali la reologia e lo stile deposizionale dei fenomeni, la frequenza e la stagionalità prevalente di innesco, la

tipologia di precipitazione innescante, nonché l'architettura e la morfometria dei conoidi alluvionali.



I bacini dei torrenti Gioglio, Claretto e Marderello sono ascrivibili alla categoria di bacini (*ECM - Excellent Clay Maker*) in cui il substrato è costituito prevalentemente da rocce metamorfiche fittamente foliate e ricche in minerali fillosilicatici e/o da rocce sedimentarie ricche in argilla/*silt* argilloso, come ad esempio calcescisti filladici, black shale e argilloscisti, che disgregandosi rendono disponibili abbondanti quantità di minerali argillosi o "argillosimili" (fillosilicati *s.l.*) (Fig. 2). L'argilla, il *silt* argilloso e i minerali argillosimili che vanno a costituire la frazione fine del detrito disponibile alla mobilizzazione sono responsabili del comportamento viscoplastico dei flussi detritici, correlati a fenomeni di *debris flow* o *mud-debris flow* di tipo *cohesive*.

Le caratteristiche dei processi torrentizi determinano le caratteristiche dei conoidi alluvionali i quali, per questa tipologia di bacini e secondo le verifiche condotte sul territorio piemontese, sono contraddistinti da forma irregolare, ridotte dimensioni rispetto all'area del bacino e pendenze moderate della superficie sommitale del conoide stesso. Tali bacini sono caratterizzati da elevata frequenza di innesco (in media 1 innesco/anno), dove la maggioranza degli inneschi storici si è registrata durante la stagione estiva.

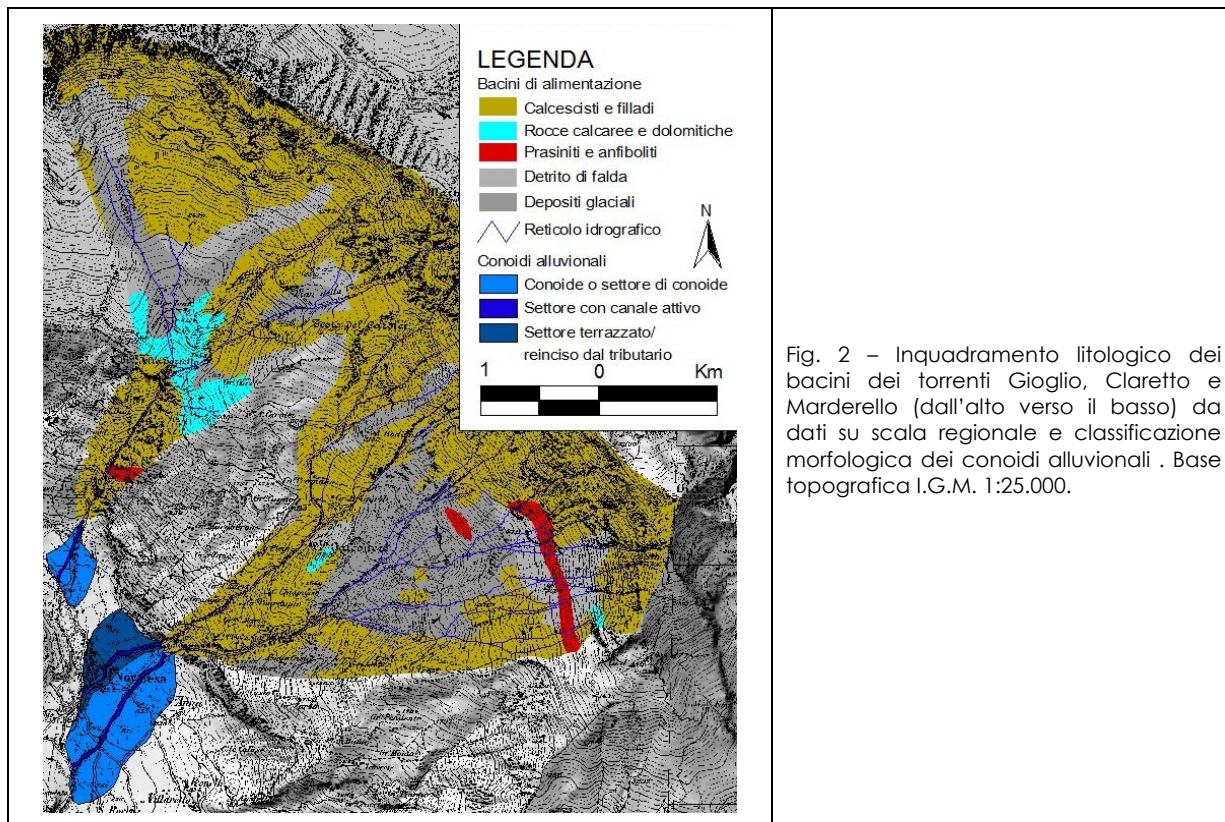


Fig. 2 – Inquadramento litologico dei bacini dei torrenti Gioglio, Claretto e Marderello (dall'alto verso il basso) da dati su scala regionale e classificazione morfologica dei conoidi alluvionali . Base topografica I.G.M. 1:25.000.

In questi bacini, sensibili a precipitazioni caratterizzate da intensità orarie anche moderate, i fenomeni torrentizi sono contraddistinti da una soglia di innesco con valori ≥ 20 mm/h.

In Figura 2 è riportata la classificazione morfologica dei tre apparati di conoide alluvionale, dalla quale si nota che per il T. Claretto l'alveo attivo è inciso rispetto alla quota dei lembi laterali di conoide, ad indicare un elevato grado di erosione operata dal corso d'acqua. Per i T. Gioglio e Marderello viceversa l'alveo attivo è posto ad una quota prossima a quella dei settori laterali di conoide (Arpa Piemonte, 2010).

Sulla base delle principali caratteristiche morfometriche dei bacini idrografici è possibile identificare il tipo di processo torrentizio che più probabilmente si può manifestare in conoide all'insorgere delle cause innescanti (Wilford et al., 2004):

- *flash flood* (FF): piena torrentizia con concentrazioni di sedimento basse;
- *debris flood* (DFd): flusso iperconcentrato con concentrazioni anche elevate di sedimento trasportato ma ancora subordinato alla componente liquida;
- *debris flow* (DFw): flusso con altissima concentrazione di sedimento trasportato, dove la componente solida prevale su quella liquida.

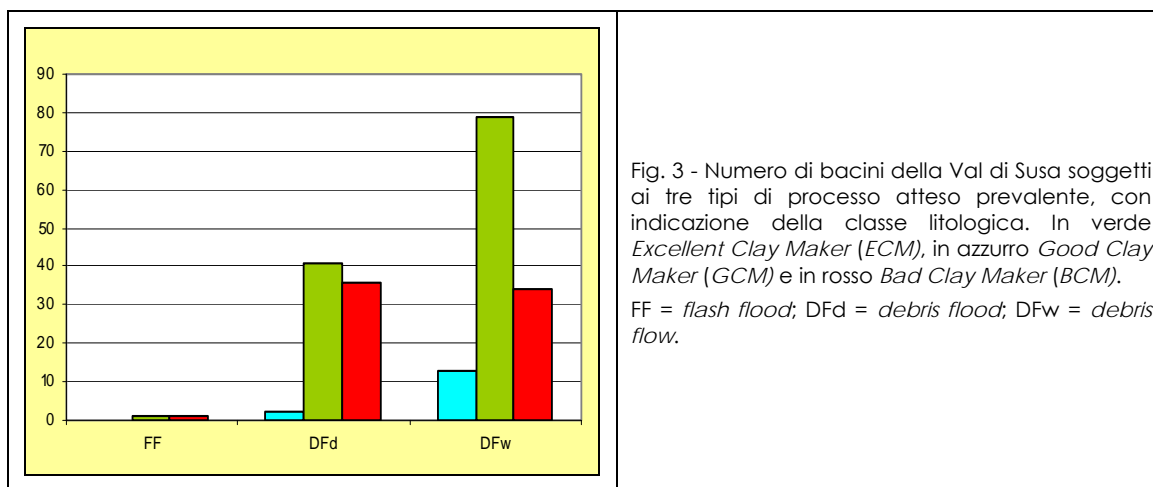
Nella Tabella 1 sono riportati i dati morfometrici principali dei bacini esaminati: la superficie planimetrica del bacino (Ab_{plan} in km^2), la superficie effettiva (Ab_{eff} in km^2),

l'estensione longitudinale effettiva del bacino (*Elong* in km), l'energia di rilievo (*H* in km) data dalla differenza tra la quota massima e la quota minima del bacino, l'indice di Melton (*Me*) e il rapporto tra area del conoide e area planimetrica del bacino (Ac/Ab_{plan}). Il processo atteso più probabile per i tre casi è di tipo *debris flood* ricco in frazione fine.

Bacino	Ab_{plan}	Ab_{eff}	<i>Elong</i>	<i>H</i>	<i>Me</i>	Ac/Ab_{plan}
T. Gioglio	7.22	10.24	4.06	2.48	0.92	0.02
T. Claretto	3.40	5.15	4.14	2.42	1.31	0.07
T. Marderello	5.39	6.87	4.40	2.63	1.13	0.12

Tab. 1 - Dati morfometrici principali dei bacini esaminati.

Nel grafico di Figura 3 si riporta una sintesi che esprime qual è per i bacini della Val di Susa il processo atteso più probabile, esplicitando la classificazione litologica. Si nota che il maggior numero di bacini è soggetto prevalentemente a *debris flow* e che la maggior parte dei bacini soggetti a *debris flow* e a *debris flood* sono *Excellent Clay Maker (ECM)*.



2 Descrizione dei processi torrentizi osservati il 3 settembre 2001 a Novalesa e sintetico confronto con i dati storici disponibili

Nel presente paragrafo si descrive quanto osservato in conoide a seguito dell'evento temporalesco verificatosi verso le ore 15 del 3 settembre 2011 nella conca di Novalesa sui T. Gioglio, Claretto e Marderello; per ogni torrente si confronta quanto osservato con quanto atteso sulla base degli studi condotti su tutto il Piemonte. Si riporta inoltre un

quadro sintetico delle informazioni storiche significative presenti nell'archivio di Arpa la cui fonte, secondo un criterio di interrogazione organizzato per Comune e con aggiornamento all'ottobre 2000, è disponibile nella Banca Dati Geologica (Arpa Piemonte, 2009).

2.1 Torrente Gioglio

2.1.1 Tipo di processo ed effetti in conoide

Il bacino idrografico del T. Gioglio, come detto, presenta substrato roccioso in prevalenti calcescisti filladici, affioranti per oltre il 75% dell'area totale; pertanto il conoide ricade, per quel che attiene l'innescò di processi torrentizi, nella classe degli *Excellent Clay Maker (ECM)* (Figg. 1 e 2). Tale classificazione si riferisce al comportamento dei litotipi prevalenti affioranti nel bacino in risposta alle diverse tipologie di sollecitazioni pluviometriche; in particolare nei bacini caratterizzati da litotipi a matrice prevalente argillosa o limoso-argillosa si registrano fenomeni di *debris flow* o *mud-debris flow* di tipo *cohesive* a fronte di precipitazioni brevi ed intense, generalmente localizzate, come si è verificato nel caso in esame. La restante parte del bacino idrografico insiste in rocce calcaree cristalline nel settore centrale, prasiniti ed anfiboliti in piccole lenti nella parte inferiore del bacino e infine in depositi quaternari variamente distribuiti (prevalentemente depositi glaciali e detrito di falda).

Il pomeriggio del 3 settembre 2011 si è verificato lungo il T. Gioglio un fenomeno di *mud-debris flow* di tipo *cohesive*. L'analisi dei corpi deposizionali dal punto di vista litologico, granulometrico e morfologico, con forme a lobo perfettamente conservate e cordoli dalla tipica forma stretta e ripida, ha confermato la classificazione litologica (Figg. 4÷7).

I principali effetti in conoide di tale fenomeno si possono ricondurre a:

- a) alluvionamenti con depositi prevalentemente ciottolosi con blocchi immersi in matrice limoso-argillosa in zona apicale in destra e in sinistra idrografica (contenuti dalle opere di difesa);
- b) deposizione nel settore medio-distale di lobi deposizionali esterni al canale principale, perfettamente conservati, costituiti da ciottoli e ghiaie con rari blocchi e resti vegetali immersi in matrice limoso-argillosa (Figg. 5÷7);
- c) inondazione nel settore distale con deposizione di materiale prevalentemente fine con rari ciottoli e ghiaie in abbondante matrice argilloso-limosa per alcune decine di metri oltre la sponda destra del recettore, il T. Cenischia; sono ben visibili in tale settore le tracce delle altezze di flusso pluridecimetriche sul piano campagna (freccia gialla in Fig. 8).

ATTIVITA' TORRENTIZIA IN VAL CENISCHIA

Inquadramento delle recenti riattivazioni rispetto alla classificazione regionale dei conoidi alluvionali



Fig. 4 - Apice del conoide del T. Gioglio. Visibili in corrispondenza del salto in roccia a monte dell'apice le tracce del passaggio del *mud-debris flow*. In primo piano in alveo blocchi di calcescisti di dimensioni metriche.



Fig. 5 - Vista verso monte del settore medio-distale del conoide. Lobi deposizionali esterni all'alveo in sinistra idrografica, dalla caratteristica forma a goccia e distribuiti lungo il canale principale come tipicamente si verifica in casi di *ECM*.



Fig. 6 - Dettaglio di lobo di *mud-debris flow* visto verso valle; visibili le caratteristiche del deposito, granulometricamente omogeneo ed estremamente addensato, nettamente separato dal piano campagna non interessato dai deflussi, ad indicarne l'estrema viscosità, tipica dei processi coesivi.



Fig. 7 - Particolare di lobo deposizionale nel settore mediano del conoide; si noti la composizione granulometrica a ciottoli e ghiaie immersi in matrice limoso-argillosa.



Fig. 8 - Aree inondate dai deflussi del T. Gioglio in destra idrografica del T. Cenischia, a valle della confluenza tra i due corsi d'acqua.



Fig. 9 - Sulla destra depositi del T. Gioglio fuori alveo in destra Cenischia, con spessori sul piano campagna di oltre 40 cm.

Il muro di difesa spondale presente nel settore apicale e mediano del conoide in sinistra idrografica, realizzato dal Genio Civile nel 1940 (rappresentato in verde nella Fig. 10 ed evidenziato da una freccia rossa in Fig. 11) ha impedito l'espansione della colata in direzione di un antico canale di scarico che solcava il fianco sinistro del conoide, molto ben riconoscibile dall'analisi della Carta Topografica dell'Istituto Geografico Militare in scala 1:25.000, i cui rilievi risalgono alla prima metà del secolo scorso, proteggendo in modo efficace una zona di recente espansione dell'abitato di Novalesa. L'efficacia di tale opera era già stata dimostrata nel settembre del 1994 (vedi "Quadro degli eventi conosciuti").

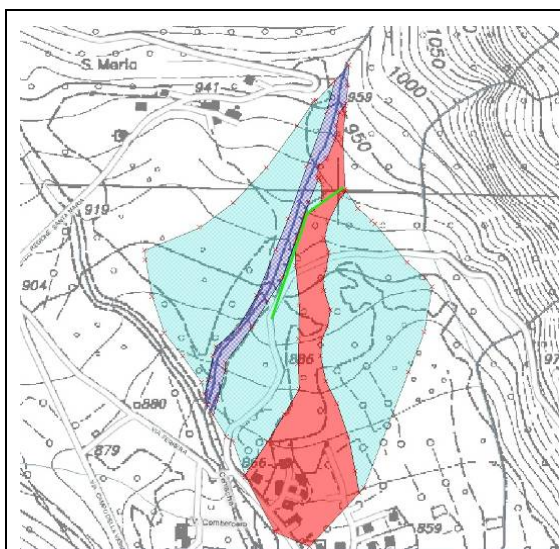


Fig. - 10 In azzurro il conoide, in rosso l'andamento del T. Gioglio prima della realizzazione del muro di difesa e in viola la posizione attuale del canale; in verde il muro.



Fig. 11 - Vista verso monte dei depositi di *mud-debris flow*: in destra idrografica *cordolo* tipico della *Classe 1*, di forma stretta e ripida. In sinistra idrografica i depositi sono stati contenuti dal muro di difesa spondale (freccia rossa).

2.1.2 Danni in conoide

Nel corso dell'evento si è registrata l'occlusione temporanea e il sormonto del ponte a valle della confluenza nel T. Cenischia (Fig. 12). I danni potenziali cui è esposto il recente edificato di Novalesa sono stati nulli grazie al ruolo del muro di difesa spondale in sinistra, attualmente in buono stato di efficienza.



Fig. 12 - Vista verso monte del conoide del T. Gioglio dalla zona di confluenza nel T. Cenischia (sulla sinistra nella foto). Depositi legati al *mud-debris flow* che ha interessato il T. Gioglio (di fronte).

2.1.3 Quadro degli eventi conosciuti

Nella seguente tabella sono riportate informazioni estratte dall'archivio Arpa sugli eventi storici che hanno interessato il bacino del T. Gioglio e che hanno avuto effetti rilevanti in conoide.

In azzurro eventi che hanno coinvolto tutti e tre i bacini esaminati; in arancio eventi che hanno coinvolto anche il T. Claretto, in verde eventi che hanno coinvolto anche il T. Marderello.

Data/Processo	Effetti principali in conoide	Danni
23 settembre 1994	Alluvionamenti a valle dell'apice di conoide, contenuti dal muro di difesa spondale presente in sinistra idrografica, e nella zona di confluenza nel T. Cenischia	Danni alla viabilità
25-26 settembre 1947	Alluvionamenti ed erosioni	Danni alla viabilità
29-30 agosto 1942	Erosioni ed alluvionamenti	Asportate due opere di attraversamento in legno Danneggiata condotta dell'acqua potabile
30 giugno 1938	Erosioni ed alluvionamenti	Asportate opere di attraversamento in legno Danni alla viabilità Coltivi danneggiati
12 giugno 1929	Alluvionamenti ed erosioni con creazione di nuovi canali di deflusso in conoide (divagazione)	Ostruita e danneggiata opera di attraversamento Coltivi danneggiati
28 settembre 1907	Alluvionamenti	Danni non precisati

2.2. Torrente Claretto

2.2.1 Tipo di processo ed effetti in conoide

Il bacino idrografico del T. Claretto secondo la classificazione litologica regionale presenta come il T. Gioglio substrato roccioso in prevalenti calcescisti filladici, affioranti per oltre il 70% dell'area totale; di conseguenza il conoide ricade, per quel che attiene l'innescò di processi torrentizi, nella classe degli *Excellent Clay Maker (ECM)* (Figg. 13 e 14). Se si considera la pioggia come principale fattore innescante, il bacino risponde in termini di processi torrentizi parossistici prevalentemente a precipitazioni localizzate brevi ed intense, tipiche dei temporali estivi. Al di là di piccole lenti localizzate di calcari cristallini, la restante superficie del bacino insiste in depositi glaciali e detrito di falda.

Il processo che si è verificato il 3 settembre è classificabile come *mud-debris flood* di tipo *cohesive*, pur essendo stato caratterizzato da alcune brevi fasi più concentrate assimilabili a *mud-debris flow*.

Dall'analisi litologica, granulometrica e morfologica dei depositi rilevati si può confermare la classificazione del bacino nella classe degli *ECM*. In particolare nelle zone di deposizione esterne all'alveo non interessate da deflussi successivi alla piena, che registrano la reale composizione granulometrica del trasporto solido - a differenza dei depositi in alveo, residuali o "scheletrici" - prevalgono ciottoli e blocchi in calcescisti filladici (più abbondanti nel settore di apice di conoide e sempre più radi procedendo verso valle) immersi in abbondante matrice argilloso-limosa (vedi Fig. 14).

Gli effetti principali del *mud-debris flood* che ha interessato il T. Claretto il 3 settembre si possono ricondurre a:

- a) deflussi esterni all'alveo ordinario di piena a valle dell'apice di conoide in sinistra idrografica, che hanno deposto materiale prevalentemente limoso-argilloso per circa 100 m in una zona di espansione "naturale" all'interno dell'alveo di piena straordinaria, refluiti nell'alveo di piena ordinaria poco più a valle (Figg. 13 e 14);
- b) in corrispondenza dell'ansa del canale principale nel settore medio-distale del conoide, a monte dell'abitato di Novalesa, la sopraelevazione dei deflussi in sponda esterna ha superato i 7 m da fondo alveo; l'energia del flusso ha provocato l'asportazione di una passerella in legno e delle staccionate di protezione del percorso pedonale in sinistra idrografica a monte del ponte (vedi descrizione dei danni), con deposizione di discrete quantità di materiale detritico fangoso e seria minaccia per gli edifici posizionati in prossimità delle sponde. Tale tratto costituisce un punto di criticità a causa della doppia ansa piuttosto ravvicinata, che si somma al restringimento forzato dell'alveo in corrispondenza del ponte di Novalesa.

ATTIVITA' TORRENTIZIA IN VAL CENISCHIA

Inquadramento delle recenti riattivazioni rispetto alla classificazione regionale dei conoidi alluvionali



Fig. 13 - Apice di conoide del T. Claretto e depositi del recente *mud-debris flood* in destra e in sinistra idrografica.



Fig. 14 - Particolare della via di deflusso esterna all'alveo di piena ordinaria in sinistra idrografica a valle dell'apice. Si noti la composizione granulometrica dei depositi, caratterizzati da abbondante matrice argilloso-limoso.



Fig. 15 - Vista verso monte della passerella asportata in corrispondenza dell'ansa a monte del ponte.



Fig. 16 - Vista verso valle della zona critica a monte del ponte; in rosso la zona di deposizione in sinistra idrografica.



Fig. 17 - Tracce dell'altezza dei deflussi da fondo alveo a monte del ponte in Novalesa.



Fig. 18 - Particolare dei depositi abbandonati dal *mud-debris flood* in sinistra a monte del ponte di Novalesa (cerchio rosso in Fig. 16).

2.2.2 Danni in conoide

L'evento del 3 settembre 2011 ha provocato i seguenti danni in conoide:

- asportazione della passerella di attraversamento pedonale nel settore mediano del conoide, in corrispondenza dell'ansa verso sinistra;
- danneggiamento della staccionata di protezione della strada pedonale presente in sinistra poco a monte del ponte nell'abitato di Novalesa.

2.2.3 Quadro degli eventi conosciuti

Il conoide del T. Claretto è caratterizzato da una frequenza di eventi significativi di piena noti in epoca storica non particolarmente elevata, ma data la posizione del canale principale rispetto al centro storico di Novalesa, i processi torrentizi lungo questo corso d'acqua destano sempre una particolare preoccupazione.

Nella seguente tabella sono riportate informazioni estratte dall'archivio Arpa sugli eventi storici che hanno interessato il bacino del T. Claretto, che hanno avuto effetti rilevanti in conoide. In azzurro eventi che hanno coinvolto tutti e tre i bacini esaminati; in giallo eventi che hanno coinvolto anche il T. Marderello e in arancio quelli che hanno coinvolto anche il T. Gioglio.

Data/Processo	Effetti principali in conoide	Danni
13-16 ottobre 2000	Forte erosione di fondo	Danneggiato muro di difesa spondale in zona di confluenza
5 luglio 1995	Sovralluvionamento in alveo	Edifici minacciati causa erosione in sinistra idrografica e occlusione attraversamento zona concentrico
23 giugno 1994	Alluvionamenti in zona di confluenza	Danni ai coltivi e ad infrastrutture di pubblico servizio (parco giochi).
20 agosto 1971	Sovralluvionamento in alveo	Edifici minacciati
15 luglio 1949	Riattivazione/incisione di canali in conoide (divagazione)	Opere di attraversamento danneggiate Opere di difesa idraulica danneggiate
30 agosto 1942	Inondazioni	Asportata passerella di attraversamento Coltivi danneggiati
10 agosto 1940	Sovralluvionamento in alveo	Ostruzione ponti sul T. Claretto e sul T. Cenischia Erosione muro di difesa del ponte sul T. Claretto.
20 agosto 1938	Esondazione per ostruzione attraversamento	Edifici minacciati Danni alla viabilità e ad opere di attraversamento
30 giugno 1938	Erosioni ed alluvionamenti	Asportate opere do attraversamento in legno Danni alla viabilità Coltivi danneggiati
12 giugno 1929	Non precisati	Distretto muro di difesa
6 agosto 1927	Alluvionamenti (con spessori fino a 2 m)	Danni alla viabilità
28 settembre 1907	Non precisati	Non precisati

2.3 Torrente Marderello

2.3.1 Tipo di processo ed effetti in conoide

Il bacino idrografico del T. Marderello secondo la classificazione litologica regionale presenta substrato roccioso in prevalenti calcescisti filladici, affioranti per oltre il 60% dell'area totale; di conseguenza il conoide ricade, per quel che attiene la previsione dell'innesco di processi torrentizi, nella classe degli *Excellent Clay Maker (ECM)* (Figg. 19 e 20).

A differenza del T. Gioglio e del T. Claretto una discreta superficie (oltre il 25%) vede affiorare depositi glaciali, caratterizzati da una densità di drenaggio del reticolo idrografico superficiale particolarmente elevata. Nel settore medio-superiore del bacino affiorano alcune fasce di modeste dimensioni di prasiniti e serpentiniti e piccole lenti di rocce calcaree cristalline; infine piccole aree vedono in affioramento detrito di falda.

Il processo che si è verificato il 3 settembre è classificabile come *mud-debris flood* di tipo *cohesive*, pur essendo stato caratterizzato da alcune brevi fasi a maggior concentrazione di materiale detritico (*mud-debris flow*).

Rispetto al coalescente conoide del T. Claretto, il conoide del T. Marderello è caratterizzato da una frequenza elevatissima di eventi significativi di piena, pressoché annuale in diversi periodi storici (vedi "Quadro degli eventi conosciuti").

Il fenomeno registrato il 3 settembre è stato caratterizzato da notevole trasporto solido complessivo e dall'interferenza dei deflussi con gli attraversamenti della viabilità principale, rimarcando il carattere registrato nella gran parte degli eventi documentati.

Dall'analisi litologica, granulometrica e morfologica dei depositi rilevati si può confermare la classificazione del bacino come appartenente alla *classe degli ECM*. In particolare nei depositi prevalgono ciottoli di calcescisti filladici, con alcuni blocchi in zona apicale e mediana, immersi in abbondante matrice argilloso-limosa (Figg. 19 e 20).

I principali effetti morfologici in conoide del fenomeno torrentizio del 3 settembre si possono ricondurre a (Figg. 19, 20 e 21):

- a) pronunciata erosione spondale in apice di conoide in destra idrografica in corrispondenza del muro di contenimento della cassa di espansione, con gravi danni per l'opera stessa;
- b) marcata erosione dell'accumulo di detriti stoccato nella cassa di espansione precedentemente l'evento, in ragione dell'erosione operata nel muro di contenimento;
- c) sovralluvionamento dell'alveo in molti tratti lungo il percorso in conoide, in particolare nel



Fig. 19 Vista verso monte dell'alveo in conoide, nel settore mediano. Si notino i blocchi residuali (scheletro) dopo il passaggio della coda liquida del *mud-debris flood* del 3 settembre e delle portate liquide successive all'evento.



Fig. 20 Vista verso monte dell'alveo in conoide nel settore a monte dell'attraversamento della strada provinciale Susa-Novalesa. Si noti la granulometria prevalentemente fine del deposito in sinistra idrografica (sulla destra nella foto), indisturbato dai deflussi successivi alla piena del 3 settembre.

settore medio-terminale, con deposizione laterale di ingenti quantità di materiale detritico in zone non interessate dai deflussi ordinari.



Fig. 21 - Vista panoramica del settore apicale del conoide del T. Marderello.

2.3.2 Danni in conoide

Durante il *mud-debris flood* del 3 settembre si sono registrati i seguenti danni:

- danneggiato per erosione il muro di contenimento della cassa di espansione realizzata in apice di conoide.
- parzialmente sormontato dai deflussi il ponte della strada provinciale Susa - Novalesa (Fig. 23).



Fig. 22 Vista verso monte del danno al muro di contenimento della vasca di espansione in apice di conoide



Fig. 23 Vista verso monte del ponte sulla Strada Provinciale per Susa-Novalesa.

2.3.3 Quadro degli eventi conosciuti

Nella seguente tabella sono riportate informazioni estratte dall'archivio Arpa sugli eventi storici che hanno interessato il bacino del T. Marderello e che hanno avuto effetti rilevanti in conoide. In azzurro eventi che hanno coinvolto i tre bacini esaminati; in giallo eventi che hanno coinvolto anche il T. Claretto e in verde quelli che hanno coinvolto anche il T. Gioglio.

Data/Processo	Effetti principali in conoide	Danni
29 luglio 2005	Sovralluvionamento in alveo	Non significativi
19 agosto 1996	Sovralluvionamento in alveo	Non significativi
13 agosto 1995	Sovralluvionamento in alveo	Parziale sormonto opera di attraversamento principale
26 giugno 1994	Alluvionamenti	Danni potenziali alla viabilità
24 settembre 1993	Alluvionamenti in sponda destra (a valle dell'apice, per la componente meno fine contenuti dal muro di difesa) e in sponda sinistra (in corrispondenza del ponte a monte della confluenza); erosioni	Edifici in destra lambiti dai deflussi di piena (materiale fine non contenuto) Sormontata opera di attraversamento principale Distruita opera di attraversamento secondaria Viabilità secondaria e terreni compromessi per alluvionamenti
23 luglio 1991	Alluvionamenti in destra e in sinistra a valle dell'apice	Opera di attraversamento principale sormontata Opera di attraversamento secondaria distrutta
20 agosto 1971	Sovralluvionamento in alveo	Edifici minacciati
18 luglio 1964	Sovralluvionamento in alveo	Edifici minacciati Ostruita opera di attraversamento
Marzo 1964	Erosioni di sponda	Danni potenziali ad edifici e viabilità

13-14 giugno 1957	Erosioni	Opere di difesa spondale danneggiate
26 settembre 1956	Alluvionamenti	Edifici minacciati Danni a coltivi
giugno 1953	Alluvionamenti ed erosioni	Opera di difesa spondale danneggiata
15 luglio 1949	Alluvionamenti ed erosioni	Edifici minacciati (evacuati) Opere di protezione distrutte Gravi danni ai coltivi
15 maggio 1948	Alluvionamenti	Danni alla viabilità e ad opere di attraversamento Coltivi danneggiati
26 settembre 1947	Alluvionamenti ed erosioni	Danni potenziali ad edifici Danni alla viabilità Coltivi danneggiati
30 agosto 1942	Alluvionamenti	Edifici lambiti dai deflussi Asportata passerella di attraversamento Coltivi danneggiati
20 agosto 1938	Alluvionamenti	Opere di attraversamento distrutte Danni alla viabilità
13 agosto 1935	Alluvionamenti ed erosioni	Opere di attraversamento distrutte
3 agosto 1934	Sovralluvionamento in alveo	Opere di attraversamento distrutte
12 giugno 1929	Alluvionamenti ed erosioni	Opere di attraversamento distrutte Danni alla viabilità
28 settembre 1907	Alluvionamenti ed erosioni	Danni alla viabilità Danni a opere di attraversamento Altri danni non precisati
Luglio 1905	Alluvionamenti ed erosioni	Opere di attraversamento distrutte Danni alla viabilità Coltivi danneggiati
18 luglio 1904	Alluvionamenti	Asportata opera di attraversamento Coltivi danneggiati
28 luglio 1896	Alluvionamenti ed erosioni	Edifici minacciati Opera di attraversamento distrutta Danni alla viabilità Coltivi danneggiati
18 luglio 1885	Alluvionamenti ed erosioni	Edifici distrutti Coltivi danneggiati
Luglio 1874	Alluvionamenti	Coltivi gravemente danneggiati
16 agosto 1868	Alluvionamenti significativi	Edifici minacciati

3 Analisi delle cause di innesco

Nella giornata del 3 settembre un'area depressionaria (Fig. 24), in moto dalle isole Baleari verso il Mar di Sardegna, ha apportato sul Piemonte flussi umidi meridionali ed instabilità diffusa che ha determinato nel pomeriggio una diffusa attività temporalesca sui rilievi alpini e sulle zone pedemontane nordoccidentali piemontesi, con precipitazioni a carattere di rovescio localmente molto forti.

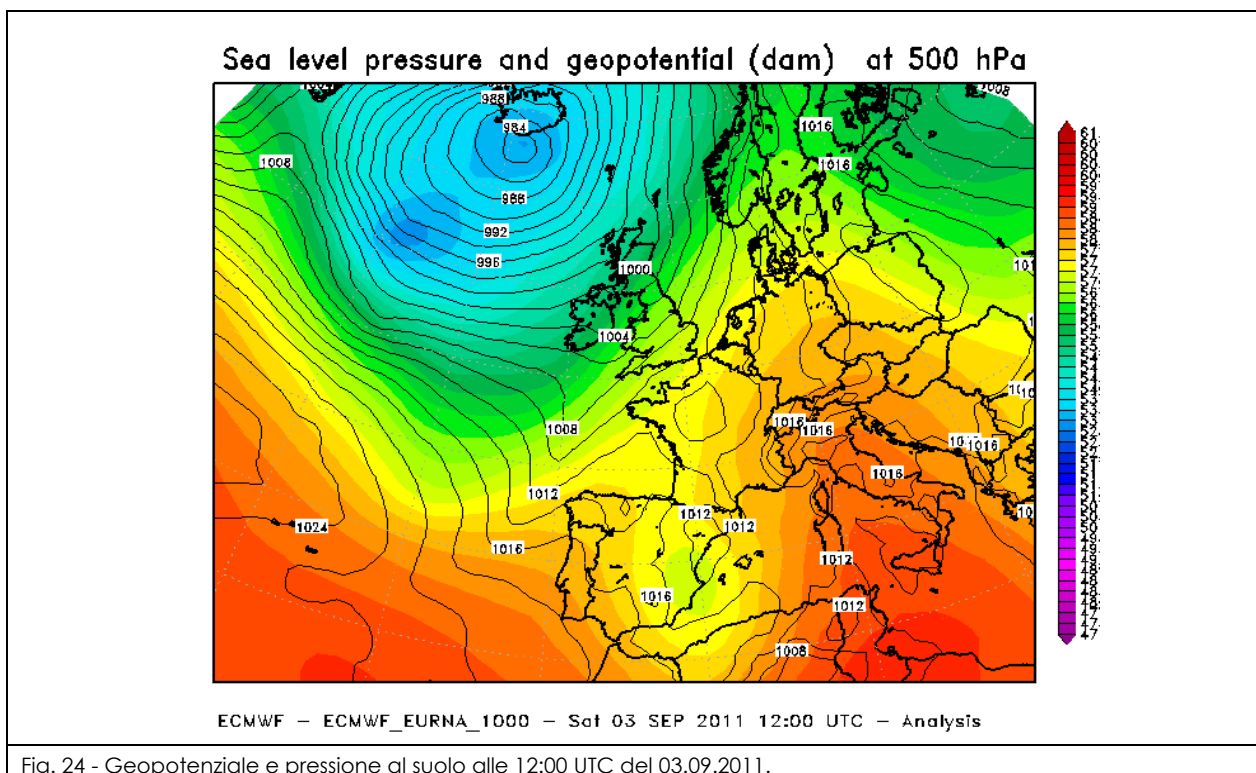


Fig. 24 - Geopotenziale e pressione al suolo alle 12:00 UTC del 03.09.2011.

Il radiosondaggio delle ore 12:00 UTC (Fig. 25) ha delineato una situazione di moderata instabilità ($CAPE = 589 \text{ J/Kg}$) ma elevati valori di acqua precipitabile ($PWAT = 40,13 \text{ mm}$), indicatore della capacità delle celle temporalesche di “produrre” elevati quantitativi di precipitazione in brevi periodi.

In occasione dei fenomeni occorsi nei tre bacini considerati si è verificata infatti una notevole attività temporalesca che ha interessato la bassa Valle di Susa. Grazie all'utilizzo dei radar meteorologici di Arpa Piemonte sono state identificate le singole celle temporalesche responsabili dell'innesco dei fenomeni torrentizi, di cui è stato possibile seguire l'andamento spazio-temporale con una certa accuratezza (Fig. 26).

Come si può notare dalla Fig. 26, alcune celle temporalesche hanno seguito un percorso sud-nord coincidente con l'asse vallivo della Val Cenischia, fino ad arrivare in prossimità dei bacini sede dei fenomeni di *mud-debris flow/mud-debris flood*.

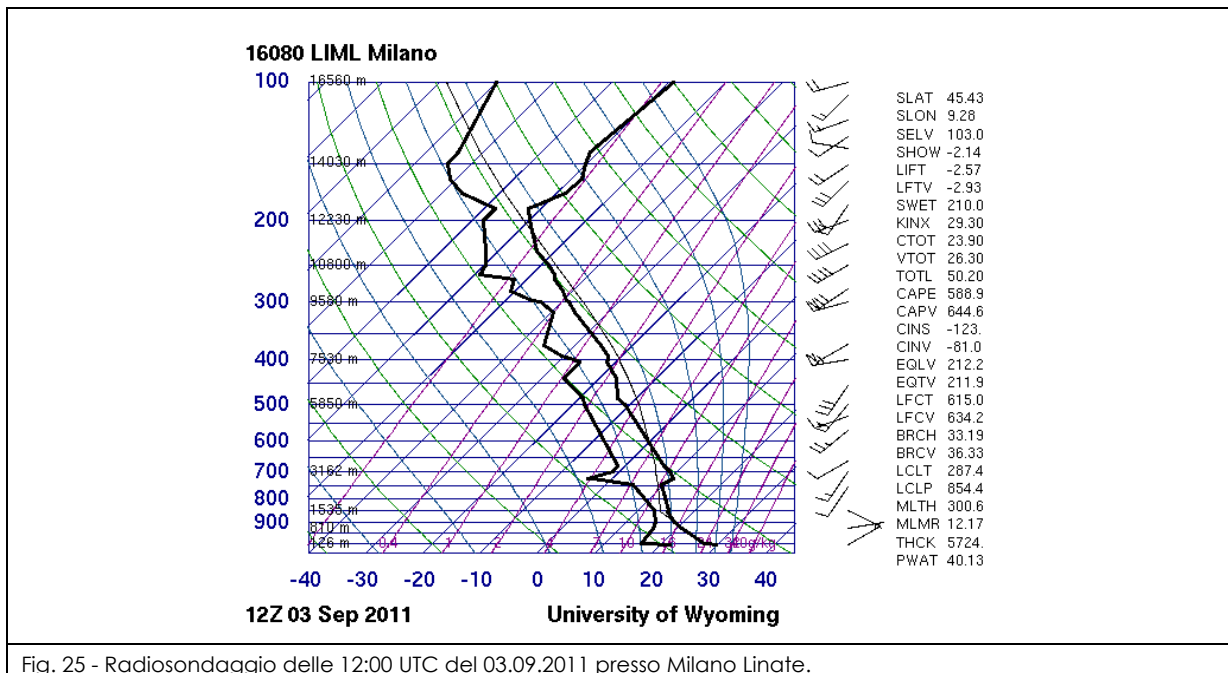


Fig. 25 - Radiosondaggio delle 12:00 UTC del 03.09.2011 presso Milano Linate.

Purtroppo, a causa del disturbo procurato da un più importante fronte temporalesco che ha interessato l'area pedemontana, non si è potuta seguire l'evoluzione complessiva delle celle responsabili degli inneschi.

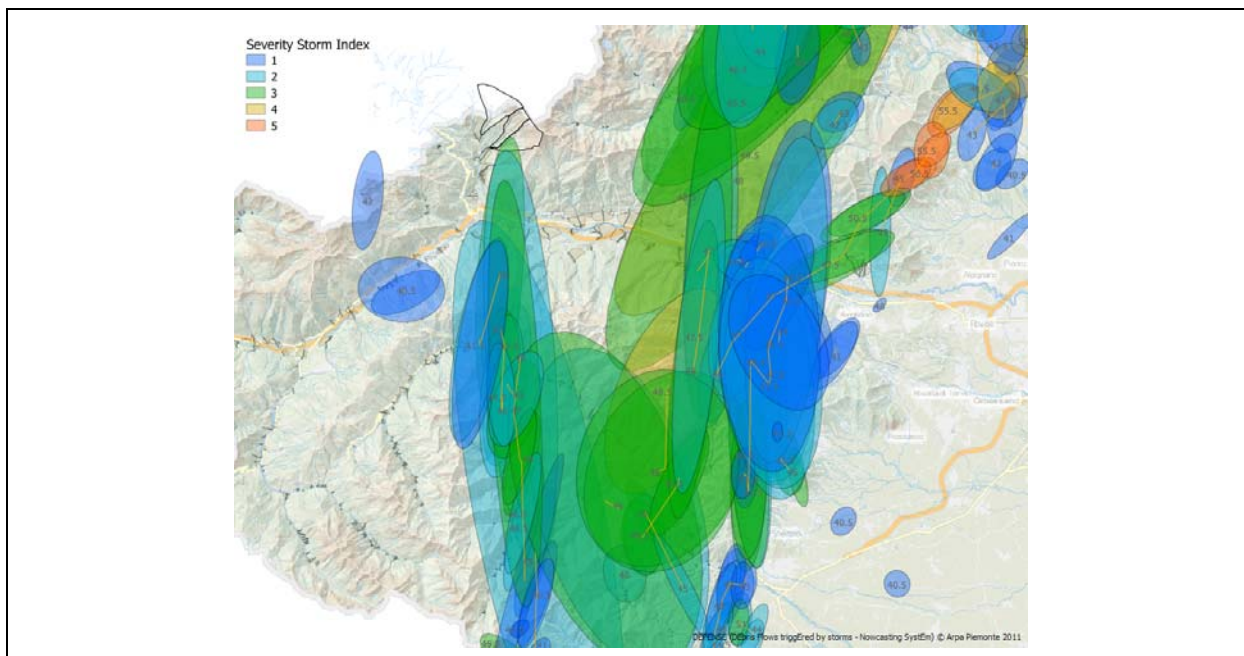


Fig. 26 - Ellissi rappresentanti forma e dimensione delle celle temporalesche: il colore si riferisce alla scala di severità legata alla massima intensità stimata (valore in dBZ riportato al centroide dell'ellisse); le linee arancioni rappresentano il percorso seguito dalle singole celle temporalesche. I bacini sede dei fenomeni torrentizi sono evidenziati dal contorno nero.

Tuttavia, la visibilità radar non è stata mascherata completamente ed è stato comunque possibile ottenere la distribuzione dei campi di precipitazione con relativa stima delle

intensità istantanee durante l'evento. In Fig. 27 è riportato lo zoom della mappa radar istantanea delle 13:40 UTC da cui si evince che gli scrosci di maggior intensità stimata (valori intorno 45 dBZ) hanno interessato i tre bacini per lo più in zone di testata.

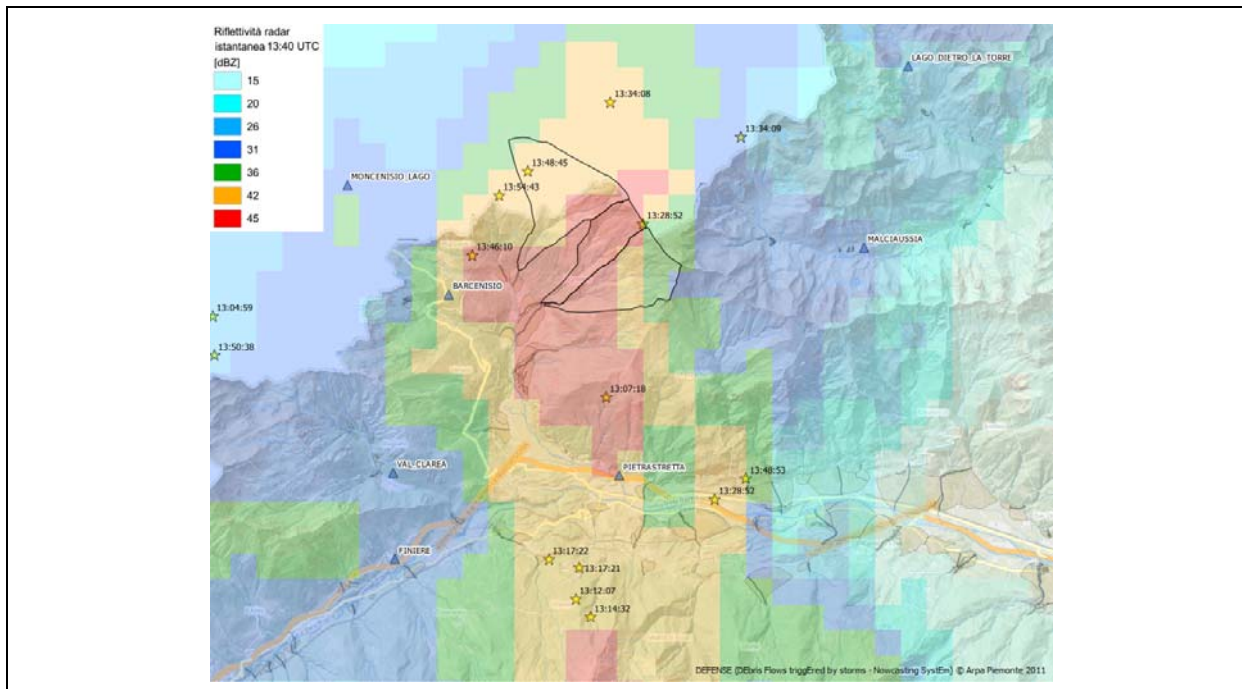


Fig. 27 - Mappa di riflettività radar istantanea di dettaglio (ore 13:40 UTC) nell'intorno dei bacini in cui si sono innescati i *mud-debris flow/mud-debris flood*. Nell'area caratterizzata dai valori più elevati di riflettività (area rossa che interessa i tre bacini) si concentra, per l'intervallo temporale considerato, una discreta attività legata a fulminazioni (stelle etichettate con l'ora di accadimento). Le stazioni pluviometriche limitrofe sono rappresentate dai triangoli azzurri.

Essendo le osservazioni radar delle stime indirette di precipitazione operate tramite la conversione dei valori di riflettività (dBZ) in valori di pioggia (mm), si è cercato il confronto con i valori di pioggia registrati dai pluviometri più prossimi ai bacini che, al contrario, operano una misurazione diretta delle precipitazioni anche se solo puntualmente. Si è operato il confronto dei valori di riflettività radar con quanto misurato dal pluviometro di Barcenisio (Tab. 2), in posizione maggiormente significativa anche se interessato da celle della mappa radar contraddistinte da valori di riflettività istantanea intorno a 42 dBZ (14 mm/h), cioè inferiori a quelli che hanno invece interessato le testate dei bacini (45 dBZ). La figura 28 illustra la stima radar della distribuzione dei campi di precipitazione cumulata durante l'evento temporalesco rivelatosi critico per l'innescò dei *mud-debris flow/mud-debris flood*.

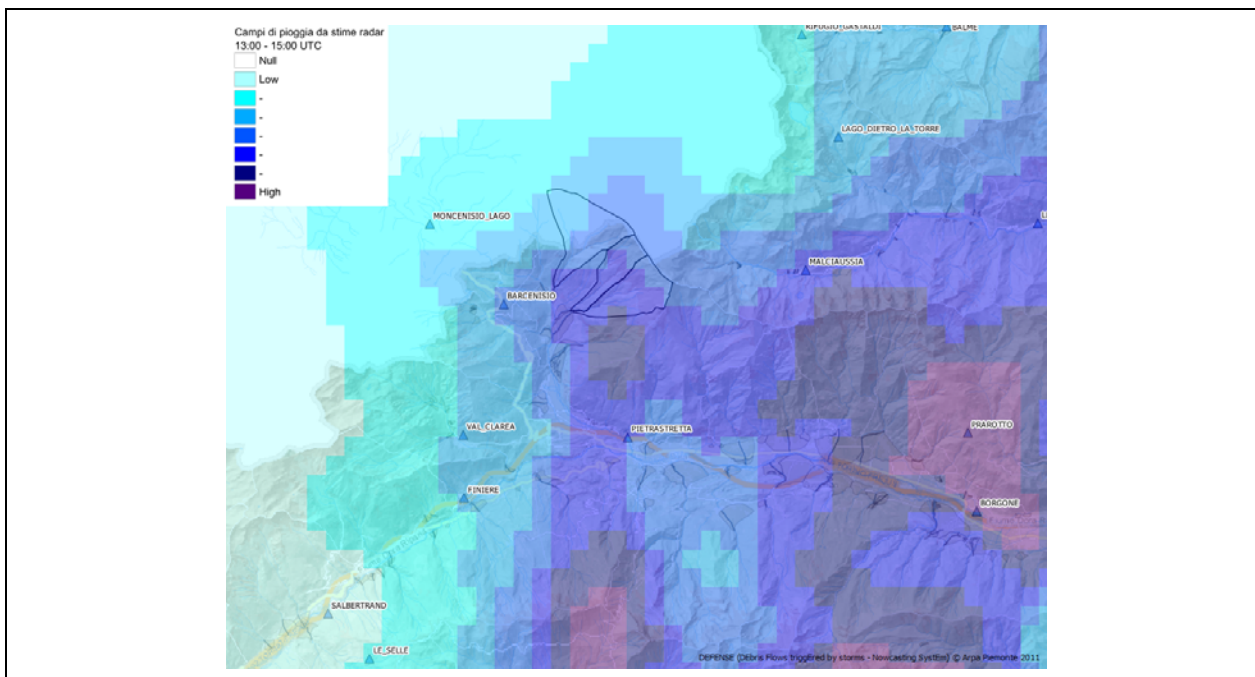


Fig. 28 - Distribuzione dei pluviometri (triangoli azzurri) nell'intorno dei bacini e confronto con la mappa radar della distribuzione dei campi di precipitazione cumulata dalle 13:00 alle 15:00 UTC.

L'afflusso ai tre bacini oggetto di studio è stato ricostruito utilizzando la distribuzione spaziale delle precipitazioni derivanti dalle misure radar ed il valore registrato alla stazione di Barcenisio (Tab. 2 e relativo pluviogramma di Fig. 29) per riscaldare i campi di pioggia radar.

Come risultato se ne deduce che le piogge che hanno interessato i tre bacini sono state caratterizzate da intensità e cumulate più elevate di quanto registrato dal pluviometro di Barcenisio. In particolare la pioggia cumulata tra le ore 13 e le 15, ragguagliata al bacino, è stata di circa 43 mm nei T. Claretto e Mardarello ed all'incirca di 33 mm nel T. Gioglio.

Tab. 2 – Tabella dei valori massimi di pioggia registrati dalla stazione di Barcenisio		
Durata	Massimo di Pioggia (mm)	Intervallo temporale in cui si è verificato il valore massimo (UTC)
10 min	8.2	13:40-13:50
30 min	18.6	13:30-14:00
1 h	24	13:10-14:10
2 h	31.2	13-15

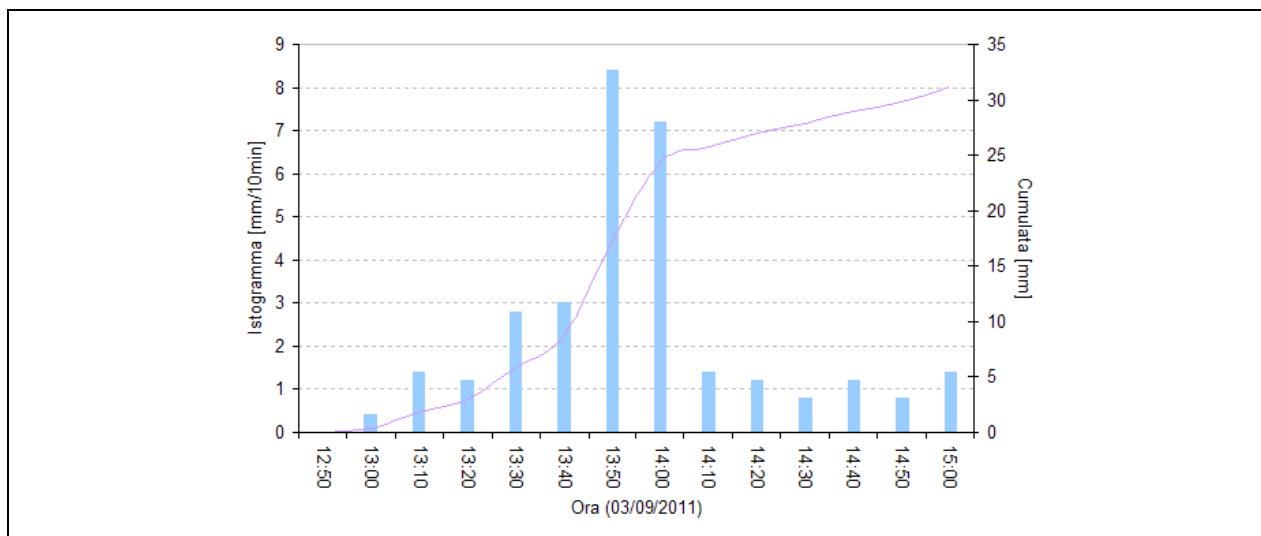


Fig. 29 - Istogramma di intensità sui 10 minuti e cumulata sulle 2 ore delle piogge registrate dal pluviometro di Barcenisio.

In conclusione si può affermare che si sono verificati inneschi di *mud-debris flow/mud-debris flood* per quei bacini interessati dai centri di scroscio più intensi responsabili del superamento dei valori soglia di innesco attribuiti alla classe in cui questi bacini ricadono (*ECM*); la soglia di innesco caratteristica per questa classe di bacini è per l'appunto fissata su valori di intensità ≥ 20 mm/h.

4 Conclusioni

La classificazione regionale dei bacini alpini piemontesi a partire dalle caratteristiche litologiche del substrato affiorante, di recente implementata dai Dipartimenti Tematici Geologia e Dissesto e Sistemi Previsionali di Arpa Piemonte, ha trovato riscontro nei processi torrentizi verificatisi in Val Cenischia il 3 settembre 2011. Sulla base dei dati litologici disponibili i tre bacini vedono una prevalenza di calcescisti e filladi, a ricadere a pieno titolo nella classe degli *Excellent Clay Maker (ECM)*; i depositi dei fenomeni del 3 settembre rilevati in conoide presentano le tipiche forme legate a processi di *mud-debris flow* e *mud-debris flood* di tipo *cohesive*.

Dal confronto con le informazioni storiche disponibili emerge che a fronte di un numero complessivamente molto elevato di riattivazioni dei tre apparati di conoide, solo in alcuni casi si è registrata l'attività torrentizia contemporanea lungo i torrenti in esame.

La distribuzione spaziale del fronte temporalesco che ha interessato da S verso N la Val Cenischia il pomeriggio del 3 settembre 2011 è stata ricostruita integrando i dati pluviometrici e le mappe radar. Seppur mascherata da una contemporanea perturbazione che ha interessato l'asse principale della Val di Susa, la mappa radar della distribuzione dei campi di precipitazione, integrata con le misurazioni effettuate dal

pluviometro della stazione più significativa (Barcenisio), ha consentito una stima dei valori di intensità di precipitazione e di pioggia cumulata nei bacini esaminati, che risultano compatibili con i valori di soglia dei fenomeni di *mud-debris flow* per la *classe* degli ECM.

Riferimenti bibliografici

Arpa Piemonte (2010) Cartografia morfologica degli apparati di conoide alluvionale in Piemonte. Servizio WebGIS consultabile all'indirizzo <http://webgis.arpa.piemonte.it/risknat/index.php/it/conoidi-.html>.

Arpa Piemonte (2009) Banca Dati Geologica. <http://webgis.arpa.piemonte.it/bdgc>

Base topografica I.G.M. in scala 1:25.000. Servizio WMS:

http://wms.pcn.minambiente.it/cgi-bin/mapserv.exe?map=/ms_ogc/service/igm25_f32.map

Cremonini R., Tiranti D., Pispico R., Rabuffetti D., Bechini R., Tomassone L. (2010) An early warning system for channelized debris flows based on radar storm tracking and GIS technique. In: ERAD 2010 - The 6-th European Conference on Radar in Meteorology and Hydrology, 6-10 September 2010, Sibiu, Romania.

Deangeli C., Paltrinieri E., Tiranti D. (2011) Debris flow analysis: from lithological classification of the basin to deposition. In: Proceeding of The Second World Landslide Forum (WLF2) - Putting science into practice - Roma 3-9 October 2011.

Moscariello A., Marchi L., Maraga F., Mortara G. (2002) Alluvial fans in the Alps: sedimentary facies and processes. Spec. Publs int. Ass. Sediment. 32, 141-166.

Pirulli M., Marco F. (2010) Description and numerical modelling of the October 2000 Nora debris flow, Northwestern Italian Alps. In: Canadian Geotechnical Journal, 47(2), 135-146. ISSN 0008-3674

Tiranti D. (2008) The sediment gravity flows triggering mechanisms, evolution and sedimentary processes in Western Italian Alps - Ph.D. Dissertation, Department of Earth Sciences, University of Torino (IT) and Cambridge Quaternary, Department of Geography, University of Cambridge (UK); pp. 100.

Tiranti D., Bonetto S., Mandrone G. (2008) Quantitative basin characterization to refine debris-flow triggering criteria and processes: an example from the Italian Western Alps. Landslides, 5 (1), 45-57.

Tropeano D., Turconi L. (1999) Valutazione del potenziale detritico in piccoli bacini alpini delle Alpi Occidentali e Centrali. CNR-IRPI/GNDCl. Pubbl. n°2058 Linea 1, pp. 151.

Tropeano D., Casagrande A., Luino F., Cescon F. (1996) Processi di mud-debris flow in Val Cenischia (Alpi Graie). Osservazioni nel bacino del T. Marderello. Quaderno di studi e di documentazione n°20 - Suppl. a GEAM Anno XXXIII, n. 2-3.

Wilford D.J., Sakals M.E., Innes J.L., Sidle R.C., Bergerud W.A. (2004) Recognition of debris flow, debris flood and flood hazard through watershed morphometrics. Landslides, 1(1), 61-66.