



ANPA

Agenzia Nazionale per la
Protezione dell'Ambiente

Emergenza alluvione ottobre 2000

Rapporti 7/2001

ANPA - Dipartimento Rischio Tecnologico e Naturale

Informazioni legali

L'Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente o le persone che agiscono per conto dell'Agenzia stessa non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

Via Vitaliano Brancati, 48 - 00144 Roma
Dipartimento Rischio Tecnologico e Naturale
Unità Interdipartimentale Rischio Idrogeologico
www.anpa.it

© ANPA, Rapporti 7/2001

ISBN 88-448-0259-7

Riproduzione autorizzata citando la fonte

Coordinamento ed elaborazione grafica

ANPA, Immagine
Grafica di copertina: Franco Iozzoli
Foto di copertina: Eutizio Vittori

Coordinamento tipografico

ANPA, Dipartimento Strategie Integrate Promozione e Comunicazione

Impaginazione e stampa

I.G.E.R. srl - Viale C. T. Odiscalchi, 67/A - 00147 Roma

Stampato su carta TCF

Finito di stampare nel mese di dicembre 2001

Autori

Domenico Berti¹, Luca Ferrel², Fiorenzo Fumanti², Enrico Guarneri², Luca Guerrieri², Francesco Miscione¹, Paolo Perini², Benedetto Porfidia¹, Irene Rischia², Stefania Silvestri², Alessandro Trigila², Eutizio Vittori¹

Coordinamento volume e revisione

Eutizio Vittori¹

Supervisione

Leonello Serva, Responsabile Unità Interdipartimentale Rischio Idrogeologico

¹ Settore Rischi sulle Componenti Naturali.
² Unità Interdipartimentale Rischio Idrogeologico.

Indice

PREMESSA	1
1. INTRODUZIONE	3
2. CARATTERI EVOLUTIVI DELL'EVENTO METEOROLOGICO	5
2.1 Caratteri generali	5
2.2 Evoluzione meteorologica ed indicazioni pluviometriche	5
3. TIPOLOGIA DEI DISSESTI	9
3.1 Dissesti gravitativi	9
3.2 Dissesti idraulici	12
4. SOPRALLUOGHI	15
4.1 Regione Valle d'Aosta	15
4.1.1 Comune di Fenis	15
4.1.2 Comune di Nus	24
4.1.3 Comune di Verrayes	36
4.1.4 Cenni sul comune di Gressoney-S.Jean	43
4.2 Regione Piemonte	47
4.2.1 Provincia Verbano Cusio Ossola	47
4.2.2 Provincia di Vercelli	49
4.3 Regione Liguria	55
4.3.1 Provincia di Savona	55
4.4 Regione Lombardia	57
4.4.1 Provincia di Mantova	57
5. CONCLUSIONI	61
6. RINGRAZIAMENTI	65
7. APPENDICE	67
8. TAVOLE	69

Premessa

L'evento alluvionale del 13-16 ottobre ha lasciato segni profondi nelle regioni colpite, sia quelli economici dei danneggiamenti ai centri abitati ed alle infrastrutture produttive e viarie, che quelli delle modifiche all'ambiente naturale, entrambi con un forte e duraturo impatto emotivo sulle popolazioni colpite.

Impianti industriali, strade e paesi colpiti dall'alluvione hanno in buona parte già ripreso a funzionare, anche se con cicatrici che impiegheranno un certo tempo a rimarginare. La gente della pianura ha imparato a difendersi con l'esperienza di secoli e sa convivere con la forza del fiume. Argini e canali vengono riparati in fretta, i sedimenti lasciati nei campi dall'esonazione vengono rapidamente seppelliti dall'aratro o asportati dal vento e dalle piogge.

Nelle aree di montagna del Canavese, della Val d'Aosta, della Val d'Ossola le innumerevoli frane hanno invece striato i versanti di segni che rimarranno a lungo, forse per sempre secondo il breve riferimento temporale dell'uomo, roccia denudata della sua copertura di suolo e del bosco o delle viti che vi crescevano. Segni analoghi costellavano già i pendii, di alcuni i vecchi hanno ancora il ricordo di quando la frana venne giù, altri a memoria d'uomo sempre lì, privi di storia, ma tracce comunque recenti di tempeste non dissimili da quella dell'ottobre 2000. Cumuli di detrito fangoso o di frammenti di roccia coprono le basi dei versanti, ampi coni di deiezione caratterizzano gli sbocchi delle valli laterali alpine, molti dei quali hanno ricevuto un nuovo strato di materiale nel corso dell'ultimo evento, strato talora spesso anche diversi metri. Nuovi strati si aggiungeranno presto o tardi ad essi, durante eventi che saranno tanto meno dannosi e luttuosi quanto più l'uomo saprà dimostrare di avere finalmente imparato a conciliare lo sviluppo economico con il rispetto delle dinamiche del mondo naturale.

Il Direttore
Giorgio Cesari

I. Introduzione

Intense precipitazioni meteoriche nei giorni compresi tra venerdì 13 e lunedì 16 ottobre 2000 hanno investito l'Italia nord-occidentale, interessando con maggiore intensità le aree comprese tra l'alto corso del F. Po ed il F. Ticino e gran parte della Val d'Aosta. Durante l'evento sono stati raggiunti valori medi di precipitazione cumulata di circa 400 mm, con valori di picco in alcune aree di oltre 600 mm, in 80 ore. L'evento meteorologico ha prodotto vari fenomeni di dissesto geologico-idraulico: nelle aree montane si sono innescati prevalentemente dissesti gravitativi di differente tipologia ed intensità (principalmente colate rapide di fango e detriti, crolli, scorrimenti corticali, ecc.), mentre in quelle di fondovalle e di pianura si sono verificati estesi fenomeni di esondazione ed allagamenti.

Gli eventi di dissesto si sono prodotti su tutto il bacino del F. Po, ma le zone maggiormente colpite sono state quelle dei bacini del Toce, del Sesia, dell'Orco, dello Stura di Lanzo, della Dora Baltea, della Dora Riparia, del Pellice e dell'alto Po.

Tali eventi di dissesto hanno causato la perdita di 25 vite umane, oltre ad ingenti danni ai centri abitati, alle infrastrutture, alla rete di servizi, alle attività produttive ed agricole. Le vittime ed i danneggiamenti sono stati provocati da un lato dai fenomeni gravitativi che hanno investito i centri abitati ubicati sia nei fondovalle sia lungo i versanti montuosi, dall'altro dai fenomeni idraulici dovuti alla piena dei fiumi, caratterizzata anche da un elevato trasporto solido. Nei giorni immediatamente successivi alla crisi idrogeologica l'ANPA, in adempimento dei propri compiti istituzionali, ha avviato un intervento coordinato con le Regioni Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia e Liguria per effettuare sopralluoghi in alcune delle aree maggiormente colpite, alcune delle quali ospitanti impianti industriali ad alto rischio, e per fornire un supporto tecnico alle Autorità preposte.

Considerata la vastità dell'area colpita dall'evento alluvionale, i rilievi sono stati concentrati nelle zone dove questi erano maggiormente richiesti e, in particolare, in Val d'Aosta. Questo documento riporta principalmente quanto svolto in tali aree. Nello stesso tempo vengono illustrate anche alcune attività realizzate nel corso dell'evento in altre aree di interesse ambientale o legate all'evoluzione della piena del F. Po.

Dal 15 al 27 ottobre dodici tecnici dell'ANPA, organizzati in tre diversi gruppi, si sono alternati nelle aree colpite dall'evento calamitoso. In coordinamento con il Centro Operativo Misto della Protezione Civile - Regione Valle d'Aosta, è stato effettuato il rilevamento speditivo dei movimenti franosi verificatisi in alcune delle aree maggiormente danneggiate e dove permanevano condizioni di elevato rischio, in particolare, nei comuni di Nus, Fenis, Verrayes e Gressoney S. Jean. Nelle zone sopraindicate, in collaborazione con i tecnici dei comuni, i rilievi hanno avuto il fine di cartografare i fenomeni gravitativi, identificandone cause, meccanismi e danni prodotti, e di individuare eventuali situazioni di rischio residuo. Occorre inoltre precisare che, poiché l'attività dei tecnici dell'ANPA è stata limitata ai giorni dell'evento alluvionale e a quelli immediatamente seguenti, nel presente documento viene riportato lo stato dei fenomeni al momento dei sopralluoghi con le conseguenti raccomandazioni. L'evoluzione successiva dei dissesti è stata seguita dai tecnici comunali e dai tecnici appositamente incaricati.

In Piemonte sono stati condotti rilievi nella zona di Verbania, in Val d'Ossola, Val Divedro e Val-lanzasca per valutare i danni legati all'innalzamento del lago Maggiore e caratterizzare i dissesti dei versanti analizzati. È stata seguita l'evoluzione dei processi idraulici che hanno caratterizzato il Po ed il Ticino in Lombardia fino alla provincia di Mantova.

Sono stati effettuati, inoltre, specifici sopralluoghi nelle aree in cui sono ubicati impianti industriali a rischio, quali quelli dell'ACNA di Cengio (Savona), dell'EUREX dell'ENEA a Saluggia (Vercelli) e dell'Enichem di Pieve Vergonte (Verbania-Cusio-Ossola), posizionati a poca distanza dai corsi d'acqua.

Si ritiene utile ricordare, infine, che nel periodo 1-17 novembre, su richiesta dell'ARPA Piemonte, un altro gruppo di tecnici dell'ANPA ha fornito supporto tecnico-scientifico per una

valutazione delle situazioni più critiche in merito ad impianti industriali ed a siti contaminati nelle zone interessate dall'alluvione. In particolare sono stati analizzati i fattori che hanno determinato condizioni di elevato rischio o di danno ambientale, fornendo utili elementi per la messa in sicurezza degli stabilimenti e per la progettazione degli interventi di bonifica. I dati raccolti nel corso di tale attività sono oggetto di uno specifico rapporto tecnico dell'ANPA. Occorre sottolineare che le informazioni riportate in questo documento e la cartografia prodotta, essendo finalizzate alla gestione e superamento della fase emergenziale, sono derivate unicamente da sopralluoghi effettuati sul terreno e, di conseguenza, senza il supporto di dati provenienti da aerofotointerpretazione. La legenda utilizzata, pur rifacendosi alla classificazione di Varnes, è stata opportunamente modificata per rispondere alle esigenze pratiche derivanti dal carattere speditivo dei sopralluoghi.

Questo documento di sintesi si compone di tre parti: nella prima parte viene sommariamente descritto l'evento meteorologico sulla base essenzialmente dei rapporti emessi dalle Regioni Piemonte e Valle d'Aosta. Nella seconda parte vengono illustrate le tipologie di dissesto osservate nel corso dei rilievi effettuati nelle aree riportate in Figura 1.1, mentre la terza descrive nel dettaglio i fenomeni osservati. Le conclusioni infine riportano alcune considerazioni relative agli insegnamenti che si ritiene possano essere ricavati da questo evento. Gran parte delle sezioni relative ai sopralluoghi, contenute in vari rapporti preliminari, è stata già trasmessa alle Amministrazioni locali interessate.



Figura 1.1: Ubicazione dei sopralluoghi eseguiti dai tecnici dell'ANPA

2. Caratteri evolutivi dell'evento meteorologico

2.1 Caratteri generali

Nelle giornate tra venerdì 13 ottobre e lunedì 16 ottobre 2000 precipitazioni di intensità molto elevata hanno interessato estese aree del Piemonte, della Val d'Aosta e, in misura minore, della Lombardia e della Liguria, determinando situazioni di eccezionale criticità idraulica accompagnate da diffusi e ripetuti fenomeni di dissesto.

L'evento meteorico è stato caratterizzato dall'alternarsi di fasi con precipitazioni a carattere di forte rovescio temporalesco (intensità comprese fra 40 mm/h e 50 mm/h) e brevi momenti di flessione. Le precipitazioni hanno mantenuto continuativamente valori minimi dell'ordine di 10 mm/h, con rare e localizzate soluzioni di continuità. Nei settori maggiormente colpiti i valori totali cumulati hanno raggiunto ordini di grandezza medi areali di 400 mm in 80 ore, con punte massime sino ai 650-700 mm (dati dei Servizi Tecnici di Prevenzione della Direzione Regionale - Regione Piemonte). Valori di questa grandezza evidenziano il carattere straordinario del fenomeno occorso.

L'origine del fenomeno è da ricercarsi nella persistente azione sulle regioni nordoccidentali italiane di correnti meridionali umide e molto instabili, richiamate da una vasta area depressionaria posizionata sul Mediterraneo centro-occidentale, il cui moto verso Est veniva completamente impedito dalla formazione e successivo consolidarsi di un promontorio anticiclonico sulla Regione balcanica.

I bacini maggiormente colpiti dalla crisi idrogeologica sono stati quelli del Toce, del Sesia, dello Stura di Lanzo, della Dora Riparia, della Dora Baltea, dell'Orco, del Pellice e dell'alto Po, con lineamenti meteorologici evolutivi e massimi di precipitazione in parte diacroni e caratterizzati da una rilevante dipendenza dalla posizione geografica ed orografica.

Le elevate temperature che hanno contraddistinto la fase di acme dei fenomeni, conseguenti al notevole rialzo dello zero termico verificatosi nella giornata di venerdì 13, hanno fatto sì che la gran parte del territorio fosse interessata da precipitazioni sotto forma prevalente di pioggia, causando anche lo scioglimento del manto nevoso preesistente ed offrendo un ulteriore contributo idrico alle portate dei principali corsi d'acqua.

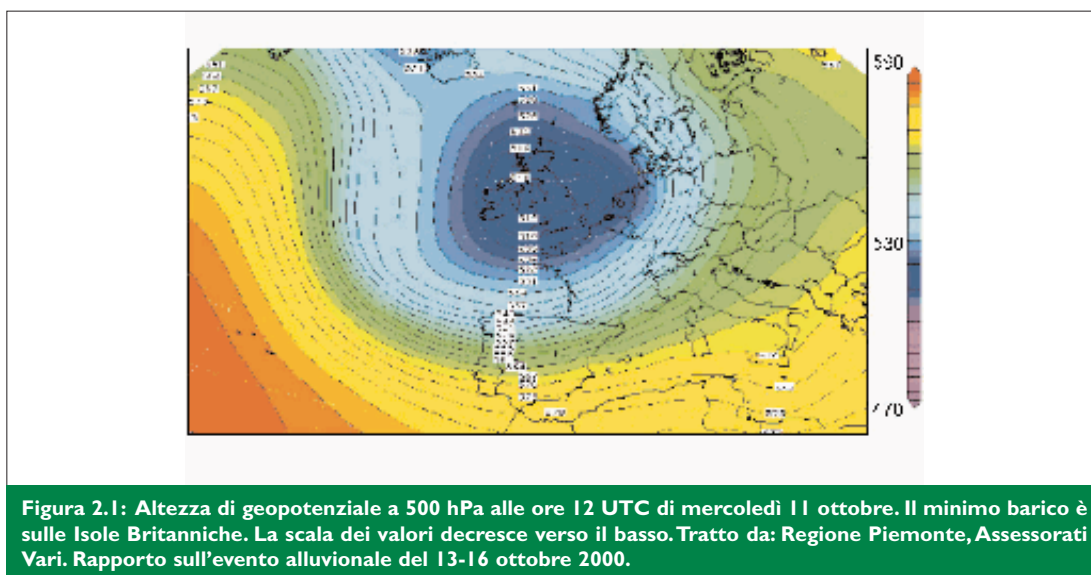
2.2 Evoluzione meteorologica ed indicazioni pluviometriche

Per meglio comprendere la dinamica dell'evento ed i fattori che hanno determinato l'eccezionale intensità dei fenomeni, è necessario analizzare l'evoluzione meteorologica durante un arco di tempo compreso fra mercoledì 11 e lunedì 16.

– **Mercoledì 11.** L'origine dell'evento si manifesta con l'attivarsi di una profonda circolazione ciclonica centrata sulle isole britanniche (Figura 2.1) ed avente un minimo al suolo di 964 hPa (ore 12).

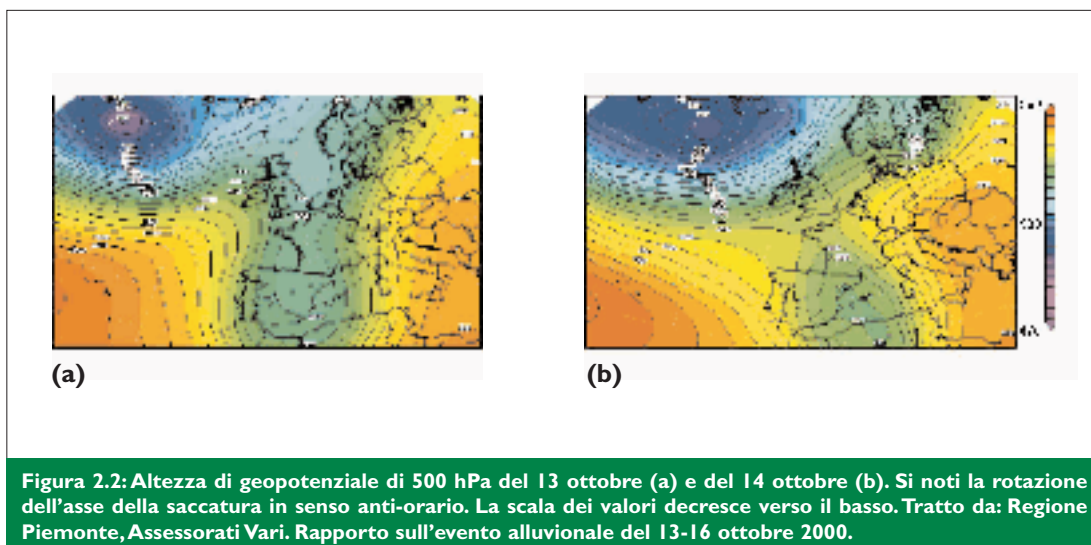
La struttura depressionaria, estremamente estesa sia in longitudine che in latitudine, inizia ad interessare anche le regioni nordoccidentali italiane apportandovi correnti meridionali umide ed instabili con direzione di moto OSO-ENE. Nel corso della giornata si manifestano le prime precipitazioni nelle zone montane e pedemontane, localmente a carattere temporalesco per sollevamento forzato in corrispondenza di ostacoli orografici.

– **Giovedì 12.** La circolazione depressionaria tende a deformarsi secondo i meridiani, determinando una discesa di aria fredda atlantica, accompagnata da una marcata diminuzione della pressione verso la Penisola Iberica ed il Mediterraneo Occidentale. Sulle regioni nordoccidentali italiane il flusso tende a disporsi più decisamente da SSO, aumentando ulteriormente l'apporto di umidità e causando i primi forti rovesci temporaleschi nelle aree di confine con la Liguria. Inizia a piovere anche in pianura, mentre altrove si assiste ad un intensificarsi delle precipitazioni (specialmente sui rilievi al confine fra Piemonte e Val d'Aosta). Si forma e si sviluppa



pa un promontorio anticiclonico sull'Europa balcanica che causa una stazionarietà del sistema frontale perturbato ed una persistenza della struttura depressionaria formatasi sull'Iberia.

– **Venerdì 13.** L'analisi della pressione a livello del mare mostra la persistenza di un minimo barico sul Mediterraneo occidentale. Il contemporaneo rinforzo della struttura anticiclonica ad Est dell'Italia e la rotazione in senso NO-SE dell'asse della saccatura al suolo (Figura 2.2), tendono nella serata a conferire una direttrice di moto sudorientale alle masse d'aria nei bassi strati. In quota, ad inizio giornata prevale ancora la componente meridionale di origine africana, ma con il passare delle ore lo strato con un forte flusso umido da SE tende ad innalzarsi sempre più, determinando un notevole intensificarsi delle precipitazioni sui versanti esposti in modo sfavorevole (Val d'Ossola occidentale, Valle dell'Orco, Stura di Lanzo, Valle di Cogne). Il sistema frontale arretra leggermente verso Ovest (tutto l'Arco Alpino torna nel settore frontale caldo), si verifica un netto aumento delle temperature e lo zero termico si porta sino ai 3400 m, con precipitazioni miste a sabbia.



A fine giornata la struttura depressionaria interessa tutte le quote della troposfera mentre l'umidità relativa è superiore a 75% sino ad 8000 m di quota.

Nella notte tra il 13 e il 14 in Valle d'Aosta si registra un primo picco di precipitazioni pari a 16 mm/h nei settori del Gran Paradiso, a fronte di un'intensità oraria media di ca. 10 mm/h per l'intera regione. In Val d'Ossola si raggiungono quantitativi diurni medi di 120-150 mm, con punte considerevoli di 270 mm (Lago Paione e Varzo). Nelle valli Stura di Lanzo ed Orco nelle 24 ore si superano solo localmente i 100 mm totali.

– **Sabato 14.** Dalla saccatura si isola una circolazione depressionaria chiusa (Figura 2.2 b), presente a tutte le quote ed associata ad un sistema frontale ancora stazionario. La struttura anticiclonica sui Balcani si mantiene ben strutturata a tutte le quote e continua ad esercitare un'azione di blocco al moto verso Est. Il precedente minimo al suolo tende a colmarsi, ma se ne forma uno nuovo sulla Tunisia in rapido spostamento verso nord (coste mediterranee francesi) durante la giornata. In tutto l'Arco Alpino occidentale si registra una progressiva diminuzione della pressione. L'Italia nordoccidentale è interessata da forti correnti orientali nei bassi strati che causano un incremento delle precipitazioni nell'alta valle del Po e nella Val Pellice. Altrove, sebbene con locali irregolari variazioni, i fenomeni riprendono con intensità costante ed elevata, dopo una breve pausa nella mattinata. Nelle aree più colpite, a fine giornata, si raggiungono quantitativi medi totali nelle 48 ore di ca. 250 mm, con punte di 540 mm a Pizzanco e di 420 mm a Varzo (Val d'Ossola), di oltre 300 mm a Ceresole Reale (Valle dell'Orco), Cogne e Champorcher (bacino della Dora Baltea).

– **Domenica 15.** La depressione tende a trasferirsi verso Nord (Francia Meridionale), permettendo alla parte fredda del sistema frontale di attraversare le regioni nordoccidentali italiane. L'arrivo di masse d'aria più rigida, oltre a produrre un abbassamento medio delle temperature di ca. 4°C ed una discesa di 700-800 m dello zero termico (sino ai 2600-2700 m di quota), favorisce l'innesco di fenomeni temporaleschi estesi, con forti precipitazioni anche sui rilievi del basso Piemonte.

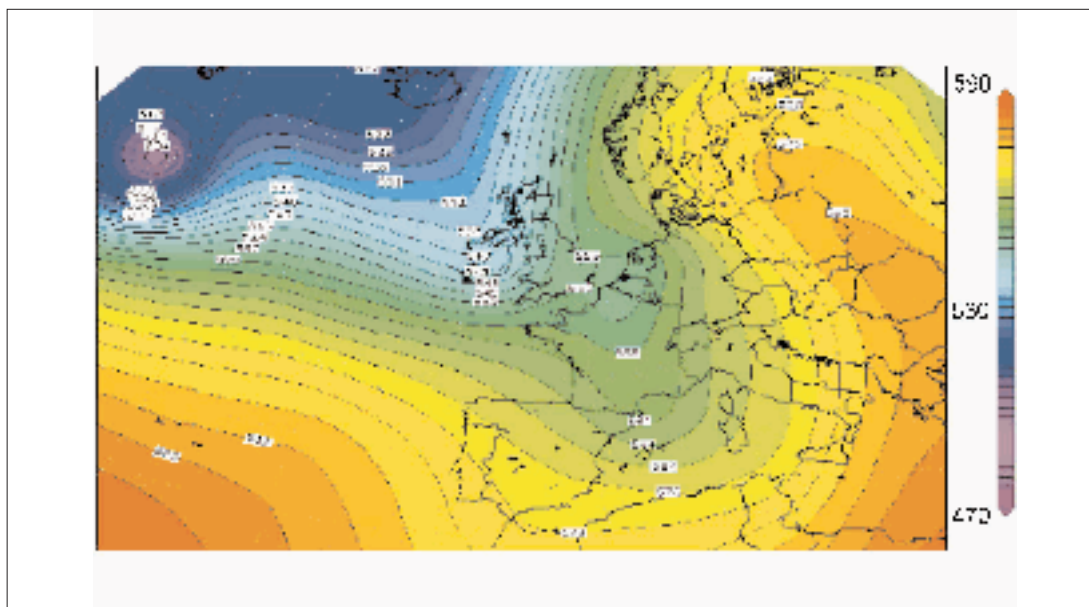


Figura 2.3: Altezza di geopotenziale di 500 hPa alle 12 UTC del 16 ottobre. Rispetto alle immagini precedenti si nota un ritiro verso NNO del minimo di pressione ed un suo colmamento. La scala dei valori decresce verso il basso. Tratto da: Regione Piemonte, Assessorati Vari. Rapporto sull'evento alluvionale del 13-16 ottobre 2000.

Nella grande maggioranza dei casi, nelle aree più colpite dall'evento alluvionale, la notte tra il 14 e il 15 e la mattina del 15 stesso fanno registrare i massimi di precipitazione oraria per l'intera fase evolutiva (sino a 40 mm/h in Val di Cogne). I quantitativi diurni di pioggia raggiungono valori medi di 150-200 mm, con punte di 240-250 mm ed oltre in Val Soana (bacino dell'Orco), Val Pellice-alto Po e valle di Champorcher (bacino della Dora Baltea).

Nella serata, alcune ore dopo il passaggio del fronte freddo, si registra un netto aumento di pressione; ad esso si accompagna una netta e diffusa attenuazione dei fenomeni atmosferici.

– **Lunedì 16.** La circolazione depressionaria prosegue il suo moto verso Nord colmandosi, mentre le correnti in quota si dispongono da SO (Figura 2.3). Dopo il passaggio del fronte freddo nella giornata precedente, le precipitazioni continuano con intensità moderata o debole, cessando del tutto nei bacini più occidentali, lungo il confine Piemonte-Lombardia.

I fenomeni residui insistono con intensità lievemente superiore solo nei versanti esposti a SE, essendo ancora presenti correnti sudorientali nei bassi strati. Nella giornata non vengono comunque superati valori di alcune decine di millimetri di precipitazione.

Il giorno 17, con l'espansione verso Est di un cuneo di alta pressione dal Mediterraneo occidentale, progressivamente si ripristinano condizioni di bel tempo su tutta l'area.

Per quanto riguarda la maggiore intensità delle precipitazioni, l'intero evento mostra una durata media di ca. 80 ore (da venerdì 13 alla mattinata di lunedì 16). I quantitativi massimi cumulati per l'intero periodo superano medie areali di 400 mm, con punte di 600 mm nel Bacino della Dora Baltea (Champorcher), di circa 700 mm nel bacino dell'alto Toce e dell'Orco (Ala di Stura, Ceresole, Piamprato Soana).

Nei settori occidentali e meridionali del Piemonte i valori restano sensibilmente al di sotto di quelli dell'evento del 1994. Nei bacini dell'Orco, della Dora Baltea e del Toce l'evento sembra ricadere fra quelli con tempi di ritorno centenari.

I maggiori fenomeni di esondazione, relativi al passaggio del picco dell'onda di piena dei principali corsi d'acqua, si registrano nelle aree montane e pedemontane in un lasso di tempo compreso fra la notte di sabato 14 e la prima mattina di lunedì 16. I principali fenomeni di dissesto tendono a sovrapporsi alle massime intensità orarie di precipitazione registrate (in genere nella notte fra il 14 ed il 15 ottobre).

3. Tipologia dei dissesti

La crisi idrogeologica del 13-16 ottobre 2000 ha indotto su un'ampia porzione dell'Italia nord occidentale molteplici tipologie di evento alle quali sono da ricondurre i numerosi e gravi danni che si sono prodotti.

Occorre sottolineare che la caratterizzazione degli eventi di dissesto di seguito riportata non deve essere considerata esaustiva ai fini della comprensione dell'intero fenomeno alluvionale, poiché quanto descritto riguarda esclusivamente i fenomeni rilevati nelle aree per le quali veniva richiesto da parte delle competenti Autorità locali uno specifico intervento.

La pluralità dei fenomeni indotti dall'evento alluvionale, da cui ne deriva anche la complessità, è una conseguenza dell'estensione e, quindi, delle variabili caratteristiche geologico-geomorfologiche del territorio coinvolto oggetto dei sopralluoghi. In particolare è emerso che eventi di dissesto diversi hanno caratterizzato le valli alpine laterali, i fondovalle dei principali corsi fluviali ricadenti nel bacino del F. Po e la pianura alluvionale del Po. Nelle prime sono stati osservati prevalentemente dissesti di tipo geologico-idraulico, ossia legati all'azione concomitante della gravità (frane di varia tipologia) e delle acque di ruscellamento superficiale. Nel secondo caso, invece, sono prevalsi fenomeni legati alla deposizione, allo sbocco dalle valli laterali, di colate rapide, di fango e di detriti, oltre ad eventi di sovralluvionamento in corrispondenza dell'asta fluviale che attraversa il fondovalle. Infine, nel terzo ambito territoriale sopra indicato sono stati registrati fenomeni essenzialmente idraulici (alluvionamento e sifonamento) legati al passaggio dell'onda di piena del F. Po.

3.1 Dissesti gravitativi

I fenomeni di dissesto di tipo gravitativo sono quelli che in maggior numero e con grande impatto hanno interessato i versanti di buona parte della Val d'Aosta e degli altri settori montani rilevati, causando non solo ingenti danni alle infrastrutture presenti, ma anche la morte di sette persone (fra i paesi di Fenis e Nus).

L'intensità con cui tali eventi si sono prodotti e manifestati è legata alle abbondanti precipitazioni meteoriche registrate su tutta l'area in esame per un periodo di tempo prolungato. In tale contesto le piogge hanno rappresentato il principale elemento scatenante per l'innescare e/o la riattivazione di numerosi fenomeni franosi non solo perché hanno provocato la saturazione e l'imbibizione dei terreni, in special modo di quelli di alterazione superficiale, ma anche perché sono state la causa diretta dell'incremento dell'azione erosiva da parte delle acque di ruscellamento e dilavanti. In particolare, nei bacini montani, i torrenti ed i piccoli corsi d'acqua, ingrossati a dismisura, sono stati caratterizzati da un trasporto solido eccezionale che ha messo in crisi tutto il sistema idrologico dell'area.

Ciò che è risultato particolarmente evidente nel quadro generale dei fenomeni che si sono verificati nelle aree esaminate è che il carattere di eccezionalità dell'evento di dissesto sta nella pressoché contemporanea attivazione di un numero particolarmente elevato di eventi franosi in molteplici zone delle aree rilevate. Dalle testimonianze raccolte sul posto è emerso che la quasi totalità dei fenomeni gravitativi che ha investito la gran parte delle aree in studio si è innescata nella notte a cavallo tra il 14 ed il 15 ottobre e nella mattinata di domenica 15 ottobre.

Uno dei fenomeni franosi più diffusi e che maggiormente ha indotto modificazioni del paesaggio è stato quello della colata rapida, sia di fango che di detriti. La presenza, localmente, sulla parte bassa dei versanti o all'interno di valloni incisi e ad elevata pendenza, di corpi deposizionali riconducibili ad antichi fenomeni di colata rapida dimostra che tali eventi si sono prodotti in queste zone fin dal passato recente, costituendo ancora oggi uno dei più importanti ed ancora attivi agenti morfogenetici. Le colate si sono sviluppate all'interno di valli laterali alpine e impluvi stretti e acclivi che defluiscono direttamente nei principali fondovalle. Sono

spesso collegate a fenomeni di erosione lineare e di sponda che hanno mobilitato i detriti depositati nel letto dei torrenti e in alcuni casi sono state innescate dall'evoluzione di altre tipologie di movimento (scorrimenti rotazionali o traslativi), sviluppatasi a monte. Il materiale coinvolto, che spesso ha raggiunto volumi rilevanti, ha percorso anche diversi km dall'area di innesco del fenomeno gravitativo con elevate velocità di scorrimento, superando dislivelli anche di 1000 metri. Fenomeni di colata rapida di fango e detriti, oltre che nell'alveo dei torrenti tributari dei corsi principali, si sono innescati anche lungo alcune linee di impluvio naturali dei versanti di rilievi montuosi che bordano ampie valli fluviali. In tal caso l'innesco di tali fenomeni è stato favorito dalle pendenze estremamente elevate tipiche dei rilievi montuosi alpini, oltre che dall'azione erosiva particolarmente efficace esercitata sia dalle acque di ruscellamento lineare sia da quelle di dilavamento areale.

Tali tipologie di dissesto sono risultate particolarmente gravose per le aree in cui si sono prodotte perché la loro deposizione, che avviene generalmente con una notevole forza d'urto, si è verificata in corrispondenza delle conoidi preesistenti, allo sbocco delle valli laterali, e nelle aree di fondovalle, nella maggior parte dei casi occupate da insediamenti abitativi (Figura 3.1). I danni più gravi sono stati rilevati nelle frazioni di Pleod e Perron del centro abitato di Nus, dove una colata detritica ha provocato sei morti.



Figura 3.1: La colata rapida lungo il vallone del torrente S.Barthelemy che ha investito il centro abitato di Nus.

I danneggiamenti hanno interessato, oltre alle strutture abitative, anche le infrastrutture lineari e le reti di servizi, con un conseguente costo economico molto rilevante. Nel caso della colata rapida di fango che ha investito il centro abitato di Nus, il materiale fangoso ha raggiunto quasi ovunque i primi piani delle abitazioni, oltre a lesionare le altre principali infrastrutture dell'area.

Sempre nell'ambito delle valli laterali alpine, il fenomeno gravitativo maggiormente registrato, anche se con effetti meno impattanti, è stato quello degli scivolamenti corticali, abbondanti

prevalentemente sui versanti a elevata pendenza. Il loro innesco è stato favorito dalla saturazione e imbibizione della coltre di alterazione superficiale da parte delle acque di precipitazione meteorica. In molti casi tali tipi di dissesti gravitativi hanno comportato la decorticazione del manto vegetale e/o arboreo, trascinando verso valle anche alberi d'alto fusto (in prevalenza Pinus, Castanea e Fagus) e detriti eterogenei sia per tipo che per dimensioni.

Lungo i fianchi dei fondovalle dei principali corsi fluviali ricadenti nel bacino del F. Po sono stati riconosciuti anche alcuni eventi franosi del tipo scorrimento rotazionale e traslativo. Questi hanno interrotto la viabilità lungo la rete viaria locale (Figura 3.2) e, nei casi più gravi, hanno completamente distrutto tratti di strade di collegamento tra le varie frazioni poste sui versanti prospicienti.

Particolarmente scarsi, a dispetto di quanto generalmente si verifica in quest'area, sono stati i fenomeni di crollo del substrato litoide.

Al momento dei sopralluoghi effettuati è apparso che nella maggior parte dei fenomeni di dissesto gravitativo rilevati permaneva una condizione di rischio residuo, in alcuni casi particolarmente elevato. Ciò è stato evidenziato da molteplici indicatori, tra i quali:

- la presenza di fratture di trazione beanti (Figura 3.3) sviluppatesi a monte delle aree di coronamento delle frane, ad indicare una distribuzione di attività delle stesse di tipo retrogressivo;
- la presenza, lungo il percorso di molte frane osservate, di ingenti volumi di materiale detritico e/o fangoso depositato dalla frana stessa e re-inciso, successivamente, da un flusso estremamente abbondante di acque di ruscellamento concentrato;



Figura 3.2: Porzione terminale di una frana che ha investito la SS 26 ad est di Nus: alcuni giorni dopo l'evento presentava ancora abbondante acqua di ruscellamento concentrato.



Figura 3.3: Una frattura di trazione nei pressi di Rovarey de Verres (Nus) una settimana dopo l'evento alluvionale mostrava ancora un'apertura di qualche cm.

- la presenza, lungo gli alvei dei principali torrenti, di una mole di detrito notevole, costituito da blocchi lapidei di grandi dimensioni e tronchi d'albero ad alto fusto che, occludendo la sezione dell'alveo avrebbero potuto indurre pericolosi "effetti diga".

3.2 Dissesti idraulici

I dissesti indotti dalle acque di scorrimento superficiale all'interno delle aree rilevate sono legati sia all'attività erosiva delle stesse sia a quella deposizionale.

Per quanto riguarda il primo aspetto, danni ingenti sono stati provocati dalle acque di dilavamento areale e di quelle incanalate. Quest'ultime, in particolare, hanno accresciuto a dismisura la loro portata a causa delle piogge intense e prolungate, in maniera tale da incrementare proporzionalmente i fenomeni di erosione ad esse connessi.

Lungo le principali aste dei torrenti sono stati osservati numerosi fenomeni di erosione spondale che hanno causato per scalzamento al piede ingenti movimenti gravitativi lungo i versanti delle rispettive valli fluviali.

Intensi processi di erosione lineare si sono registrati prevalentemente nei tratti dei torrenti caratterizzati da elevate pendenze. Questi sono stati la causa di approfondimenti delle sezioni degli alvei, che hanno raggiunto anche i 10 metri. Tale attività erosiva, oltre ad aver indotto un incremento straordinario del carico solido trasportato (detrito, blocchi lapidei di notevoli dimensioni, tronchi d'albero), ha anche esercitato un'azione destabilizzante nei confronti delle strutture di attraversamento presenti in alveo, provocando, nei casi più gravi, il crollo di alcuni ponti.

Al momento dei sopralluoghi, il sistema idrogeologico delle aree rilevate si presentava ancora sovrassaturo, come evidenziato dall'abbondante acqua che, scorrendo lungo i versanti, gli impluvi, le strade, anche sotto forma di rivoli diffusi, ha re-inciso gran parte dei depositi delle frane che si sono prodotte.

Dissesti legati all'attività deposizionale delle acque incanalate sono stati registrati nelle aree pianeggianti attraversate dal fiume Po e nei fondovalle dei corsi d'acqua, Bormida, Tanaro, Dora Baltea e Toce, tra i principali del bacino del Po. I corsi d'acqua esondando dal loro alveo, hanno causato l'allagamento di strutture abitative, produttive e commerciali, di diversi settori della rete viaria, nonché di estese aree utilizzate per scopi agricoli. Il fenomeno ha provocato, inoltre, il trasporto e la deposizione di ingenti volumi di materiale prevalentemente limoso-argilloso inglobante localmente resti di vegetali, liquami, materiali plastici e metallici (Figura 3.4).



Figura 3.4: Materiale plastico e metallico trasportato durante la piena

Le esondazioni hanno di conseguenza comportato danneggiamenti ingenti alle colture agricole presenti, l'evacuazione di molte abitazioni, notevoli disagi per l'interruzione di strutture civili importanti (rete viaria, acquedotti, fognature e depuratori) e danni economici per la mancata produzione da parte delle imprese di tipo agricolo, industriale e commerciale. Per fare un esempio, spessori elevati del materiale sedimentario causano una sostanziale diminuzione della fertilità delle aree coinvolte, che produce di conseguenza diminuzioni se non interruzioni della produzione. Problemi analoghi si sono osservati lungo le sponde del Lago Maggiore, dove le acque hanno raggiunto un livello di circa 5 metri al di sopra dello zero idrometrico, causando l'allagamento degli edifici prospicienti il lago e delle aree destinate alle colture agricole. Lungo l'asta del F. Po è stata registrata durante i giorni della crisi idrogeologica una portata di colmo con valori compresi tra 8.000 e 10.000 m³/s e un'altezza idrometrica di 10 metri circa al di sopra del livello di guardia, con un tempo di stazionamento di circa 9 ore.

Le portate raggiunte hanno provocato la rottura di alcuni argini golenali e il conseguente allagamento delle aree golenali occupate da colture agricole e localmente da strutture abitative e

produttive. Le ripercussioni sulle strutture antropiche sono le stesse di quelle riportate per il caso dei principali corsi d'acqua del bacino del Po.

Per laminare l'onda di piena del F. Po è stata consentita la rottura artificiale di alcuni argini golenali (Figura 3.5) al fine di far defluire le acque all'interno delle aree adiacenti, utilizzate in tal modo come casse di espansione. Tale intervento se da un lato ha provocato disagi alla popolazione residente in alcuni settori delle aree golenali (a volte in maniera abusiva), dall'altro ha consentito di ridurre il rischio associato alla potenziale rottura di alcuni tratti degli argini maestri.



Figura 3.5: Area golenale utilizzata come cassa di espansione; sono state coinvolte dall'allagamento anche strutture abitative e produttive.

Sono da evidenziare infine limitati casi di sifonamento avvenuti lungo gli argini del F. Po e del F. Oglio legati all'infiltrazione dell'acqua di falda al di sotto degli argini, cui si accompagna la rapida risalita verso la superficie di acqua e sabbia. Fortunatamente tali fenomeni non hanno compromesso la stabilità degli argini coinvolti.

4. Sopralluoghi

In questo capitolo vengono riportate le osservazioni effettuate nel corso dei sopralluoghi eseguiti dai tecnici dell'ANPA tra il 15 ed il 27 ottobre in alcune delle aree maggiormente colpite dal fenomeno alluvionale, illustrate negli elaborati cartografici (vedi quadro di unione e Tavole allegate in Appendice). Occorre sottolineare il carattere speditivo di tali rilievi eseguiti in fase emergenziale e in coordinamento con le richieste delle Autorità locali. Pertanto la caratterizzazione dei dissesti che ne deriva non può considerarsi esaustiva e definitiva del fenomeno alluvionale nel suo complesso.

4.1 Regione Valle d'Aosta

4.1.1 Comune di Fenis

Il territorio del comune di Fenis, fortemente allungato in senso nord-sud, si estende sul fianco destro della valle della Dora Baltea, dalla sponda del fiume fino all'interno del sistema montuoso alpino (Alpi Cozie). Appena più a sud si trova il margine settentrionale del Parco del Gran Paradiso. Nel territorio di Fenis, prevalentemente montuoso, le quote variano dai 500 metri circa del fondovalle ai 3513 metri della Pointe Tervisa; numerose altre cime superano i 3000 metri, tra cui Mont Rafray e Mont Glacier. L'abitato principale è costituito da un gruppo di frazioni ai piedi del versante, ormai coalescenti tra loro, la principale delle quali è appunto Fenis, dove sorge il castello di Challant, una delle fortezze militari più belle e meglio conservate della Val d'Aosta. Piccoli nuclei abitativi e numerose malghe sono distribuiti sui versanti e all'interno delle valli trasversali, ad andamento circa nord-sud, la principale delle quali è quella del Torrente Clavalité.

La roccia in posto è costituita principalmente da metamorfiti (calcescisti e serpentiniti) che sui versanti si presentano fortemente alterate nella porzione più superficiale. I forti dislivelli imposti dall'intensa azione erosiva dei corsi d'acqua e dei ghiacciai, uniti alla facile alterabilità delle rocce affioranti con lo sviluppo di patine argillose tra i clasti, determinano la elevata propensione al dissesto dei versanti nell'area. I fianchi dei versanti e le aree subpianeggianti all'interno del versante sono mantellate da suoli poco evoluti e da depositi colluviali, con spessori che possono superare i 2-3 metri. Il piede del versante principale che si affaccia sulla valle della Dora è riempito prevalentemente da depositi fortemente eterometrici di conoidi coalescenti (in particolare quelle allo sbocco dei valloni di Saint Marcel e del Clavalité), interdigitati nel settore più prossimo alla Dora con i sedimenti a grana prevalentemente limo-sabbiosa della piana alluvionale.

L'evento del 16 ottobre

A Fenis le intense e continue precipitazioni, protrattesi fino al giorno 15 ottobre, hanno indotto una situazione di diffusa instabilità dei versanti, culminata con le disastrose colate rapide nella notte tra i giorni 15 e 16, che sono state responsabili della perdita di sei vite umane tra le frazioni di Pléod e Perron (Figura 4.1).

I tecnici dell'ANPA hanno potuto raggiungere Fenis solo nella mattinata del giorno 18, grazie alla riapertura alle sole vetture di soccorso del collegamento viario principale, gravemente danneggiato insieme a quello ferroviario (Figure 4.2 e 4.3). Su richiesta dei responsabili dell'amministrazione comunale e d'accordo con il coordinamento regionale degli interventi geologici presso il Centro Operativo Misto della Protezione Civile ad Aosta, è stato avviato il rilievo speditivo dei fenomeni franosi, al fine essenzialmente di evidenziare le possibili situazioni di persistente pericolo per le abitazioni e secondariamente di eseguire un primo censimento dei danneggiamenti alla rete viaria locale ed alla rete di acquedotti.



Figura 4.1: Panoramica della frazione di Pléod a Fenis, dove si sono verificati i danni maggiori e la perdita di 6 vite umane. In basso a destra si riconosce l'ala sudorientale del castello di Fenis



Figura 4.2: Un tratto dell'autostrada Torino-Aosta appena riaperta il giorno 18 ottobre, dopo che un debris flow il giorno 16 aveva ostruito la sede stradale.



Figura 4.3: Quincinetto, in prossimità del casello autostradale: sede ferroviaria sottoscavata da un ramo laterale della piena della Dora Baltea.

Descrizione dei dissesti

Il tipo di dissesto più diffuso è stato la colata rapida, in prevalenza di fango, talora come evoluzione di movimenti innescatisi più a monte come rotazionali o traslativi. I danneggiamenti maggiori sono stati però determinati dalle colate detritiche (*debris flows*), in particolare quelle allo sbocco dei Torrenti Clavalité e Cerisey, e quella luttuosa di Pléod (vedi Tavola 1 e Figura 4.1). Alluvionamenti hanno interessato la zona più prossima alla Dora Baltea e la piana interna nella parte alta del vallone di Clavalité (Tavola 3). Fenomeni di erosione spondale e collassi per scalzamento al piede sono stati osservati lungo numerose linee di drenaggio. Alcuni alvei, specialmente nelle zone alte o più ripide, o comunque di maggior velocità di flusso, sono stati approfonditi fino a oltre dieci metri.

Molti dei dissesti osservati hanno interessato pendii piuttosto ripidi e fittamente boscati, con prevalenza di *Pinus*, *Castanea* e *Fagus*, senza evidenza di una particolare manutenzione boschiva. Spesso è stato possibile ipotizzare un diretto nesso causale tra i dissesti e la fitta rete viaria che permette l'accesso alle zone montane. In alcuni casi si è anche notato l'effetto negativo di recenti muri in cemento armato privi di un efficace sistema di drenaggio, in confronto con il comportamento, in genere sensibilmente migliore, dei muretti a secco.

Di seguito vengono illustrati i casi più significativi osservati durante i rilievi, muovendosi da Est verso Ovest (Tavole 1-3).

Miseregne-Rovarey

Il torrente Cerisey ha subito una forte erosione lineare, che si è trasformata in *debris flow* nel tratto basso, con deposizione detritica allo sbocco nella piana travolgendo le strade trasversali e il canale irriguo e distruggendo la sistemazione idraulica realizzata a seguito di un evento precedente occorso nel 1993. Intorno a quota 520-525 m slm questa colata si è fusa con quella ancora più ampia e disastrosa proveniente dal torrente Clavalité ed insieme hanno raggiunto la Dora. Il *debris flow* proveniente dal T. Clavalité è stato alimentato non solo dall'incisione lineare, ma anche dai numerosi collassi sulle sponde dovuti allo scalzamento al piede e dalle colate innescatesi dai versanti. Oltre alla distruzione di un tratto di canale e di strade trasversali, analogamente al più piccolo torrente Cerisey già citato, effetti particolarmente significativi si sono verificati in corrispondenza del ponte stradale di collegamento tra Fontillon e Miseregne. Qui già nel 1993 si era verificata una forte erosione spondale in sinistra con l'asportazione di una costruzione e della relativa strada d'accesso. In seguito a ciò era stata eseguita una sistemazione spondale a difesa del ponte e delle abitazioni prospicienti i cigli delle scarpate con muri costituiti da grossi massi cementati. Purtroppo questo evento ha dimostrato drammaticamente l'insufficienza di tale sistemazione, che è stata in parte asportata ed in parte "aggirata", mettendo in serio pericolo alcune abitazioni, particolarmente in sponda sinistra; il tratto di strada sopravvissuto al precedente evento del 1993 è stato completamente asportato (Figure 4.4, 4.5 e 4.6).



Figura 4.4.: Zona subito a valle del ponte tra Fontillon e Miseregne: si nota l'erosione della sponda sinistra che ha asportato la strada e messo in pericolo un'abitazione. A destra si riconoscono i resti della difesa spondale realizzata nel 1993, ora isolata al centro del nuovo letto del torrente.

Fortunatamente le imposte del ponte hanno invece resistito in maniera adeguata: un cedimento di tale struttura avrebbe di fatto diviso in due la zona abitata, con serie conseguenze per la possibilità di accesso dei soccorsi a Miseregne-Rovarey. Va notato che un tale effetto erosivo era prevedibile a causa della brusca curva verso est che compie il torrente, dopo un lunghissimo tratto rettilineo, proprio in corrispondenza del ponte (vedi Tavola 1).

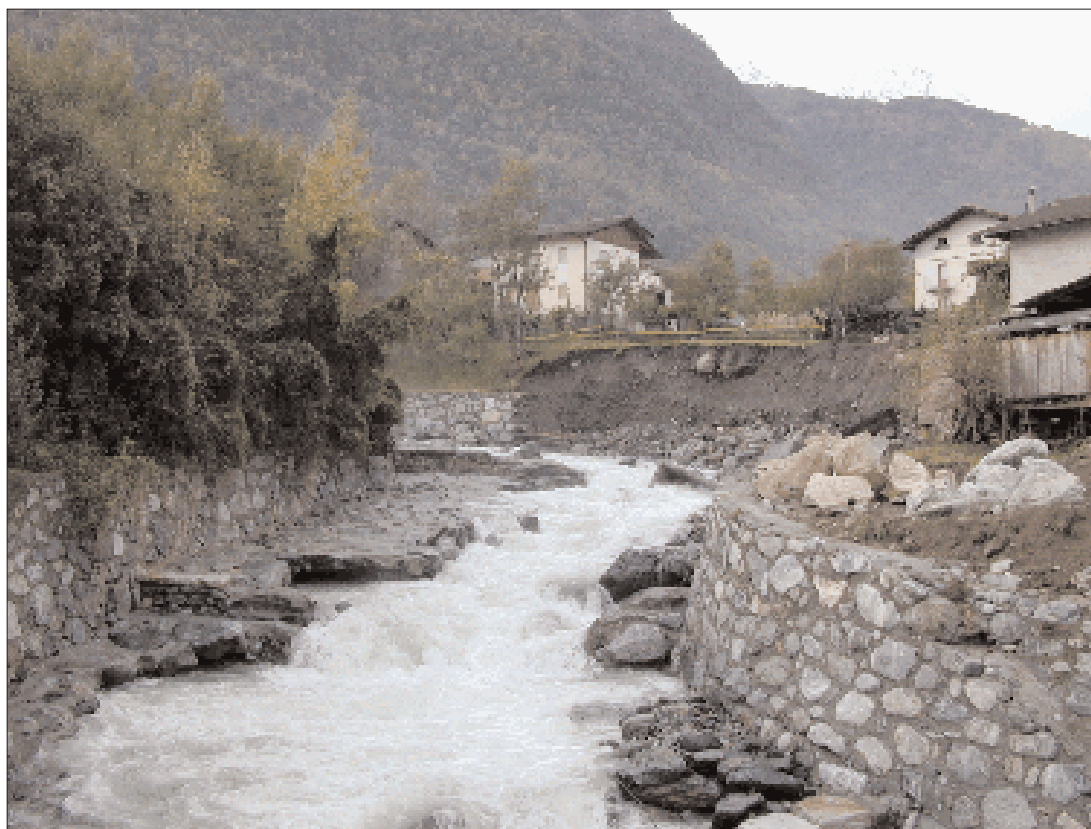


Figura 4.5: Zona subito a monte del ponte tra Fontillon e Miseregne: si nota l'erosione della sponda sinistra. La difesa spondale era stata realizzata nel 1993.

Fenomeni gravitativi ed alluvionali si sono verificati lungo tutta l'asta del T. Clavalité fino alla piana di Maisonnasse-Maison Blanche, raggiungibile in quel momento solo in elicottero per l'asportazione di tratti della strada di accesso o per la sua ostruzione da parte di frane. In base alle notizie raccolte ed alle osservazioni effettuate, non pare che si siano verificati significativi



Figura 4.6: Zona subito a valle del ponte tra Fontillon e Miseregne: si nota l'erosione sia della sponda sinistra che destra e la distruzione delle difese spondali realizzate solo 7 anni prima, nel 1993.

casi di sbarramenti effimeri con conseguenti onde di piena, presumibilmente per il fortissimo potere erosivo dell'acqua nel corso del fenomeno rispetto alla modesta dimensione della maggior parte dei collassi gravitativi. Una serie di dissesti sono stati osservati lungo la stradina che costeggia il versante orientale di Saint Julien; in particolare, movimenti di tipo rotazionale hanno interessato il versante proprio in vicinanza del bottino di presa dell'acquedotto. Una regimazione delle acque superficiali in questa zona sorgiva è senz'altro opportuna (Figura 4.7).



Figura 4.7: Frana sul torrente Clavalité sotto Saint Julien, nei pressi del bottino dell'acquedotto.

Nel tratto di versante compreso tra i due torrenti sopra citati, si sono verificate due principali colate, che hanno colpito rispettivamente le frazioni di Miseregne e Rovarey, poste proprio al piede del versante stesso. La colata di Miseregne, la cui corona è posta proprio al di sotto di uno dei tornanti della strada per Desot-Arbussayes (che giunge poi al Clavalité alto), si è probabilmente innescata come movimento traslativo, dando luogo ad un deposito prevalentemente fangoso alla base del ripido pendio. Essa ha investito numerose abitazioni, determinando in prevalenza il riempimento dei piani bassi delle case con fango e detriti. La colata detritica che ha investito Rovarey è invece provenuta da un'incisione minore sul versante. I danni prodotti sono stati anche qui costituiti essenzialmente dal riempimento dei piani bassi delle case con fango e detriti; seri danni strutturali sono stati osservati solo per un'abitazione (Figure 4.8 e 4.9).

Molte colate ed alcuni *soil slips* avevano interrotto in molti punti la strada a tornanti che sale a Desot-Arbussayes, anche qui spesso innescati proprio al ciglio del piano stradale o indotti dal taglio del pendio (Figura 4.10).



Figura 4.8: Rovarey: immagine indicativa dei danni subiti da molte abitazioni a Fenis: fango e detriti hanno riempito i piani bassi ed i garages, talora provocando anche lesioni alle tamponature e talora a strutture portanti.



Figura 4.9: Colata detritica a Rovarey; si nota al centro la casa più seriamente lesionata.



Figura 4.10: Frana iniziata al ciglio di una strada che sale a tornanti sul versante che guarda Rovarey e Miseregne.

Versante tra Perron e Etravers

A parte i numerosi piccoli fenomeni assimilabili a *soil slips*, si sono verificate due principali colate di fango, che hanno interessato rispettivamente Etravers e Pommier. La colata che ha raggiunto Etravers, producendo effetti paragonabili a quelli di Miseregne, è derivata dalla fusione di diverse colate. Una di queste è derivata dalla forte incisione erosiva di una linea di drenaggio minore estesa fino a circa quota 1000 sotto al versante nord di Saint Julien. Anche qui, come già sottolineato, i numerosi tagli stradali hanno certamente contribuito all'innesco dei fenomeni.

La colata che ha investito Pommier, anch'essa alimentata dall'erosione di due linee secondarie di drenaggio confluenti in una sola poco a monte dell'abitato, ha avuto dimensioni minori rispetto alle altre. Una frana di tipo rotazionale costituiva al momento del rilievo una delle poche sorgenti di rischio residuo dopo l'evento principale, per il pericolo di ulteriori distacchi dalla zona di corona.

Pléod-Perron

La colata detritica che ha investito le frazioni di Pléod e Perron è quella risultata più disastrosa, avendo provocato 6 vittime. A differenza dei *debris-flows* descritti in precedenza, che non hanno incontrato abitazioni sul loro cammino (in particolare, il Clavalité è ancora molto incassato quando attraversa la zona abitata), questo ha trovato sul suo percorso, appena allo sbocco del versante, alcune abitazioni, due delle quali sono andate completamente distrutte (Tavola I e Figura 4.11). Pur non avendo un esteso bacino alle spalle (Figura 4.12), questo valone ha incanalato il materiale proveniente da diverse grosse colate di fango e detrito a mon-



Figura 4.11: Resti delle abitazioni distrutte dal debris flow di Pléod, dove sono perite 6 persone.



Figura 4.12: Vista verso monte del debris flow di Pléod.



Figura 4.13: Casa lesionata da una frana a Tillier.

te (vedi zone di Sermoz, Morgettaz e Coteau). Va sottolineato che tale zona era ritenuta relativamente sicura, esistendo una piccola chiesetta seicentesca proprio di fronte allo sbocco del vallone. Ora questa costruzione è stata distrutta, a testimonianza da un lato della dimensione del fenomeno e dall'altro delle mutate condizioni morfologiche locali che hanno presumibilmente spinto il flusso in direzioni non seguite in precedenza. Il castello è stato aggirato dal flusso ormai prevalentemente fangoso che si è incanalato lungo le strade e nei varchi tra le abitazioni fino a superare l'abitato e raggiungere la Dora, dopo aver localmente riempito di fango il canale artificiale.

Numerose colate minori hanno infine interessato il basso versante tra Fagnan e Maison Tillier (Figure 4.13, 4.14) e tra Rovarey e Rovarey Daymoz provocando danneggiamenti secondari.

4.1.2 Comune di Nus

Nel comune di Nus, i dissesti geologico-idraulici hanno provocato ingenti danni alle infrastrutture e la perdita di una vita umana. In base alle testimonianze raccolte tra i residenti si è constatato che la maggior parte degli eventi di dissesto si è verificata la mattina del 15 ottobre, in coincidenza con il momento culminante dell'evento meteorologico in corso, coinvolgendo gran parte del territorio comunale. In particolare, i dissesti sono stati principalmente di tipo gravitativo vista la preponderanza dei fenomeni franosi che, con varia intensità e tipologia, si sono innescati sui versanti che delimitano la valle della Dora Baltea e su quelli dei torrenti ad essa affluenti. Non sono comunque mancati dissesti indotti da fenomeni idraulici, causati dalle eccezionali portate degli stessi corsi d'acqua.



Figura 4.14: Pala meccanica investita da una colata, appena sul fianco destro del debris flow di Pléod, mentre ripuliva la strada occlusa da una precedente minore colata.

In seguito alle molteplici situazioni emergenziali che si sono venute a delineare nel comune di Nus, i sopralluoghi dei tecnici dell'ANPA sono stati concordati con i responsabili delle competenti autorità locali (Regione Autonoma della Valle d'Aosta e tecnici comunali) nelle aree dove ancora permanevano situazioni di elevato rischio, al fine di cartografare gli eventi di dissesto verificatisi e di esprimere un giudizio preliminare sul loro grado di pericolosità residuo. Il lavoro si è svolto in prossimità dei centri abitati e lungo la locale rete viaria per consentire in base a criteri di sicurezza, il ripristino della viabilità e l'agibilità delle abitazioni.

Sulla base delle indicazioni fornite dai geologi e dai tecnici del comune di Nus, derivate dallo stato di necessità al momento dei sopralluoghi, sono stati identificati tre diversi settori di intervento nell'area comunale:

- settore orientale (Tavola 4), corrispondente al versante sinistro della Dora tra le frazioni di Messigny, Ronchettes, Mandollaz e Fognier, dal fondovalle a quote di circa 800 m s.l.m.
- settore settentrionale (Tavole 5, 6 e 7), all'interno del vallone di S.Barthelemy a monte della frazione di Val Dessous, lungo i torrenti S.Barthelemy (fino alle malghe di Servaz) e Chaleby fino allo spartiacque.
- settore centrale (Tavola 8), corrispondente al versante sinistro della Dora tra le frazioni di Petit Fenis, Blavy, Moin e Messigny, fino a quote di oltre 1500 m s.l.m.

Da un punto di vista morfologico, il territorio preso in considerazione è caratterizzato dalla presenza del fondovalle della Dora, occupato da depositi terrazzati e da estese conoidi alluvionali quaternari, spesso coalescenti, presenti allo sbocco delle valli tributarie.

I rilievi che delimitano il fondovalle, in cui affiorano litotipi prevalentemente metamorfici (calcescisti e filladi) ricoperti da notevoli spessori di depositi morenici e colluviali, sono caratte-

rizzati da versanti ad elevata pendenza e valli fortemente incise dai torrenti. Il marcato approfondimento degli alvei è causato dalla elevata energia e capacità erosiva come testimoniato anche dal loro andamento pressoché rettilineo.

Settore orientale

Il settore orientale del comune di Nus rilevato (vedi cartografia Tavola 4) comprende sia aree di fondovalle, lungo la Strada Statale della Valle d'Aosta, sia zone montuose, corrispondenti al versante in sinistra idrografica della Dora. Le litologie in affioramento sono essenzialmente rappresentate da rocce metamorfiche ricoperte da spessori notevoli, anche maggiori di 2 m, di depositi morenici. Questi ultimi sono caratterizzati da prevalente matrice limoso-argillosa contenente pezzame lapideo di dimensioni eterogenee, fino a blocchi di oltre un metro cubo. Il versante esaminato risulta caratterizzato da copertura boschiva e/o prativa, e da numerosi terrazzamenti antropici, realizzati tramite la costruzione di piccoli muri a secco, su cui si pratica la coltivazione della vite. Il versante è attraversato a varie quote da strade comunali ed interpoderali che mettono in comunicazione tra loro le molte frazioni. Esso, inoltre, è disseccato da numerosi e stretti impluvi di notevole lunghezza e pendenza, il cui percorso raggiunge anche dislivelli dell'ordine dei 1000 m, come nel caso del torrente che attraversa l'abitato di Messigny.

I dissesti rilevati in questo settore sono da ricondurre prevalentemente a fenomeni franosi che hanno coinvolto la coltre di alterazione più superficiale e talvolta anche i depositi morenici sottostanti. Tali eventi franosi si sono innescati in conseguenza delle intense precipitazioni meteoriche, che hanno favorito lo sviluppo di una fitta rete di ruscellamento lineare in corrispondenza degli impluvi presenti e di dilavamento areale su tutto il versante. Al momento dei sopralluoghi permaneva ancora una condizione idraulica critica, tipica di un sistema idrogeologico sovrassaturo, caratterizzato in superficie da numerosi solchi di ruscellamento concentrato con notevole scorrimento d'acqua ad evidenziare un'erosione lineare particolarmente attiva. In molti casi il flusso d'acqua ha deviato il proprio percorso originario per canalizzarsi in corrispondenza delle strade asfaltate, come nel caso osservato lungo la strada comunale che collega le località di Rovarey a Rovarey De Verres.

Le aree dove si sono verificati i danni più gravi e dove ancora permanevano condizioni di criticità al momento dei sopralluoghi sono soprattutto quelle in corrispondenza dell'abitato di Messigny, della Strada Statale della Valle d'Aosta e nell'abitato di Plaisant Dessus.

Nel primo caso, lungo lo stretto vallone che attraversa l'abitato si è innescato un fenomeno di colata rapida che ha provocato la morte di una persona proprio all'interno dell'abitato di Messigny (Figura 4.15). Secondo le testimonianze raccolte sul posto, l'evento si sarebbe verificato alle 9:15 di domenica 15 ottobre, senza segni premonitori che potessero permettere la fuga degli abitanti.

La colata si è originata da due differenti nicchie ubicate al di sopra della località di Moin per poi confluire in unico impluvio ad ovest dell'abitato di Lavanche. In tal modo, il materiale franato, vista anche l'elevata pendenza e la ridotta sezione dell'impluvio in cui si è canalizzato, ha raggiunto velocemente e con elevata energia l'abitato di Messigny, denudando completamente il substrato metamorfico dalla coltre di alterazione superficiale e causando ingenti danni a molte case e al ponte del centro abitato. Qui, a causa della repentina riduzione di pendenza e della presenza delle abitazioni, gran parte del materiale trasportato è stato improvvisamente depositato, raggiungendo spessori di oltre 5-6 m. Il resto della colata ha poi continuato il suo percorso verso valle lambendo le case dell'abitato di Rovarey, per giungere direttamente alla Dora Baltea, in prossimità della quale ha completamente investito un'abitazione fino a tutto il primo piano di altezza (Figura 4.16).

Dai sopralluoghi e dai rilievi effettuati lungo tutto il percorso della colata di Messigny, è emer-



Figura 4.15: Gli effetti disastrosi della colata sugli edifici nel centro abitato di Messigny.

so che permanevano condizioni di rischio sia nel settore a monte che in quello a valle rispetto all'abitato stesso. Nel primo caso, infatti, la presenza di fratture di trazione di notevole estensione lineare (oltre 5 m) e di ampiezza di circa 10 cm ad est di Thoula Seche mettevano in condizioni di equilibrio limite una massa di circa 200 mc di volume che, se mobilizzati, avrebbero potuto investire nuovamente l'abitato di Messigny. Un discorso analogo valeva anche per alcuni blocchi lapidei di notevoli dimensioni (fino a 30-40 mc) all'interno dell'impiuvio a monte di Messigny che si trovavano in condizioni di equilibrio precario. Nelle zone a valle dell'abitato, invece, le condizioni di rischio residuo erano legate soprattutto ai notevoli spessori di materiale detritico che la colata aveva depositato in alveo e che, allo stato attuale, erano reincisi da un abbondante flusso d'acqua. L'eventuale rimobilizzazione di questo materiale avrebbe potuto interessare le case poste al di sotto dell'abitato di Rovarey.

Come descritto in precedenza molte frane hanno interessato la Strada Statale della Valle d'Aosta, compromettendone la viabilità in più punti. Limitatamente al tratto interno al comune di Nus, le situazioni più critiche sono state rilevate nel tratto tra i km 86 e 88.



Figura 4.16: L'abitazione nei pressi della Strada Statale della Val d'Aosta investita dalla colata di Messigny.

In questa area la maggiore situazione di rischio residuo per la viabilità sulla Strada Statale era in corrispondenza del km 87, legata ad un fenomeno franoso di tipo complesso, caratterizzato da uno scorrimento di tipo rotazionale evoluto come colata.

Il movimento franoso (Figura 4.17), che si è innescato a circa 670 metri di quota coinvolgendo uno spessore di circa un paio di metri di coltre detritico-colluviale, è proseguito verso valle portando con sé molti tronchi e dopo aver interrotto le strade comunali che da Rovarey de Verres raggiungono Plaisant Dessous e Ronchettes, ha raggiunto l'alveo della Dora Baltea. Al momento del sopralluogo gli indicatori di rischio residuo rilevati erano le molteplici fratture di tensione beanti e gli avvallamenti di alcune decine di centimetri nella zona di coronamento che suggerivano un possibile allargamento della massa coinvolta nel movimento franoso. Questa eventualità era avvalorata anche dalla presenza di notevole quantità di acqua distribuita su molte linee di deflusso in nicchia e nella zona di coronamento. Si notava anche la presenza di ruscellamento concentrato lungo tutto il corpo di frana che, al momento del sopralluogo, aveva re-inciso di circa un metro il materiale franato.

Nella frazione di Plaisant Dessous, due frane di medie dimensioni (larghezza di 30-40 metri e lunghezza di un centinaio di metri) hanno causato ingenti danni. Uno scorrimento rotazionale nella zona più orientale del paese ha distrutto due abitazioni e parzialmente danneggiato altre case adiacenti. La zona più occidentale è stata invece interessata da uno scorrimento traslazionale che ha prodotto danni minori.

Sono stati rilevati nei dintorni della nicchia elementi per ritenere che le due frane costituissero ancora un pericolo potenziale evidenziati da piccoli avvallamenti e da fratture di trazione. Quest'ultime, lunghe fino a 15 metri con rigetti decimetrici, suggerivano la possibilità di un



Figura 4.17: La frana del km 87 della Strada Statale vista dal coronamento verso la Dora. È evidente il solco di ruscellamento che sta incidendo il corpo della frana.

progressivo allargamento del corpo delle due frane. Infatti un primo rudimentale monitoraggio, effettuato con fili tesi tra due capisaldi fissati a terra, sulla frana più orientale nei giorni immediatamente successivi all'evento, ha evidenziato un movimento progressivo lungo la frattura (comunicazione personale dei geologi del comune di Nus).

Altri elementi di instabilità incipiente del versante venivano osservati anche ad est del paese di Plaisant Dessus lungo la strada che porta a Mandollaz, ove erano presenti sistemi di fratture beanti con rigetti fino a 50 cm, che delimitavano un fenomeno franoso che metteva a rischio la viabilità stessa. A causa del permanere di queste situazioni di rischio il ritorno alla normalità per la frazione di Plaisant Dessous, rimasta a lungo isolata poiché priva di vie di accesso, è stato particolarmente difficoltoso.

Anche gli scorrimenti di tipo superficiale sono stati estremamente dannosi, come nel caso dello scorrimento che si è innescato subito sotto le case di Baravey. Questo movimento, probabilmente predisposto dalla diffusa presenza di terrazzamenti coltivati a vite, che hanno favorito l'in-

filtrazione delle acque meteoriche, ha coinvolto circa un metro di coltre detritica superficiale. La frana si è quindi separata in due rami, uno dei quali ha interessato l'abitato di Rovarey de Verres (Figure 4.18 e 4.19), investendo completamente almeno due abitazioni e danneggiandone gravemente altre. Anche qui le abitazioni hanno avuto un ruolo frenante della massa in frana, favorendone l'accumulo in spessori che, all'interno dell'abitato, hanno raggiunto anche il metro. L'assenza di segnali di movimenti in atto nella zona di coronamento ha consentito di ritenere poco probabile un allargamento del corpo di frana fino alle sovrastanti case di Baravey.

Sono state riscontrate anche alcune situazioni di rischio per la viabilità sulle strade comunali: sulla strada tra Cellaz e Mandollaz sono state rilevate fratture di trazione nel coronamento di un evidente scorrimento traslazionale che si era innescato subito a monte della strada. Inoltre, sulla strada tra Plaisant Dessous e Champ-Troille, all'altezza dell'impluvio che segna il confine comunale, sono state rilevate fratture beanti nel manto stradale con notevole circolazione di acqua. Tali elementi lasciavano ipotizzare un prossimo collasso dei terreni di imposta della strada. Nella Tavola 4 sono stati riportati anche tutti gli altri movimenti franosi e gli smottamenti di tipo superficiale che hanno temporaneamente interrotto la Strada Statale e le altre vie di comunicazione, che non presentavano indizi di instabilità residua.

Settore centrale

Il settore centrale occupa la porzione di territorio ad ovest del vallone di Messigny per una superficie di circa 5 kmq, tra gli abitati di Marsan, Thoula Seche, Moin e Blavy. L'area si esten-



Figura 4.18: Lo scorrimento che ha investito le case di Rovarey de Verres, visto dal sovrastante abitato di Baravey.



Figura 4.19: Una abitazione di Rovarey de Verres distrutta dallo stesso scorrimento.

de sul versante sinistro della Dora, da circa quota 800 metri fino allo spartiacque con il vallo-
ne di Saint Barthelemy.

Nel settore sono stati rilevati dissesti essenzialmente di tipo gravitativo, occorsi con mecca-
nismi di tipo scorrimento e colata superficiali (Tavola 8). Pertanto, i terreni mobilizzati dai mo-
vimenti franosi sono rappresentati dalla coltre detritica superficiale, dal suolo e dai depositi
morenici; dette coperture recenti ricoprono in maniera uniforme il versante, con spessori me-
di di circa 2 metri. Occasionali crolli e rotolamenti di massi si sono verificati laddove le frane
hanno interessato aree prospicienti gli scarsi affioramenti rocciosi presenti in questo settore.
Il versante è generalmente ricoperto da vegetazione arborea che lascia spazio a ristrette aree
prative. Sono presenti anche aree di terrazzamento antropico che venivano utilizzate per pra-
tiche agricole negli anni passati. L'abbandono di queste attività negli ultimi tempi ha favorito, in
seguito agli eventi occorsi, la distruzione o il danneggiamento dei muri a secco che delimita-
vano le aree coltivate.

Le attività di rilevamento hanno consentito di osservare la situazione idrogeologica del versante immediatamente dopo il verificarsi dell'evento. Particolare attenzione è stata prestata alle condizioni di sovrassaturazione del terreno, che risultava totalmente imbibito d'acqua. Tale fenomeno si manifestava con un consistente scorrimento superficiale, riscontrato anche nei settori più alti in quota, a testimoniare l'impossibilità del versante a smaltire l'eccesso di precipitazioni. In diversi punti, condizioni probabilmente legate a locali fattori stratigrafici, consentivano la temporanea infiltrazione delle acque. Queste riemergevano più a valle, creando zone di ristagno laddove la superficie topografica risulta sub-pianeggiante. Tale tipologia di fenomeni è stata osservata a monte della frana complessa che ha parzialmente interessato un'abitazione a quota 900 metri sulla strada per Petit Fenis e a monte delle corone di frana presenti alla testata dell'incisione che attraversa Thoula Seche. L'anomalia nella circolazione idrica si manifestava anche nei settori più a valle dove si poteva osservare la fuoriuscita di acqua non solo dai dreni ma anche direttamente dai muri di protezione delle strade. Inoltre, in corrispondenza delle corone di frana, si sono potute osservare persistenti venute d'acqua al contatto bedrock – copertura.

I fenomeni franosi rilevati sono concentrati principalmente in due aree: la prima si trova alla testata del vallone che attraversa Thoula Seche, la seconda a monte di Marsan.

Per quanto riguarda il primo settore, intorno a quota 1300 circa, sono state rilevate due colate che si sono incanalate nell'incisione che attraversa Thoula Seche ed hanno percorso un centinaio di metri di dislivello, fermandosi a quota 1200 prima di raggiungere l'abitato. Al momento del sopralluogo nella zona di coronamento delle frane, si è rilevata un'elevata situazione di rischio residuo a causa del materiale rimobilizzabile ancora presente in alveo e delle fratture presenti nel terreno, che isolavano masse già destabilizzate per il franamento delle porzioni attigue. In tali fratture, estese per una decina di metri e con rigetti di alcuni centimetri, si infiltravano le acque di ruscellamento che scorrevano lungo il versante. Cospicue venute d'acqua sono state rilevate sia dalla corona che all'unghia delle frane, in special modo al contatto copertura – bedrock. Altri dissesti si sono verificati all'interno degli impluvi senza che il loro corpo raggiungesse l'alveo principale dell'incisione di Thoula Seche. In quest'area la locale pendenza del versante risulta essere il più frequente fattore predisponente al dissesto. Infatti, la posizione della corona si trova subito a monte di un aumento di pendenza.

Nel secondo settore, le frane sono concentrate in prossimità delle roture di pendio rappresentate dagli sbancamenti realizzati per il passaggio delle strade. Infatti, la maggior parte dei dissesti rilevati, sono occorsi lungo la strada che collega Blavy a Lavanche e lungo quella che unisce Thoula Seche a Petit Fenis. Corone di frana sono state rilevate sia a monte che a valle del taglio. I dissesti che si sono innescati alla base del rilevato o immediatamente a valle di questo, sono quelli che hanno maggiormente danneggiato le sedi stradali. Tali movimenti hanno provocato lo scalzamento del rilevato, il crollo dei muri di contenimento e l'estesa fratturazione del manto di asfalto. Le frane innescatesi a monte delle strade, hanno distrutto diversi muri di sostegno ed ostruito il piano stradale di materiale detritico. Situazioni di rischio residuo sono presenti lungo la strada per Thoula Seche, a 300 metri dal bivio con la strada che collega Nus a Petit Fenis, dove è presente uno scorrimento il cui accumulo è ancora potenzialmente soggetto a rimobilizzazione, e lungo la strada che unisce Blavy a Lavanche, dove sono state rilevate fratture sulla sede stradale che isolano cunei di materiale instabile.

I tipi di movimento dei dissesti riconosciuti in quest'area sono scorrimenti, colate o complessi, generalmente derivati dall'evoluzione di scorrimenti in colata. Il rischio residuo rappresentato da queste frane è legato ad una possibile riattivazione del materiale mobilizzato dalle colate e attualmente depositato lungo il loro percorso, come rilevato in particolare sui dissesti che hanno interessato l'incisione che attraversa Marsan, asportando materiale detritico e vegetazione, senza arrivare ad interessare direttamente l'abitato.

Settore settentrionale

Il settore settentrionale comprende i valloni dei torrenti Saint Barthelemy e Chaleby e le aree adiacenti, fino alla loro confluenza all'altezza di Val Dessous.

Questo settore comprende aree montuose (quote del fondovalle comprese tra 1100 e 1900 metri s.l.m.) con versanti anche molto acclivi, interessati prevalentemente da copertura boschiva, anche se aree prative adibite a pascolo sono assai frequenti nelle aree a quote maggiori. I processi geomorfologici in questo settore sono dominati dall'azione dei due torrenti citati che controllano anche l'evoluzione dei versanti. Una Strada Regionale collega Nus alle varie frazioni (Issologne, Lignan) percorrendo in alcuni tratti il fondovalle del torrente Saint Barthelemy.

A differenza di quanto osservato sul versante sinistro della Dora Baltea (settore orientale e centrale), in questo settore si sono osservati oltre ai fenomeni gravitativi, tipo colate rapide e crolli, anche fenomeni più propriamente idraulici, quali esondazioni ed erosioni di sponda legati alla piena dei due torrenti. Questi hanno profondamente sconvolto i fondovalle, modificando il corso degli alvei e causato ingenti danni soprattutto alla rete stradale e fognaria.

Nel vallone del torrente Saint Barthelemy gli effetti della piena sono stati devastanti soprattutto nel tratto compreso tra Issologne e Val Dessus. In questo tratto di alveo è stata riscontrata la deposizione di una grande quantità di materiale detritico, eterogeneo sia per dimensioni che per litologia, nonché numerosi tronchi d'albero e blocchi rocciosi di notevoli dimensioni ad evidenziare l'eccezionale portata della piena. Al fine di ripristinare la sezione idraulica originaria si è consigliato di rimuovere al più presto tutto il materiale in alveo che costituiva ostacolo al normale deflusso delle acque.

I fenomeni di erosione di sponda sono stati particolarmente accentuati in destra idrografica del torrente, dove ha completamente cancellato oltre un chilometro della Strada Regionale che costeggiava l'alveo. In località Fabriques una casa costruita in prossimità dell'alveo in destra idrografica è stata completamente distrutta dall'onda di piena (Figura 4.20).



Figura 4.20: L'abitazione distrutta dall'esondazione del torrente S.Barthelemy in località Fabriques.

Invece, per quanto riguarda i fenomeni gravitativi, sul versante sovrastante Fabriques sono stati rilevati crolli di materiale lapideo. I blocchi crollati hanno completamente ostruito la Strada Regionale per un tratto di circa 200 metri a circa un chilometro dalla frazione di Lignan. Il fenomeno di crollo ha probabilmente favorito l'innescò di uno scorrimento di tipo traslazionale che ha interessato tutto il versante fino a Fabriques, arrivando a pochi metri dalla casa sovracitata. Un grosso pericolo, anche a causa delle elevatissime pendenze del versante, è costituito dai blocchi rocciosi di enormi dimensioni e detrito instabile ancora presenti nella zona di distacco e lungo il percorso della frana.

I fenomeni di erosione laterale hanno anche provocato lo scalzamento al piede dei versanti favorendo l'innescò di colate rapide di fango e detrito. Questi fenomeni sono risultati particolarmente visibili in sinistra idrografica, sempre tra Issologne e Val Dessous, in corrispondenza degli impluvi principali. Lungo i percorsi di alcune colate (in località Plan Major e al bivio per La Pesse) la presenza di massi, tronchi e altro materiale instabile incombente sulla Strada Regionale rappresentava ancora al momento del sopralluogo una situazione di rischio.

Occorre infine segnalare situazioni di instabilità anche in zone prive di elementi potenzialmente a rischio, come rilevato nella zona di Damon e Fontane. Qui la strada interpoderale di fondovalle era stata ormai completamente distrutta, e la probabile riattivazione di scorrimenti di tipo rotazionale e traslazionale suggerita dalla presenza di fratture di tensione e di acqua di ruscellamento non sembrava interessare direttamente altre abitazioni o infrastrutture.

Nelle Tavole 5 e 6 sono cartografate anche le frane di tipo superficiale (*soil-slip*) e gli smottamenti connessi con l'evento alluvionale, per i quali non permanevano al momento del sopralluogo situazioni di criticità.



Figura 4.21: Strada interrotta in corrispondenza del ponte sul torrente Chaleby.

Il torrente Chaleby è un affluente di sinistra del torrente Saint Barthelemy. Esso drena un territorio montuoso compreso tra la quota massima di 3206 m. s.l.m. e la quota minima di 1134 m s.l.m (Tavola 7).

Nella parte alta della valle, in località Bois de Chaleby, si sono verificati due estesi fenomeni franosi. Il primo si è innescato come scorrimento rotazionale, a quota 2140 m s.l.m., ed è evoluto in colata di fango e detrito. Lungo il suo percorso ha lambito l'alpeggio di quota 2011 m s.l.m., ed ha raggiunto il torrente principale. Nella zona di corona sono stati coinvolti i terreni più superficiali, costituiti dal suolo e dal deposito morenico, per uno spessore compreso tra 2 e 5 metri. La colata ha abbattuto diversi larici d'alto fusto, che sono stati abbandonati lungo il percorso della colata.

Il secondo fenomeno franoso, classificabile come frana complessa, si è innescato in corrispondenza della strada sterrata che taglia il versante alle spalle dell'alpeggio. Nell'area interessata dal dissesto è possibile distinguere alcuni scivolamenti traslativi e scorrimenti rotazionali.

Nel tratto incassato del torrente si sono osservate numerose frane per scalzamento al piede. Al momento del sopralluogo alcune di esse erano soggette all'arretramento della corona di frana. In particolare, subito a monte del ponte, erano presenti accumuli instabili di notevoli dimensioni, costituiti da fango, detrito e blocchi, che ostruivano la sezione dell'alveo e, inoltre, potevano venire rimobilizzati ed occludere la luce del ponte le cui dimensioni (6 m lunghezza per 3 m altezza) apparivano insufficienti per far passare una piena con elevato trasporto di materiale solido (Figura 4.21). Erano inoltre presenti in alveo numerosi alberi d'alto fusto abbattuti e altri, lungo le sponde, in condizioni di stabilità precaria (Figura.4.22).



Figura 4.22: Alberi abbattuti in alveo lungo il torrente Chaleby.

Nell'area a valle del ponte sono state osservate alcune frane che potrebbero riattivarsi e raggiungere l'alveo del torrente. Una di queste ha determinato il crollo della sede stradale per una lunghezza di circa 15 metri.

Sono state individuate inoltre diverse colate di fango e detrito, innescate in corrispondenza della mulattiera dell'acquedotto che taglia il versante posto in sinistra idrografica.

In località Clemensod, da una ricognizione in elicottero, è stata individuata, in un prato, una frattura di trazione beante, di circa 90 m di lunghezza (Figura 4.23).

4.1.3 Comune di Verrayes

Nel territorio del comune di Verrayes (Tavola 9), posto in sinistra idrografica della Dora Baltea, è stato esaminato il settore a quote più elevate, comprese tra 800 e 1900 m s.l.m. circa, i cui lineamenti morfologici sono caratterizzati sia dalla presenza di versanti montuosi molto acclivi generalmente coperti da estesi boschi, che da ampie aree con minor pendenza coltivate a prato o destinate a pascolo. Tale territorio è disseccato da numerosi impluvi ben sviluppati, aventi notevoli lunghezze e pendenze. Nel settore oggetto dell'indagine affiora un substrato roccioso costituito prevalentemente da litotipi metamorfici, spesso alterati e fratturati, su cui poggia una coltre detritica recente che ricopre in maniera uniforme i versanti, costituita da colluvi, suolo e depositi morenici. Questi ultimi in particolare contengono pezzame lapideo di varia natura, con dimensioni che possono raggiungere alcuni metri cubi, immersi in abbondante matrice limoso-argillosa. I dissesti rilevati, che coinvolgono prevalentemente la coltre detritica e raramente la porzione più superficiale del substrato roccioso, presentano varie tipologie di movimento.



Figura 4.23: Frattura di trazione in località Clemensod nei pressi di Lignan

I numerosi fenomeni franosi, che hanno colpito il comune di Verrayes, si sono attivati all'interno di una deformazione gravitativa profonda, già nota in letteratura, su cui sorgono molte delle frazioni che compongono il comune.

Al momento delle indagini, le aree dove sono stati constatati i danni di maggiore entità e dove permanevano condizioni di maggior rischio residuo erano situate nei dintorni delle frazioni di Grand Villa, Vieille, Menfey Dessus e Menfey Dessous.

Grand Villa

L'abitato di Grand Villa è situato su un pianoro posto ai piedi di un versante montuoso di elevata acclività, solcato da numerosi impluvi. In conseguenza delle intense precipitazioni verificatesi, su tale versante si sono generate alcune colate di fango e detrito che si sono incanalate negli impluvi che attraversano il villaggio. Questi ultimi, nel tratto urbano, erano stati canalizzati in strutture costituite da muri in pietrame e malta o in tubi di calcestruzzo aventi una luce sufficiente a consentire il deflusso delle portate medie dei torrenti, ma non idonee a trattenere le piene con abbondante trasporto di materiale solido. Infatti, durante l'evento alluvionale in oggetto, in corrispondenza di queste strozzature, le componenti solide e liquide trasportate dalle colate sono esondate invadendo il centro abitato e defluendo lungo le vie cittadine.

La colata più occidentale si è innescata al piede di un'estesa area in frana, posta nella parte più elevata dell'impluvio del torrente Cretaz. Nel tratto percorso dalla colata, l'alveo di questo torrente è stato interessato da intensi fenomeni d'erosione concentrata che hanno asportato dal fondo e dalle sponde notevoli quantità di materiale detritico, costituito da colluvi, suolo, depositi alluvionali e materiale vegetale.

Nei tratti d'alveo a minor pendenza o in corrispondenza di ostacoli, il materiale trasportato dalla colata è stato localmente deposto, a formare degli accumuli in equilibrio instabile. Tali depositi, reinciati dalle acque di ruscellamento, rappresentano un grave pericolo poiché suscettibili di alimentare nuove colate rapide.

L'area in frana rappresenta la riattivazione di un settore di una più ampia paleofrana, riconosciuta sul terreno durante i rilievi. Quest'area in frana è delimitata da una scarpata principale ubicata in corrispondenza del sentiero che corre parallelamente all'acquedotto. Nel corso dei sopralluoghi, è stato possibile osservare che, nel tratto interessato dal dissesto, l'acquedotto è stato danneggiato e presenta alcune interruzioni per la rottura delle tubazioni di *eternit*, da cui fuoriuscivano delle cospicue quantità d'acqua. La scarpata principale presentava rigetti di almeno 1,5 m. Inoltre, all'interno dell'area in frana, sono state osservate diverse scarpate secondarie con rigetti da uno a più metri e profonde fessure di trazione beanti, la cui apertura arrivava fino a 20 cm. Le fratture erano monitorate dai tecnici del comune con una strumentazione semplice ma efficace, costituita da un filo teso tra due capisaldi (Figura 4.24). Le misure hanno indicato movimenti di alcuni centimetri nei giorni successivi alla sua installazione ed una successiva stabilizzazione.

I fenomeni in atto in questa area lasciavano comunque ipotizzare che grandi quantità di materiale potrebbero essere mobilizzate, investendo nuovamente con notevole energia il villaggio di Grand Villa. Infatti tali masse si potrebbero incanalare nel ripido impluvio del torrente Cretaz, e trasportate rapidamente verso valle.

Vieille

Il villaggio di Vieille è situato ai piedi di un versante montuoso di elevata pendenza, disseccato da numerosi impluvi e coperto da estesi boschi, ad eccezione del costone a ridosso del centro abitato, recentemente colpito da un incendio.



Figura 4.24: Sistema di monitoraggio degli spostamenti della frana di Gran Villa.

Al momento del sopralluogo consistenti quantità d'acqua scorrevano lungo il versante in esame, in parte dilavanti ed in parte incanalate negli impluvi o lungo le strade.

Vieille è stato interessato da due colate di fango e detrito, innescate da alcuni scorrimenti rotazionali e traslazionali, e incanalate in due impluvi che attraversano l'abitato (Figura 4.25). Qui gran parte del materiale solido trasportato si è accumulato con spessori fino ad 1,6 m, a causa della locale diminuzione di pendenza e soprattutto della presenza delle abitazioni che hanno sbarrato il naturale corso della colata.

La colata di maggiori dimensioni si è innescata per il collasso di una parte del rilevato della strada d'accesso ad una cava di roccia serpentinitica, situata a quota 1784 m s.l.m.

Tale fenomeno, che può essere classificato come scorrimento rotazionale evoluto in colata rapida, ha prodotto una corona semicircolare di una decina di metri di lunghezza e circa 4 metri di altezza.

Il materiale così mobilizzato si è incanalato nell'impluvio sottostante, avente una lunghezza di circa 4 km ed un dislivello di circa 350 m. Il sopralluogo effettuato lungo tutto il percorso di questa colata ha evidenziato la notevole quantità di materiale accumulato localmente all'interno dell'alveo, costituito da fango e blocchi lapidei di varie dimensioni, fino ad alcuni metri cubi. Alcuni dei blocchi, ritrovati lungo tutto il percorso della colata fin quasi al villaggio, avevano forme geometriche regolari, testimoniando una loro origine collegata all'attività estrattiva sopra citata (Figura 4.26). Numerosi sono anche i tronchi d'albero ad alto fusto (larici, abeti e pini) abbattuti dalla colata lungo il suo corso e accumulati in alveo. L'impluvio è stato, inoltre, interessato da intensi fenomeni di erosione concentrata sul fondo e lungo le sponde che hanno scavato solchi anche di 2-3 m di profondità.

Dai rilievi effettuati sul versante a monte della frazione di Vieille sono emerse molteplici condizioni di rischio residuo per questo centro abitato.



Figura 4.25: La colata di fango e detrito che ha colpito la frazione di Vieille.

Tutti gli impluvi in cui si sono incanalate le colate rapide si trovano in condizioni di notevole pericolosità. Ad esempio, in diversi tratti degli alvei le colate hanno depositato notevoli spessori di fango, materiale detritico e tronchi d'albero che potrebbero essere rimobilizzati favorendo nuove colate, qualora si dovessero verificare intense precipitazioni meteoriche.

La presenza di cave e soprattutto delle relative strade d'accesso che tagliano il versante a monte dell'abitato di Vieille, dà origine a condizioni predisponenti per l'innescare di fenomeni franosi, come evidenziato anche nel P.R.G. del comune di Verrayes. Infatti lungo le strade d'accesso alle cave si osservano numerosi dissesti, occorsi anche precedentemente all'evento in esame, verificatisi in corrispondenza degli sbancamenti effettuati per la costruzione della strada, caratterizzata da nicchie di distacco poste a monte ed a valle della stessa, e favoriti dalla mancanza d'opere di regimazione delle acque di ruscellamento.

Un altro elemento di pericolo è rappresentato dall'accumulo di ingenti quantità di materiali di risulta delle attività estrattive delle cave, abbandonati sui pendii circostanti, e dalla presenza di blocchi lapidei posti a sostegno del ciglio della strada, parzialmente rimobilizzati durante l'evento.



Figura 4.26: Colata di fango, detrito e blocchi innescata in corrispondenza della strada di accesso alla cava.

Menfey Dessus e Menfey Dessous

L'alveo del torrente De Oley ha uno sviluppo di diversi chilometri, si presenta inciso ed incassato ed è caratterizzato da una elevata pendenza e dalla presenza di numerosi gradini morfologici.

A causa dell'evento alluvionale il torrente, nel tratto investigato compreso tra le località Vençorère e Paye, è stato interessato da colate di fango e detrito e da fenomeni più strettamente idraulici di erosione concentrata ed esondazione, che hanno scavato solchi fino a 2-3 m di profondità e deposto, in corrispondenza di locali diminuzioni di pendenza, accumuli di materiale detritico, anche di notevole spessore. Il rischio residuo è rappresentato dal materiale rimobilizzabile accumulato in grande quantità in diversi tratti di alveo a formare delle barriere al normale deflusso delle acque. Tale materiale è costituito da fango e blocchi lapidei e da numerosi alberi ad alto fusto.



Figura 4.27: Fenomeni di dissesto lungo il torrente De Oley, in località Longeagne Dessous.

Poco sopra la località Menfey Dessus in corrispondenza della strada che congiunge Verrayes ad Hers, l'impluvio in esame presenta una parete rocciosa alta almeno 35 m, con una pendenza di circa 70° , che incombe direttamente sulla sede stradale. Dalla parete, per una fascia di circa 15 m di ampiezza, è stato completamente asportato suolo e coltre detritica e sono visibili i segni del passaggio della colata di fango e detrito proveniente da monte. Sotto la sede stradale, dove la pendenza dell'impluvio diminuisce, si osserva l'accumulo dei materiali trasportati dalla colata, costituiti da limo e blocchi misti a tronchi d'albero asportati lungo il ciglio stradale e l'impluvio. Tali depositi sono stati poi profondamente incisi dalle acque di ruscellamento lineare che hanno scavato solchi fino ad 1,5 m di profondità. Anche il rilevato stradale è stato danneggiato da fenomeni di erosione che hanno prodotto il crollo della porzione più esterna.

Nel tratto del torrente in prossimità dei villaggi Longeagne Dessus, Longeagne Dessous fino al ponte di quota circa 860 m. s.l.m., si sono verificati estesi ed intensi fenomeni di erosione li-

neare e di sponda che hanno scavato solchi fino a 2-3 m di profondità. Durante i sopralluoghi nell'alveo scorreva ancora una cospicua quantità d'acqua di ruscellamento, valutabile in circa 10 l/sec. Dalle testimonianze raccolte sul posto è emerso che dalla fine dell'evento meteorico estremo non è stata osservata una sensibile riduzione della portata del corso d'acqua e che simili portate non erano mai state osservate scorrere nell'impluvio.

Il ponte a quota 912 m s.l.m. è stato danneggiato dalle acque incanalate che hanno determinato un arretramento della sede stradale di circa 2 m mentre in corrispondenza delle diminuzioni di pendenza si osservano depositi di fango, detrito e tronchi d'albero, che costituiscono degli sbarramenti al normale deflusso delle acque e che potrebbero essere rimobilizzati e dare luogo a nuove colate (Figura 4.27).

Le maggiori situazioni di rischio residuo sono legate alla presenza di due estesi fenomeni franosi di tipo complesso, situati nella porzione più alta del bacino. All'interno di queste aree al momento del sopralluogo erano presenti numerosi segnali premonitori di movimento incipiente, il cui collasso potrebbe mobilizzare notevoli quantità di detrito che si sarebbero incanalate nell'incisione del torrente De Oley, mettendo in serio pericolo le frazioni Menfey Dessus e Menfey Dessous. È importante sottolineare che l'impluvio a valle delle aree in frana presenta notevole acclività ed alcuni tratti subverticali alti diverse decine di metri che potrebbero accelerare le masse in movimento aumentandone l'energia cinetica.

Frana di Vencorère

La frana posta a sudovest del villaggio di Vencorère presenta le caratteristiche di un fenomeno franoso complesso, composto da scorrimenti rotazionali multipli ed evoluto come colata. Nella corona dell'area in frana sono state osservate alcune fratture di trazione con aperture fino a 20 cm, alcune delle quali erano interessate da infiltrazione d'acqua proveniente da una sorgente, avente una portata di circa 0,5-1 l/sec. Nei pressi della strada sterrata è presente la scarpata principale con andamento semicircolare e altezza di circa un metro. La frana è delimitata su entrambi i lati da fratture beanti continue che seguono l'andamento dei due impluvi laterali. In tali fratture sono stati osservati spostamenti relativi fino a 50 cm. Nel corpo di frana sono state osservate numerose fratture di trazione ad andamento trasversale e longitudinale, contropendenze, rigonfiamenti e ondulazioni. Il movimento si è impostato al contatto tra i terreni superficiali, quali depositi morenici e suolo, ed il substrato, costituito da serpentiniti argillificate con scistosità a franapoggio. Lo spessore del materiale coinvolto è valutabile in alcuni metri. Il settore in oggetto è ricoperto da un bosco costituito prevalentemente da larici ad alto fusto, alcuni dei quali, destabilizzati dal movimento, sono caduti o si trovano in condizioni di equilibrio precario. Inoltre nell'area sono presenti diversi blocchi, di dimensioni fino ad alcuni metri cubi, che poggiano sulla coltre detritica. Per valutare l'entità del movimento sono stati installati sistemi di monitoraggio, realizzati con una strumentazione artigianale, che nei primi giorni di osservazione indicavano spostamenti di alcuni centimetri nella zona di corona e di maggiore entità nella porzione inferiore della frana (comunicazione personale dei tecnici del comune di Verrayes). L'area in dissesto è posta sopra un costone roccioso, alto decine di metri che in caso di collasso del materiale potrebbe produrre delle forti accelerazioni del movimento e mettere in serio pericolo gli abitati di Menfey Dessus e Menfey Dessous.

Frana di Pignannaz

Ad Ovest della località Pignannaz è presente un'area in dissesto con movimento di tipo complesso, delimitata da una profonda fessura di tensione beante ampia circa 20 cm con andamento semicircolare. All'interno dell'area in frana si osservano altre fessure di trazione beanti, alcune scarpate secondarie con rigetto verticale fino ad un metro, rigonfiamenti, contro-



Figura 4.28: Frana rotazionale evoluta a colata al confine tra i comuni di S. Jean e Trinité, in corrispondenza della traversa sul Lys.

pendenze e settori completamente disarticolati. Al momento del sopralluogo anche questa frana era monitorata per misurare l'entità del movimento. Nei giorni successivi all'evento, i valori rilevati erano di circa 20 cm al giorno di spostamento orizzontale (comunicazione personale dei tecnici comunali).

4.1.4 Cenni sul comune di Gressoney-S.Jean

La morfologia dell'area del comune di Gressoney-S.Jean è quella tipica del settore della Val d'Aosta a nord della Dora Baltea: lunghe valli a decorso Nord-Sud, modellate da spesse lingue glaciali durante l'ultimo picco freddo e quindi incise da torrenti alimentati dagli apparati glaciali superstiti del gruppo del Monte Rosa e del Cervino. I contrafforti rocciosi sono costituiti da gneiss, a luoghi molto frantumato e alterato. I fondovalle sono riempiti di resti morenici e alluvioni recenti. I pendii, sempre molto acclivi, sono ricoperti di spesse coltri di detrito.

A Gressoney S. Jean è stato effettuato un sopralluogo nella giornata del 21 ottobre per visionare la frana di Weissmatten, nella parte bassa dell'abitato, e quella sul versante destro del Torrente Lys (Figura 4.28), all'altezza della traversa ENEL tra i comuni di Gressoney S. Jean e La Trinité (Onder Perletoa sulla CTR della Valle d'Aosta). Al momento del sopralluogo i due dissesti, in particolare quello di Weissmatten, si presentavano attivi costituendo una significativa minaccia per la viabilità e per le abitazioni.

La frana di Onder Perletoa, di tipo a scorrimento rotazionale, si è sviluppata con stile retrogressivo nella coltre detritica boscata alla base del costone roccioso verticale che sovrasta il pendio, saturato dalle pesanti piogge (Fig. 4.29).



Figura 4.29: Fratture che delimitano l'area della frana di Onder Perletoa

Un sopralluogo effettuato a monte e lateralmente alla zona di corona, raggiunta con l'elicottero, ha evidenziato una serie di fratture di trazione coalescenti, che si seguivano anche per decine di metri ciascuna. Alcune di esse, già molto ampie, evidenziavano il movimento in atto con scricchiolii e schiocchi delle radici e tronchi d'albero coinvolti. Verso il basso, il movimento si era suddiviso in due rami, isolando una stretta striscia boscata. Il grosso del materiale franato si era accumulato a monte della strada, dove il pendio diviene più dolce. Sulla strada e quindi nel torrente era giunta solo la frazione più fina, essenzialmente fangosa. I continui movimenti e i numerosi blocchi rocciosi di dimensioni metriche in condizioni di precario equilibrio (Figura 4.30 e 4.31) mettevano in evidenza la pericolosità del luogo, che quindi necessitava un'azione di monitoraggio e la realizzazione di un percorso alternativo per la località La Trinité.

La frana di Weissmatten può essere interpretata come un movimento complesso, dove il materiale proveniente da un ampio distacco in roccia dal costone si è incanalato nel corso del torrente contribuendo significativamente al *debris flow* che ha raggiunto il fondovalle (Figura 4.32 e 4.33).



Fig 4.30: Esempi dei movimenti in atto nella zona immediatamente a monte della corona di distacco della frana a Onder Perletoa.



Fig. 4.31: Blocchi instabili sulla corona di distacco della frana a Onder Perletoa.



Figura 4.32: Cicatrice del distacco in roccia sopra Weissmatten, a Gressoney S. Jean. Si notano diversi grandi blocchi in equilibrio precario.



Figura 4.33: Alveo del Rio Hobeerg, dove si è incanalata la frana in roccia staccatasi dal sovrastante costone in sinistra orografica.

4.2 Regione Piemonte

4.2.1 Provincia Verbano Cusio Ossola

Sponda piemontese del lago Maggiore

In seguito alle intense precipitazioni gli affluenti principali del lago Maggiore (Toce e Ticino) hanno apportato deflussi anomali causando l'innalzamento del livello dell'acqua del lago Maggiore che ha sfiorato i 5 metri al di sopra del normale stazionamento. Le testimonianze raccolte sul posto riportano notizie riguardo un innalzamento così elevato del livello delle acque risalente al 1886. In quell'occasione il livello delle acque raggiunse una quota di 7 metri al di sopra dell'attuale livello medio.

Sono stati effettuati sopralluoghi lungo le sponde del lago di Verbania, delle sue frazioni adiacenti e dei comuni vicini. L'eccezionale innalzamento del livello dell'acqua ha causato l'allagamento di edifici di vario genere (Figura 4.34), sia ad uso abitativo che produttivo, commerciale e turistico, la maggior parte dei quali è ubicata nel centro abitato di Verbania (vedi ubicazione in Figura 1.1) all'interno di una fascia di circa cento metri di larghezza dalla linea di riva. Gli allagamenti sono stati localmente favoriti anche dal rigurgito della rete fognaria. Per l'inagibilità di dette strutture sono state evacuate un migliaio di persone. Il livello raggiunto dalle acque ha causato ingenti danni alle colture agricole e ha reso necessario, per motivi di sicurezza, l'interruzione di numerosi tratti della rete viaria e la chiusura di alcuni ponti sul fiume Toce.



Figura 4.34: Gli effetti dell'innalzamento del livello del lago Maggiore nei pressi di Verbania che ha raggiunto un metro di altezza dal p.c.

Parte medio bassa della Val d'Ossola e Val Divedro

Una seconda serie di sopralluoghi è stata indirizzata alla conoscenza della situazione della Val D'Ossola (Tavola 10), dove le acque del fiume Toce sono esondate sommergendo le campagne e allagando insediamenti produttivi.

Lungo il fiume Toce, a causa delle numerose esondazioni, la circolazione viaria, e in particolare la S.S. 33 del Sempione, ha subito interruzioni in più punti con la chiusura di ponti e anche di alcuni svincoli che sono stati ricoperti da acqua e sedimenti di tipo limoso-sabbioso.

Una particolare attenzione è stata riservata all'area di Pieve Vergonte per verificare la situazione e lo stato degli impianti dello stabilimento chimico dell'Enichem. Durante il sopralluogo si è potuto verificare che il livello raggiunto dalle acque del Toce era comunque rimasto contenuto all'interno degli argini, causando solo l'alluvionamento delle aree golenali generalmente utilizzate come terreni agricoli o sede di lavorazione di materiali inerti. Testimonianze raccolte sul posto riportano che il livello dell'acqua aveva raggiunto la fascia superiore della parte in muratura dei piloni del ponte ferroviario. Piccoli allagamenti si erano verificati all'interno dello stabilimento, causati dalla fuoriuscita di acqua dai tombini di ispezione di uno scatoletto che consente ad un torrente di attraversare l'area dell'impianto.

Più a settentrione, sempre nella Val d'Ossola e in alcune delle valli laterali, sono stati rilevati maggiormente fenomeni franosi, tipo colate di fango e di detriti. Spesso questi fenomeni hanno reso instabili o hanno fatto crollare per lunghi tratti le strade di accesso a molte piccole frazioni, costringendo le Autorità preposte alla gestione dell'emergenza a chiuderle almeno in via precauzionale. Presso l'abitato di Varzo, in Val Divedro, un fosso che si immette nel torrente Diveria ha eroso la strada che gli correva parallela rendendola non percorribile.

Superato l'abitato di Varzo, lungo la strada che porta in Val Cairasca prima dell'abitato di Gebbo due smottamenti hanno dimezzato la carreggiata rendendo pericoloso il transito e obbligando la prosecuzione dei sopralluoghi a piedi. Proseguendo verso S. Domenico un debris-



Figura 4.35: Danneggiamento della strada per Trasquera in sponda destra del torrente Cairasca.

flow generato dal rapido deflusso del Rio Fresai ha completamente cancellato il manto stradale. Ancora più disastroso è stato l'effetto della piena e del trasporto di materiali del torrente Cairasca che ha esondato in sponda sinistra travolgendo la spalla del ponte che lo attraversava rendendolo inagibile. Superato il ponte sul torrente Cairasca, una serie di smottamenti ostruivano la carreggiata stradale (Figura 4.35), impedendo il raggiungimento dell'abitato di Trasquera ai mezzi di soccorso rimasto quindi completamente isolato.

Nell'abitato di Trasquera è stato fornito un parere tecnico sulla evoluzione di una colata di fango e detriti attiva lungo il versante del monte Teggiolo e sulla delimitazione dell'area soggetta ad ordinanza di sgombero.

Valle Anzasca

La Valle Anzasca, valle laterale destra della Val D'Ossola, è stata segnalata come una delle località maggiormente colpite dalle frane.

A Ceppo Morelli sono stati rilevati i fenomeni più importanti, rappresentati da un debris flow che ha mobilizzato i sedimenti accumulati in un alveo di piccole dimensioni che scorre sul versante destro della valle. Il materiale, raggiunto il fondovalle è stato trasportato dalle acque del torrente Anza, fortunatamente senza provocare danni. Sempre sul versante destro, poco più a valle del fenomeno precedentemente descritto, si è staccata una frana che ha interessato la coltre colluviale e il probabile sedimento morenico sottostante.

È stata poi raggiunta la testata della valle, in corrispondenza dell'abitato di Macugnaga, percorrendo il versante sinistro della valle. In più punti i ruscelli hanno riversato sulla sede stradale materiali mobilizzati dalle acque di ruscellamento, costituiti da sedimenti e resti di materiale vegetale. Il più importante di questi fenomeni è quello che ha costretto ad interrompere il traffico veicolare avvenuto in località Anzino – Bannio. Il notevole livello raggiunto dalle acque e l'aumento del potere erosivo che ne è conseguito hanno prodotto in diversi punti ingenti fenomeni di erosione laterale delle sponde.

4.2.2 Provincia di Vercelli

Impianto EUREX di Saluggia

Il giorno 16 ottobre 2000 un gruppo di tecnici dell'ANPA si è recato presso il centro dell'ENEA EUREX di Saluggia (VC) per seguire l'evoluzione della situazione emergenziale a poche ore dal passaggio del picco principale dell'onda di piena della Dora Baltea.

Tale centro fa parte di un sito nel quale insistono varie installazioni nucleari. Tra queste possiamo distinguere due agglomerati principali: il primo comprende vari impianti Sorin-Farmamedica e l'impianto Avogadro della Fiat Avio; il secondo è invece costituito dall'impianto ENEA-EUREX, nel quale sono stoccati liquidi radioattivi ad elevata attività.

Rilievi geologici di dettaglio sono stati condotti nell'area compresa tra il ponte dell'autostrada Milano-Torino sulla Dora Baltea (a Nord-Ovest di Saluggia) ed il ponte del Canale Cavour sullo stesso fiume (a Sud-Est dell'impianto ENEA). Lo studio è stato esteso ad un'intorno di alcuni chilometri quadrati nei pressi del sito. Oggetto delle indagini sono state la definizione degli effetti dei fenomeni in atto e l'individuazione dei percorsi idraulici (in particolare i punti di rotta e quelli di ostacolo al flusso di piena), fornendo un contributo alla ricostruzione della dinamica degli eventi ed elementi utili al miglioramento della difesa idraulica dell'area investigata.

– Caratteri evolutivi del fenomeno alluvionale e dell'onda di piena

I caratteri di eccezionale criticità della situazione in atto sono stati evidenti nel pomeriggio di sabato 14 ottobre, con l'emissione da parte del Servizio Tecnico di Prevenzione della Regione

Piemonte di un bollettino recante un codice di allerta 3 (massimo) per condizioni di rilevante rischio di dissesto idrogeologico. Tale comunicazione era conseguenza del superamento dei livelli di attenzione nei principali corsi d'acqua citati e del manifestarsi dei primi casi di grave esondazione e di dissesto geomorfologico che determinavano uno stato di emergenza in Val Locana ed in Valle d'Aosta.

L'evoluzione dell'onda di piena della Dora Baltea nell'area studiata è ricostruibile solo in parte sulla base di dati ufficiali provenienti dalle stazioni di misura situate tra Ivrea e la confluenza sul Po. Il superamento del massimo valore di scala misurabile sia all'idrometro di Mazzè che a quello di Tavagnasco non consente di disporre dei valori di portata massima raggiunti nel primo mattino di lunedì 16 ottobre, rendendo necessarie ulteriori considerazioni di tipo generale, suggerite dall'analisi di dati di tipo indiretto.

La stazione idrometrica di Tavagnasco, in particolare, alle ore 4.30 del 15 ottobre segnalava una portata di ca. 2500 mc/sec ed un'altezza sullo zero idrometrico (posto a 1,1 m ca.) di 3,66 m; da quel momento la strumentazione cessava di funzionare per il superamento del livello massimo di scala, per cui non esistono successivi dati diretti.

Dall'esame delle tracce di piena sul ponte della stessa località, tuttavia, si è potuto misurare un'ulteriore risalita del livello idrometrico di 1,7m. sino al momento del passaggio del picco massimo dell'onda (ca. tra le ore 6 e le ore 8 di lunedì 16). Se a tale considerazione si aggiunge che le arcate del ponte del canale Cavour (progettate per ricevere sino a 4000mc/sec ca.) risultavano quasi del tutto chiuse dall'acqua durante la fase di acme del fenomeno alluvionale, si arriva ad una valutazione non distante dai 3500-3800mc/sec ca. per la portata massima raggiunta dalla Dora Baltea. Dal confronto di questi dati con quelli provenienti dalla conoscenza delle piene storiche si desume che i tempi di ritorno di un tale fenomeno sono dell'ordine di 150-200 anni (Regione Piemonte, "Rapporto Sull'evento Alluvionale del 13-16 ottobre 2000"). Il decremento dalla massima portata procedeva molto lentamente nelle prime 24h per poi subire un'accelerazione in quelle successive (mancano al momento dati ufficiali in proposito).

– *Percorsi idraulici ed aree esondate tra il Canale Cavour ed il Tracciato dell'Autostrada To-Mi*

In considerazione della dinamica dei percorsi idraulici e della distribuzione delle aree esondate (Allegato I I) che venivano delineandosi, i rilievi sono stati estesi ad un'area sufficientemente ampia (soprattutto a monte dell'impianto Eurex) per definire al meglio ogni situazione di rischio, anche solo potenziale, verificatasi nella fase di acme (Figura 4.36) di un evento critico considerato estremo dall'ampia casistica disponibile.

La presenza di ostacoli morfologici in rilevato, quali strade e ferrovie, ha fortemente condizionato l'evoluzione dell'onda di piena della Dora Baltea. Essi hanno esercitato un'azione di sbarramento ed impedito il normale deflusso delle acque, originando temporanei invasi artificiali e realizzando di fatto un'azione di laminazione dell'evento alluvionale. Per tali motivi, nella descrizione dei fenomeni osservati, è sembrato opportuno suddividere l'area studiata in settori omogenei separati da elementi morfologici che ne hanno condizionato il comportamento. Le considerazioni che seguono sono completate dalla Tavola I I (vedi ubicazione in Figura I.1), cui si rimanda per ulteriori dettagli.

– *Settore compreso fra il tracciato autostradale Mi-To e la ferrovia Mi-To*

Poco a monte del tracciato autostradale, in sinistra orografica, il fiume rompeva l'argine inondando l'area compresa tra l'alveo ed il canale di derivazione in sinistra orografica nei pressi di C.na Giarrone. L'energia dell'onda di piena provocava lesioni gravi, tali da comprometterne l'agibilità, al viadotto sulla Dora Baltea (cedimento della spalletta del ponte, Figura 4.37), in corrispondenza del canale e del sottopasso di C.na Giarrone, individuando nei suddetti due punti linee di drenaggio preferenziale delle acque di esondazione poste a NW dell'autostrada.



Fig. 4.36: L'alveo della Dora Baltea nel pomeriggio del 16 ottobre in corrispondenza dell'argine e della rete di recinzione dell'impianto EUREX. Il livello dell'acqua si trova alcune decine di centimetri sotto il livello di sfioro.



Fig. 4.37: Mattina del 17 ottobre. Viadotto dell'autostrada Milano-Torino in corrispondenza del ponte sulla Dora Baltea. Contrariamente a quanto riportato dalle principali fonti d'informazione il crollo di parte della struttura non è stato prodotto dall'azione del fiume ma da quella del canale di derivazione.



Fig.4.38: Mattina del giorno 17 ottobre. Canale di derivazione in prossimità del tracciato ferroviario della linea Milano-Torino. Nell'immagine è visibile il ponte della ferrovia, utilizzato come linea di drenaggio del bacino formatosi a monte del rilevato. Si noti la discesa di ca. 3 m del livello delle acque rispetto al massimo dell'evento alluvionale.

Poco più a sud, nell'area ad est di Saluggia, di conseguenza, si registrava l'attività di due distinti percorsi idraulici principali, uno naturale (Dora Baltea) ed uno artificiale (canale di derivazione) utilizzato come nuovo alveo di deflusso durante la fase di piena. L'azione concomitante delle due linee di drenaggio condizionava l'evoluzione del fenomeno alluvionale in tutta l'area studiata, producendo, in parte, effetti inattesi.

A valle dell'autostrada Mi-To, in corrispondenza del meandro del corso d'acqua principale, si registravano altri due punti di rotta (Tavola I I) che andavano ad alimentare ulteriormente le due linee di deflusso esistenti.

– *Settore a cavallo del tracciato ferroviario*

In questo settore, in particolare nei pressi del tracciato ferroviario – lato a monte, lo sbarramento esercitato dal rilevato nei confronti delle acque esondate originava un temporaneo bacino idrico di alcuni metri di profondità e ca. 1,5 kmq di estensione, con danni materiali di una certa consistenza alle abitazioni poste nelle vicinanze del vecchio mulino e di Via Farini e fenomeni erosivi nei confronti di strade e strutture ivi esistenti.

Parte delle acque rientrava nell'alveo naturale della Dora Baltea all'altezza del ponte della strada comunale Saluggia-Borgoregio. La restante parte veniva convogliata verso il settore a sud della ferrovia attraverso la linea di drenaggio del canale artificiale (Figura 4.38), attraversando così il rilevato ferroviario ed inondando le campagne in sinistra orografica del Canale Sussidiario Farini. In destra orografica del fiume le acque esondate originavano fenomeni di sottoscavazione sulla struttura dell'adiacente rilevato ferroviario.

– Settore compreso fra la ferrovia Mi-To ed il Canale Cavour

Anche la dinamica di questo settore era controllata dall'attività delle linee di deflusso artificiale attraverso il rilevato ferroviario, verso cui temporaneamente veniva convogliata l'acqua di esondazione della Dora in sinistra orografica.

Il Canale Farini restava chiuso durante la fase di acme della piena, sia in ingresso che in uscita (confluenza sul Canale Cavour), ma riceveva parte del flusso attraverso due punti di rotta dell'argine sinistro, poche centinaia di metri ad est della chiavica e vicino al Ponte del Ronco (Figura 4.39). In questo secondo punto la spinta determinatasi sull'argine destro causava l'erosione di parte della struttura, sino a rendere necessario un intervento di rinforzo in ghiaia (a protezione dell'area antistante nei pressi dello stabilimento EUREX). Quattrocento metri a NW della confluenza con il Canale Cavour, sull'argine destro del Canale Farini si generava un importante punto di rotta di ca. 80-100 metri di lunghezza, attraverso il quale le acque di flusso si riversavano nell'area circostante gli stabilimenti industriali della SORIN (Figura 4.40). Anche in questo caso un rilevato artificiale (Canale Cavour) costituiva uno sbarramento che impediva un libero deflusso delle acque e le convogliava verso il ponte sulla Dora Baltea (Tavola 11).

Lungo il canale Sussidiario Farini si producevano, in più punti, fenomeni di sotto-escavazione dell'argine che generavano locali ulteriori contributi di modesto rilievo alle principali linee di flusso definite, causando l'inondazione di ulteriori settori, fra i quali si evidenziava quello dello stabilimento ENEA-EUREX. Il battente d'acqua non superava comunque alcune decine di centimetri.

Nell'area non si notavano ulteriori punti di rotta dell'argine sinistro della Dora Baltea; poco a NW dell'impianto EUREX, tuttavia, durante il passaggio del picco di piena, si verificava l'inondazione parziale dell'area sita nelle vicinanze del campo da tennis.



Fig. 4.39 Mattina del 17 ottobre. Punto di rotta del Canale Farini nei pressi di Ponte del Ronco. Il flusso idrico si immette nel canale dal lato destro dell'immagine.



Fig.4.40: Mattina del 17 ottobre. Canale Farini all'altezza della **SORIN**. Attraverso il punto di rotta (della lunghezza di ca. 80 m) il flusso idrico si riversa in direzione degli stabilimenti.



Fig. 4.41: L'area antistante i locali infermeria e sala emergenza nel mattino del 17 ottobre.

– *Effetti dei fenomeni nell'area dell'impianto ENEA-EUREX di Saluggia*

L'esondazione del corso d'acqua e dei canali a monte e a valle del rilevato ferroviario in prossimità di Saluggia ha determinato l'allagamento delle aree poste alle quote più basse dell'impianto ENEA-EUREX; in particolare il settore compreso tra il cancello d'ingresso e la portineria e la zona subito oltre la portineria adibita a servizi vari (laboratori ambientali, uffici) sono risultati coperti da una lama d'acqua spessa fino a circa 40 cm (Figura 4.41). Il settore degli impianti di lavorazione e stoccaggio, essendo posto su di un'area rilevata artificialmente di alcuni metri, non è stato invece interessato dal fenomeno. Le strutture interne non sono state visionate nel corso del sopralluogo, essendo oggetto di una successiva specifica ispezione da parte del Dipartimento Rischio Nucleare dell'ANPA. A tale riguardo, comunque, il Direttore dell'impianto ha riferito di una limitata infiltrazione di acqua di falda nella "fossa filtri", causa del parziale e temporaneo malfunzionamento dell'impianto di aspirazione dalla "zona calda".

Al momento dell'osservazione, nel pomeriggio di lunedì 16 ottobre, il livello del fiume era più basso di circa 50-80 cm rispetto al bordo dell'argine maestro (Figura 4.36) posto a difesa dell'impianto. Tale bordo era stato sfiorato alcune ore prima in corrispondenza del passaggio del picco dell'onda di piena, provocando il parziale impaludamento del settore a NW del campo da tennis adiacente all'impianto stesso.

Il mattino successivo, martedì 17 ottobre, si è riscontrato ovunque un abbassamento del livello dell'acqua di 10-20 cm, congruente con la generale tendenza al decrescere del fenomeno alluvionale.

4.3 Regione Liguria

4.3.1 Provincia di Savona

Stabilimento ACNA di Cengio

Il giorno 16 Ottobre 2000 un gruppo di tecnici dell'ANPA, su invito dell'Assessorato all'Ambiente della Regione Piemonte, ha effettuato un sopralluogo presso lo stabilimento Acna C. O. di Cengio (SV) al fine di verificare eventuali situazioni di pericolo determinate dall'evento di piena della Bormida di Millesimo.

Il sito industriale è situato sulla sponda destra del fiume, al confine tra la provincia di Savona e quella di Alessandria. L'azienda, nata nel 1882, ha prodotto in prevalenza esplosivi e quindi intermedi chimici, compresi naftalina e benzene, per l'industria dei coloranti. Nel corso degli anni, nell'area dello stabilimento e nelle sue immediate vicinanze sono stati accumulati notevoli quantità di rifiuti di vario tipo, costituiti per lo più da scarti di lavorazione, alcuni dei quali altamente inquinanti. In particolare, al bordo ovest dello stabilimento è stata realizzata una discarica artificiale poggiate sulle alluvioni attuali di un'ansa della Bormida, fino a lambirne l'alveo di magra. Questo rilevato ospita tra l'altro bacini di lagunaggio, dove vengono conservati, in attesa di trattamento, fluidi saturi di sali di sodio e potassio insieme ad altre sostanze pericolose, in particolare il percolato estratto dal rilevato stesso. La scoperta di un forte inquinamento delle acque del fiume da parte soprattutto degli scarichi idrici non trattati e dei percolati impose negli anni '80 la realizzazione di una serie di opere al fine di intercettare lungo il perimetro del sito le acque di infiltrazione e dilavamento. In particolare, nella zona sopra citata, prospiciente la sponda destra della Bormida, sono stati realizzati diaframmi e muri di contenimento ammorzati nelle marne sottostanti le alluvioni fluviali. Un diaframma impermeabile con micropali a sostegno del muro di recinzione e contenimento del rilevato era tuttora in via di completamento al momento del sopralluogo (Figura 4.42). I tecnici dell'Agenzia, accom-



Figura 4.42: Il fiume Bormida di Millesimo visto dal recinto dello stabilimento Acna C.O. Al centro si nota la fila di micropali a sostegno del muro di contenimento. L'alveo di magra del fiume è posto sulla sinistra.

pagnati dal responsabile della Sicurezza dell'azienda e dai responsabili del cantiere, hanno potuto verificare la buona tenuta di tali opere, solo parzialmente interessate dalla piena. Infatti, è stato possibile constatare che la piena del fiume (Figura 4.43), avvenuta tra il 14 ed il 15 Ottobre, non ha raggiunto livelli tali da poter minacciare un espandimento nell'area dello stabilimento. A detta del rappresentante dell'impianto, il livello raggiunto è stato sensibilmente inferiore a quello dell'evento del 1994, che pure non interessò direttamente le zone di accumulo dei rifiuti tossici.

Non si è a conoscenza di studi di dettaglio del rischio idraulico per l'area del sito ACNA. Come già in corso per Saluggia, sarebbe auspicabile un utilizzo dei dati di questa piena per una verifica dell'eventuale modello idraulico disponibile.



Figura 4.43: Il fiume Bormida di Millesimo, circa 400 m a monte dello stabilimento, circa 12 ore dopo il passaggio del colmo dell'onda di piena.

4.4 Regione Lombardia

4.4.1 Provincia di Mantova

Nella provincia di Mantova, una di quelle maggiormente colpite dalla piena del fiume Po, è stata effettuata una ricognizione per seguire l'evoluzione dei fenomeni idraulici nelle aree di pianura. Durante la fase emergenziale, a causa dell'elevato innalzamento del livello del Po, che in molti punti ha minacciato la stabilità degli argini maestri e di conseguenza la sicurezza di numerosi centri abitati e strutture industriali, si è reso necessario allagare quasi tutte le aree golenali, nel tentativo di laminare l'onda di piena. Tali zone sono destinate prevalentemente a fini agricoli e zootecnici e occupate talvolta da agglomerati abitativi minori. L'allagamento delle aree golenali è avvenuto attraverso la rottura, sia per cause naturali sia artificialmente, degli argini golenali. In via precauzionale quasi tutti i locali ponti stradali e ferroviari sono stati interrotti alla circolazione.

Il ruolo principale svolto dai geologi dell'ANPA è stato quello di fornire un supporto tecnico ai Sindaci dei comuni coinvolti in collaborazione con i rispettivi tecnici comunali. In particolare è stato seguito nei diversi settori della provincia il progressivo innalzamento del Po e in particolare gli allagamenti della golena di Serravalle – Libiola (Figura 4.44) e gli allagamenti della golena di San Benedetto, una delle più estese della provincia di Mantova.

I fenomeni idraulici registrati non hanno causato vittime umane ma hanno prodotto numerosi danni di tipo economico ed ecologico legato alla dispersione nelle acque di prodotti combustibili. Il primo allagamento ha coinvolto alcune abitazioni posizionate all'interno della gole-



Figura 4.44: Rottura dell'argine golenale di Serravalle-Libiola in località Le Fornaci.

na, mentre il secondo ha interessato un'area densamente popolata, rendendo necessaria l'evacuazione rapida di circa 300 famiglie.

Un intenso odore di petrolio si sprigionava dall'acqua stagnante dovuto probabilmente allo svuotamento di numerose cisterne piene di gasolio. Inoltre numerose bombole di gas metano e rifiuti di vario genere galleggiavano sull'acqua. L'allagamento delle aree golenali localmente ha anche compromesso l'approvvigionamento di acqua potabile come accaduto ad Ostiglia. All'interno di una piccola area golenale ubicata 500 m a Nord della Centrale termoelettrica di Ostiglia, sono stati sommersi due pozzi profondi circa 130 metri, dai quali è stato necessario sospendere l'emungimento.

Il livello del Po ha raggiunto durante il suo culmine quasi i 10 metri sopra il livello di guardia, sfiorando in alcuni punti la sommità degli argini maestri. Sono stati effettuati numerosi sopralluoghi per verificare se fossero in atto eventuali fenomeni di scalzamento al piede, cedimento e sifonamento degli argini maestri, specie in corrispondenza di ponti. Infatti in diversi punti non si poteva assicurare la tenuta degli argini maestri, poiché ricostruiti o indeboliti, come da testimonianze raccolte sul luogo, dalle numerose tane scavate da animali quali nutrie e volpi.

Nella zona di San Benedetto, ad esempio, gli argini maestri non erano stati toccati dalle alluvioni successive al 1951 e se ne ignorava la tenuta. Inoltre una parte di argine era stato ricostruito nel 1999 e quindi non si conosceva lo stato di consolidamento dei materiali che lo costituivano.

Sono stati effettuati continui sopralluoghi per controllare la presenza di eventuali fenomeni di sifonamento delle acque del Po al di sotto degli argini maestri, disporre opportuni contenimenti e monitorare la relativa evoluzione. Talvolta, come nel caso del fiume Secchia nella frazione San Siro, in località Bertoaia, sono state registrate infiltrazioni d'acqua che hanno utilizzato come via di scorrimento preferenziale tubature che attraversano gli argini. I fenomeni più



Figura 4.45: Riduzione dei fenomeni di sifonamento di un fontanazzo nel comune di Marcara.

evidenti di sifonamento, chiamati in gergo *fontanazzi*, sono stati registrati nel comune di Marcara, lungo gli argini del fiume Oglio (Figura 4.45). Questi fenomeni di sifonamento, causati dalla differenza di altezza della colonna d'acqua e dal principio dei vasi comunicanti, sono prodotti dall'infiltrazione delle acque del fiume al di sotto degli argini e dalla rapida risalita verso la superficie di acqua e sabbia. La risalita dell'acqua in corrispondenza del piano campagna ha prodotto allagamenti in vaste zone usate principalmente per le coltivazioni o in prossimità di strutture abitative.

Durante i sopralluoghi è stata controllata l'evoluzione dei fenomeni di liquefazione nelle aree ove erano già predisposti interventi al fine di limitare il propagamento dei fontanazzi. Tali interventi consistono nel posizionamento di sacchi di sabbia intorno al punto di flusso d'acqua, per un'altezza necessaria alla diminuzione della pressione di spinta dell'acqua in risalita. La risalita non deve essere impedita completamente, in quanto l'ostruzione alla fuoriuscita dell'acqua crea un tappo che talvolta può rompersi improvvisamente ed accelerare i fenomeni di erosione sotterranea fino a provocare il crollo dell'argine.

Può succedere anche che i fontanazzi siano in collegamento fra di loro ed allora, come abbiamo potuto constatare, se viene rallentato il flusso verso uno di essi aumenta di conseguenza il flusso dell'altro. Per far defluire le acque dall'invaso costituito dai sacchetti di sabbia, si realizzano due canali di uscita con tubi in plastica, uno per il livello minimo ed uno per il livello massimo delle acque.

5. Conclusioni

La campagna di rilievi effettuata nel corso dell'evento alluvionale che ha colpito l'Italia nord-occidentale nell'ottobre 2000 ha permesso ai tecnici dell'ANPA di approfondire l'esperienza già maturata nel corso delle varie crisi idrogeologiche nelle quali sono intervenuti negli ultimi anni, ricavando conferme a idee già maturate e nuovi spunti di riflessione. Questo documento fornisce ora l'opportunità di sintetizzare l'esperienza fatta e di formulare alcune considerazioni in merito alle tipologie dei danni avvenuti, alle cause e ai fenomeni che li hanno provocati, ai fattori, sia naturali sia antropici, predisponenti e innescanti i diversi dissesti verificatisi, e ai possibili interventi da effettuare nel prossimo futuro per la mitigazione del rischio locale.

I maggiori danni sono stati legati alle colate di fango e detrito che, soprattutto in Valle d'Aosta e Piemonte, hanno investito centri abitati, strutture produttive e commerciali, infrastrutture viarie e reti dei servizi, provocando lesioni più o meno gravi fino, in alcuni casi, alla completa distruzione di edifici civili, ponti, tratti di strade e ferrovie. Al di là del pesante tributo in termini di vite umane, va sottolineato il fatto grave che, insieme a numerosi centri abitati, un'intera regione, la Valle d'Aosta, è rimasta praticamente isolata per due giorni.

Nei fondovalle e in vaste aree della Pianura Padana centro-occidentale, i fenomeni di esondazione del Fiume Po e di alcuni suoi affluenti (Dora Baltea e Orco in primo luogo), nonché di alcuni laghi (Maggiore e Como), hanno causato ingenti danni per l'allagamento di abitazioni e strutture produttive (inclusi impianti ad elevata criticità ambientale). Non ultimo, va evidenziato il grave disagio per la popolazione dovuto allo sffollamento e all'evacuazione di alcuni centri abitati potenzialmente esposti a rischio.

I dissesti geologico-idraulici si sono verificati in aree caratterizzate da chiari elementi geologici e geomorfologici predisponenti. Tra questi, di particolare rilievo è la presenza su versanti particolarmente acclivi di una coltre di alterazione superficiale del substrato metamorfico e di depositi morenici, con uno spessore variabile da pochi decimetri fino ad alcuni metri. Le numerose colate rapide, alimentate dalle coltri detritiche e colluviali e dalla fitta copertura vegetale generalmente presente sui versanti, sono state anche favorite dalla presenza di valli strette e ad elevata pendenza, lungo le quali grandi volumi di materiale detritico e fangoso hanno potuto raggiungere lo sbocco nei fianchi pedemontani, dove si sono espansi investendo le strutture antropiche presenti. In tali aree, in aggiunta ai dati storici, le caratteristiche morfologiche e deposizionali di corpi sedimentari di età molto recente (olocenica, se non storica), indicano manifestamente che eventi alluvionali comparabili, se non di più vaste proporzioni, hanno ripetutamente colpito le stesse zone dall'ultima deglaciazione fino a oggi.

È comunque evidente che il principale fattore innescante dei dissesti occorsi è rappresentato dalle caratteristiche estreme dell'evento meteorologico, che ha determinato condizioni di criticità in un'ampia porzione del bacino del Po. Per quanto riguarda la ricorrenza temporale di eventi di tale entità si ritiene che sia limitante fare riferimento unicamente a valutazioni statistiche in un contesto territoriale statico. Infatti, la notevole dinamicità del contesto morfoclimatico, sempre più condizionato anche dalla pressione antropica, fa sì che i tempi di ritorno così calcolati possano essere dei valori "obsoleti" perché relativi ad un assetto territoriale e a condizioni climatiche "obsolete".

Un elemento aggravante degli effetti devastanti delle piogge, che con elevata frequenza colpiscono i versanti occidentali del nostro paese, deriva dall'interazione delle attività dell'uomo con il territorio. È evidente che l'entità dei danni è stata considerevolmente amplificata dalla presenza di insediamenti antropici in aree ad altissima pericolosità e, quindi, fortemente vulnerabili. La sempre crescente urbanizzazione ha inoltre provocato una riduzione sostanziale dei tempi di corrivazione delle acque di precipitazione meteorica, favorendo nella porzione medio-bassa del bacino del Po il rapido accrescimento delle portate e l'aumento del valore di picco delle portate di piena.

I sopralluoghi effettuati hanno permesso di verificare che molti fenomeni franosi si sono in-

nescati in corrispondenza di tagli stradali. Questi, poiché interrompono la continuità del profilo del versante, se mal progettati o non sottoposti a regolare manutenzione, possono produrre vari effetti negativi. In primo luogo, destabilizzano la porzione di versante a monte del taglio, costituiscono poi canali preferenziali di scorrimento delle acque, e infine facilitano localmente l'infiltrazione di acqua al piede della scarpata di monte e al tetto di quella di valle. Anche i terrazzamenti artificiali tendono a saturarsi e divenire instabili, quando i muri drenanti non sono sottoposti a corretta e regolare manutenzione, o, come è stato anche osservato, quando i vecchi muri a secco sono sostituiti da muri in cemento con un numero insufficiente di fori drenanti.

Va sottolineata, d'altra parte, l'efficacia degli interventi realizzati lungo l'alveo del Po per la laminazione della piena. L'utilizzo delle aree golenali come casse di espansione, conseguente alla rottura artificiale degli argini golenali, ha consentito di mettere in sicurezza gran parte dei centri abitati.

Va inoltre messa in risalto la prontezza della procedura di evacuazione e l'esemplare azione della popolazione civile, che ovunque si è prodigata in ogni modo possibile per limitare e riparare i danni, anche quando non direttamente coinvolta. Ad esempio, molti cittadini nelle aree colpite dalle colate rapide, già durante le prime ore dell'evento meteorico, hanno scavato canali nelle aree immediatamente al di fuori dei centri abitati al fine di deviare le abbondanti acque che vi si riversavano. È probabile che tale intervento abbia contribuito a definire nuove vie preferenziali per lo scorrimento delle successive colate rapide, in modo da limitare, per quanto possibile, i numerosi danni e, soprattutto, le vittime.

Per quanto riguarda i possibili interventi da effettuare per la messa in sicurezza della popolazione maggiormente a rischio, è indispensabile eseguire con regolarità la verifica dell'efficacia delle opere idrauliche, in particolare arginature e canalizzazioni. La tenuta degli argini al passaggio dell'onda di piena era stata infatti messa in dubbio dagli stessi organi tecnici competenti anche per via delle numerose tane scavate da nutrie e volpi all'interno degli argini stessi.

Particolarmente importante risulta inoltre il ripristino, per quanto possibile, della sezione d'alveo, in molti luoghi notevolmente ridotta per la presenza di sedimenti lasciati dalla piena, oltre che di numerosi tronchi d'albero e rifiuti d'ogni tipo. Tale operazione si rende necessaria anche perché si è constatato che spesso la funzionalità dei ponti con luci di sezione inadeguata e di alcune opere di difesa idraulica viene compromessa dalla presenza di questo materiale. Un intervento di questo tipo deve essere svolto in modo pragmatico, tenendo conto dell'assetto territoriale lungo tutta l'asta del fiume e dell'equilibrio dinamico esistente tra i processi erosivi e deposizionali dalla sorgente fino alla foce; per tale motivo necessita di uno studio specifico ed accurato che ne evidenzi le conseguenze, sia negative, sia positive. Tutto ciò allo scopo di evitare esondazioni in aree di valore elevato e di generare pericolosi disequilibri lungo tutto il profilo del fiume, con gravi e difficilmente controllabili conseguenze, quali l'arretramento della linea di riva alla foce, l'incremento dell'erosione lineare e di sponda, lo scalzamento al piede delle fondazioni delle opere di attraversamento in alveo. Inoltre, in fase di pianificazione territoriale occorre mettere in conto, qualsiasi sia la destinazione d'uso delle aree naturalmente invase dalle acque di esondazione, l'inevitabile danno economico in occasione dei ricorrenti eventi alluvionali.

Pur riconoscendo il carattere estremo dell'evento meteorologico, non si può non auspicare per il futuro un maggiore sforzo di progettazione ed adeguamento per proteggere i punti delle arterie vitali più vulnerabili rispetto ad allagamenti, colate rapide e cedimenti di ponti. Ad esempio la luce di alcune strutture di attraversamento viario è risultata insufficiente per il deflusso della piena. Ciò è infatti indispensabile per garantire l'intervento più rapido possibile dei mezzi di soccorso.

La presenza di impianti ad alta criticità ambientale (impianti di produzione chimica, centrali elettriche/nucleari, impianti di trattamento) nelle immediate vicinanze di corsi d'acqua in pie-

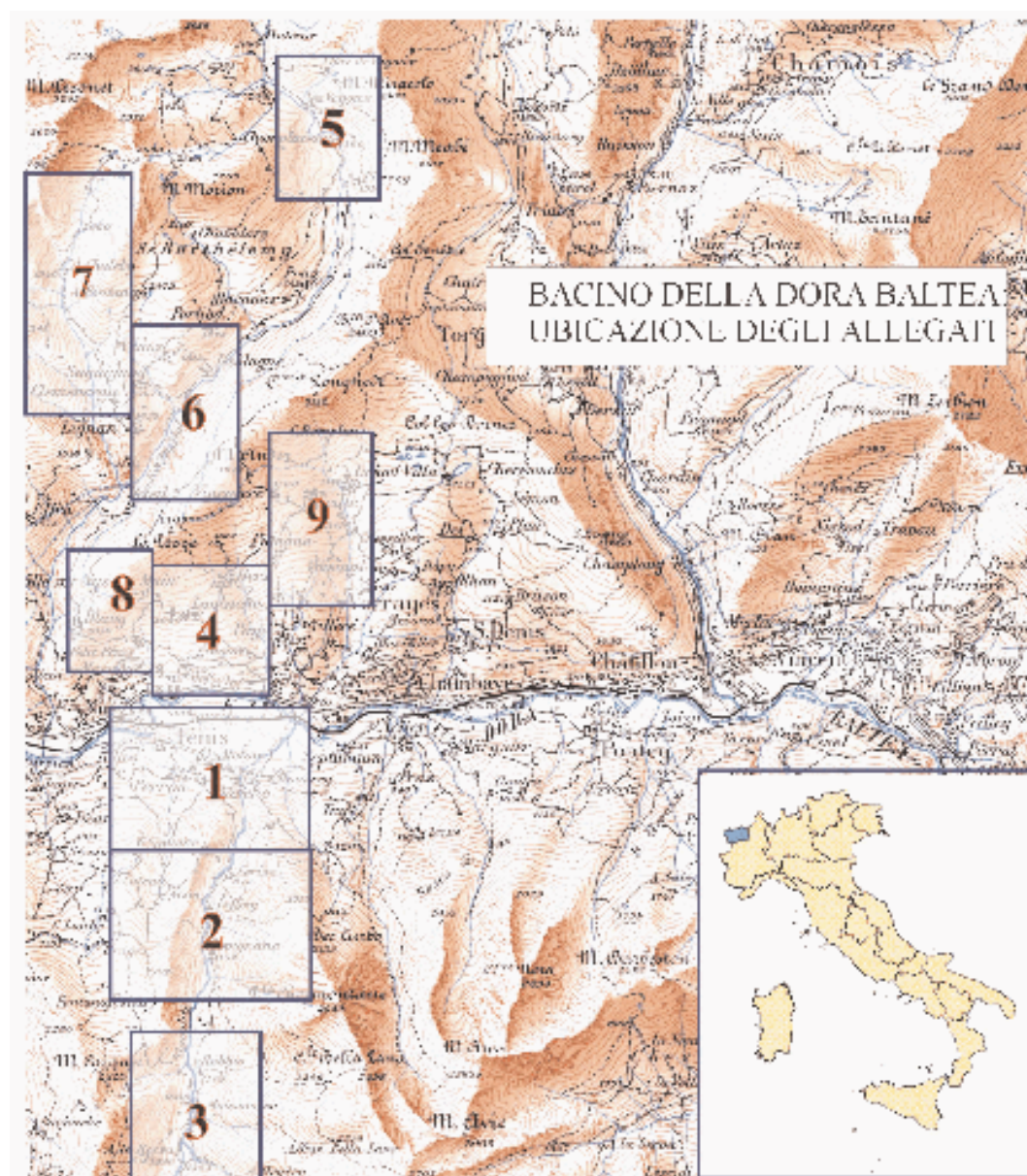
na è stata motivo di grande preoccupazione. Nel loro complesso, le opere di difesa idraulica hanno tenuto, ma una particolare attenzione deve essere posta nella stima del rischio, sulla base di stime conservative dei deflussi e di un affidabile modello idraulico, e nel miglioramento delle protezioni, senza escludere l'opportunità di delocalizzare gli impianti a maggior rischio. A questo riguardo risulta sempre più prioritaria la messa in sicurezza del sito Eurex di Saluggia, almeno sino a quando non verrà trovato il sito di smaltimento nazionale dei rifiuti radioattivi a bassa e media attività dove verranno collocati i rifiuti ora presenti in tale sito. Analisi per la messa in sicurezza sono ora in corso da parte del gestore dell'impianto (l'ENEA), dell'Autorità di Bacino del Po e dell'ANPA, in qualità di ente di controllo per le attività nucleari in Italia.

Per quanto riguarda in generale gli interventi di delocalizzazione, si ritiene che questi debbano essere preceduti da un'approfondita analisi costi/benefici. Infatti, se è vero che in alcune aree una tale operazione consentirebbe di salvaguardare vite umane e strutture produttive e commerciali con costi accettabili per la collettività, per altre zone tale intervento non sembra realizzabile senza costi molto onerosi e per motivi di ordine socio-economico. È il caso di alcuni paesi che sono stati costruiti quasi per intero al di sopra di aree ad elevata pericolosità, quali conoidi alluvionali ancora attive o zone alluvionabili poste lungo un'asta fluviale. È evidente che l'unica azione di protezione concretamente possibile a favore di tali centri abitati consiste, nel primo caso, in interventi da effettuare nelle zone di monte del bacino di alimentazione delle colate rapide, nel secondo caso, invece, nel provocare l'esondazione del fiume in aree idonee poste a monte del centro abitato da salvaguardare, con inevitabili costi per l'agricoltura. Un discorso analogo deve essere fatto per quelle aree di fondovalle che, ritenute sicure in passato poiché non interessate da fenomeni di dissesto di particolare rilievo negli ultimi secoli, ora non lo sono più. Ciò a causa sia delle naturali modificazioni morfologiche indotte sul paesaggio dai vari agenti morfogenetici (tra cui, colate rapide ed esondazioni dei fiumi), sia degli interventi antropici sul territorio (realizzazione di nuovi impianti industriali, espansione urbanistica, costruzione di rilevati stradali o ferroviari, arginature). Un esempio di quanto detto potrebbe essere rappresentato dalla chiesetta della frazione di Pléod nel comune di Fenis che, costruita più di tre secoli fa, è stata investita e distrutta dall'ultima colata detritica.

6. Ringraziamenti

Tutte le attività sono state svolte in coordinamento e con l'indispensabile supporto logistico dei Sindaci dei Comuni coinvolti nella crisi e dei responsabili dei diversi Centri Operativi Misti della Protezione Civile. Si ringraziano, inoltre, le numerose persone che hanno accompagnato con grande dedizione e professionalità i tecnici ANPA nel corso dei sopralluoghi, tra cui tecnici comunali, guide alpine e guardie forestali.

7. Appendice



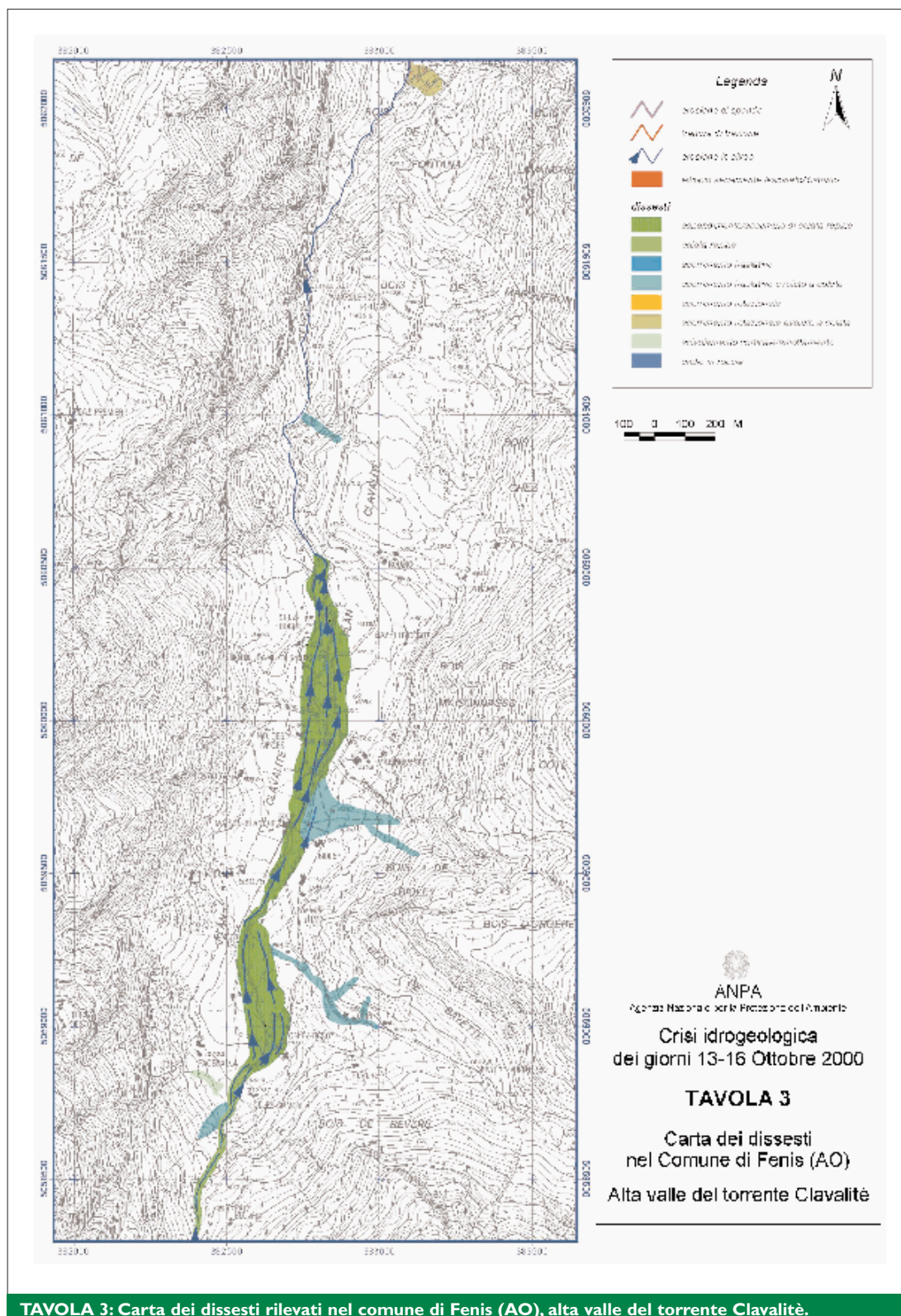


TAVOLA 3: Carta dei dissesti rilevati nel comune di Fenis (AO), alta valle del torrente Clavalitè.

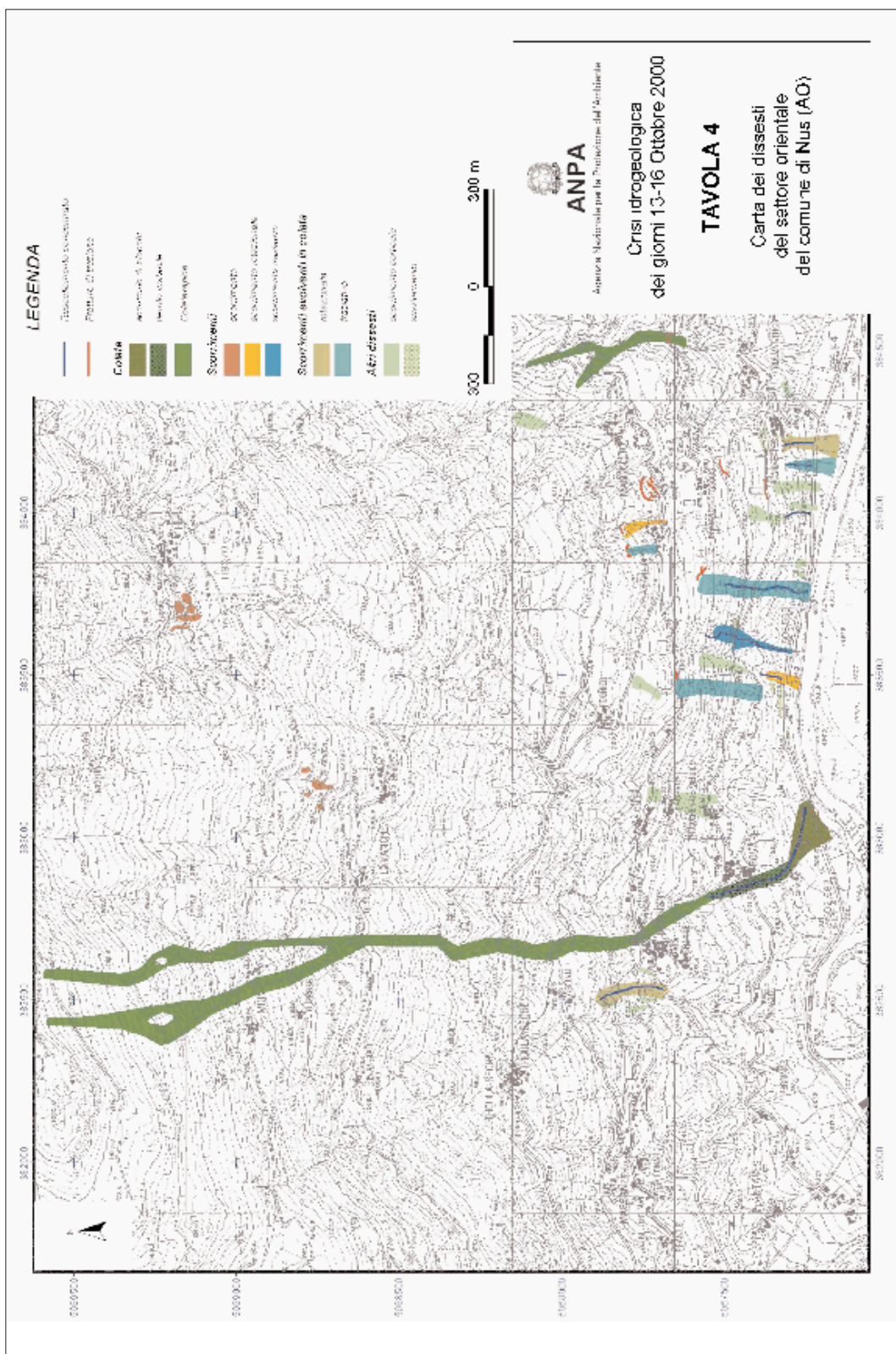


TAVOLA 4: Carta dei dissesti rilevati nel settore orientale del comune di Nus (AO).

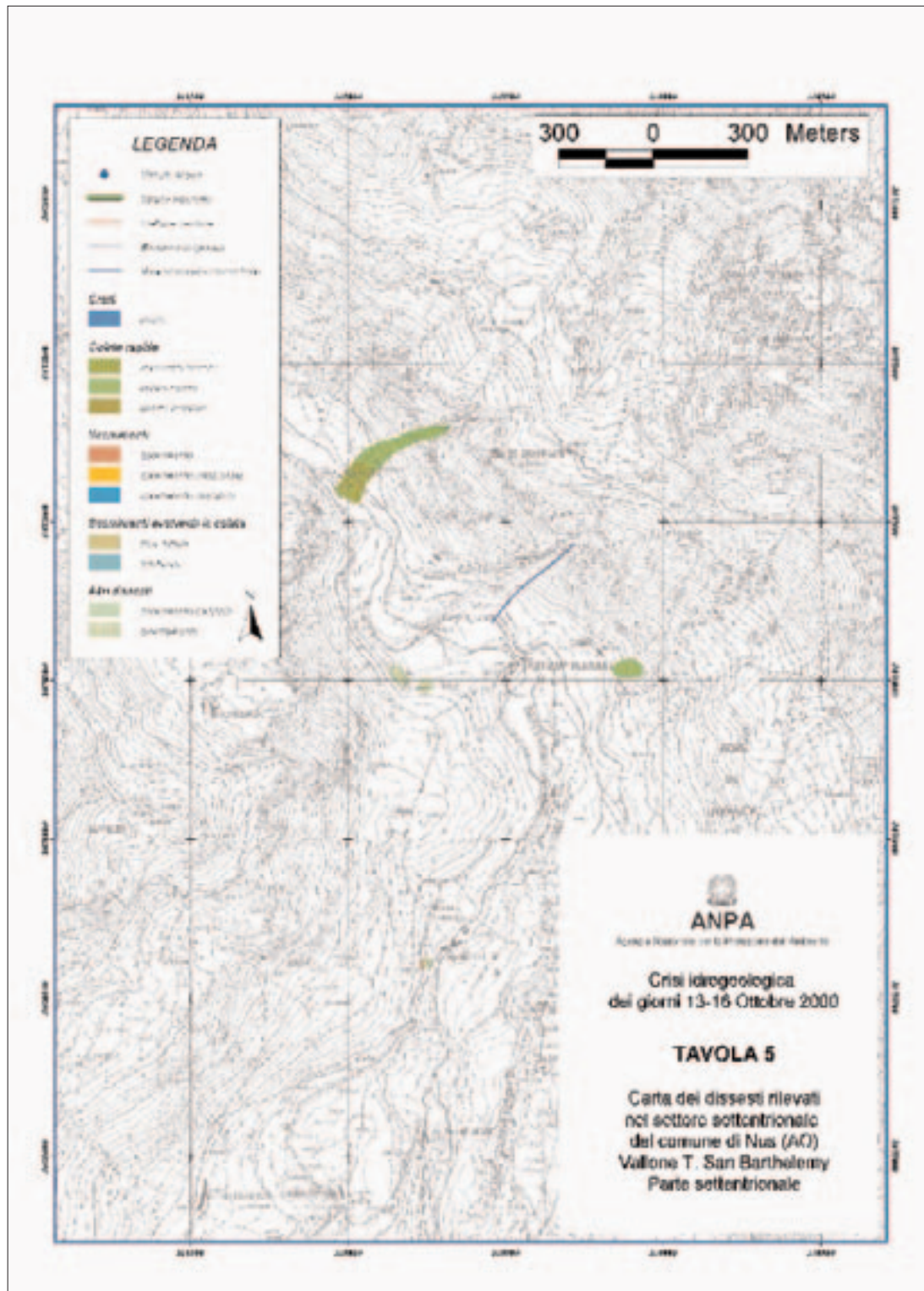
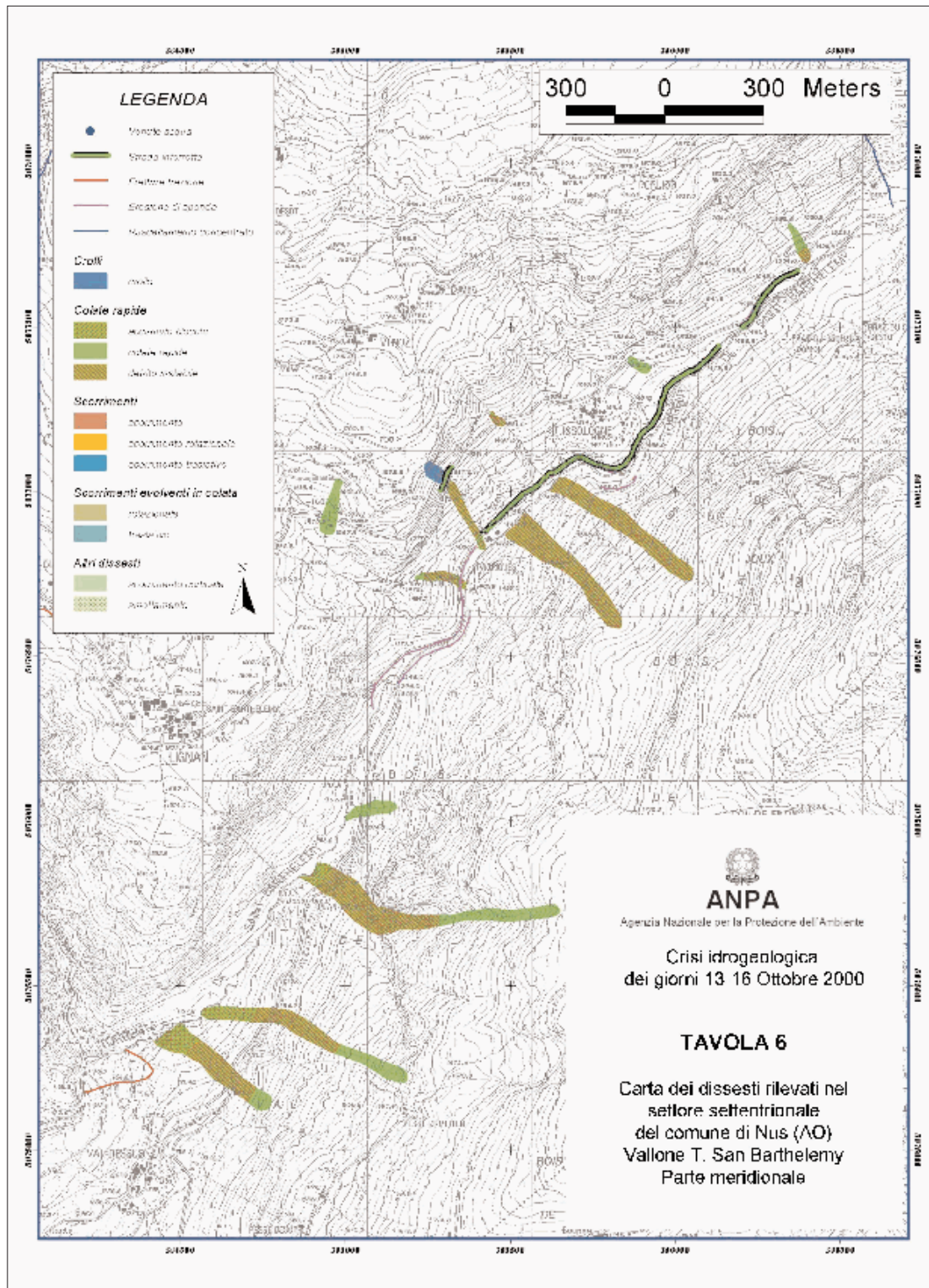


TAVOLA 5: Carta dei dissesti rilevati nel settore settentrionale del comune di Nus (AO), vallone del T. Saint Barthelemy.



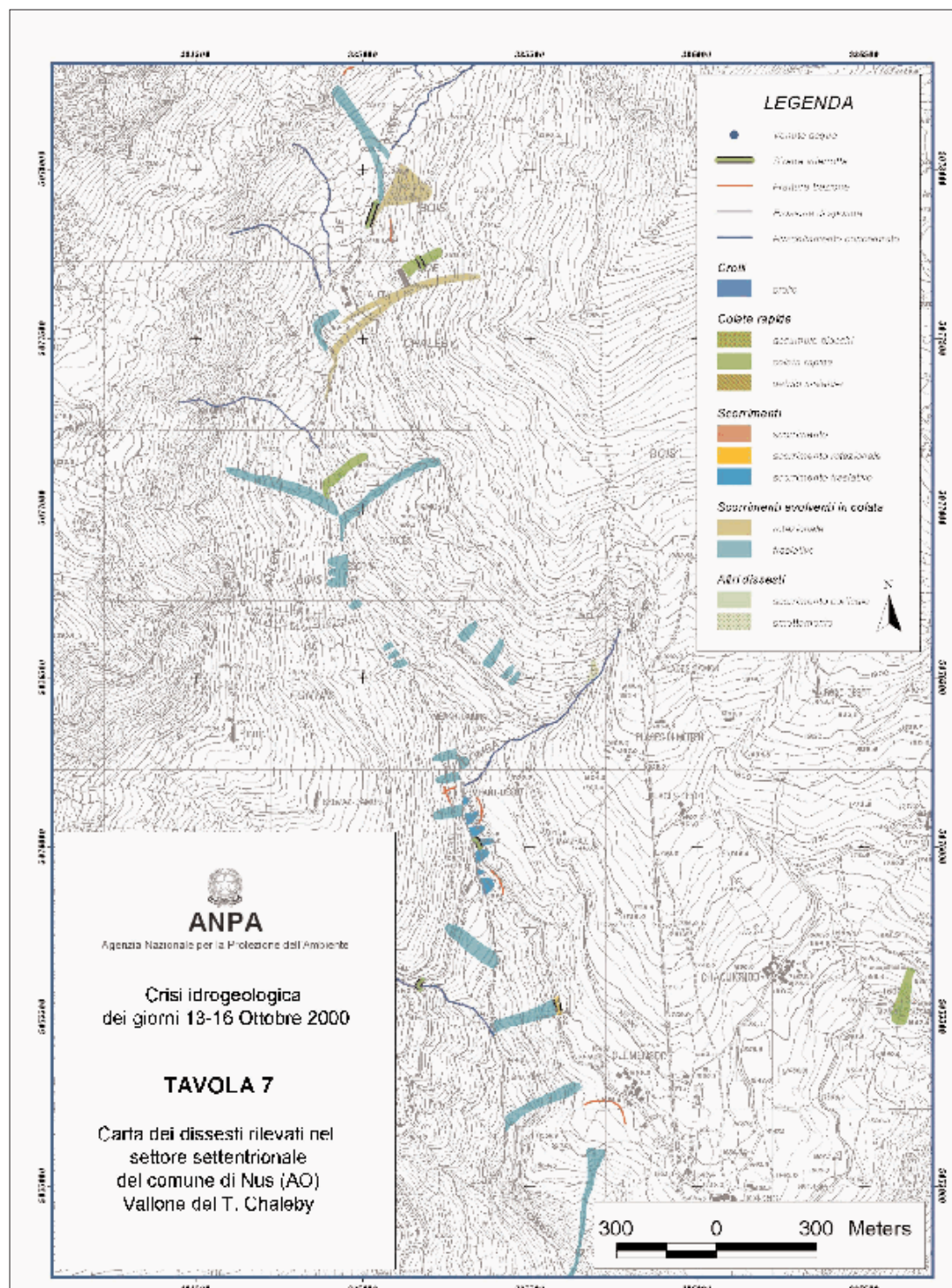


TAVOLA 7: Carta dei dissesti rilevati nel settore settentrionale del comune di Nus, valle del T. Chaleby (Nus, AO).

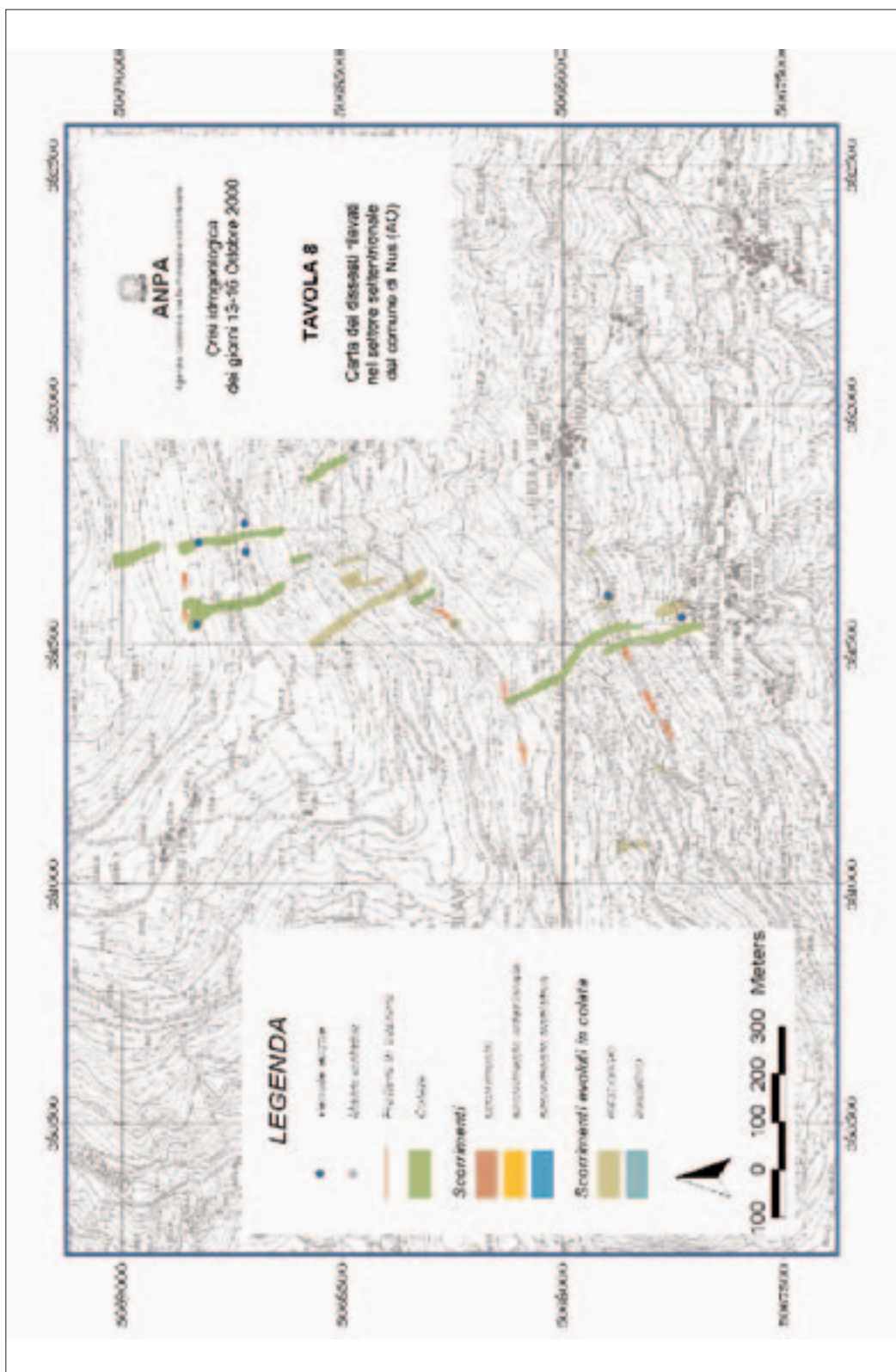


TAVOLA 8: Carta dei dissesti rilevati nel settore centrale del comune di Nus (AO).

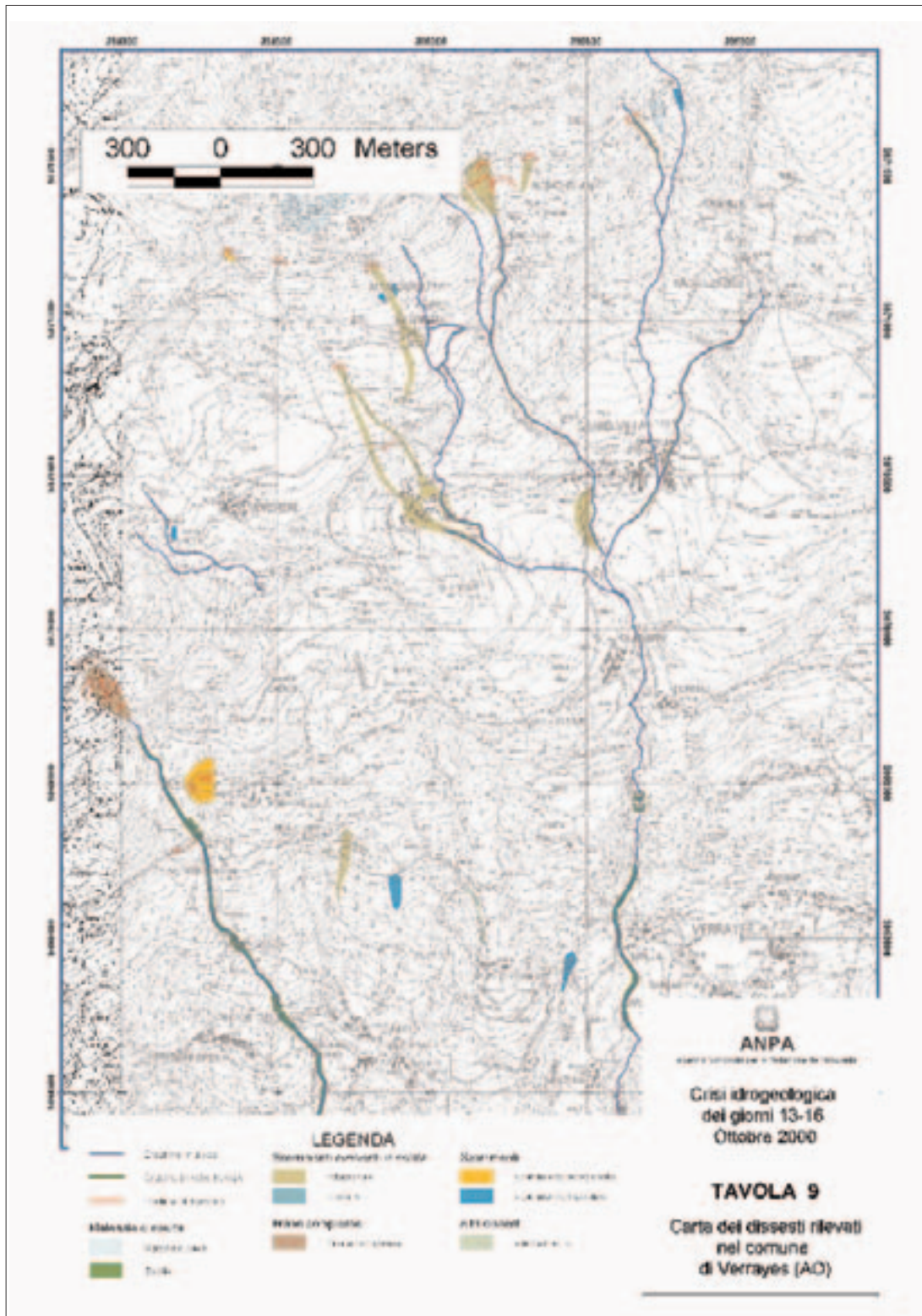


TAVOLA 9: Carta dei dissesti rilevati nel settore settentrionale del comune di Verrayes (AO).

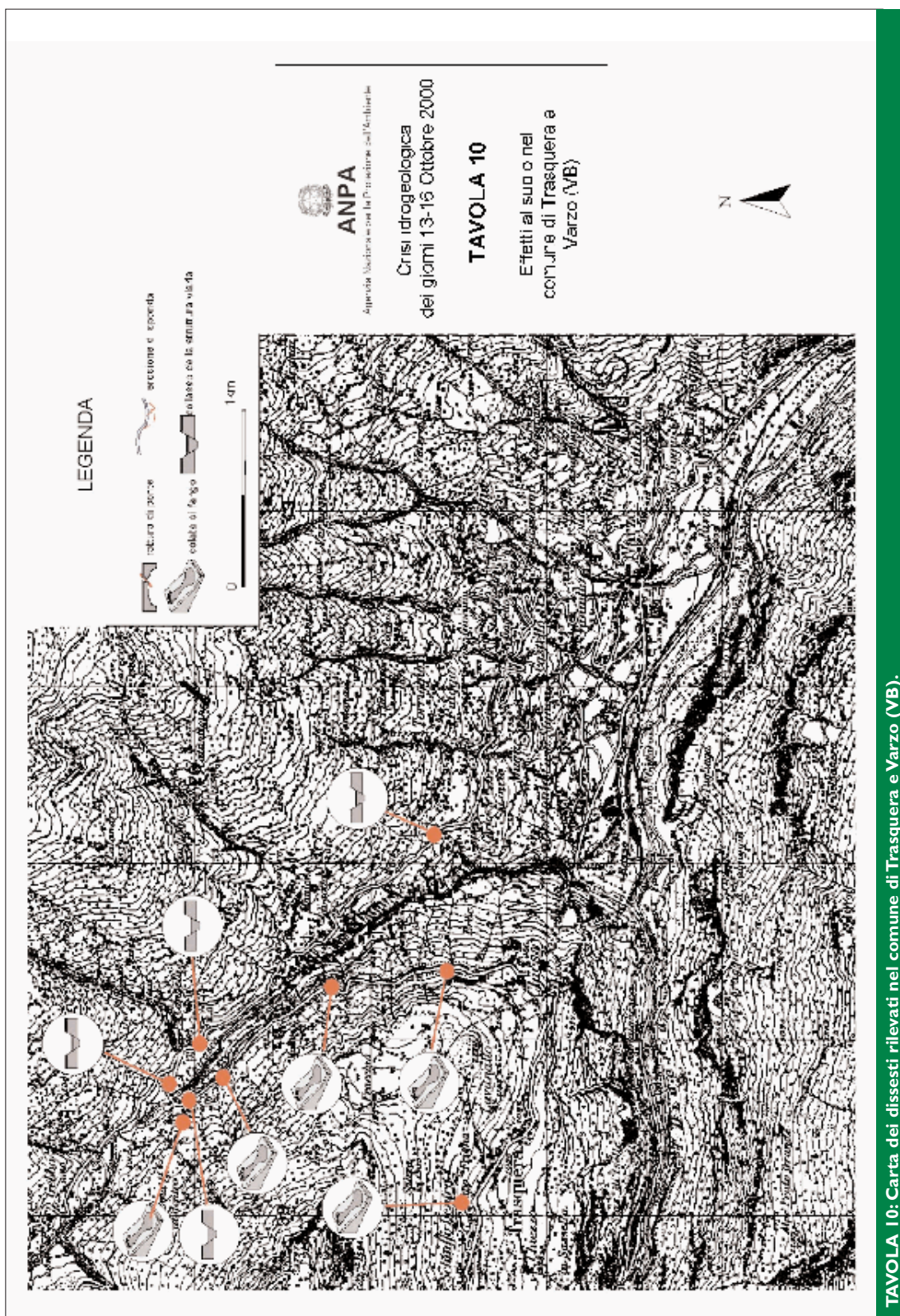


TAVOLA 10: Carta dei dissesti rilevati nel comune di Trasquera e Varzo (VB).

