

## I processi torrentizi 2.5

I processi torrentizi si verificano nei bacini alpini lungo la rete idrografica minore e presentano un grande potere distruttivo per la rapidità, l'intensità e la difficile prevedibilità con la quale si verificano, a danno delle aree urbanizzate e delle reti stradali e ferroviarie presenti, anche di collegamento trans-frontaliero.

### 2.5.1

#### Dinamica torrentizia: caratteristiche peculiari di evoluzione dei processi ed effetti sul territorio

Lo studio delle cause predisponenti, nonché delle condizioni d'innesco ed evoluzione dei fenomeni, è di fondamentale importanza per la prevenzione del rischio ad essi connesso, spesso sottovalutato a causa del lungo intervallo di tempo che può intercorrere tra una piena torrentizia e la successiva nello stesso bacino.

#### 2.5.1.1

#### Caratterizzazione delle tipologie di trasporto che contraddistinguono la dinamica torrentizia

La dinamica torrentizia è contraddistinta da processi di erosione e trasporto estremamente variabili dal punto di vista temporale e spaziale, particolarmente attivi durante eventi di piena anche di breve durata. Il materiale solido presente in alveo e in prossimità delle sponde può essere mobilizzato e coinvolto nel moto torrentizio secondo le seguenti modalità:

- *trasporto solido ordinario sul fondo o in sospensione*: si verifica in condizioni di pendenza modesta, tali per cui la miscela formata da acqua e particelle può essere assimilata ad un fluido newtoniano e il meccanismo è di tipo idrodinamico;
- *trasporto solido iperconcentrato*: caratterizza le correnti con contenuto solido rilevante a comportamento plastico non newtoniano, in cui il sedimento è tenuto in agitazione dalla forza di gravità e dagli urti reciproci tra le particelle; le correnti iperconcentrate comprendono le piene detritiche torrentizie (*debris flood*) e, per maggiori concentrazioni di solido, le colate (*debris flow*), flussi di materiale detritico e/o fangoso ad elevata concentrazione, materiale vegetale ed acqua dotati di notevole potere distruttivo. Le colate possono avere differenti caratteristiche ed effetti sul territorio, in funzione della concentrazione e della distribuzione spaziale dei solidi all'interno della corrente (*immature* o *mature debris flow*), della composizione granulometrica del sedimento (*stony*



*debris flow* o *mud-earth flow*), della densità della miscela liquido-solida e della pendenza dell'alveo (Ghildardi *et al.*, 1999).

Il risultato dell'attività torrentizia è visibile allo sbocco delle aste tributarie nel fondovalle: a causa della diminuzione di pendenza dell'asta torrentizia l'energia della corrente diminuisce bruscamente determinando la deposizione del materiale solido trasportato, formando i conoidi alluvionali, apparati deposizionali a forma di ventaglio e pendenza generalmente modesta. La deposizione in area di conoide si verifica durante l'attività torrentizia ordinaria, ma soprattutto in occasione degli eventi parossistici di piena torrentizia o colata, a seguito dei quali la morfologia può cambiare notevolmente. Dall'analisi della forma dell'apparato di conoide è possibile risalire alla tipologia di processo prevalente che ne ha determinato la genesi (FEMA, 1996):

- *i conoidi detritici* (Whipple & Dunne, 1992), a pendenza rilevante ed estensione areale moderata, sono generati da processi di colata prevalente;
- *i conoidi alluvionali* (Bull, 1977), a modesta pendenza ed estensione areale elevata in rapporto alle dimensioni del bacino, sono geneticamente legati a prevalenti fenomeni di trasporto solido ordinario;
- *i conoidi misti* comprendono i conoidi formati

**Figura 2.5.1**  
Vista verso monte del Rio Noaschetta in corrispondenza della confluenza nel Torrente Orco, Comune di Noasca (TO); esempio di interferenza tra attività torrentizia e infrastrutture

dall'alternanza di processi di colata e trasporto solido ordinario e quelli caratterizzati da trasporto detritico torrentizio (*debris flood*) ed hanno caratteristiche intermedie tra quelle delle due tipologie precedenti.

In ambito montano le aree di conoide, a dolce pendenza e rilevate rispetto al fondo vallivo, costituiscono da molto tempo siti privilegiati per l'urbanizzazione, sempre più sviluppata nelle valli alpine soprattutto a scopi turistici. Per questa ragione la valutazione della pericolosità in conoide è fondamentale per successive analisi di rischio.

### 2.5.1.2

#### La valutazione della pericolosità in conoide: approcci geomorfologici e modelli numerici

Per la delimitazione delle aree di conoide potenzialmente esposte a inondazione da parte di piene torrentizie o colate, si può ricorrere all'applicazione anche combinata dell'analisi storica-geomorfologica e della modellazione numerica.

Il primo tipo di analisi rappresenta uno strumento di indagine preliminare fondamentale per la delimitazione delle aree storicamente esposte a pericolo, in termini di iniluppo degli effetti degli eventi avvenuti nel passato. Attraverso l'esame integrato della documentazione disponibile relativa agli eventi che si sono verificati in epoca storica, delle tracce degli eventi più recenti e delle caratteristiche morfologiche attuali del conoide è possibile suddividere l'apparato in aree esposte a diverso grado di pericolo connesso all'attività torrentizia.

Per una valutazione più sofisticata di carattere quantitativo si può ricorrere all'impiego di simulazioni numeriche; nell'ampio spettro della modellistica disponibile si distinguono tre grandi classi: i modelli empirico-statistici, i modelli a *linea di energia*, i modelli che prevedono la conservazione di massa, quantità di moto ed energia.

Nella prima tipologia di modello i processi d'innescamento, trasporto e deposizione sono descritti secondo distribuzioni di probabilità in relazione a valori soglia delle precipitazioni.

La seconda classe di modelli comprende i metodi che individuano la pendenza media del percorso tra zona di distacco e zona di deposizione come grandezza rappresentativa dell'energia posseduta dalla massa in movimento.

La terza classe raggruppa i primi approcci proposti per la modellazione degli *stonny debris flow* (Takahashi *et al.*, 1991) e dei *mudflows* secondo il modello reologico di Bingham, un gruppo di modelli originariamente sviluppati per il calcolo delle traiettorie delle valanghe (Voellmy, 1955), che consentono una buona ricostruzione dei campi di velocità osservati e delle traiettorie descritte dalle colate di detrito (Perla *et al.*, 1980; Rickenmann, 1990; Rickenmann & Koch, 1997) ed infine una serie di

modelli che descrivono il fenomeno dal punto di vista idraulico, attraverso la definizione dell'idrogramma liquido e solido, a partire da parametri ricavati dalla fisica e dalla reologia del processo (Mizuyama *et al.*, 1984).

### 2.5.2

#### Criteria storico-geomorfologico per la valutazione della pericolosità in conoide applicato nel progetto CatchRisk

Il *Work Package 3 Alluvial fan flooding* del Progetto CatchRisk - *Mitigation of hydrogeological risk in alpine catchments*, nell'ambito del Programma Spazio Alpino Interreg IIB, ha avuto come obiettivo l'individuazione di criteri condivisi a livello europeo per la valutazione della pericolosità in conoide ed ha coinvolto tutte le regioni alpine italiane afferenti al Bacino del Po (Piemonte, Lombardia, Veneto, Friuli, Trentino Alto Adige), accanto alla Scuola Universitaria Professionale della Svizzera Italiana (SUPSI-CH).

In tale sezione del Progetto sono stati applicati dalle varie regioni alcuni tra i principali approcci storico-geomorfologici e numerici disponibili, al fine di condividere strumenti e conoscenze; i risultati dell'applicazione sono descritti nei due volumi di Progetto, il *Report* (AA.VV., 2005a) e le *Guidelines* (AA.VV., 2005b), di carattere rispettivamente scientifico ed applicativo.

Il Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche (CRRTG) di Arpa Piemonte ha applicato ad un'area geografica rilevante (diverse centinaia di chilometri quadrati) un criterio storico-geomorfologico suddiviso in una componente di studio di base derivata dal metodo di Aulitzky (1980), applicata a tutto il territorio esaminato ed una componente di approfondimento, destinata ad un numero limitato di conoidi, selezionati in funzione dell'importante interferenza con edificati e infrastrutture e dell'elevato numero di riattivazioni dell'apparato di conoide in epoca storica.

#### Approccio di studio a scala regionale: valutazione della pericolosità in conoide secondo criteri omogenei

Ad un primo livello di indagine è stata applicata una metodologia *statica*, per la valutazione della pericolosità in conoide, ad un numero consistente di conoidi delle Alpi Occidentali secondo un criterio omogeneo, attraverso le seguenti attività principali:

- *analisi dei documenti d'archivio disponibili*, prevalentemente derivanti da banche dati regionali, relativi ad eventi di piena torrentizia verificatisi in epoca recente e passata, al fine di ricavare valori indicativi di frequenza degli eventi per ogni bacino esaminato;
- *analisi cartografica e fotointerpretativa multi-temporale integrata da rilievi di terreno su tutti i conoidi*, finalizzata ad individuare canali di tran-

sito delle piene, superfici deposizionali e punti critici per il deflusso nel canale, di origine naturale o antropica; analisi fotointerpretativa multi-temporale di tutti i bacini di alimentazione;

- *inventario delle strutture di difesa presenti in conoide*, con valutazione dello stato di manutenzione e del grado di efficienza;
- *calcolo della distribuzione delle pendenze sul conoide* a partire dal Modello Digitale del Terreno;
- *cartografia della tipologia e della distribuzione della copertura vegetale* in conoide;
- *analisi in ambiente GIS del bacino* finalizzata a quantificare la magnitudo teorica prevedibile per ogni bacino esaminato, in termini di volumetrie di detrito che possono raggiungere l'area del conoide, ricavate dall'applicazione di formulazioni empiriche di letteratura;
- *perimetrazione della pericolosità*.

Sempre nell'ambito del WP 3 del Progetto *Catch-Risk* lo stesso criterio, per esigenze di omogeneità a livello regionale, è stato utilizzato per riallineare i dati di pericolosità relativi a 110 conoidi della Valle di Susa (TO), prodotti nell'ambito del precedente Progetto *Raccolta ed organizzazione di dati territoriali; valutazione di pericolosità e rischio dei fenomeni naturali e predisposizione di Piani Comunali di Protezione Civile* nell'ambito del Programma Interreg IIC (Regione Piemonte, 2001a).

#### **Proposta di approfondimento in bacini-campione: stima quantitativa della disponibilità di detrito nel bacino e definizione di scenari di deposizione in conoide**

Su un numero ristretto di conoidi, il livello di studio di base è stato integrato da rilievi geomorfologici nel bacino e da successive elaborazioni specifiche. In particolare i rilievi nel bacino sono stati indirizzati a stimare direttamente il quantitativo di sedimento disponibile lungo il reticolo idrografico e sui versanti e mobilizzabile secondo due ipotesi di evento: 1) *minimale*, che prevede riattivazione di fenomeni franosi che non interferiscono direttamente con il reticolato idrografico e/o ridotta mobilizzazione dei depositi della coltre superficiale e 2) *massimale*, in cui si ipotizza la riattivazione di importanti frane interferenti con il reticolo idrografico, diffusi fenomeni di erosione accelerata, mobilizzazione dei materiali costituenti la coltre superficiale.

Nella fase successiva di elaborazione sulle superfici del conoide a grado di pericolosità molto elevato ed elevato sono stati individuati scenari di deposizione (*pattern volume/spessore*) al fine di quantificare il materiale detritico che può essere stoccato in tali aree secondo differenti scenari d'evento.

I volumi deponibili in conoide sono stati confrontati con il volume di sedimento disponibile nel bacino, per verificare la cautelatività delle perimetrazioni effettuate e le stime di *magnitudo* dedotte in modo indiretto.

### 2.5.3 Risultati attesi

Lo scopo del primo livello di analisi è fornire, a livello di ambito vallivo principale, una descrizione della pericolosità cui è esposto ogni conoide, con riferimento a criteri omogenei, basati sull'analisi delle aree di deposizione e del bacino di alimentazione, tenendo conto della documentazione storica disponibile.

La finalità delle valutazioni al livello di approfondimento su un numero ristretto di conoidi è provvedere ad una descrizione specifica dei fattori che condizionano la *magnitudo* delle colate, supportata da una stima quantitativa del sedimento disponibile nel bacino e potenzialmente stoccabile sulle superfici del conoide a più alto grado di esposizione alle correnti detritiche.

### 2.5.4 Applicazione a due contesti alpini: Valle Orco e Valle Stura di Demonte

Al fine di mettere a punto un criterio di valutazione il più possibile omogeneo, da estendere all'intero territorio regionale per l'aggiornamento del Sistema Informativo Geologico di Arpa Piemonte, la pericolosità in conoide è stata valutata in due contesti piemontesi molto diversi dal punto di vista litologico e morfo-climatico, la Valle Orco (TO) e la Valle Stura di Demonte (CN), rispettivamente su 40 e 60 apparati di conoide (**figura 2.5.2**).



**Figura 2.5.2**  
Inquadramento delle aree oggetto di studio e ubicazione dei bacini campione oggetto di approfondimento

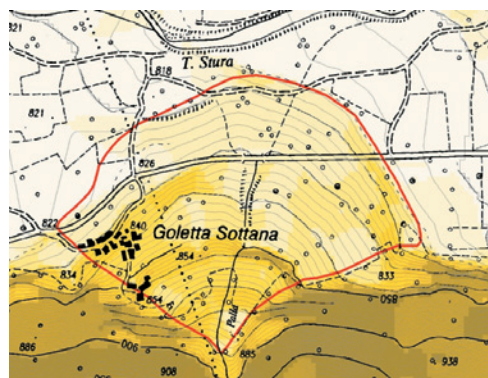
La base dati precedentemente prodotta ad un grado di dettaglio diverso su 110 conoidi della Valle di Susa per la valutazione del rischio connesso ai processi torrentizi nel Progetto *Raccolta ed organizzazione di dati territoriali; valutazione di peri-*

colosità e rischio dei fenomeni naturali e predisposizione di Piani Comunali di Protezione Civile, è stata riorganizzata secondo tale criterio al fine di produrre una base dati uniforme sui tre ambiti vallivi. I bacini oggetto di approfondimento selezionati sono il Rio Vallungo, il Torrente Ribordone e il Rio s.n. in località Ronco per la Valle Orco e il Rio Becchi Rossi, il Rio Neraissa di Vinadio e il Torrente Cant per la Valle Stura di Demonte (figura 2.5.2). In Val di Susa si è scelto di studiare in dettaglio, all'interno del Progetto CatchRisk, il bacino del Rio Pisaggio, al fine di avere un termine di confronto per il riallineamento dei dati.

#### 2.5.4.1

##### Approccio di studio a scala regionale: valutazione della pericolosità in conoide secondo criteri omogenei

Le analisi condotte al livello di base sui 100 conoidi della Valle Orco e della Valle Stura di Demonte sono descritte nel seguito in fasi distinte, riportando sinteticamente i punti salienti della metodologia applicata e un'illustrazione esemplificativa dei risultati; si precisa però che tali fasi, ai fini delle valutazioni di pericolosità sono state fortemente integrate nel corso delle attività.



#### CAMPO SIGNIFICATO

##### CODICE

Identificativo univoco

##### DENOMINAZIONE

Denominazione univoca di riferimento

##### AREA\_KM2

Superficie del conoide [km<sup>2</sup>]

##### H\_MIN\_M\_S\_

Altezza minima dell'unghia [m slm]

##### H\_MAX\_M\_S\_

Altezza massima presso la sezione apicale [m slm]

##### H\_MED\_M\_S\_

Altezza media [m slm]

##### DISLIVELLO

Dislivello dell'asta nel bacino [m]

##### PENDENZA\_

Pendenza media [°]

##### Analisi morfometrica dei bacini, dei conoidi e delle aste torrentizie principali

L'analisi morfometrica, alla base di tutte le valutazioni condotte nel corso del lavoro, è stata condotta a partire dal Modello Digitale del Terreno a maglia 10x10 m<sup>2</sup> realizzato da Arpa Piemonte, opportunamente elaborato in ambiente ESRI® ArcView (modulo *Spatial Analyst*) al fine di delimitare tutti i bacini di alimentazione e gli apparati di conoide e di tracciare le aste di drenaggio principali nel bacino e in conoide. In particolare per la delimitazione dei conoidi è stato utile interpolare le isoipse con equidistanza due metri (figura 2.5.3).

##### Analisi dei documenti storici

Un tassello fondamentale del lavoro è consistito nella ricerca e nella catalogazione, secondo criteri conservativi rispetto alla fonte, di tutti i documenti d'archivio disponibili contenenti informazioni sull'attività torrentizia passata nelle aree di studio, derivanti principalmente da basi dati regionali. Tale raccolta è sfociata nella produzione di un *dataset* omogeneo che riporta: sito, anno evento, codice fonte, coordinate, comune, località, corpo idrico, tipologia di processo, danni, fonte.

Le differenze morfoclimatiche tra i due contesti vallivi analizzati sembrano riflettersi su tipologia e distribuzione dei processi torrentizi: come testimoniato dalle informazioni contenute nel Sistema Informativo Geologico di Arpa Piemonte, la Valle Orco è stata soggetta negli ultimi quindici anni ad eventi di piena torrentizia e colata con intensità e frequenza rilevante (figura 2.5.4), mentre valori modesti di frequenza caratterizzano la Valle Stura di Demonte nel medesimo periodo. Per fare considerazioni su un intervallo di tempo alla scala secolare, si deve tenere conto della maggiore quantità di dati registrati disponibili, derivanti prevalentemente da *database* regionali, per la Valle Orco (figura 2.5.5).

Con riferimento ai dati storici disponibili, sono stati calcolati i valori medi della frequenza di riattivazione degli apparati di conoide analizzati in Valle Orco e in Valle Stura di Demonte, in relazione ad eventi di piena e/o colata per il XX secolo e per il periodo antecedente (tabella 2.5.1). La frequenza è intesa come rapporto tra il numero di eventi registrati in un dato intervallo temporale e l'intervallo stesso.

I valori massimi assoluti di frequenza riscontrati per il XX secolo in Valle Orco e in Valle Stura di Demonte sono rispettivamente quelli registrati per il Vallone di Noaschetta (0.08) e per il Vallone della Valletta (0.05).

In Valle Susa, nel Progetto *Raccolta ed organizzazione di dati territoriali; valutazione di pericolosità e rischio dei fenomeni naturali e predisposizione di Piani Comunali di Protezione Civile* (Regione Piemonte, 2001a), il valore di frequenza è stato calcolato considerando tutti i dati

Figura 2.5.3  
Tracciato-tipo  
dei database relativi  
alla descrizione  
del tema conoidi  
ed esempio  
di delimitazione

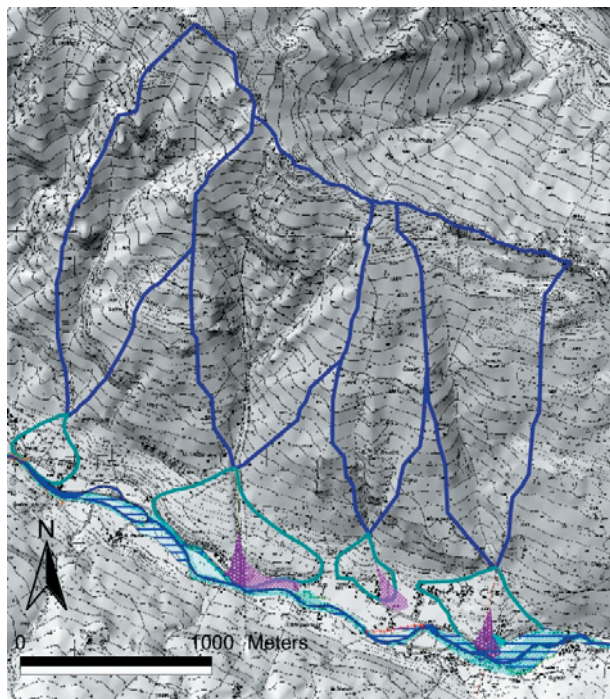
**LEGENDA**

ALLUVIONE 1993

- Area alluvionata depositi ghiaiosi e sabbiosi
- Canale attivo al momento del sopralluogo
- Strada danneggiata
- Passerella distrutta
- Affluenti
- Direzione di tracimazione delle acque
- Erosione di sponda
- Orli di terrazzo
- Scogliera intatta

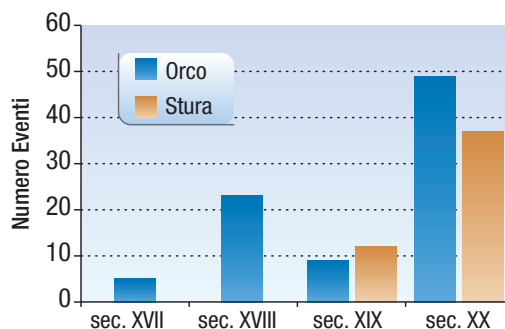
ALLUVIONE 2000

- Area inondata/allagata
- Tratto modellato dalla piena
- Area inondata dalla rete idrografica minore
- Area interessata da deposito grossolano
- Conoide riattivata in corso d'evento



**Figura 2.5.4**  
Estratto di dati relativi agli eventi alluvionali del 1993 e del 2000 in Valle Orco, disponibili nel Sistema Informativo Geologico di Arpa Piemonte; da sinistra verso destra Vallone del Fè, Rio della Frera, Rio di Giroldi e Rio di Nora

storici disponibili e l'intervallo trascorso tra il primo e l'ultimo evento registrato, rapportando successivamente il risultato ad un periodo di 100 anni; in questo caso il valore massimo assoluto è risultato quello del Rio Gerardo (0.51) (tabella 2.5.2).



**Figura 2.5.5**  
Distribuzione degli eventi per secolo in Valle Orco e in Valle Stura di Demonte

**TABELLA 2.5.1 VALORI DI FREQUENZA DEGLI EVENTI PREGRESSI, DEDOTTI PER LA VALLE ORCO E PER LA VALLE STURA DALLA DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE ANTE 1900 E POST 1900**

ORCO	Ante 1900	Post 1900
	[n° eventi/periodo]	[n° eventi/periodo]
Media	0.011	0.027
Deviazione st.	0.008	0.024
Coeff. di variazione	75%	87%
STURA DI DEMONTE	Ante 1900	Post 1900
	[n° eventi/periodo]	[n° eventi/periodo]
Media	0.007	0.016
Deviazione st.	0.003	0.011
Coeff. di variazione	38%	67%

**TABELLA 2.5.2 VALORI DI FREQUENZA DEGLI EVENTI PREGRESSI PER LA VALLE SUSA, RICAVATI DA TUTTE LE INFORMAZIONI STORICHE DISPONIBILI, RAPPORTANDO IL RISULTATO A 100 ANNI (REGIONE PIEMONTE, 2001A)**

SUSA	Frekuensi riferita a 100 anni
	[n° eventi/100 anni]
Media	0.049
Deviazione st.	0.091

**Analisi cartografica multi-temporale**

L'analisi cartografica multi-temporale ha avuto lo scopo di ricostruire le modificazioni morfologiche subite dagli apparati di conoide per effetto combinato dei processi torrentizi, dell'insediamento antropico e della presenza delle strutture di difesa presenti, attraverso l'esame per tutti i conoidi della *Carta degli Stati Sardi* (scala 1:50.000, rilievi 1848-1856), delle Tavole IGM (scala 1:25.000, rilievi 1902-1931, con aggiornamenti) e delle sezioni CTR (scala 1:10.000, rilievo 1991). Laddove presenti sono state analizzate ulteriori cartografie (figura 2.5.6).

**Figura 2.5.6**  
Esempio di analisi della cartografia storica disponibile, Torrente Cant in Valle Stura di Demonte



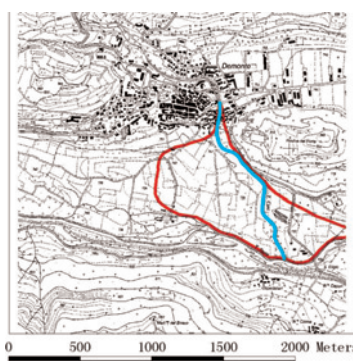
Cartogramma (circa 1800)



Carta degli Stati Sardi  
1:50.000 Cuneo F. LXXII,  
rilievo 1848-1856



Tav. IGM 1:25.000 Demonte 90INO, rilievo 1928



Sez. CTR n° 225080, rilievo 1991

**Analisi fotointerpretativa multi-temporale**

L'analisi fotointerpretativa multi-temporale è stata utile per il riconoscimento degli elementi morfologici peculiari della regione attiva del conoide, indispensabili per ricostruire l'evoluzione in termini di:

- posizione e ampiezza del/i canale/i di scarico;
- sviluppo di opere di condizionamento dell'alveo;
- interferenze con edificati e infrastrutture;
- assetto vegetazionale;
- rapporti tra dinamica deposizionale in conoide ed evoluzione morfologica del recettore di fondovalle.

Per entrambi gli ambiti vallivi sono stati analizzati i seguenti voli: Volo Gai 1954, Volo Ferretti 1979-1980, Volo Rossi 1991, Volo Regione Piemonte Alluvione 2000; per la Valle Orco è stato utilizzato anche il Volo Regione Piemonte 1973.

**Rilievi in situ**

I risultati dell'analisi cartografica e della fotointerpretazione sono stati verificati ed integrati nel corso dei sopralluoghi *in situ*, mirati ad acquisire sistematicamente informazioni nel settore apicale, mediano e distale del conoide. Le informazioni raccolte sono state archiviate in un'apposita scheda di rilevamento (**figura 2.5.7**) e georiferite in ambiente GIS ESRI® ArcView.

La documentazione fotografica relativa a tutti i conoidi è stata organizzata in un fotoindice di rapida consultazione (**figura 2.5.8**).

I dati registrati nella scheda sono sinteticamente riconducibili alla caratterizzazione di:

- canale a monte dell'apice, alveo in roccia, in deposito o vegetato; processo prevalente: erosione, deposito o equilibrio tra i due; granulometria prevalente dei depositi in alveo;
- soglia (punto di chiusura del bacino che coincide con l'apice di conoide), in roccia, in materiale incoerente o mista;
- angolo di immissione del canale in conoide, rettilineo, curvo o a gomito;

**SCHEDA DI RILEVAMENTO DEI CONOIDI**

CONOIDE (CODICE)		
TRIBUTARIO (Nome)		
Posizione rispetto al corso d'acqua ricettore		Des. Sin.
<b>INQUADRAMENTO MORFOLOGICO</b>		
Conoide attivo	Conoide retinco, stabilizzato, talora con più ordini di terrazzi	Conoide oggetto di interventi di regimazione
Numero di ordini di terrazzo riconosciuti		
<b>POSIZIONE DEL CANALE DI SCARICO ATTIVO</b>		
Mediano	Laterale in sinistra	Laterale in destra
<b>MIGRAZIONE PRESUMIBILE AVVENUTA NEL TEMPO DEL CANALE ATTIVO</b>		
Da sinistra a destra	Da destra a sinistra	Da sinistra a centrale
Da centrale a sinistra	Da destra a centrale	Da centrale a destra
Migrazione non evidente		

**Figura 2.5.7**  
Estratto della scheda di rilevamento dei conoidi



Particolare granulometria nella sezione distale



Settore apicale (verso monte), con presenza di grandi blocchi pluridecametrici



Settore a monte dell'apice, con soglia in roccia e cascata



Particolare granulometria nella sezione apicale



Opera di attraversamento AGI, da monte



Panoramica dal settore apicale e mediano verso valle: si notino il grande masso nel canale attivo (in posizione centrale) e lo scarso grado di incisione della superficie in dx. idr.



VALLE STURA di DEMONTE - Rio COSTA PIANA (SD5)  
FOTO DSCN0170 Canale di scarico nel settore medio-apicale, con evidenti cordoni laterali

- grado di incisione del canale nel settore apicale, mediano e distale, inciso, poco inciso o pensile;
- granulometria media, massima e media dei depositi in alveo nel settore apicale, mediano e distale;
- eventuale presenza di depositi di recente deposizione sulla superficie del conoide;
- eventuali canali di scarico secondari (riattivabili o non riattivabili in caso di evento ordinario/catastrofico);
- eventuali punti di disalveamento nel settore apicale, mediano e distale;
- opere e infrastrutture in grado di condizionare la propagazione dei deflussi nei canali di scarico;
- elementi antropici coinvolti storicamente dal deflusso o potenzialmente coinvolgibili;
- rapporti con il corso d'acqua ricettore.

A livello esemplificativo si riporta una tabella riassuntiva dei valori osservati in Valle Orco e in Valle Stura di Demonte per ciò che attiene la granulometria del materiale presente in alveo; le differenze dal punto di vista litologico-strutturale tra i due ambiti di studio sembrano riflettersi sul diverso grado di erodibilità dei materiali e di conseguenza sulle dimensioni massime e medie dei blocchi in alveo (**tabella 2.5.3, figure 2.5.9 e 2.5.10**).

#### Inventario delle opere di difesa

Le opere di sistemazione idraulica e di attraversamento in conoide sono state schedate e georiferite secondo i criteri del Sistema Informativo del Catasto Opere di Difesa (SICOD) della Regione Piemonte (2001b) (**figure 2.5.11 e 2.5.12**).

#### Stima della portata liquida, della tipologia di trasporto e della magnitudo attese

A partire dai parametri morfometrici dei bacini e dei conoidi, sono state stimate la portata liquida,



**Figura 2.5.8**  
Esempio di fotoindice delle riprese fotografiche

**Figura 2.5.9**  
Vista verso monte del Rio Deserta in conoide a quota 900 m slm circa (Valle Orco)

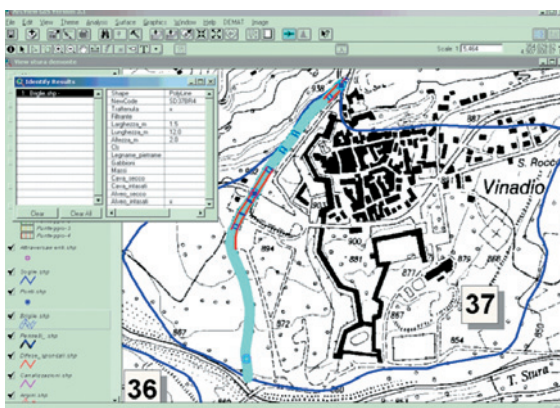
**TABELLA 2.5.3 VALORE MEDIO DEI DIAMETRI MASSIMI E MEDI (IN METRI) DEI BLOCCHI PRESENTI IN ALVEO NEL SETTORE APICALE E MEDIANO DEI CONOIDI DELLA VALLE ORCO E DELLA VALLE STURA DI DEMONTE**

DIAMETRO BLOCCHI IN ALVEO		VALLE ORCO [m]	VALLE STURA [m]
Settore apicale	max	2.39	1.84
	Deviazione std.	1.13	0.79
	med	0.68	0.38
	Deviazione std.	0.32	0.23
Settore mediano	max	1.79	1.45
	Deviazione std.	0.72	0.65
	med	0.57	0.27
	Deviazione std.	0.27	0.15

**Figura 2.5.10**  
Vista verso monte  
del Rio Corborant  
in conoide  
a quota 960 m slm  
(Valle Stura di Demonte)



**Figura 2.5.11**  
Visualizzazione  
delle caratteristiche  
della copertura numerica  
briglie realizzata secondo  
lo standard SICOD light;  
conoide del Rio Neraissa  
di Vinadio (CN)



**Figura 2.5.12**  
Particolare di una briglia  
lungo il Rio Deserta  
in Valle Orco,  
che, sebbene in buono  
stato di conservazione,  
risulta scarsamente efficace  
in rapporto a quantità  
e dimensioni  
del materiale solido  
trasportato



la tipologia di trasporto e la *magnitudo* attese, attraverso l'applicazione di formule empiriche di letteratura.

La portata liquida specifica stimata con il metodo di Anselmo (1985) è risultata compresa:

- per la Valle Orco tra 3.2 (m<sup>3</sup>/s)/km<sup>2</sup> per il Torrente Piantonetto e 7.7 (m<sup>3</sup>/s)/km<sup>2</sup> per i Rii di Muà e Arianas e per il Rio s.n. in località Pianchetti;
- per la Valle Stura di Demonte i valori sono mediamente più bassi, compresi tra 2.5 (m<sup>3</sup>/s)/km<sup>2</sup> per il Torrente Cant e 7.7 (m<sup>3</sup>/s)/km<sup>2</sup> per diversi corsi d'acqua: il Rio Costa Piala, la Valle Stiraculo, il Rio Becco Rosso, il Rio Sant'Anna, il Rio Neghino, il Rio s.n. in località Aisone e la Valle Marchio.

La tipologia attesa di trasporto solido prevalente, dedotta empiricamente dalla relazione tra pendenza

media del conoide e indice di Melton (1965) e confermata dai rilievi sul campo, risulta per tutti i conoidi di la colata, eccetto due casi della Valle Stura di Demonte (Rio Ferriere e Torente Cant).

Per la valutazione della *magnitudo*, si è fatto ricorso per tutti i bacini esaminati nel Progetto *CatchRisk* all'applicazione delle formule empiriche di Ceriani *et al.* (2000) e Bianco & Franzi (2000) e per confronto della formula di Hampel (1977). Per i conoidi esaminati in Val di Susa nel precedente Progetto Interreg IIC (Regione Piemonte 2001a) sono state applicate, oltre alle formule di Ceriani *et al.* e Hampel, quelle di D'Agostino *et al.* (1996), Marchi & Tecca (1996), Rickenmann & Zimmermann (1993) e Takei (1984). I risultati ottenuti hanno condotto nel successivo Progetto ad optare per l'applicazione di formulazioni messe a punto in contesti confrontabili con quello piemontese. L'applicazione del metodo di Ceriani *et al.* prevede, accanto alla valutazione dei parametri morfometrici superficie del bacino, pendenza del canale in conoide e numero di Melton e di costanti il cui valore è correlato alla tipologia di trasporto atteso, la stima dell'*indice di franosità* del bacino, che assume valore 1 se sono presenti frane rilevanti che interagiscono con il reticolato idrografico, 2 se sono presenti frane, ma non in collegamento diretto con il reticolato idrografico, 3 se non sono presenti frane significative nel bacino.

L'applicazione del metodo di Bianco & Franzi richiede invece la conoscenza, oltre che dell'area del bacino e della pendenza media dell'asta nel bacino, di una serie di elaborazioni integrative per la valutazione dell'*indice geologico (IG)*, che esprime il grado di erodibilità delle formazioni rocciose e dei suoli nel bacino. La formula fornisce due valori di *magnitudo*, uno minimo riferito ad un evento ricorrente ed uno massimo riconducibile ad un evento catastrofico; per derivazione si ricava un terzo valore di *magnitudo* media, intermedio tra i precedenti. Per quanto concerne l'assegnazione dell'*IG*, si è ritenuto significativo nel Progetto *CatchRisk* individuare un percorso metodologico finalizzato a valorizzare le coperture tematiche disponibili nel Sistema Informativo Geografico di Arpa Piemonte, riferendosi distintamente a due fattori di controllo principali di tale indice: 1) il grado di erodibilità specifico delle formazioni rocciose affioranti nel bacino, dedotto a partire dalla differenziazione litologico-litotecnica proposta dallo strato informativo Unità Litologiche 1:100.000 disponibile nel Sistema Informativo Geografico di Arpa Piemonte, assegnando ad ogni unità un punteggio in accordo alla tabella proposta dagli autori della formula empirica; 2) la tipologia di copertura del suolo, dedotta dalle coperture numeriche della Carta Forestale, realizzata per conto dell'Assessorato Economia Montana e Foreste della Regione Piemonte dall'Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente (IPLA), Settore Vegetazione e Fauna (Regione Piemonte, 2002); tali coperture, con precisione di



restituzione compatibile con la scala 1:10.000, forniscono l'estensione areale della classe denominata *Rocce e macereti*, che comprende le zone di affioramento del substrato roccioso e dei terreni detritici sciolti di copertura e come tali prive di vegetazione e coltre pedologica. Ipotizzando una proporzionalità diretta tra il grado di erodibilità e la percentuale di zone prive di copertura vegetale o coltre pedologica (abbreviata nel seguito % RD), viene introdotto un fattore correttivo dell'IG dedotto in base alla sola erodibilità delle formazioni geologiche. Inoltre, per tenere conto del fatto che in corrispondenza delle classi di pendenza più elevate dei bacini il grado di erodibilità è controllato prevalentemente dalla natura del substrato roccioso (già considerato nella stima di IG), la % RD viene convenzionalmente riferita all'estensione delle zone con *Rocce e macereti* aventi inclinazione inferiore a 35° (angolo di riposo medio indicativo delle coltri detritiche di versante) (figure 2.5.13 e 2.5.14).

L'IG di ciascun sottobacino per questo ambito valivo viene calcolato per intersezione in ambiente GIS tra i limiti di bacino e i limiti delle unità ad assegnato grado di erodibilità, ricavando un valore medio ponderale riferito alle superfici dei poligoni elementari così ottenuti.

Il metodo di Hampel (1977) considera i valori dei parametri morfometrici area del bacino e pendenza del canale in conoide ed è stato utilizzato a puro termine di confronto (figura 2.5.15).

Una volta completata la stima della *magnitudo* mediante l'applicazione delle formule di calcolo sopra descritte, tenendo conto dei limiti di applicabilità di ciascuna, si è ritenuto importante procedere all'individuazione dei fattori in grado di esaltare o ridurre a livello qualitativo il potenziale detritico mobilizzabile nel bacino di alimentazione dei conoidi: al primo gruppo appartengono la presenza di movimenti gravitativi direttamente incumbenti sul tratto terminale del canale di scarico principale a monte del settore di conoide, la possibile formazione di sbarramenti temporanei d'alveo, mentre al secondo la presenza di sbarramenti artificiali o di laghi naturali lungo l'asta principale, importanti *piazze di deposito* lungo l'asta principale, soglie glaciali o piane sovralluvionate, aree con morfologie carsiche o comunque prive di aste di drenaggio superficiale, opere di ritenuta del trasporto solido in buone condizioni di efficienza e manutenzione.

#### Parametrizzazione della pericolosità

La valutazione della pericolosità geomorfologica dei settori di conoide è stata riferita ad uno scenario di tipo statico; per una valutazione che tenga conto del fattore *tempo* è opportuno associare alle informazioni prodotte di tipo spaziale e a quelle relative all'intensità dei processi in esame,

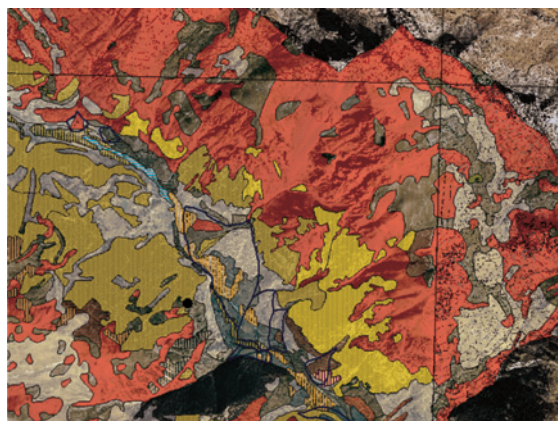


Figura 2.5.13 Estratto della Carta Forestale della Regione Piemonte; in rosso evidenziata la classe *Rocce e macereti*

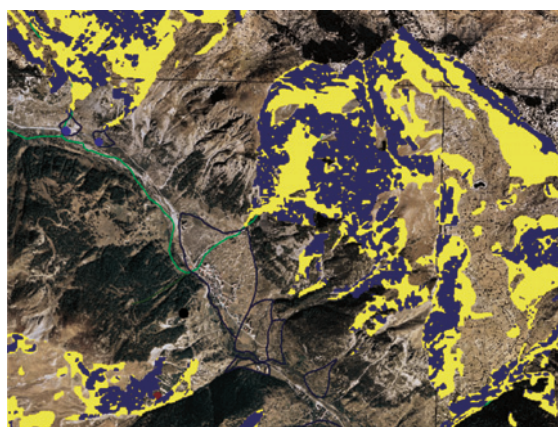


Figura 2.5.14 Suddivisione della classe *Rocce e macereti* in funzione della inclinazione, assumendo come valore discriminante 35°

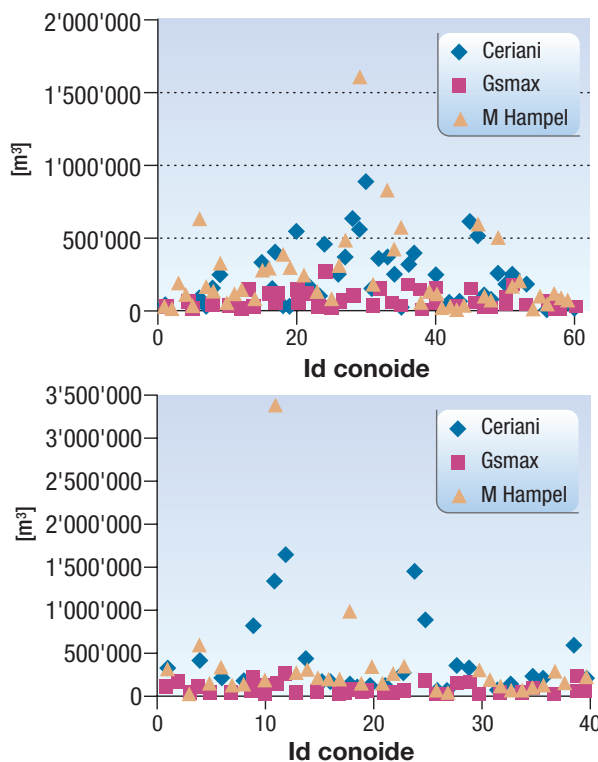


Figura 2.5.15 Valori di *magnitudo* ricavati dalle formule empiriche di Ceriani *et al.* (2000), Bianco & Franzini (2000, valore massimo  $G_{smax}$ ) e per confronto Hampel (1977) in Valle Stura di Demonte (in alto) e in Valle Orco (in basso)

la ricorrenza degli eventi attesi su ogni settore omogeneo del conoide.

La parametrizzazione della pericolosità nel Progetto *CatchRisk* è stata definita con riferimento a due gruppi di parametri principali, distinti tra primari e secondari, la cui distribuzione spaziale è descritta in specifiche coperture numeriche:

**TABELLA 2.5.4 DESCRIZIONE DELLE CLASSI RELATIVE ALL'ASSETTO MORFOLOGICO**
**PUNTEGGIO**
**ASSETTO MORFOLOGICO**
**4 punti**

Canali di scarico attivi e/o potenzialmente riattivabili; in presenza di cartografia degli eventi storici, sono ivi comprese le aree di transito e/o accumulo di materiale grossolano; presenza di depositi circoscritti o di evidenti solcature d'erosione.

**3 punti**

Canali abbandonati difficilmente riattivabili nelle attuali condizioni morfologiche oppure zone in passato indirettamente influenzate dallo scarico: a) fasce laterali dei canali di scarico, la cui ampiezza è funzione della morfologia locale, b) zona di transito e/o accumulo di materiale prevalentemente fine proveniente dai canali di scarico principali; presenza di solcature d'erosione diffuse.

**2 punti**

Settori scarsamente influenzati dalla presenza di canali di scarico attivi o riattivabili, raggiungibili solo per particolari situazioni di criticità in eventi di dimensione catastrofica; superfici sopraelevate sull'incisione torrentizia.

**1 punto**

Zone per nulla influenzate dalla presenza di canali di scarico attivi o riattivabili: superfici decisamente sopraelevate sull'incisione torrentizia.

**TABELLA 2.5.5 DESCRIZIONE DELLE CLASSI RELATIVE ALLE CONDIZIONI DI DEFLUSSO**
**PUNTEGGIO**
**CONDIZIONI DI DEFLUSSO**
**4 punti**

Deflusso decisamente ostacolato o canale pensile (angolo di immissione del canale in apice molto elevato, anse a gomito, angolo di confluenza con il ricettore molto elevato, sezioni critiche, canale attivo sopraelevato rispetto alla zona circostante, collegamento più o meno evidente con canali secondari di scorrimento).

**3 punti**

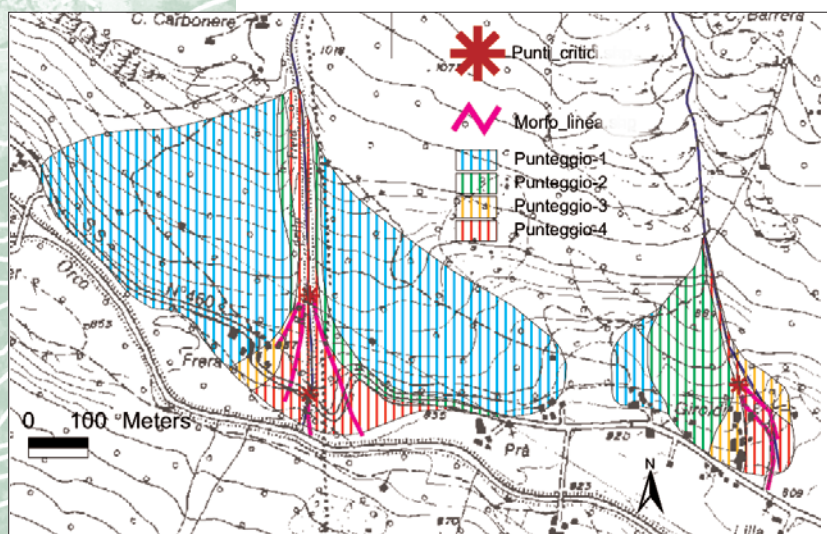
Deflusso ostacolato, canale attivo scarsamente inciso (sezioni ridotte, anse relativamente strette, possibile collegamento con canali secondari di scorrimento).

**2 punti**

Deflusso relativamente agevole nel canale attivo, con remota possibilità di ostruzione/esondazione in caso piena eccezionale.

**1 punto**

Condizioni favorevoli per il deflusso delle acque nel canale attivo.



**Figura 2.5.16**  
 Classificazione dell'assetto geomorfologico; conoidi dei Rii della Frera e di Giroldi in Valle Orco, con indicazione dei punti critici per il deflusso e degli elementi morfologici lineari rilevanti (*morfolinee*)

- 1) assetto morfologico del conoide e condizioni di deflusso nel canale principale (punti I e II a seguire);
- 2) fattori di condizionamento locale (punti III, IV e V a seguire).

I fattori *primari* che concorrono a condizionare la propensione del conoide all'inondabilità in relazione a fenomeni di colata detritica e piena torrentizia con trasporto in massa sono:

- I) l'assetto morfologico in senso stretto, valutabile attraverso il riconoscimento delle aree di influenza di canali di scarico (*attivi e non attivi, ma riattivabili*) e la presenza di solchi d'erosione o di depositi (recenti e non) sulla superficie del conoide;
- II) i punti critici per il deflusso delle acque nel canale principale di scorrimento e le relative aree di influenza in caso di ostruzione dell'alveo.

Altri fattori, genericamente indicati come *secondari*, possono concorrere a modificare significativamente il grado di propensione geomorfologica del conoide definito in base ai soli fattori primari; si riconoscono tra questi:

- III) le condizioni di acclività, definite a partire dal Modello Digitale del Terreno a maglia a 10x10 m<sup>2</sup>;
- IV) l'assetto vegetazionale, per la definizione del quale si è fatto riferimento agli strati informativi numerici della Carta Forestale della Regione Piemonte (2002);
- V) il ruolo di condizionamento sulla propagazione delle colate e delle piene svolto dalle opere di sistemazione idraulica, georiferite attraverso un insieme di coperture numeriche strutturate conformemente all'archivio del SICOD della Regione Piemonte (2001b).

Ad ogni fattore è stato assegnato un punteggio compreso tra 1 e 4, con criterio descritto nelle **tabelle 2.5.4-2.5.7**.

La propensione geomorfologica (**tabella 2.5.4**) viene valutata attraverso l'integrazione dei risultati delle analisi fotointerpretativa, cartografica multitemporale e dell'analisi sul campo della morfologia di dettaglio e delle tracce d'evento (**figura 2.5.16**).

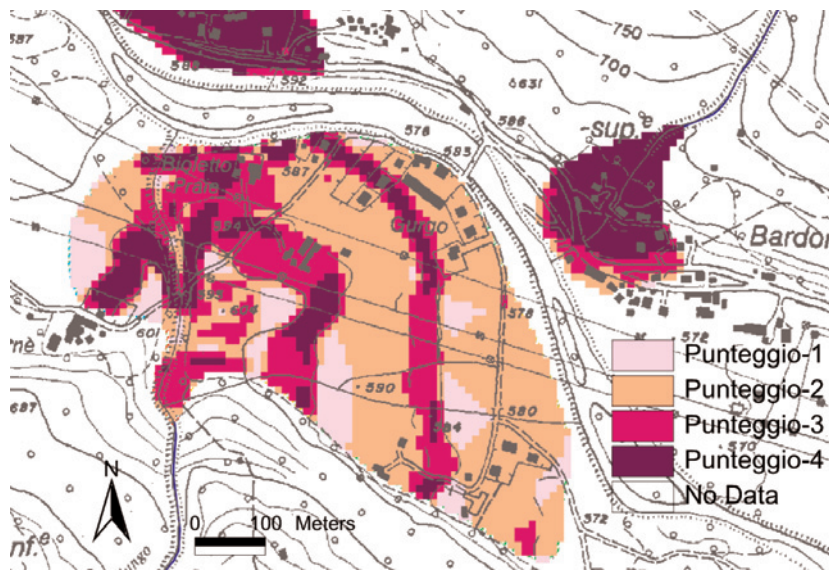
Nelle aree elementari aventi omogeneo grado e tipologia di propensione geomorfologica, vengono espresse le condizioni di deflusso nel canale attivo e nei settori riattivabili adiacenti (**tabella 2.5.5**), corrispondenti alle aree di influenza dei punti critici per la propagazione dei flussi detritici.

L'analisi del campo di distribuzione delle pendenze costituisce un ulteriore elemento di condizionamento locale, in relazione a velocità di propagazione e granulometria media dei clasti trasportati. Per la classificazione dell'acclività si è fatto riferimento ad Aulitzky (1980) (**tabella 2.5.6**).

**TABELLA 2.5.6 DESCRIZIONE DELLE CLASSI RELATIVE ALL'ACCLIVITÀ**

<b>PUNTEGGIO</b>
<b>ACCLIVITÀ</b>
<b>4 punti</b> Superiore al 15%
<b>3 punti</b> Compresa tra il 7% e il 15%
<b>2 punti</b> Compresa tra il 2% e il 7%
<b>1 punto</b> Inferiore al 2%

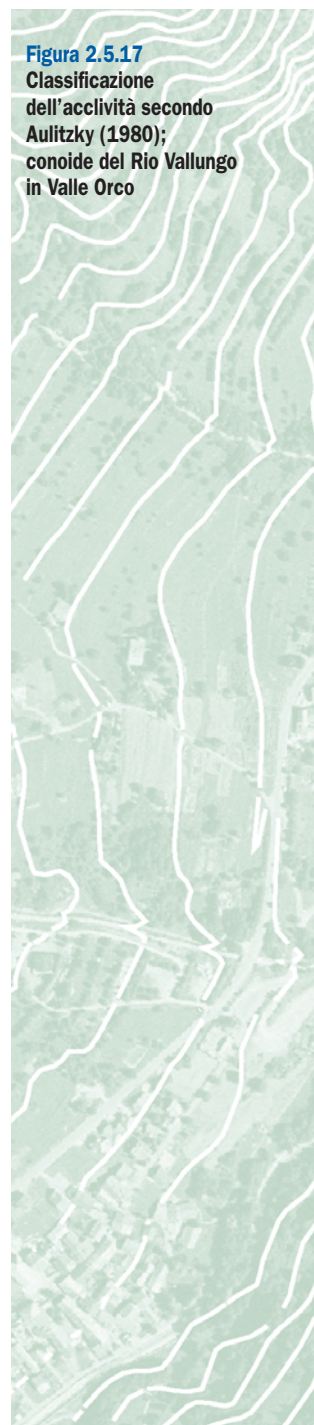
Anche l'assetto vegetazionale è stato parametrizzato in accordo alla suddivisione proposta da Aulitzky (1980), come descritto nella **tabella 2.5.7**.

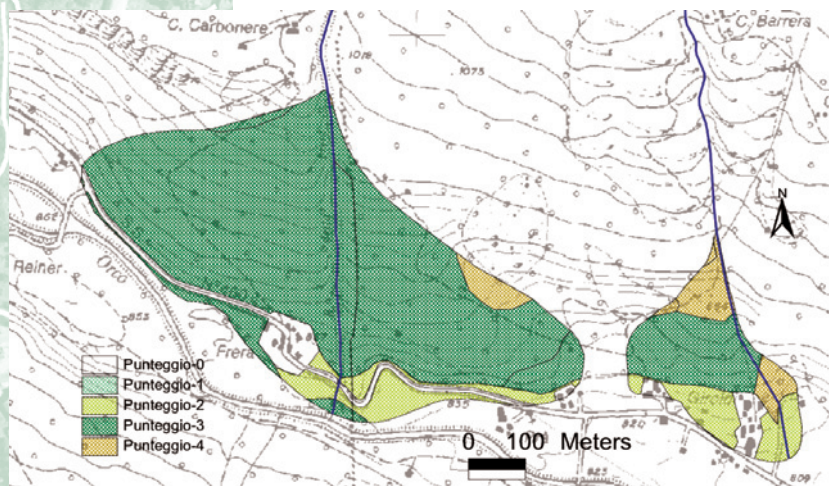


**TABELLA 2.5.7 CLASSIFICAZIONE DELLA TIPOLOGIA DI COPERTURA VEGETALE, IN ACCORDO CON AULITZKY (1980)**

COPERTURA DEL SUOLO	CLASSE	ASSETTO VEGETAZIONALE (AULITZKY)	PUNTEGGIO
Aree urbanizzate, infrastrutture	-		0
Greti	-		0
Seminativi	D	Assenza di trincee di massi, terrazzamenti e minor presenza di materiale sassoso nel suolo	1
Praterie	C	Predominanza di prati interrotti da trincee di massi e suolo sassoso	2
Praterie non utilizzate	B	Alberi (pini, larici) di età diversa con abeti rossi su terreno grossolano e ghiaioso	3
Praterie rupicole			
Prato-pascoli			
Acero-tiglio-frassineti			
Castagneti			
Faggete			
Impianti per arboricoltura da legno			
Lariceti e cembrete			
Ostrieti (boschi di carpino nero)			
Peccete (boschi di abete rosso)			
Pinete di Pino silvestre	A	Vegetazione pioniera su terreno ciottoloso con i primi larici e pini	4
Pinete di pino uncinato			
Querceti di rovere			
Querceti di roverella			
Unità mosaico			
Abetine			
Acque			
Alneti planiziali e montani			
Arbusteti subalpini			
Boscaglie pioniere di invasione			
Cespuglietti			
Cespuglietti pascolabili			
Formazioni legnose riparie			
Rimboschimenti			
Robineti			
Rocce e macereti			

**Figura 2.5.17** Classificazione dell'acclività secondo Aulitzky (1980); conoide del Rio Vallungo in Valle Orco





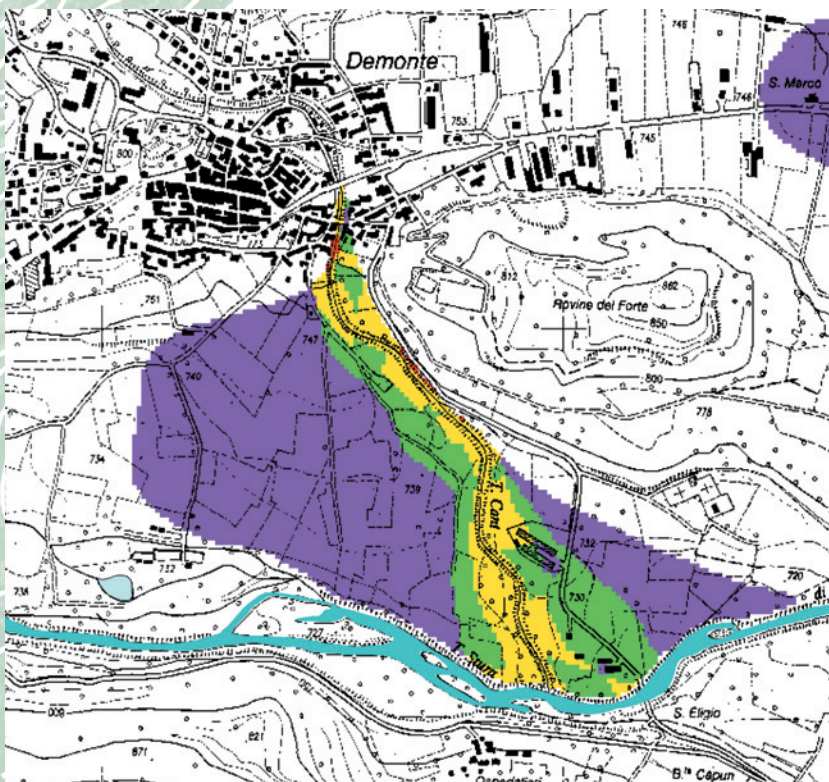
**Figura 2.5.18**  
Carta della copertura vegetale in accordo con Aulitzky (1980); Rio della Frera e Rio di Giroldi in Valle Orco

La schematizzazione del ruolo delle opere di sistemazione viene qualitativamente riferita al loro stato di efficienza e funzionalità, come illustrato nella **tabella 2.5.8**:

Il grado di pericolosità finale dell'apparato di conoide viene riferito mediante una sommatoria algebrica dei punteggi assegnati a ciascun fattore di controllo, secondo quanto sopra esposto. In particolare, vengono escluse dalla valutazione dei fattori di condizionamento locale (vegetazione, acclività, condizioni di deflusso) le porzioni di conoide morfologicamente più rilevate, non raggiungibili dalle correnti detritiche (propensione geomorfologica pari a 1).

Nel canale di scarico attivo o riattivabile e negli adiacenti settori potenzialmente soggetti ad invasione da parte del flusso detritico per occlusione o diversione nei punti critici, il punteggio totale vie-

**Figura 2.5.19**  
Carta della pericolosità del conoide del Torrente Cant in Valle Stura di Demonte



**TABELLA 2.5.8 CLASSIFICAZIONE DELLO STATO DI EFFICIENZA E FUNZIONALITÀ DELLE OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICA**

INFLUENZA DELLE OPERE SISTEMATORIE/PUNTEGGIO	DESCRIZIONE
<b>Positiva (-1)</b>	Opere di protezione realizzate correttamente e pienamente efficaci, in buone condizioni di manutenzione; manufatti di attraversamento con basso impatto sul deflusso di colate detritiche.
<b>Ininfluyente (0)</b>	Opere assenti o tipologicamente ininfluenti sulle modalità di propagazione delle correnti detritiche.
<b>Parziale o negativa (+1)</b>	Opere di protezione di efficacia non ideale; manutenzione carente; manufatti di attraversamento e restringimenti artificiali d'alveo in grado di ostacolare gravemente il deflusso delle colate; briglie che determinano innalzamento del fondo alveo in prossimità della struttura. Piste di accesso all'alveo a bassa pendenza, divergenti dal canale di scarico; possibili vie preferenziali di esondazione; opere idrauliche e/o ponti in prossimità dell'apice, tali da poter deviare il flusso o provocare la formazione di sbarramenti temporanei. Restringimento artificiale dell'alveo nel settore medio-distale; arginature che impediscono il rientro di deflussi fuori alveo.

ne dedotto sommando i punteggi parziali riferiti alla classe di propensione geomorfologica, di condizioni di deflusso, acclività e influenza delle opere sistematorie. Occorre precisare che nella valutazione delle condizioni di deflusso si tiene conto dell'influenza esercitata sulla propagazione della corrente detritica da parte dell'assetto vegetazionale. Anche la pericolosità viene espressa, attraverso la somma dei singoli punteggi dei fattori considerati, con riferimento a 4 classi: bassa, media, elevata, molto elevata (**figura 2.5.19**).

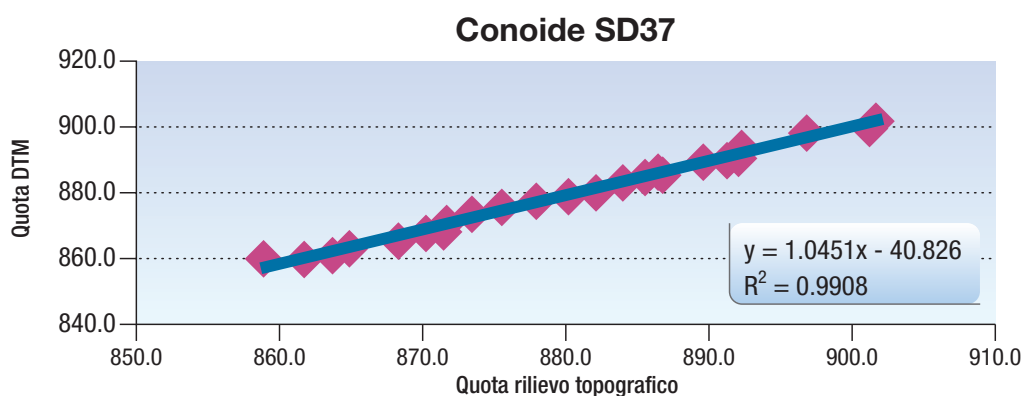
**2.5.4.2**  
**Analisi di dettaglio nei bacini campione: stima quantitativa della disponibilità di detrito nel bacino e definizione di scenari di deposizione in conoide**

Per i bacini oggetto di approfondimento sono state condotte specifiche attività a livello di:

- 1) *rilievi in campo*, (a) *in conoide* è stato realizzato un rilievo topografico di dettaglio dell'asta principale in conoide finalizzato a tarare il Modello Digitale del Terreno (**figura 2.5.20**); (b) *nel bacino* sono stati verificati i volumi di detrito presenti

Grado di pericolosità valutato in rapporto ai fattori primari (geomorfologia, condizioni di deflusso) e secondari (acclività, assetto vegetazionale, opere di sistemazione).

- Pericolosità bassa
- Pericolosità moderata
- Pericolosità elevata
- Pericolosità molto elevata



**Figura 2.5.20**  
Grado di correlazione tra le informazioni topografiche dedotte dal Modello Digitale del Terreno e dal rilievo topografico di dettaglio lungo l'asta e in corrispondenza delle sponde in conoide

lungo le incisioni torrentizie principali e secondarie nello stato attuale (tenendo conto della presenza e del ruolo delle opere di sistemazione idraulica) e potenzialmente derivanti dai settori di versante con presenza di frane censite dal Progetto IFFI e dai settori di versante soggetti ad altre tipologie di dissesto gravitativo.

2) *elaborazione*, mirata: (a) a quantificare i volumi di detrito mobilizzabili presenti complessivamente nel bacino di alimentazione e confrontare tali volumi con i valori ricavati dall'applicazione delle formulazioni empiriche; (b) a verificare i volumi di detrito deponibili sulle superfici del conoide a pericolosità elevata e molto elevata, secondo differenti scenari d'evento e confrontare tali scenari con il volume osservato nel bacino. Di seguito vengono esposti sinteticamente i criteri seguiti nelle due fasi di elaborazione (a) e (b).

a) Per quantificare il volume di detrito presente nel bacino lungo le aste torrentizie e sui versanti sono state utilizzate specifiche procedure, tentando di considerare e quantificare il maggior numero di parametri. In particolare le grandezze misurate per la stima della quantità di detrito lungo il reticolo idrografico sono le seguenti:

- lunghezza del tronco omogeneo;
- percentuale di depositi sciolti lungo il tronco;
- larghezza della sezione trasversale occupata da depositi sciolti in alveo e mobilizzabili nel corso di eventi di piena;
- spessore dei depositi sciolti nella sezione trasversale dell'alveo e mobilizzabili nel corso di eventi di piena;
- disponibilità di depositi nel tratto derivante dal prodotto delle tre grandezze precedenti;
- disponibilità di detrito in alveo per il tratto omogeneo, calcolata dividendo la grandezza precedente per la lunghezza del tratto.

Quest'ultimo dato, visualizzato con riferimento a quattro classi di intensità crescente, fornisce un importante elemento di valutazione relativa della *magnitudo unitaria*, ovvero del volume di sedimenti mobilizzabili in una sezione trasversale di 1 m di ciascun tratto di riferimento. L'analisi della varia-

zione di intensità di questo parametro lungo le differenti aste del reticolo idrografico all'interno di ciascun bacino di alimentazione dei conoidi-campione consente di visualizzare con immediatezza le zone preferenziali di accumulo del materiale detritico.

L'analisi dei processi di instabilità dei versanti di tipo areale, che insistono sui versanti afferenti alle aste del reticolo idrografico nei bacini di alimentazione dei conoidi-campione, prende in considerazione le tipologie classificative previste dal Progetto IFFI. In particolare sono stati valutati per ciascuna tipologia i seguenti parametri:

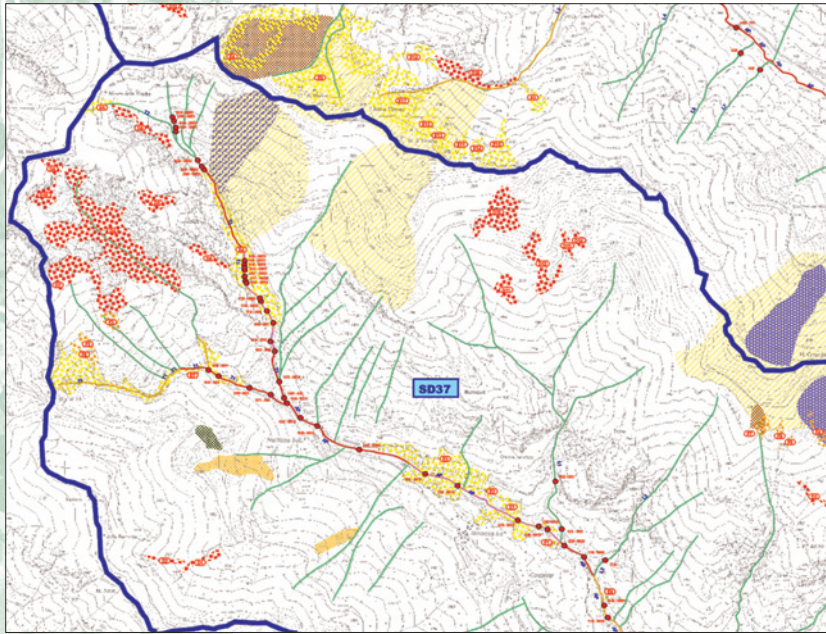
- la superficie del movimento gravitativo;
- la profondità media della superficie di scorrimento/rottura;
- il volume teorico ipotetico del corpo di frana;
- la percentuale del volume teorico potenzialmente mobilizzabile in uno scenario di riattivazione del movimento gravitativo riferibile ad un'ipotesi *minimale* o *massimale*, afferente al reticolo idrografico;
- il contributo areale unitario medio del movimento gravitativo alla generazione di sedimenti sciolti (espresso dal rapporto tra volume teoricamente mobilizzabile ed afferente al reticolo idrografico e superficie del dissesto, in  $m^3/km^2$ ).

Nel corso dei sopralluoghi sono stati altresì osservati la distribuzione areale, la tipologia e il grado di stabilità dei terreni sciolti di copertura quaternaria, con la finalità di fornire elementi di taratura alle analisi indirette, di tipo aereofotografico, tra i quali:

- i processi di erosione accelerata;
- la rimobilizzazione di falde detritiche parzialmente stabilizzate;
- frane di ridotte dimensioni incombenti sul reticolo idrografico.

In tutti i casi si è stimato il volume teoricamente mobilizzabile afferente al reticolo idrografico.

Il prodotto di tale indagine è stata la produzione di una specifica cartografia dei fattori di generazione del trasporto solido con valutazione della disponibilità di detriti nei bacini di alimentazione dei conoidi-campione in scala 1:10.000 (**figura 2.5.21**).



**Figura 2.5.21**  
Estratto  
della Cartografia  
dei fattori  
di generazione  
del trasporto solido  
con valutazione  
della disponibilità  
di detriti  
nei bacini  
di alimentazione  
dei conoidi-campione

**Potenziali sorgenti di detrito proveniente da processi di erosione e movimenti gravitativi di versante (da rilievi in sito)**

<b>D33</b>	Processi di erosione accelerata
<b>D33</b>	Frane superficiali incombenti sul reticolo
<b>D33</b>	Falde detritiche parzialmente rimobilizzabili

**Movimenti gravitativi di versante - Progetto IFFI Regione Piemonte**

	Frane per scivolamento rotazionale/traslativo
	Frane per colamento lento
	Frane per colamento rapido
	Frane per sprofondamento
	Movimento gravitativo complesso
	DGPV - deformazioni gravitative profonde di versante
	Aree soggette a sprofondamenti diffusi
	Aree soggette a frane superficiali diffuse
	Movimento gravitativo tipologicamente non determinato

<b>SD53</b>	Limite di bacino di alimentazione dei conoidi e relativo codice
-------------	---

**Valutazione della disponibilità di detrito in alveo per tratti omogenei**

<b>L13</b>	Bassa disponibilità di detrito in alveo (0 - 5 m <sup>3</sup> per sezione trasversale unitaria)
<b>L13</b>	Moderata disponibilità di detrito in alveo (5 - 10 m <sup>3</sup> per sezione trasversale unitaria)
<b>L13</b>	Elevata disponibilità di detrito in alveo (10 - 25 m <sup>3</sup> per sezione trasversale unitaria)
<b>L13</b>	Disponibilità di detrito in alveo molto elevata (> 25 m <sup>3</sup> per sezione trasversale unitaria)
<b>146 - PO2</b>	Sezioni di controllo e verifica in campo della disponibilità di sedimenti lungo le aste torrentizie (946 = quota m s.m., PO2 = codice opera in alveo)

b) Per i bacini esaminati a livello di dettaglio, per una verifica dei volumi deponibili sulle superfici del conoide a maggiore pericolosità, è stata interpolata un'ipotetica superficie di deposizione con riferimento a tre scenari ad intensità crescente, per valutare il grado di cautelatività delle perimetrazioni eseguite in rapporto alla disponibilità di sedimenti verificata nei bacini di alimentazione (**figura 2.5.22**).

La ricostruzione delle superfici deposizionali si avvale dei risultati delle attività di rilievo topografico, eseguite lungo i canali di scarico principali dei conoidi-campione, con la finalità di precisare la distribuzione delle quote reali del fondo alveo e del piano-campagna adiacente. Operativamente le superfici deposizionali sono state generate a partire da set di punti rappresentativi del piano-campagna attuale, facendo variare nelle tre ipotesi le altezze di deposito atteso nel canale di scarico principale, interpolando arealmente i nuovi valori. La stima dei volumi è ottenuta, in ciascuna ipotesi, per differenza tra la superficie deposizionale generata e la superficie iniziale di riferimento attuale.

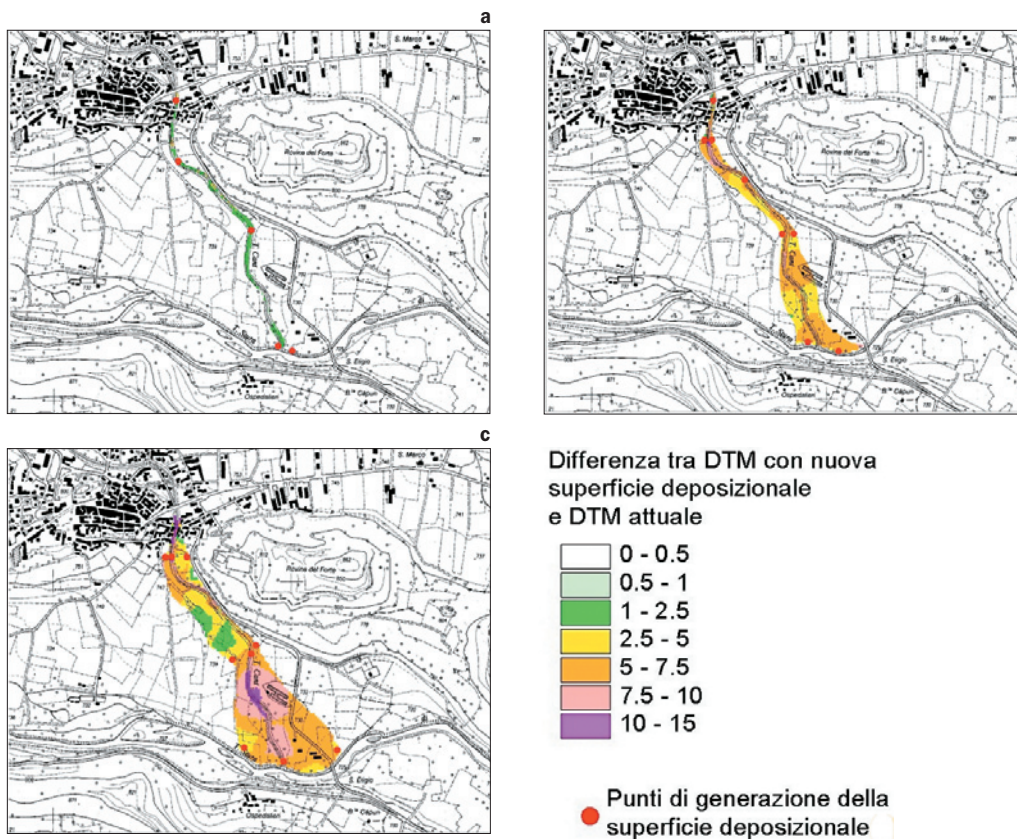
Per l'esempio riportato in **figura 2.5.22** (Torrente Cant in Valle Stura di Demonte) i volumi teoricamente mobilizzabili nel bacino, derivanti da un'ipotesi di riattivazione di importanti fenomeni franosi, non sono contenibili all'interno delle superfici a pericolosità elevata e molto elevata del conoide; tenendo però conto della presenza dell'importante fattore di riduzione del trasporto solido costituito dall'invaso artificiale del Fedio, a monte del quale sono ubicati i più importanti dissesti di versante, e della scarsa probabilità con la quale si possono riattivare simultaneamente tutti i fenomeni rilevati, i volumi di detrito effettivamente mobilizzabili secondo un'ipotesi che si può definire *maggiormente probabile* divengono confrontabili con uno scenario ordinario (a).

## 2.5.5

### Considerazioni conclusive

L'analisi di pericolosità in conoide è stata condotta secondo livelli differenti di approfondimento, a partire da una combinazione lineare dei parametri disponibili derivanti da database regionali (Modello Digitale del Terreno, caratteri vegetazionali), integrati da analisi indirette e sopralluoghi sul campo finalizzati a raccogliere informazioni geomorfologiche e realizzare un inventario delle opere di difesa, rilevando contestualmente le sezioni critiche.

Al primo livello di analisi, per un numero di casi tipico delle ampie vallate alpine (100 conoidi), le valutazioni sul conoide sono state supportate da una stima della magnitudo di eventi di colata attraverso l'applicazione di formule empiriche regionali, applicabili a partire da dati fisiografici, da una stima dell'indice geologico e da mappe di stabilità dei versanti. Un livello di maggiore approfondimento è stato raggiunto su bacini rappresentativi per i quali una ricognizione dei *pattern* geologico e geomorfologico ha richiesto di essere estesa con maggiore dettaglio nel



**Figura 2.5.22**  
Altezze di deposito previste nelle aree a pericolosità elevata e molto elevata del conoide del Torrente Cant in caso di evento ordinario (a), gravoso (b) e catastrofico (c)

bacino per individuare potenziali aree sorgente di detrito, la disponibilità effettiva di detrito nell'asta principale, la posizione di eventuali zone di deposizione intermedie, l'efficienza delle opere di trattenuta e difesa allo stato attuale, il contributo alla produzione di sedimenti derivante da frane e zone soggette ad alto tasso di erosione nei depositi quaternari e nel substrato tettonizzato.

È importante rilevare che è intrinseco al metodo un certo margine di soggettività nella parametrizzazione dei fattori di influenza della pericolosità, ma non insito nei singoli parametri (geomorfologia, acclività, vegetazione, condizioni di deflusso), oggettivamente quantificabili in un sistema di valori relativi, bensì nella scelta di attribuzione di pesi relativi ai diversi parametri, cioè di considerare in linea generale più influenti sulla pericolosità alcuni parametri rispetto ad altri. Per tale motivo si è scelto di non attribuire ai singoli tematismi pesi relativi diversi da 1.

Benché carente dal punto di vista reologico, il metodo nella sua sezione di approfondimento si propone di stimare in modo semi-quantitativo la fragilità del bacino in termini di propensione a generare trasporto torrentizio in massa, consentendo, attraverso il confronto tra il potenziale detritico disponibile nel bacino e il volume di sedimento potenzialmente stoccabile nel canale principale in conoide e sulla superficie circostante, la previsione di scenari riferiti a differenti ipotesi di intensità d'evento.

Si ringrazia Hydrodata S.p.A. e in particolare il dott. geol. Nicola Quaranta per la qualità del lavoro svolto per conto di Arpa Piemonte nella raccolta, organizzazione e sintesi dei dati prodotti (Hydrodata, 2004).

## Bibliografia

(I lavori contrassegnati da asterisco non sono citati esplicitamente nel testo).

AA.VV. (2005a), *Final Report. Programma INTERREG III B Spazio Alpino, Progetto CatchRisk: Mitigation of Hydrogeological risk in alpine catchments*. Regione Lombardia.

AA.VV. (2005b), *Guidelines. Programma INTERREG III B Spazio Alpino, Progetto CatchRisk: Mitigation of Hydrogeological risk in alpine catchments*. Arpa Piemonte.

Anselmo V. (1985), *Massime portate osservate o indirettamente valutate nei corsi d'acqua subalpini*. Atti e rassegna tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino, Nuova serie, A. 39, n. 10-12, ottobre-dicembre 1985, pp. 245-275, 2 ff., 1 tab.

\*Arpa Piemonte, Sistema Informativo Geografico – Portale per i sistemi informativi, (<http://www.webgis.csi.it/arpagis/>).

\*Arpa Piemonte – Sistema Informativo Geologico – Sottosistema Processi-Effetti – gestito dal Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche di Arpa Piemonte.

\*Arpa Piemonte (2002), *Pericolosità geologica in conoide: ricerca bibliografica e analisi critica*. Quaderno n. 18 della Collana informativa Tecnico-scientifica edita dal Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche di Arpa Piemonte.

- \*Aulitzky H. (1973), *Vorläufige Wildbach-Gefährlichkeits-Klassifikation für Schwemmkegel*. 100 Jahre Hochschule für Bodenkultur, Band IV, Teil 2, pp. 81-113.
- Aulitzky H. (1980), *Preliminary two-fold Classification of Torrent*. Proceedings International Symposium Interpraevent, Bad Ischl, vol. 4, pp. 285-309.
- Bianco G. & Franz L. (2000), *Estimation of debris-flow volumes from storm events Debris-flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction and Assessment*. Wieczorek & Naeser (eds), 2000 Balkema, Rotterdam, pp. 441-448.
- Bull W.B. (1977), *The alluvial fan environment*. Progress in Physical Geography, 1: pp. 222-270.
- Ceriani M., Crosta G., Frattini P. & Quattrini S. (2000), *Evaluation of hydrogeological hazard on alluvial fans*. Proc. Int. Symp. Interpraevent 2000, Villach, Austria.
- \*Ceriani M., Fossati D. & Quattrini S. (1998), *Valutazione della pericolosità idrogeologica sulle conoidi alpine; esempio della metodologia di Aulitzky applicata al conoide del torrente Re di Gianico – Valcamonica (BS), Alpi Centrali*. Convegno di Idraulica e costruzioni idrauliche, 3, pp. 15-26.
- D'agostino V., Cerato M. & Coali R. (1996), *Il trasporto solido di eventi estremi nei torrenti del Trentino Orientale*. Int. Symp. Interpret 1996, 1, pp. 377-386.
- ESRI (1998), ArcView, ArcGis, Spatial Analyst, Environmental System Research Institute inc., Redlands, California, (<http://www.esri.com>).
- FEMA (1996), *Alluvial fan flooding*. Federal Emergency Management Agency. National Academy Press, Washington D.C.
- Ghilardi P., Natale L. & Savi F. (1999), *Il rischio idraulico nelle aree di conoide*. Quaderni Regionali di Ricerca n. 34. Regione Lombardia.
- Hampel R. (1977), *Geschiebewirtschaft in Wildbächen*. Wildbach und Lawinverbau, vol. 41, pp. 3-34.
- \*HYDRODATA S.p.A. (2004), *Rapporto tecnico sulle attività svolte per conto di ARPA Piemonte nell'ambito del Progetto CatchRisk, Work Package n°3 Alluvial fan flooding: Fornitura di consulenza tecnico-scientifica comprendente rilievi geomorfologici e successive analisi di sintesi finalizzata alla delimitazione delle aree di conoide a diverso grado di pericolosità in ambiente alpino*. Rapporto interno.
- Marchi L. & Tecca P.R. (1996), *Magnitudo delle colate detritiche nelle Alpi Orientali Italiane*. Geoingegneria Ambientale e Mineraria, 33(2/3), pp. 79-86.
- Melton M.A. (1965), *The geomorphic and paleoclimatic significance of alluvial deposits in Southern Arizona*. Journal of Geology, 73, pp. 1-38.
- Mizuyama T., Ikeya H. & Imamura R. (1984), *Methods for zoning debris flow vulnerable areas*. Symposium on effects of forest land use on erosion and slope stability, pp. 281-287.
- Perla R., Cheng T. & Mc Clung T. (1980), *A two-parameter model of snow avalanche motion*. Journal of Glaciology, 26(4), pp. 197-207.
- \*PROGETTO IFFI (2004), (<http://www.webgis.csi.it/arpagis/index.htm>; <http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/IFFI/>).
- Regione Piemonte (1997), *Esame di alcuni dati storici relativi ad eventi alluvionali e fenomeni di instabilità naturale nelle valli dei torrenti Orco e Soana, Alto Canavese, Provincia di Torino*. Quaderno n° 7 della Collana informativa Tecnico-scientifica edita dal Settore Studi e Ricerche Banca Dati Geologica della Regione Piemonte.
- Regione Piemonte (2000), *Eventi alluvionali in Piemonte*. 10-14 Giugno 2000. Direzione Servizi Tecnici di Prevenzione, pp. 120.
- Regione Piemonte (2001a), Progetto "Raccolta e organizzazione di dati territoriali; valutazione di pericolosità e rischio dei fenomeni naturali e predisposizione di Piani Comunali di Protezione Civile" nell'ambito del Programma Operativo UE Interreg IIC.
- Regione Piemonte (2001b) – Direzione Difesa del Suolo, Catasto Opere di Difesa, (<http://www.regione.piemonte.it/sit/argomenti/difesasuolo/catasto/home.htm>).
- Regione Piemonte (2002) – Direzione Economia Montana e Foreste, Piani Forestali Territoriali (PFT) in scala 1:10.000, (<http://www.regione.piemonte.it/montagna/foreste/pianifor/home.htm>).
- Rickenmann D. (1990), *Debris flows 1987 in Switzerland: modelling and sediment transport*. International Association of Hydrological Sciences Publ., pp. 371-378.
- Rickenmann D. & Koch T. (1997), *Comparison of debris flow modelling approaches*. Proceedings of First International Conference Debris-Flow Hazard Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment. ASCE, Cheng lung Chen (ed), pp. 576-585.
- Rickenmann D. & Zimmermann M. (1993), *The 1987 debris flows in Switzerland: documentation and analysis*. Geomorphology, vol. 8, pp. 175-189.
- Takahashi T., Ashida K. & Sawai K. (1991), *Debris Flow*. IAHR Monograph, Balkema, Rotterdam.
- Takei A. (1984), *Interdependence of sediment budget between individual torrents and a river system*. International Symposium, Villach, Austria, 2, pp. 35-48.
- Voellmy A. (1955), *Über die Zerstörungskraft von Lawinen*. Schweizerische Bauzeitung, 73(12), pp. 159-162; (15) pp. 212-217; (17) pp. 246-249; (19) pp. 280-285.
- Whipple K.X. & Dunne T. (1992), *The influence of debris flow rheology on fan morphology*, Owens Valley, California. Geological Society of America Bulletin, 104, pp. 887-900.