

Sistemi di controllo ed interventi di mitigazione del rischio su fenomeni franosi

6.1. ATTIVITÀ NELLA PROVINCIA DI CUNEO

Sistemi di controllo

Nel capitolo 5.1, *Processi di instabilità nell'area delle Langhe*, sono descritti dettagliatamente i fenomeni di versante verificatisi nelle Langhe cuneesi nel corso dell'evento alluvionale.

Molti dei fenomeni franosi, allo stato sia evoluto che incipiente, si collocano in posizione molto prossima a nuclei abitati e la loro evoluzione potrebbe interessare i nuclei abitati stessi. Per tali fenomeni la Regione Piemonte ha predisposto, tramite il Settore Progettazione Interventi Geologico-Tecnici e Sismico, una campagna geognostica ed una rete di controllo dei movimenti franosi.

La tabella 1 riporta i movimenti franosi nella provincia di Cuneo, prossimi a nuclei abitati o ad importanti vie di comunicazione, sui quali è stato installato un sistema di controllo; sono pure riportati i principali fenomeni oggetto di interventi di mitigazione del rischio. I siti delle Langhe cuneesi sono ubicati in Fig. 1.

Si tratta, nella grande maggioranza dei casi, di fenomeni di scivolamento planare lungo superfici di strato e, in misura decisamente minore, di fenomeni franosi per scivolamento rotazionale. La tabella 2 riassume i dati della campagna di controllo. La scelta dei siti è stata stabilita sulla base delle risultanze dei sopralluoghi effettuati dai funzionari della Direzione, sulla base delle segnalazioni da parte delle Autorità Comunali e sulla base dello studio delle aerofotografie. Le reti di controllo sono state dimensionate sulla base della rilevanza dei dissesti e sulla base del numero e dell'importanza delle strutture minacciate. Due dei siti interessati (Dogliani loc. Pianezzo e Paroldo concentrico) erano già sotto controllo inclinometrico dalla fine degli anni '80.

La procedura seguita per le indagini e l'impianto dei sistemi di controllo è stata di norma la seguente:

1) rilievo sistematico, da parte dei funzionari della Direzione, di tutti i fenomeni franosi segnalati dalle Autorità Comunali o rilevati dalle fotografie aeree;

2) riconoscimento dei fenomeni la cui evoluzione può minacciare nuclei abitati;

3) stima di massima delle indagini e del sistema di controllo necessario su ciascun sito e del relativo fabbisogno economico; preparazione di una scheda descrittiva;

4) erogazione (da parte dell'Assessorato Regionale OO.PP.) della somma necessaria ai Comuni interes-

sati e trasmissione ai Comuni stessi delle schede descrittive;

5) conferimento, da parte dei Comuni interessati, di incarico a geologo professionista per la redazione del progetto e la direzione dei lavori;

6) sopralluogo congiunto, su ciascun sito, con un funzionario tecnico del Settore, il professionista incaricato ed il tecnico comunale, al fine di definire le linee di ciascun intervento;

7) realizzazione delle indagini e messa in posto del sistema di controllo;

8) verifica di tutti i tubi inclinometrici tramite misure di spirallatura;

9) effettuazione, da parte di funzionari regionali del Settore, di una misura di zero su tutti gli inclinometri realizzati, tramite la sonda inclinometrica in dotazione al Settore stesso;

10) misure inclinometriche e di falda (con cadenza da 1 a 4 volte all'anno) su tutti i siti da parte di impresa esterna incaricata dall'Ente Regione;

11) interpretazione e conservazione di tutti i dati da parte dei funzionari regionali incaricati.

Il punto 9 si rende necessario al fine di potere in qualsiasi momento, anche a distanza di anni, effettuare direttamente misure di controllo anche in assenza di imprese esterne od in caso di variazione delle stesse.

Sistemi di controllo installati

Le strumentazioni installate sono:

- capisaldi topografici;
- inclinometri in foro;
- inclinometri automatici;
- piezometri a tubo aperto;
- estensimetri.

Controllo topografico

Su 47 siti è stato messo in opera un sistema di controllo topografico dei movimenti franosi. Al fine di uniformare sia la raccolta che la presentazione dei dati il Settore Progettazione Interventi Geologico-Tecnici e Sismico ha redatto apposite specifiche tecniche, trasmesse a tutti i Comuni interessati; la Fig. 2 riporta un esempio di presentazione grafica dei risultati.

Su 42 siti le misure avvengono tramite teodolite; mentre su 5 dei siti le misure topografiche vengono

Tab. 1. La tabella riporta tutti i siti della Provincia di Cuneo ove siano stati installati sistemi di controllo dei movimenti franosi nonché i principali interventi di mitigazione del rischio. I numeri della prima colonna si riferiscono alla figura 1.

LEGENDA. *Tipo frana:* PLI = fenomeno franoso per scivolamento planare allo stato incipiente; PLE = fenomeno franoso per scivolamento planare evoluto, con settori circostanti allo stato incipiente; ROT = fenomeno franoso per scivolamento rotazionale; FLU = fenomeno franoso per fluidificazione delle coperture superficiali; COMPL. = fenomeno franoso complesso.

Danni: edif. = singoli edifici distrutti o danneggiati; abitati = nuclei abitati distrutti o danneggiati; strade = sedi stradali distrutte o gravemente danneggiate; ostruz. = ostruzione di alveo; trasf. = edifici o nuclei abitati abbandonati o trasferiti altrove.

Rischio per: edif. = singoli edifici; abitati = nuclei abitati; strade = sedi stradali; ostruz. = ostruzione di alveo.

Indagini e controlli: topog. = controllo topografico; inclin. = controllo mediante inclinometri; piez. = controllo della falda mediante piezometri; esten. = controllo mediante estensimetri a filo; centr. = centralina per l'acquisizione in continuo di dati piezometrici e estensimetrici.

Inter. = sito sul quale sono stati effettuati interventi di mitigazione del rischio.

N.	Comune	località	tipo frana	danni					rischio				indagini e controlli					inter.		
				edif.	abitati	strade	ostruz.	trasf.	edif.	abitati	strade	ostruz.	topog.	inclin.	piez.	esten.	centr.			
1	Alba	Gabutto	PLI																	
2	Alba	Moretta/Toino	PLI																	
3	Alba	S. Rocco	FLU																	
4	Alba	Villa	PLI																	
5	Albaretto T.	Concentrico	PLE																	
6	Arguello	Cantabusso	PLE																	
7	Barbaresco	Torre	COMPL																	
8	Barolo	Concentrico	COMPL																	
9	Belvedere L.	Casanova	PLI																	
10	Belvedere L.	Praroli/Piangerumbo	PLI																	
11	Benevello	Bergogliasco	PLE																	
12	Bergolo	Burone	PLI																	
13	Bonvicino	Lovera	PLI																	
14	Bonvicino	Materassi	PLE																	
15	Borgomale	Pistone	PLI																	
16	Borgomale	Ciosse/Massa/Prea	PLE																	
17	Borgomale	Villa/Montegrosso	PLE																	
18	Bosia	Concentrico	PLI																	
19	Bosia	Le Rutte	PLI																	
20	Bossolasco	F.na Azzurra	PLI																	
21	Camerana	Briccotto	PLE																	
22	Camerana	Castello	COMPL																	
23	Camerana	Costa Sottana	ROT																	
24	Camerana	Costa/Beltrami	ROT																	
25	Camerana	Rio Cordonera	PLE																	
26	Camo	Concentrico	PLI																	
27	Caprauna	Concentrico	COMPL																	
28	Castelletto U.	Valentini	PLI																	
29	Castelletto U.	Villa Appiano	PLE																	
30	Castellino T.	versante Tanaro	FLU																	
31	Castino	Ferrera (a)/Vernetta (b)	PLI																	
32	Cerreto L.	S.Rocco	PLE																	
33	Cerreto L.	versante Belbo	FLU																	
34	Ceva	Campanone	FLU																	
35	Ceva	Costa Canile	ROT																	
36	Ceva	Costa Canile/Consolata	PLI																	
37	Ceva	Forte	FLU																	
38	Ceva	Poggi S. Spirito	PLI																	
39	Ceva	Ferrazzi	PLI																	
40	Cherasco	S. Michele	PLI																	
41	Cissole	Albere	PLI																	
42	Cissole	Pianezza	PLE																	
43	Clavesana	Prato del Pozzo	PLI																	
44	Cortemilia	Castella	PLI																	
45	Diano d'A.	Camparo	PLI																	
46	Diano d'A.	Parisio	FLU																	
47	Diano d'A.	Ricca	FLU																	
48	Diano d'A.	Servetti	PLI																	
49	Dogliani	Costabella	PLI																	
50	Dogliani	Pianezzo	PLI																	
51	Feisoglio	concentrico	ROT/FLU																	
52	Feisoglio	Madonna degli Angeli	PLE																	
53	Feisoglio	Piazza	PLE																	
54	Garessio	C.na Zitta	ROT/FLU																	
55	Garessio	Deversi	ROT																	
56	Gottasecca	Valle	PLI																	
57	Gottasecca	Santuario	ROT																	

N.	Comune	località	tipo frana	danni					rischio				indagini e controlli					inter.	
				edif.	abitati	strade	ostruz.	trasf.	edif.	abitati	strade	ostruz.	topog.	inclin.	piez.	esten.	centr.		
58	Guarene	Bosco/Coscia	ROT																
59	Igliano	Villa	PLI																
60	La Morra	Concentrico	ROT																
61	Lequio B.	Clementino	PLI																
62	Lequio B.	Massa/Prea	PLE	vedi Borgomale, località Ciosse/Massa/Prea															
63	Levice	Pian Cassone	PLI																
64	Levice	Lanternazza	PLI																
65	Levice	Nicolini	PLI																
66	Levice	S. Ermete	PLI																
67	Levice	Concentrico	PLI																
68	Mango	Concentrico	ROT																
69	Mango	Gala	PLI																
70	Mango	S.Donato/C.Ambrogio	PLE																
71	Marsaglia	Baglione	PLI																
72	Marsaglia	Gastaldi	PLI																
73	Marsaglia	Arzola	PLE																
74	Mombarcaro	C. Manculla	PLE																
75	Monesiglio	Poggio	PLI																
76	Monesiglio	Rio Pariella/Brioca	ROT																
77	Monforte d'A.	Bettola	PLI																
78	Monforte d'A.	Salicetti	PLI																
79	Monforte d'A.	Concentrico	PLI																
80	Montelupo A.	Bersano/Ceppa/Mortizzo	PLI																
81	Murazzano	concentrico/Via Roma	PLI																
82	Murazzano	Medichin	PLI																
83	Murazzano	Odelli	PLI																
84	Narzole	Vergne	PLI																
85	Neive	Serra Capelli	PLI																
86	Niella B.	Bandito	PLI																
87	Niella B.	Giani	PLE																
88	Niella B.	Marazzetti-Amabile	PLI																
89	Ormea	Albra	ROT																
90	Ormea	Scuole	FLU																
91	Paroldo	concentrico	PLI																
92	Paroldo	Galere	PLI																
93	Perletto	Carbone	PLI																
94	Perletto	concentrico	PLI																
95	Pezzolo U.	Musso	PLI																
96	Pezzolo U.	Vivai Negro	ROT/FLU																
97	Priola	Candia	ROT																
98	Prunetto	Bricco	ROT																
99	Prunetto	Campo Marzo	PLI																
100	Prunetto	Poggio	PLI																
101	Prunetto	Rossini	PLE																
102	Roascio	Concentrico	PLE																
103	Rocca Cigliè	Crotte	PLE																
104	Roddino	Noè	PLI																
105	Roddino	Capra	PLI																
106	Roddino	Concentrico	PLI																
107	Rodello	Davichi/Cagnassi	PLI																
108	Rodello	Ferreri	PLE																
109	S. Benedetto B.	Borgaletto	PLE																
110	S. Benedetto B.	Rio Vezzea/Ca' dei Lu	PLE																
111	Saliceto	M.na della Neve	PLE																
112	Saliceto	S.Sebastiano (S.S. 339)	ROT																
113	Scagnello	Perazzi	ROT																
114	Scagnello	Roatta/Bertini	FLU																
115	Serravalle L.	concentrico	PLI																
116	Serravalle L.	Manera	PLE																
117	Sinio	Borine	COMPL																
118	Sinio	Fontana	FLU																
119	Sinio	Pellissera	ROT																
120	Somano	Altavilla	PLI																
121	Somano	Boglietto/Pedrotti	PLI																
122	Torre B.	Villaretti	FLU																
123	Torresina	Cimitero	PLI																
124	Treiso	Ferrere	PLI																
125	Trezzo T.	Sot.-Barone	PLE																

Sistemi di controllo ed interventi di mitigazione

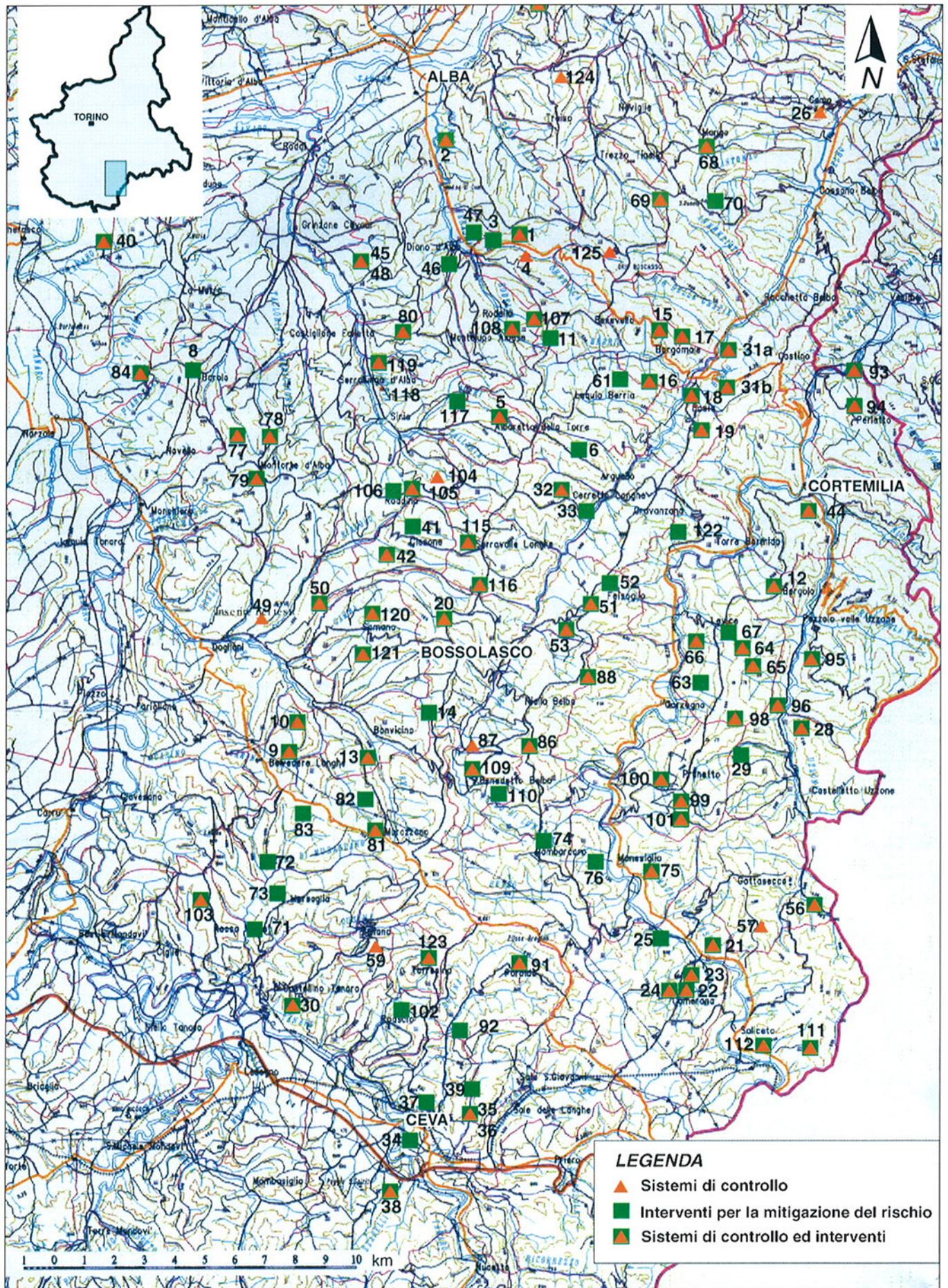


Fig. 1. Sistemi di controllo ed interventi di mitigazione del rischio su fenomeni franosi nelle Langhe cuneesi.

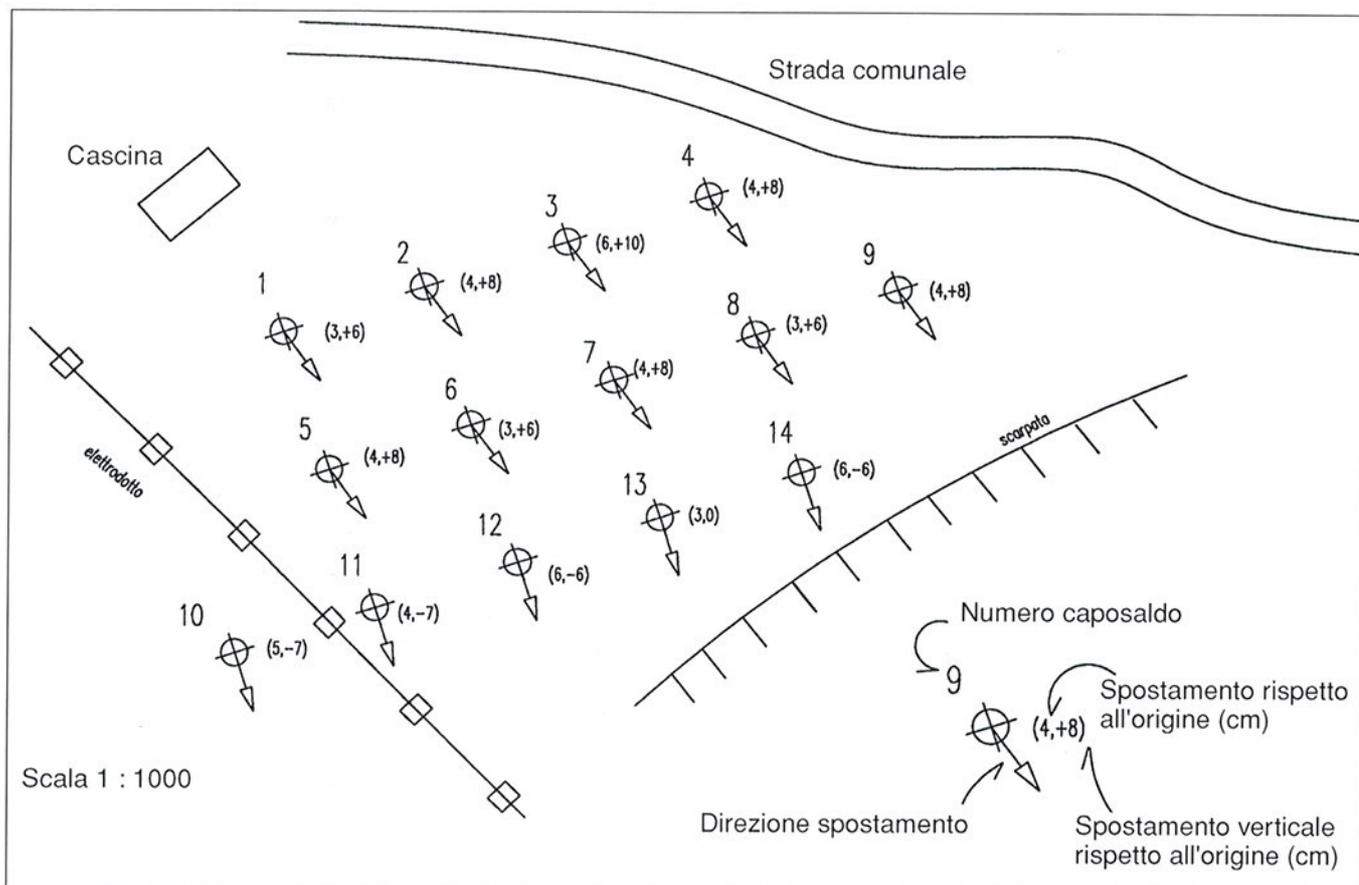


Fig. 2. Esempio di presentazione delle misure topografiche; figura tratta dalle Linee guida per le reti di controllo topografico, redatte dal Settore Progettazione Interventi Geologico-Tecnici e Sismico nel febbraio 1995.

Tab. 2. Quadro riassuntivo dei sistemi di controllo installati nella Provincia di Cuneo.

Fenomeni franosi sotto controllo	
Scivolamento planare lungo superfici di strato	70
Scivolamento rotazionale	11
Fenomeni franosi complessi	3
Numero totale dei siti strumentali	84
Controlli topografici	
Numero dei siti con controllo topografico	47
Inclinometri	
Numero dei siti strumentati con inclinometri	81
Numero dei tubi inclinometrici	260
Metri di tubi inclinometrici installati	6700
Numero di inclinometri automatizzati	2
Piezometri	
Numero dei siti strumentati con piezometri	74
Numero di piezometri	118
Numero di centraline piezometriche installate	27
Estensimetri a filo	
Numero degli estensimetri a filo installati	2

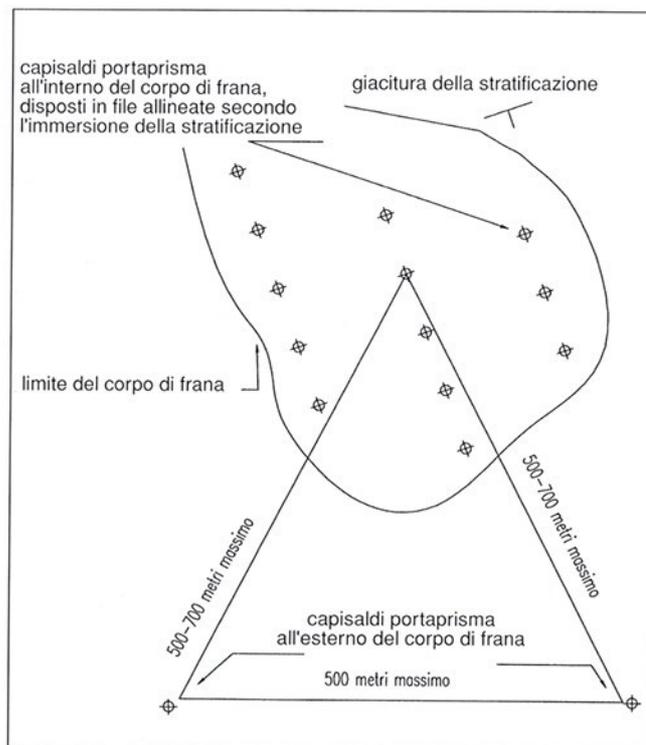


Fig. 3. Disposizione tipo dei capisaldi topografici; figura tratta dalle Linee guida per le reti di controllo topografico, redatte nel febbraio 1995.

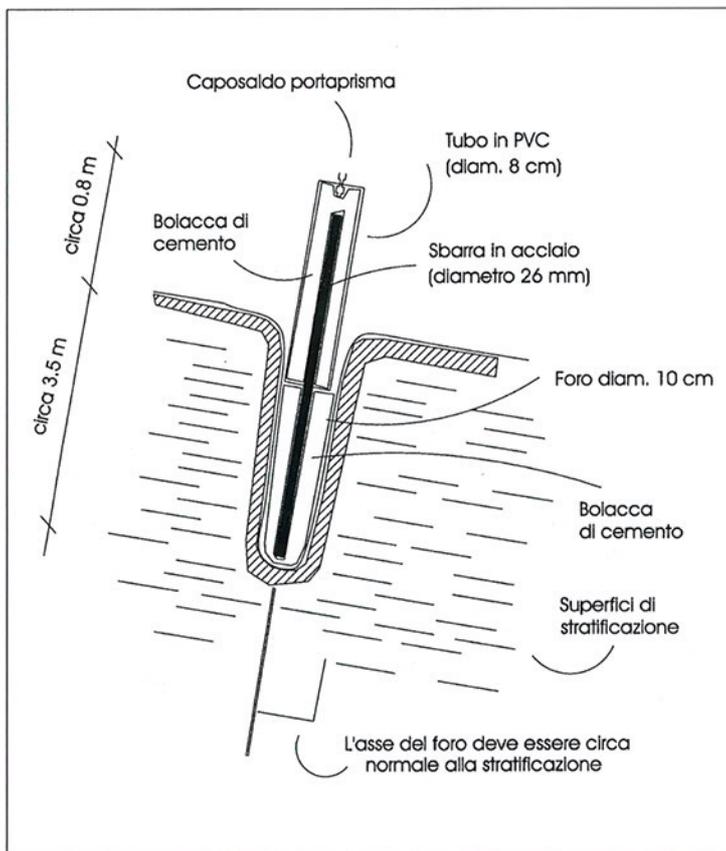


Fig. 4. Schema di caposaldo topografico ancorato; figura tratta dalle Linee guida per le reti di controllo topografico.

effettuate tramite sistemi satellitari GPS. Poiché il Settore scrivente si sta dotando di adeguata strumentazione GPS le misure con tale sistema saranno estese, in futuro, a più siti ed effettuate direttamente dai tecnici regionali.

Sono previsti, in linea di massima, uno o due capisaldi all'esterno ed alcuni capisaldi all'interno del corpo di frana (Fig. 3); le misure registrano gli spostamenti di ciascun caposaldo all'interno del corpo di frana rispetto alla misura iniziale.

I capisaldi all'interno del corpo di frana sono del tipo definito ancorato (Fig. 4) e sono stati realizzati cementando un'asta metallica all'interno di un foro da sonda a profondità 3 m, al fine di renderli solidali con un certo spessore di formazione ed evitare la registrazione dei soli movimenti corticali.

Controllo tramite inclinometri

Ottantuno siti sono controllati tramite uno o più inclinometri tradizionali con tubi in alluminio; sono stati installati complessivamente 260 inclinometri, per un totale di 6700 m.

Controllo tramite inclinometri automatizzati

In due siti, Narzole loc. Vergne e Serravalle loc. Concentrico, ove movimenti attivi si sviluppano a ridosso di nuclei abitati, sono stati posti in opera degli inclinometri automatizzati recentemente brevettati dal

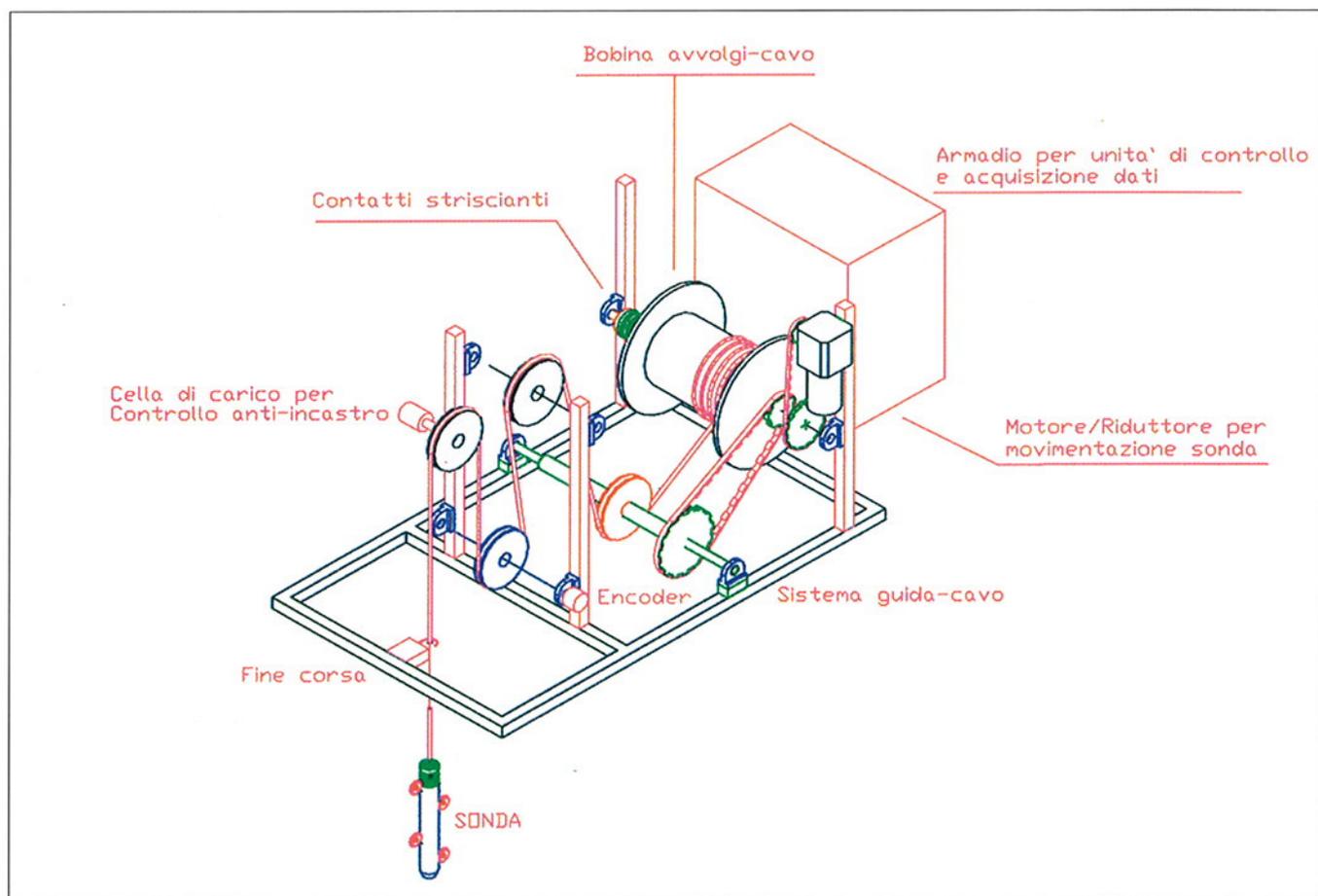


Fig. 5. Inclinometro automatizzato brevettato dal CNR-IRPI di Torino.

CNR-IRPI di Torino (Lollino, 1992). Tali dispositivi (Fig. 5) consistono in una sonda inclinometrica di tipo tradizionale asservita ad un motore elettrico a sua volta pilotato da una centralina elettronica programmabile. Tramite apposita programmazione la sonda viene periodicamente calata a fondo foro e fatta risalire con soste per le misure alle quote desiderate. Le misure sono leggibili a distanza tramite *modem* telefonico. Qualora il tubo risulti deformato al punto da non permettere il passaggio della sonda, il dispositivo recupera la sonda stessa e l'intero apparato può essere installato nuovamente su un altro tubo.

Estensimetri a filo

In due siti le fessure di coronamento sono controllate tramite estensimetri a filo, collegati ad una centralina per l'acquisizione in continuo dei dati.

Piezometri e centraline piezometriche

Su 74 siti sono stati posti in opera piezometri a tubo aperto. Il numero complessivo dei piezometri installati è di 118. Sono state inoltre installate 24 centraline per la registrazione in continuo dei dati di falda; a ciascuna centralina sono collegati uno o due trasduttori elettrici.

Sul sito di Monforte concentrico sono stati installati tre piezometri attrezzati con celle di Casagrande a varie profondità; l'interpretazione dei dati è effettuata con la collaborazione del Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Torino.

La Fig. 6 riporta, a titolo di esempio, il sistema di controllo installato sul movimento franoso che interessa l'abitato di Serravalle Langhe.

I dati raccolti tramite la campagna geognostica sono stati utilizzati, in tutti i siti ove fossero previsti interventi di mitigazione del rischio, per la precisa progettazione degli interventi stessi. Alcuni dati sulle caratteristiche litotecniche dei materiali, derivanti dalle indagini geognostiche, sono riportati al paragrafo 5.1.

Risultati delle prime misure

Le letture di esercizio su tutti i tubi inclinometrici verranno effettuate da imprese specializzate, incaricate dall'Ente Regione, con cadenza media di due misure all'anno.

Il Settore Progettazione Interventi Geologico-Tecnici e Sismico ha comunque effettuato direttamente, con la propria strumentazione, le letture di origine su tutti gli inclinometri installati. Questo al fine di poter controllare l'operato delle imprese incaricate e per poter effettuare rapidamente, con la propria strumentazione, misure in caso di emergenza. Le letture di origine hanno inoltre permesso di valutare, unitamente alle misure spiralometriche, la corretta installazione delle verticali inclinometriche.

In una decina di siti si è provveduto ad effettuare direttamente anche alcune letture di esercizio. Al momento, soltanto presso il Comune di Perletto (località Concentrico e Carbone) tali letture hanno evidenziato movimenti profondi in atto.

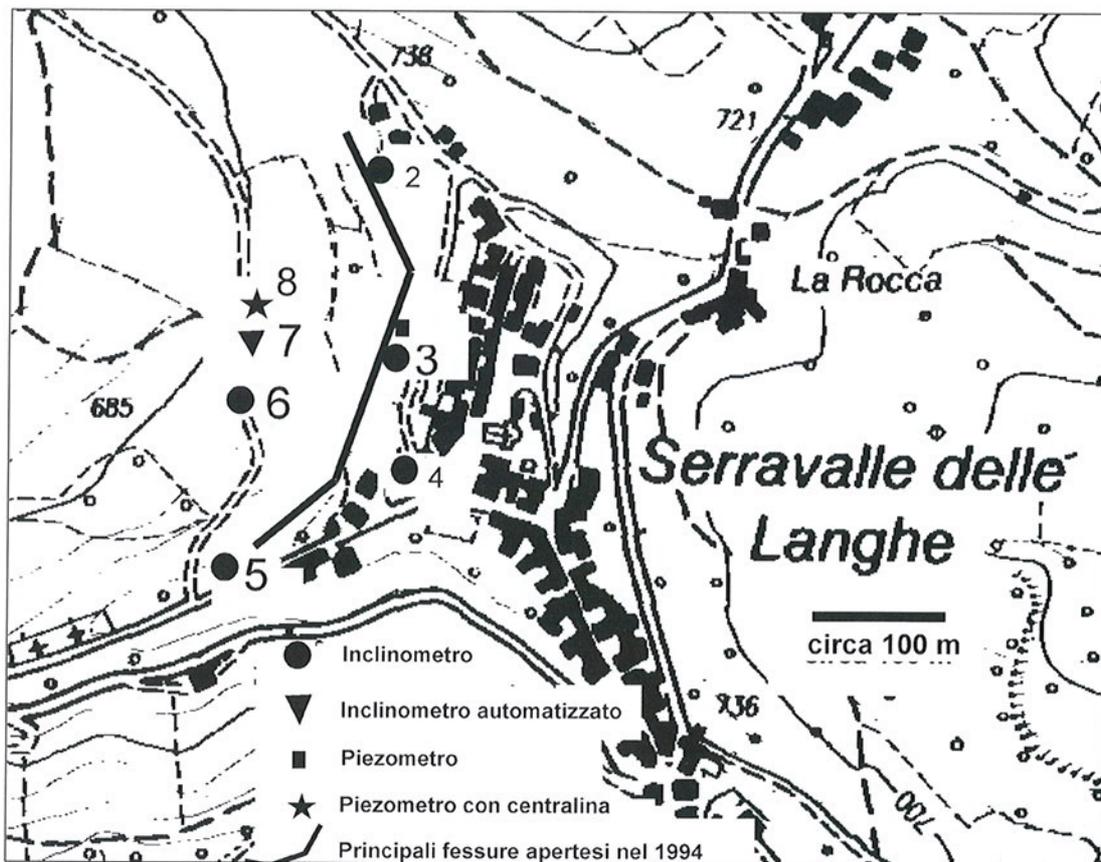


Fig. 6. Sistema di controllo installato presso Serravalle Langhe (CN). Base topografica modificata dalla Carta Tecnica Regionale.

Problemi di interpretazione

Come già ampiamente descritto nel paragrafo 5.1, i versanti Nord-Ovest delle Langhe sono affetti da fenomeni di instabilità generalmente descritti come scivolamenti planari lungo superfici di strato. In molti casi però agli scivolamenti planari in senso stretto si affiancano altre forme di instabilità, a questi strettamente correlati. A titolo di esempio si riportano di seguito i casi di Dogliani e Paroldo, ove gli inclinometri sono installati dalla fine degli anni '80 (Fig. 7).

A Dogliani, località Pianezzo, il continuo ripeter-

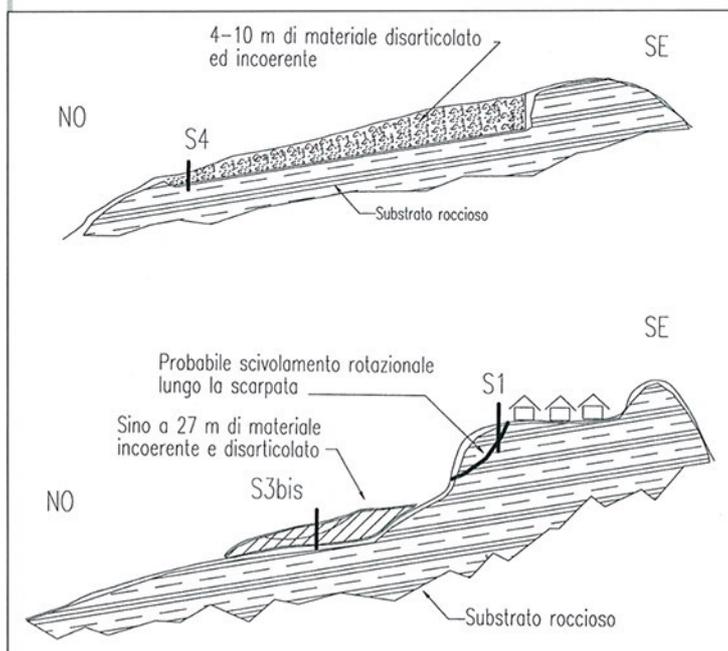


Fig. 7. Schema, non in scala, relativo ai fenomeni franosi presso Dogliani, loc. Pianezzo e Paroldo, loc. Concentrico.

si di fenomeni di movimento incipiente, con apertura di fessure e sviluppo di zone rigonfiate, ha prodotto un livello superficiale della potenza compresa tra 4 e 10 m circa completamente disarticolato e ridotto, di fatto, ad un ammasso limoso incoerente. Tale livello tende a muoversi lentamente, con meccanismi di deformazione plastica, più o meno indipendentemente dal più ampio fenomeno di scivolamento planare in senso stretto. I movimenti principali si sviluppano in corrispondenza del piede (presso l'inclinometro S4), ove una infrastruttura agricola è stata gravemente lesionata.

A Paroldo l'inclinometro 3 bis registra movimenti per deformazione plastica, su due differenti livelli, sino alla profondità di circa 27 m, spessore totalmente occupato da un ammasso limoso incoerente posto ai piedi di una scarpata. Tale ammasso deriva, secondo l'interpretazione recentemente proposta da una tesi di laurea realizzata sul movimento franoso di Paroldo (Ponza, 1996), dal disfacimento di zolle provenienti da movimento planari occorsi sulle scarpate superiori.

L'inclinometro n. 1, posto sul ciglio di una scarpata generata da antichi fenomeni per scivolamento planare, registra spiccati movimenti alla profondità di circa 4 m. Tali movimenti sono probabilmente imputabili a fenomeni franosi di tipo rotazionale innesca-tisi sul ciglio della scarpata stessa.

A Perletto, località concentrico, gli inclinometri installati a seguito dell'evento alluvionale (Fig. 8) segnalano nel primo anno di controllo movimenti di circa 2 cm alla profondità di 19 m (inclinometro S1) e 24 m (inclinometro S2). Il movimento sembra interessare una vecchia zolla originatasi per movimento planare; le stratigrafie dei sondaggi individuano infatti una successione di circa 20 m di terreni che hanno perso le originarie caratteristiche litotecniche.

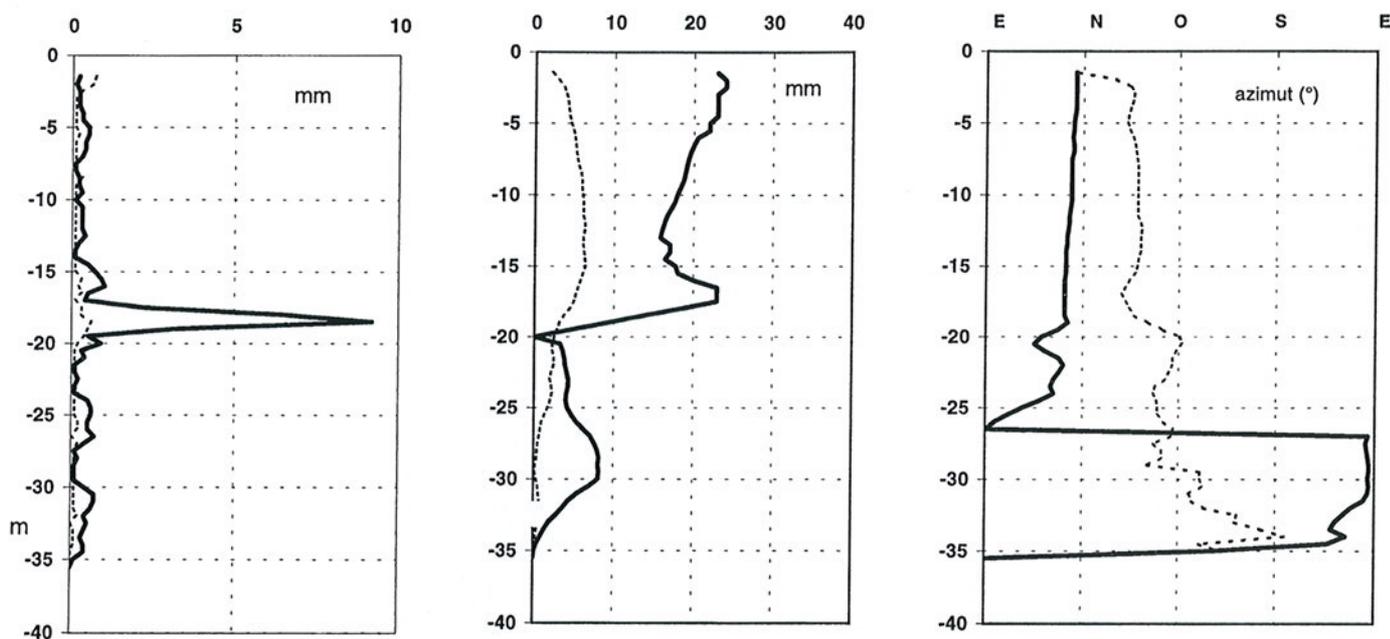


Fig. 8. Comune di Perletto, località concentrico; i tre diagrammi riportano rispettivamente lo spostamento differenziale, lo spostamento cumulato e l'azimut dell'inclinometro S1; la curva leggera tratteggiata indica la misura del 3-9-96, quella spessa intera la misura del 16-7-97. La misura di origine è del 4-7-1996.

Il movimento originario, di tipo planare, si sviluppò da SE verso NO, come la quasi totalità di tali movimenti nelle Langhe Cuneesi. Il movimento misurato avviene invece in direzione SSO-NNE ed è da imputarsi alla progressiva disarticolazione della zolla, secondo un meccanismo che è fortemente condizionato dall'assetto morfologico e strutturale dell'area (Fig. 9).

I casi di cui sopra indicano come, in fase di interpretazione delle misure, sia estremamente importante riconoscere quale forma di instabilità viene misurata, al fine di effettuare una corretta analisi dei fenomeni, valutare correttamente eventuali condizioni di rischio per gli abitati ed impostare correttamente, se necessario, interventi di mitigazione del rischio. Per quanto riguarda la risposta del fenomeno franoso alle condizioni della falda, ad esempio, è piuttosto evidente come nei citati casi di Paroldo, Dogliani e Perletto questa sarà legata anche alle normali precipitazioni annuali, mentre nei casi dei fenomeni planari in senso stretto l'innesco dei fenomeni sembra essere legato a soglie di piovosità decisamente più elevate (vedi capitolo 5).

Gestione dei sistemi di controllo

Il Settore gestisce direttamente, dalla fine degli anni '80, una rete di controllo su movimenti franosi in Piemonte. Al momento la rete conta circa 160 siti, inclusi quelli di cui alla Tab. 1. È in corso un programma di interventi che dovrebbe elevare a circa

180 il numero dei fenomeni franosi sotto controllo entro il prossimo triennio. Lo stesso elenco di cui alla Tab. 1 è destinato ad allungarsi, in quanto il Settore prende in carico, a mano a mano che vengono realizzati, i sistemi di controllo installati autonomamente dai Comuni o dalle Comunità Montane. La gestione di tale mole di dati sarà resa possibile da un realizzando sistema per la raccolta, la gestione e la elaborazione di tutti i dati, completamente integrato con il Sistema Informativo Geologico della Direzione.

Tutti i sistemi installati sono finalizzati al controllo dell'evoluzione, nel tempo, dei movimenti franosi, al fine di disporre di tutti i dati necessari per una corretta valutazione delle condizioni di pericolosità geologica in corrispondenza dei nuclei abitati interessati.

6.2. INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO

Si è provveduto a curare l'identificazione di tutti i fenomeni franosi la cui evoluzione potesse interessare nuclei abitati ed ha curato le proposte progettuali per ciascun tipo di intervento.

Per numerose tipologie di fenomeno franoso gli interventi di sistemazione fanno riferimento a modalità e prassi di intervento consolidate. Nel caso dei fenomeni franosi per scivolamento planare lungo superfici di strato però, data la limitata diffusione areale di tale tipo di dissesto (di fatto limitata alle Langhe) e date le caratteristiche dello stesso, mancano precisi modelli di riferimento. Mancano inoltre (o sono rari

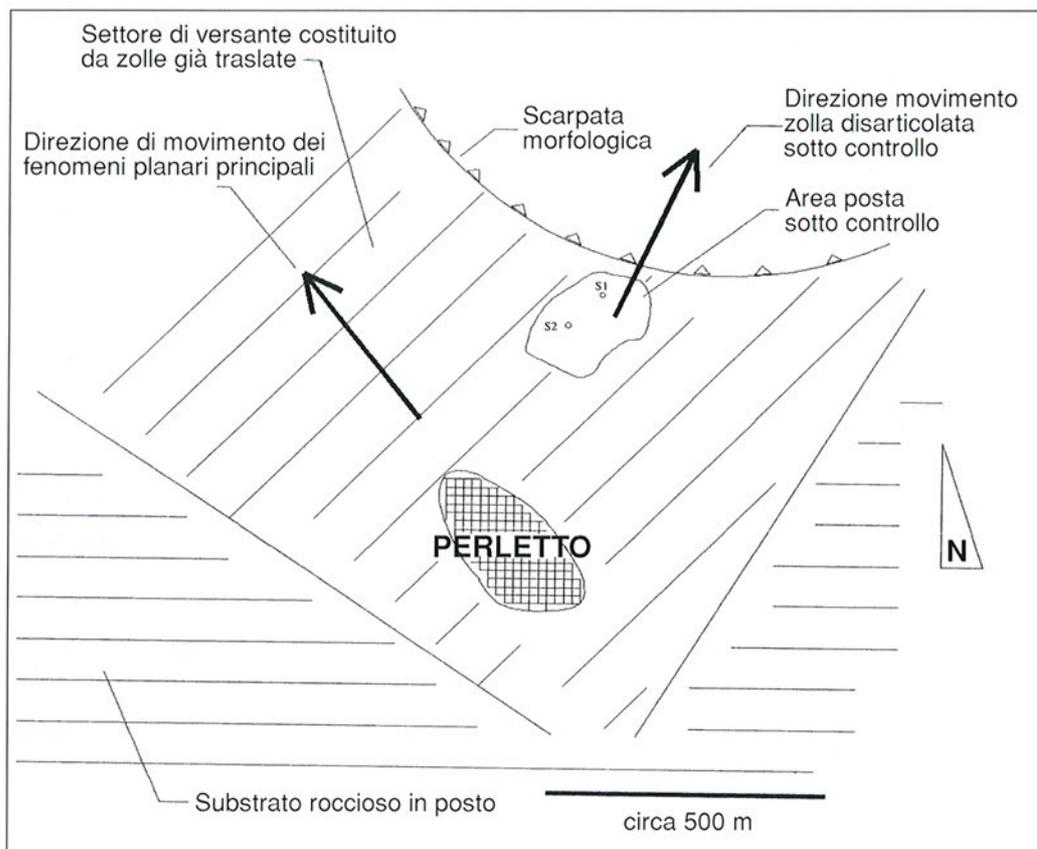


Fig. 9. Schema fenomeno franoso presso Perletto concentrico.

e sporadici) i casi passati di interventi su tale tipo di fenomeno. Per ovviare a tale lacuna e per uniformare gli interventi realizzati, in comuni diversi da professionisti diversi, il Settore Progettazione Interventi Geologico-Tecnici e Sismico ha redatto apposite linee-guida, trasmesse a tutti i comuni interessati ed integralmente riportate nel paragrafo "Linee guida per gli interventi di sistemazione". La tabella 1 riporta, in ultima colonna, i siti sui quali sono stati effettuati interventi, alcuni dei quali sono ancora in corso di realizzazione alla data di pubblicazione delle presenti note.

I fenomeni franosi allo stato incipiente rappresentano la maggior parte dei casi che prevedono interventi. In generale, le possibilità di una sistemazione definitiva dei dissesti franosi per scivolamento planare si scontrano con le dimensioni e la natura dei fenomeni stessi; non si hanno, inoltre, casi di dissesti analoghi totalmente sistemati. Ciononostante si ritiene che adeguati interventi di regimazione delle acque e di drenaggio possano condurre, se non all'arresto totale del fenomeno, ad un rallentamento dello stesso, ad una mitigazione del rischio di collasso ed all'elevazione delle soglie di piovosità necessarie per l'innescarsi dei fenomeni stessi.

La procedura seguita per il riconoscimento dei siti ove realizzare interventi di mitigazione del rischio, in parte coincidente con la procedura relativa ai sistemi di controllo, è descritta nei punti seguenti.

1) riconoscimento dei fenomeni la cui evoluzione può minacciare nuclei abitati;

2) stima di massima dell'intervento e sua quantizzazione economica;

3) erogazione (da parte dell'Assessorato Regionale OO.PP.) della somma necessaria ai comuni interessati;

4) conferimento, da parte dei Comuni interessati, di incarico a professionisti per la redazione del progetto e la direzione dei lavori;

5) sopralluogo congiunto, su molti dei siti, con il funzionario tecnico regionale incaricato, il professionista incaricato ed il tecnico comunale, al fine di definire le linee di ciascun intervento;

6) redazione del progetto;

7) per i progetti di importo superiore ai 500 milioni di lire: verifica ed approvazione da parte della Segreteria Tecnica Regionale;

8) realizzazione degli interventi;

9) controllo, nel tempo, dell'efficacia di tutti gli interventi tramite le reti di controllo descritte nei paragrafi precedenti.

In corrispondenza degli interventi principali sono previste centraline per la misura delle portate defluenti dai sistemi di drenaggio, al fine di meglio valutare, nel tempo, l'efficienza della rete drenante.

Nelle linee guida viene suggerita una profondità massima per le trincee drenanti di 5 metri. Nel caso del fenomeno presso la località Pianezzo nel Comune di Dogliani, lo spessore della coltre incoerente ha richiesto la realizzazione di trincee drenanti spinte sino a 10 m di profondità.

Alla data odierna molti degli interventi riportati in tabella 1 sono in corso di realizzazione. Le figure 10 e 11 riportano interventi presso Pianezzo (Dogliani) e Pianezza (Cissone).

6.3. SISTEMI DI CONTROLLO ED INTERVENTI NELLE PROVINCE DI ASTI ED ALESSANDRIA

Rispetto a quanto accaduto nella provincia Cuneese le provincie di Asti ed Alessandria hanno subito in misura decisamente minore gli effetti dei movimenti di versante ed il coinvolgimento della Direzione nelle procedure relative all'impianto dei sistemi di controllo e mitigazione del rischio è stato, in linea di massima, minore.

La tabella 3 riporta i principali sistemi di controllo installati su movimenti franosi nelle due provincie. La lista riportata in tabella 3 non è esaustiva in quanto alcune Amministrazioni Comunali hanno provveduto autonomamente alla realizzazione di sistemi di controllo.

Il Settore intende tuttavia prendere in carico anche tali sistemi di controllo, per garantire continuità nelle misure e uniformità di trattamento con gli altri siti.



Fig. 10. Dogliani, loc. Pianezzo. Interventi in corso di esecuzione (foto V. Peisino).



Fig. 11. Cissone, loc. Pianezza. Interventi in corso di esecuzione.

Tab. 3.

Comune	località	Provincia	tipo frana	danni					rischio				indagini e contr.			
				edif.	abitati	strade	ostruz.	trasf.	edif.	abitati	strade	ostruz.	inclin.	piez.	inter.	
Cabella Ligure	Montaldo di Coscia	AL	COMPL													
Fabbrica Curone	Caldirola	AL	COMPL													
Garbagna	Agliani	AL	COMPL													
Rocchetta Ligure	Celio	AL	ROT													
Visone	Buffa	AL	COMPL													
Cessole	Giaronetto	AT	COMPL													
Loazzolo	C. Audina	AT	ROT/COL													
Loazzolo	C. Foiano	AT	PLI													
Roccoverano	Str. Giorgino	AT	PLE													
S. Giorgio Scarampi	Arlanda	AT	COMPL													
S. Giorgio Scarampi	Str. Boglioli	AT	PLI													

6.4. LINEE GUIDA PER GLI INTERVENTI DI SISTEMAZIONE

L'allegato A, di seguito nel capitolo, riporta integralmente il testo delle *Linee guida per i lavori di sistemazione sui dissesti franosi per scivolamento planare lungo superfici di strato nelle Langhe Cuneesi*, redatte dal Servizio (ora Settore) Interventi progettuali geologico tecnici della Regione Piemonte nel febbraio 1996.

Riferimenti bibliografici

LOLLINO G., *The automated inclinometric system*, proceedings of the 6th symposium Landslides, Christchurch, Nuova Zelanda, 10-14/2/1992.

PONZA M., *La frana di Paroldo*, "Alba Pompeia", Nuova serie, anno XVII, Fascicolo II, 2° semestre 1996.

REGIONE PIEMONTE (1995), *Linee guida per le reti di controllo topografico*. Settore Progettazione Interventi Geologico-Tecnici e Sismico.

REGIONE PIEMONTE

Assessorato Ambiente, Cave e Torbiere, Energia,
Pianificazione e Gestione delle Risorse Idriche, Lavori Pubblici e Tutela del Suolo

Direzione Regionale Servizi Tecnici di Prevenzione
Settore per la Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico

Servizio Interventi Progettuali Geologico-Tecnici,
Pronto Intervento e Verifica Grandi Opere Infrastrutturali

LINEE GUIDA

**per i lavori di sistemazione sui dissesti franosi
per scivolamento planare
lungo superfici di strato nelle Langhe Cuneesi**

Torino, Febbraio 1996

LINEE GUIDA

per i lavori di sistemazione sui dissesti franosi per scivolamento planare lungo superfici di strato nelle Langhe Cuneesi

Numerose località nelle Langhe sono state interessate, nel corso dell'evento alluvionale del novembre 1994, da dissesti per scivolamento planare lungo superfici di strato allo stato sia evoluto che incipiente. Le caratteristiche generali dei dissesti sono note e non verranno discusse in questa sede.

La Regione Piemonte ha già predisposto l'installazione di una rete di controllo e di indagini geognostiche su quei movimenti franosi che interessano nuclei abitati. Sono inoltre stati erogati stanziamenti per interventi su numerosi dissesti. Scopo delle presenti note è fornire linee-guida per tali interventi.

SISTEMAZIONE DEI DISSESTI

Fenomeni franosi allo stato incipiente

I fenomeni franosi allo stato incipiente rappresentano la maggior parte dei casi che prevedono interventi. In generale, le possibilità di una sistemazione definitiva dei dissesti franosi per scivolamento planare si scontrano con le dimensioni e la natura dei fenomeni stessi; non si hanno, inoltre, casi di dissesti analoghi totalmente sistemati. Ciononostante si ritiene che adeguati interventi di regimazione e di drenaggio possano condurre, se non all'arresto totale del fenomeno, ad un rallentamento dello stesso, ad una mitigazione del rischio di collasso e all'elevazione delle soglie di piovosità necessarie per l'innescamento dei fenomeni stessi.

L'evoluzione nel tempo delle fasi che caratterizzano i fenomeni franosi per scivolamento planare comporta, normalmente, lo sviluppo di fessure e trincee nella parte alta del dissesto e lo sviluppo di una morfologia rigonfiata, irregolare, con selle creste e contropendenze nella parte media e bassa. Tali elementi tendono naturalmente a creare, lungo il versante, delle leggere depressioni non drenate che, favorendo il ristagno delle acque, facilitano l'infiltrazione nel corpo di frana. Inoltre la forma concava «a catino» che molti settori di versante assumono in conseguenza dell'evoluzione nel tempo dei fenomeni franosi stessi favorisce il convogliamento delle acque ruscellanti sull'areale instabile. Gli elementi di cui sopra concorrono nel formare un quadro di estremo disordine nel microreticolato idrico superficiale, con una miriade di rivoli e di emergenze idriche.

Sulla base di quanto sopra le finalità degli interventi da realizzarsi sono essenzialmente:

- impedire che le acque ruscellanti lungo il versante possano convogliarsi sull'areale instabile;
- drenare le acque che tendono a convogliarsi lungo le fessure di coronamento;
- impermeabilizzare le fessure aperte, che rappresentano una principale via di infiltrazione in profondità;
- drenare tutte le depressioni superficiali che favoriscono condizioni di ristagno;
- drenare le emergenze idriche;
- drenare, per quanto possibile, le coperture superficiali che, in istato di saturazione, fungono da serbatoio per l'infiltrazione in profondità.

Con riferimento ai punti di cui sopra ed, in particolare, all'ultimo si ricorda quanto segnalato da Govi & Sorzana nel loro lavoro del 1982 (*Frane da scivolamento planare nelle Langhe cuneesi, febbraio-marzo 1972, febbraio 1974*; Bollettino della Associazione Mineraria Subalpina, A. XIX, n. 1-2, marzo-giugno 1982). In tutti i fenomeni franosi da loro descritti, la piovosità cumulata nei 60 giorni precedenti il collasso ha giocato un ruolo essenziale. Tale elemento è verosimilmente in relazione con una progressiva e relativamente lenta saturazione dell'ammasso roccioso nel periodo che precede il collasso, innescato poi da due-quattro giorni di precipitazioni intense e continue che, da se sole, non sarebbero state sufficienti a provocare il collasso. Ostacolare il processo di saturazione appare quindi un'efficace via per ridurre il rischio di innesco.

Le finalità di cui ai punti precedenti saranno perseguite essenzialmente mediante uno o più dei seguenti interventi:

- realizzazione di canalette;
- realizzazione di trincee drenanti;
- realizzazione di drenaggi di tipo agricolo;
- riprofilature.

Le precise modalità di ciascun intervento saranno definite caso per caso in funzione delle caratteristiche specifiche di ciascun dissesto e del numero e della rilevanza delle infrastrutture sottoposte a rischio. La figura 1 schematizza un generico intervento su di un movimento franoso per scivolamento planare allo stato incipiente che prevede:

- realizzazione di opere di presidio sui fossi esistenti ai lati dell'areale in frana (situazione piuttosto comune) o, se non altrimenti possibile, presidio di fossi sul corpo di frana stesso. Tali fossi raccoglieranno e convoglieranno nel più vicino impluvio naturale tutte le acque raccolte dalle opere successive;
- qualora i fossi di cui sopra non fossero naturalmente presenti occorre realizzarli artificialmente e presidiarli;
- realizzazione di un canale di gronda (preferibilmente in terra) che scarica nei fossi di cui sopra;
- realizzazione di canalette trasversali che intercettano settori non drenati ed emergenze idriche;
- riprofilatura di un tratto di versante per eliminare un'ampia depressione non drenata;
- realizzazione di trincee drenanti principali e di altre trincee che raccordano alle principali con disposizione a lisca di pesce;
- eventuale difesa al piede, in caso di erosione da parte di un torrente.

Considerazioni circa le fessure aperte

Le fessure beanti, più comuni nelle parti alte dei dissesti, rappresentano una importante via principale di infiltrazione lungo l'asse verticale. Le fessure modeste possono essere sigillate direttamente tramite materiale impermeabile; le fessure maggiori devono essere sigillate dopo essere state intasate con materiale anidro. Il materiale utilizzato per la sigillatura dovrebbe preferibilmente essere argilla, adeguatamente rullata. Vedi oltre per i problemi legati all'eventuale drenaggio delle fessure.

In ogni caso occorrerà porre estrema cura nell'allontanare tutte le acque superficiali che possano essere convogliate verso le fessure.

Disposizione delle trincee drenanti

Le trincee principali sono normalmente realizzate secondo la massima pendenza, sebbene possano discostarsene leggermente quando seguano un avvallamento naturale, caso piuttosto comune. Le trincee principali vengono poi integrate con aste minori che si raccordano al principale secondo uno schema a lisca di pesce (fig. 2). Le aste drenanti minori dovrebbero preferibilmente intercettare i settori depressi e/o con ristagni di acque.

Sono da evitarsi le trincee disposte secondo le curve di livello in quanto potrebbero agire come giunti di trazione. In caso di infiltrazione diretta di acque dalla superficie che ecceda le capacità di scarico del dreno potrebbero provocare pericolose sovrappressioni idrauliche; eventualità non remota data la pendenza modesta raggiungibile da una trincea così disposta.

Una questione piuttosto delicata riguarda l'eventuale impostazione di trincee drenanti lungo fessure beanti apertesi presso il coronamento o comunque sul corpo di frana. Si ritiene, in linea di massima, che tali fessure dovrebbero essere sigillate come già sopra citato. L'imposta, lungo tali fessure, di trincee drenanti se da un lato favorirebbe un rapido smaltimento delle acque di infiltrazione superficiale, dall'altro causerebbe il permanere di una via preferenziale di infiltrazione profonda.

L'impostazione di trincee drenanti lungo le fessure aperte, quindi, anche se non da escludersi a priori, deve essere valutata con estrema cautela e limitato ad alcuni casi particolari. Uno di tali casi potrebbe essere quello di una fessura impostata lungo una marcata depressione morfologica che drena le acque dai fianchi della depressione stessa. In tal caso, essendo comunque impossibile evitare che vengano convogliate acque sulla fessura stessa, la trincea permette di allontanare rapidamente le acque raccolte.

La disposizione generale dei drenaggi e delle canalette deve essere tale da interessare uniformemente tutto l'areale in frana, evitando di creare disequilibri tra settori limitrofi.

Considerazioni circa la profondità dei drenaggi

Scopo delle trincee è drenare adeguatamente le coperture superficiali, le zone di ristagno e/o gli strati superficiali più alterati al fine di limitare l'infiltrazione in profondità. A tal fine sarà opportuno, in linea di massima, limitare la profondità delle opere drenanti alle coperture superficiali ed ai livelli superficiali più alterati, evitando di penetrare nel basamento inalterato, per non creare vie preferenziali di infiltrazione profonda.

In caso di copertura superficiale con spessore molto limitato sarebbe opportuno verificare l'opportunità di utilizzare reti di drenaggi superficiali di tipo agricolo e comunque di limitare la profondità delle trincee a non più di due metri.

In caso di forti spessori di substrato molto alterato e disarticolato le trincee potranno spingersi sino a profondità massime di 4-5 m .

Priorità degli interventi

Fermo restando che gli interventi dovranno essere decisi caso per caso si ritiene che, in linea di massima, le priorità dovrebbero essere le seguenti:

- 1) regimazione delle acque superficiali e presidio di fossi esistenti e regimazione delle acque lungo le sedi stradali (se presenti);
- 2) interventi di cui al punto 1 e drenaggio delle coperture superficiali mediante tecniche di tipo agricolo;
- 3) interventi di cui al punto 1, eventuali interventi di cui al punto 2 e realizzazione di trincee drenanti.

Regimazione delle acque lungo le sedi stradali

Lo sviluppo dei grandi fenomeni franosi in parola tende, in generale, a svilupparsi per cause totalmente naturali ed indipendenti dalla presenza umana. Alcuni interventi antropici rappresentano comunque un fattore di disturbo. Le opere stradali, in particolare, presentano numerosi aspetti negativi, riasumibili nei punti seguenti (Govi & Sorzana, op. cit.):

- tagli di versante per la realizzazione di sedi stradali, che mettono in esposizione il substrato fratturato e facilitano l'infiltrazione;
- cospicui ristagni d'acqua trattenuta a monte di strade costruite trasversalmente al pendio, su rilevato in terra privo di opere drenanti;
- intercettazione e trasferimento di acque scolanti da un'intero versante da parte di sedi stradali a mezza costa con pendenze convergenti verso la zona assiale di ampi impluvi privi di canali di deflusso;
- ruscellamento concentrato lungo strade costruite in trincea, entro incisioni naturali spesso coincidenti con fratture perimetrali di antiche frane.

Al fine di eliminare, o quanto meno mitigare, gli effetti sopra descritti occorre realizzare, lungo tutte le sedi stradali che eventualmente attraversano o sovrastano le zone in frana, adeguate opere di regimazione delle acque superficiali tramite canalette ed altri manufatti.

Considerazioni circa i drenaggi profondi

Si ritiene che l'impiego di drenaggi profondi tramite pozzi, pozzi collegati o diaframmi drenanti (le cui modalità esecutive non saranno qui discusse), ancorché non da escludersi *a priori*, debba essere valutato con estrema cautela. Occorre, a proposito, tener presente alcune considerazioni relative ad una sia pur approssimativa analisi costi-benefici.

- Data la notevole estensione areale dei dissesti, dato il numero degli stessi e dato il costo estremamente elevato, tali opere non potrebbero, in linea di massima, essere estese all'intero areale instabile ma solo a settori dello stesso (in prossimità, ad esempio, dei nuclei abitati).
- Le opere indurrebbero, indubbiamente, una sostanziale riduzione della pressione idraulica nell'intorno delle stesse.
- Data l'estensione media dei fenomeni e data la litologia a prevalenza marnosa, l'effetto di cui al punto precedente avrebbe, di fatto, carattere puntuale.
- Drenaggi profondi puntuali non ridurrebbero comunque in maniera significativa i contenuti in acqua del corpo di frana nel suo insieme.
- Appare dubbio che un'intervento di drenaggio profondo su di un solo settore di un'areale in frana possa ridurre le probabilità di quel settore di essere coinvolto qualora il movimento, nel suo insieme, si riattivi.
- Alcune recenti ricerche (F. Forlati, R. Lancellotta, A. Osella, C. Scavia, F. Veniale, *Analisi dei fenomeni di scivolamento planare nelle Langhe*, GEAM, a. XXXII n. 4, dicembre 1995) sottolineano come nei meccanismi di innesco dei fenomeni franosi per scivolamento planare un ruolo fondamentale venga giocato dall'effetto di spinta indotto da livelli di argille rigonfianti.
- Se, come sottolineato dalle ricerche di cui sopra, il *contenuto* in acqua più che la *pressione* idraulica giocasse un ruolo essenziale nei fenomeni di innesco, i benefici in termini di riduzione complessiva del rischio di collasso potrebbero non essere commisurati ai costi di molto più elevati.

In conclusione si ritiene che, allo stato attuale delle conoscenze, dato il carattere puntuale dei drenaggi profondi, date (per quanto note) le dinamiche dei dissesti in parola e data la mancanza di esempi applicativi passati non sia dimostrato che all'elevato costo di tali opere corrisponda un'altrettanto elevata riduzione delle probabilità di collasso. In generale quindi, le sistemazioni saranno effettuate tramite l'estensivo impiego delle regimazioni superficiali sopra descritte. L'impiego dei drenaggi profondi potrà essere applicato, dopo attenta verifica, solamente a casi particolari.

Fenomeni franosi evoluti

Si interviene sul corpo franato in maniera del tutto analoga a quanto sopra esposto per i fenomeni incipienti verificando attentamente le condizioni del settore di versante circostante quello collassato. È comune infatti, che i tratti collassati rappresentino porzioni di più vasti areali instabili spesso interessati da fenomeni di franamento incipiente. Sono, in linea di massima, necessari estesi interventi di riprofilatura e, se il corpo di frana ostruisce un torrente, la rimozione o il rimodellamento del piede dell'accumulo.

Situazioni particolari

Eventuali situazioni particolari saranno discusse caso per caso. Alcuni casi sono di seguito riportati.

Abitazioni poste a monte del coronamento di un dissesto evoluto. Può essere verificata l'opportunità di realizzare opere di sostegno della scarpata associate a drenaggi suborizzontali inseriti nella scarpata stessa. In tal caso le opere di sostegno e drenaggio hanno come scopo essenziale quello di impedire collassi della scarpata lungo superfici circolari. In caso di ripresa del movimento planare che interessa il settore a monte della scarpata le opere di contrasto avrebbero probabilmente efficacia estremamente ridotta e sarebbe quindi opportuno integrare tale intervento con regimazioni (del tipo di quelle proposte per i fenomeni incipienti) nel settore a monte dell'abitato.

Fenomeni incipienti su versanti ad acclività elevata. Sono casi relativamente rari, perlopiù corrispondenti a riprese di movimento presso antiche scarpate di coronamento. L'acclività elevata rende talora possibile l'installazione di drenaggi suborizzontali.

TIPOLOGIE DI OPERE

Si riportano le caratteristiche generali delle canalette e delle opere drenanti. La scelta del tipo di canaletta sarà decisa caso per caso, tenendo presente le considerazioni seguenti:

- sono da preferirsi, in linea di massima, le canalette in terra che presentano però lo svantaggio di aver bisogno di una manutenzione piuttosto regolare;
- le canalette od i fossi principali, che raccolgono le acque delle altre opere drenanti, devono sempre essere presidiate, al fine di evitare approfondimenti per erosione;

Sono da evitarsi, per quanto possibile, canalizzazioni rigide che non siano in grado di assorbire le deformazioni tipiche dei corpi di frana.

Canalette in terra

Possono essere di due tipi: non presidiate o presidiate.

Le canalette non presidiate sono realizzate completamente in scavo di forma trapezia e di sezione minima di 0.16 m². Nel caso di canalette in terra a mezza costa, o comunque non disposte secondo la massima pendenza, occorre realizzare, lato valle, un argine ben costipato utilizzando il terreno proveniente dallo scavo in modo tale da raggiungere una quota pari a quella del ciglio di monte.

Laddove la pendenza e le caratteristiche del terreno non garantiscano la funzionalità delle canalette (interramento erosione ecc.) devono essere previste opere di difesa e presidio. Tali opere possono consistere in uno o più dei seguenti:

- esecuzione di un'arginello in pietrame a contenimento della sponda di valle della canaletta;
- rivestimento della superficie della canaletta con pietrame (cunetta rivestita);

- esecuzione di due file di graticci di fascine verdi o di viminate per il contenimento delle sponde interne della canaletta;
- realizzazione di piccole briglie in legno mediante infissione nel terreno di picchetti di castagno, robinia o rovere (diametro 6-9 cm ed altezza 1-1.2 m), infissi nel terreno per circa 80-90 cm, con interasse di 20 cm, su cui vengono fissati a monte paletti orizzontali, accostati l'uno all'altro e di lunghezza di circa 1 m. Sul lato monte della briglia in legno verrà posto un telo di tessuto non-tessuto, al fine di evitare l'erosione ed il trasporto del materiale fine contenuto dalla briglia stessa. A monte della briglia deve essere sistemato pietrame, per un tratto di circa 50 cm.

L'interasse tra briglie successive viene così stabilito:

- 2.5-3 m per pendenze sino al 30%;
- 1.5-2 m per pendenze superiori.

Le canalette in legname e pietrame (descritte oltre) sono anch'esse canalette presidiate.

Canalette in legname e pietrame

La canaletta viene realizzata con forma trapezia (dimensioni: altezza 80 cm; base minore 70 cm; base maggiore 170 cm) con intelaiatura realizzata con pali di legname idoneo (diametro 15-20 cm) e con il fondo e le pareti rivestiti in pietrame (spessore 20 cm) posto in opera a mano. Il fondame, posto in opera longitudinalmente viene ancorato a quello infisso sul terreno, disposto con il lato obliquo della canaletta, tramite chioderia e graffe metalliche; ogni 7 m viene inserita nella parte sommitale dell'opera una traversa in legno per rendere più rigida la struttura.

Canalette prefabbricate in calcestruzzo

Le canalette prefabbricate in calcestruzzo devono essere costituite da elementi prefabbricati normalmente a sezione trapezia e di ampiezza variabile in modo che l'elemento di canaletta di monte entri, con la parte più stretta, nell'elemento di canaletta di valle con piccola sovrapposizione. Le dimensioni usuali degli embrici sono 50x50x20 cm.

Gli elementi di cui sopra devono essere prodotti con macchinari a vibro-compressione in conglomerato cementizio ed avere una resistenza R'_{bk} non inferiore a 250 kg/cm².

Prima della messa in opera occorre effettuare lo scavo di impostazione degli elementi dando allo scavo stesso la forma della canaletta, in modo che il piano di impostazione di ciascun elemento risulti debitamente costipato per evitare ogni cedimento.

Qualora non esista idonea opera muraria di ancoraggio, la canaletta deve essere bloccata a valle mediante l'infissione nel terreno di due tondini di acciaio a diametro 20 mm, della lunghezza minima di 80 cm. Tali tondini devono essere infissi per una profondità di 60 cm, in modo che la parte sporgente sia pari a 20 cm.

L'impiego delle canalette in calcestruzzo è suggerito nei tratti a pendenza elevata.

Canalette prefabbricate in lamiera

Le canalette in lamiera sono di solito costituite da elementi semicircolari in acciaio ondulato nervato a spessore minimo di 2 mm e devono essere ben incassate nel terreno di posa. A lato della canaletta il terreno deve essere ben costipato al fine di evitare che si formino solchi laterali alla canaletta stessa. Il raccordo con il terreno circostante deve essere perfetto; se necessario i fianchi della canaletta saranno protetti con viminate o teli di juta. Il diametro della canaletta deve essere dimensionato sulla base delle quantità da smaltire; i diametri più comuni sono 60, 80 e 100 cm.

Anche se bene installate le canalette prefabbricate in lamiera presentano spesso la tendenza, col tempo, a scollarsi dal terreno circostante, il che comporta la creazione di solchi di erosione ai lati della canaletta stessa. Per tale motivo la posa di tali canalette sarebbe preferibile solo nel senso della massima pendenza, evitandone l'impiego con disposizione secondo le curve di livello.

Canalette in legno

Sono semplici canalette con sezione, a U o a V, nell'ordine dei 45 x 25 cm e sono costituite da tavole a spessore di 3-4 cm, debitamente chiodate e graffate e fissate al terreno con picchetti in legno o ferro. Tali opere hanno in genere funzione temporanea.

Trincee drenanti

Sono costituite da uno scavo parzialmente riempito di materiale anidro. La trincea mantiene la sua funzione drenante anche se parzialmente dislocata da movimenti dell'ammasso franoso.

Le modalità di esecuzione degli scavi e della formazione del drenaggio saranno concordate di volta in volta in funzione della situazione locale e del tipo di drenaggio da realizzare. In linea di massima si procede con gli scavi dal basso verso l'alto, al fine di rendere l'opera auto-drenante nel corso della costruzione, realizzando limitati tratti di scavo (circa 30 m) e completando il corpo drenante relativo prima di procedere all'apertura di un nuovo tratto di scavo.

Occorre evitare che le acque piovane confluiscono nello scavo aperto, realizzando fossetti di scarico che convogliano le acque pluviali al di fuori dello scavo stesso.

I corpi drenanti sono costituiti da inerti lavati, rappresentati da ghiaia fine, con granulometria compresa tra 0.5 e 7 cm (fig. 2). La percentuale di materiali fini (limo e argilla) non deve assolutamente superare il 3% in peso, al fine di evitare processi di cementazione del corpo drenante.

Il corpo drenante è avvolto in non-tessuto la cui funzione è impedire che i materiali fini contenuti nelle formazioni o nella copertura possano intasare il corpo drenante. Il non-tessuto deve avvolgere l'intero corpo drenante.

Occorre porre molta cura alle modalità di conservazione del non-tessuto nel cantiere ovvero:

- i rotoli devono essere conservati in luogo preferibilmente coperto ed imballati in pellicola polietilenica opaca;
- i teli in non-tessuto, una volta tolti dall'involucro, devono essere messi in opera e ricoperti nell'arco della giornata lavorativa.

La copertura minima con terreni di rinterro non deve essere inferiore al metro, deve essere effettuata con terreni il più possibile impermeabili e deve essere adeguatamente costipata (al 90% minimo della massima densità a secco), al fine di **evitare che le acque ruscellanti in superficie possano infiltrarsi direttamente nel corpo drenante**. Il rinterro deve essere adeguatamente protetto dall'erosione e deve essere inerbito, ricorrendo, se necessario, a semplici opere antierosive (viminate e similari).

Occorre porre in opera, all'inizio del dreno (o quanto meno all'inizio delle trincee drenanti principali), un tubo verticale (o due tubi verticali in caso di doppio tubo drenante) che sia collegato mediante un raccordo a 90° al tubo finestrato di fondo, protetto in superficie da un pozzetto prefabbricato (40 x40 cm). Tale tubo permette di collaudare l'opera e di verificarne l'efficienza nel tempo.

È inoltre necessario porre in opera a fine dreno un tubo di controllo a T (o due tubi di controllo verticali in caso di doppio tubo drenante), protetto in superficie da un pozzetto in cls; tale tubo permette di controllare il passaggio delle acque nel tubo di scarico. Altri tubi di controllo a T con pozzetti potranno essere installati in caso di trincee drenanti particolarmente lunghe.

Il tubo di scarico del dreno deve essere convogliato nel più vicino impluvio o fosso naturale tramite adeguate canalette. Se il tratto tra la fine dell'opera drenante ed il punto di scarico a giorno è limitato (20-30 m massimo), può essere omissa il tubo a T ed il tubo di scarico non deve essere finestrato (tranne prescrizioni particolari). Se il tratto di collegamento è più lungo è necessario predisporre il tubo a T ed inserire il tubo di scarico finestrato all'interno di un piccolo corpo drenante.

Il controllo dell'efficienza del dreno avviene immettendo acqua nel pozzetto di inizio dreno e controllando il passaggio attraverso il pozzetto a T e/o nello scarico terminale.

L'opera drenante si considera completata solo quando sia avvenuto tutto il rinterro ed il ripristino finale dei terreni ed il tubo di raccolta sia stato convogliato sino agli impluvi o ai fossi naturali.

La trincea è costituita da un corpo drenante in ghiaia lavata (diametro 0.5 ÷ 7 cm) avvolto in tessuto non-tessuto direttamente appoggiato al fondo dello scavo. Al fondo della trincea, immediatamente sopra il telo di tessuto non-tessuto, è posto un tubo finestrato in PVC o polietilene con diametro di 20 cm. Sulle trincee drenanti principali sarà opportuna la posa di due tubi drenanti affiancati.

Il fondo scavo, di larghezza nell'ordine di un metro, può avere livelletta unica in caso di pendii poco acclivi (10-15°) mentre nel caso di pendii più acclivi, o in caso di opera di notevole lunghezza, è opportuno prevedere la gradonatura del fondo dello scavo. In linea di massima l'altezza di ciascun gradone non dovrebbe essere inferiore al metro. Nella gradonatura deve essere curata la connessione tra i tratti di tubo finestrato orizzontali e verticali mediante pezzi speciali.

La parte terminale del tubo di scarico del dreno deve essere protetta, verso il fosso recettore, tramite un gabbione od un muretto. Al fine di facilitare i successivi controlli sarebbe opportuno che gli scarichi ed i tombini dei dreni fossero indicati con una palina.

Caratteristiche del non-tessuto

Tipo: polipropilene o poliestere a filo continuo o agugliato da fiocco.

Massa areica: non inferiore a 300 g/m².

Resistenza a rottura: superiore a 15 kN/m (sia in senso trasversale che longitudinale).

Resistenza e deformazione al punzonamento: superiore a 3 kN .

Resistenza allo strappo e alla lacerazione: superiore a 0.3 kN .

Filtrazione idrodinamica e tendenza all'intasamento: Il diametro di filtrazione deve essere minore o uguale al d_{85} del deposito da filtrare. Qualora non espressamente dichiarato dal costruttore il diametro di filtrazione potrà essere valutato sulla base delle specifiche ENEL-CRIS (R. Bellotti, M. Puccio, *Indagini sperimentali sull'uso di nuovi materiali nelle dighe in materiali sciolti*, luglio 1981, 2981 RB-MP/1r). Al fine della valutazione del parametro di cui sopra i depositi delle coperture superficiali dovranno essere sottoposti ad analisi granulometrica.

La scelta del non-tessuto è un elemento critico per la durata, nel tempo, del sistema drenante. Il diametro di filtrazione, in particolare, deve essere accuratamente valutato sulla base delle caratteristiche dei terreni da drenare. Non-tessuti con diametro di filtrazione eccessivo portano rapidamente all'intasamento del corpo drenante in ghiaia con materiale fine; un diametro di filtrazione troppo ridotto porta invece alla formazione, tra il non-tessuto e la formazione, di un pannello di fango che impermeabilizza il corpo drenante (fig. 3). Il non-tessuto ottimale è quello che permette il passaggio alla sola frazione finissima, che viene facilmente asportata dalle acque percolanti nel dreno stesso. Alle spalle del non-tessuto si formerà quindi uno spessore di terreno (prefiltro naturale) che, impoverito della stessa frazione finissima, aumenterà la propria permeabilità e quindi l'efficacia del sistema drenante.

Il non-tessuto con diametro di filtrazione correttamente dimensionato fa sì che la resa del dreno aumenti col tempo, laddove il non corretto dimensionamento fa sì che la resa del dreno diminuisca nel tempo sino ad annullarsi.

Drenaggi superficiali di tipo agricolo

Per ridurre lo stato di saturazione delle coltri superficiali su aree molto estese può essere verificata l'opportunità di realizzare una rete di tubi drenanti corrugati in PVC fessurati, interrati a debole profondità mediante le stesse tecniche utilizzate per i drenaggi agricoli. I tubi vengono posati direttamente in uno scavo (prof. 0.5-1 m) e ricoperti. Per interventi consistenti può essere verificata l'opportunità di impiegare le apposite macchine di posa (*drainomat* o similari), che permettono di effettuare velocemente scavo, posa e ricopertura. I tubi drenanti fessurati devono essere preferibilmente del tipo con rivestimento in non-tessuto.

Drenaggi suborizzontali

I dreni suborizzontali sono costituiti da tubazioni fessurate in PVC, con diametro di 3», inseriti in fori eseguiti a mezzo sonda ed inclinati di circa 5° verso l'alto. Tali opere sono realizzabili ove la situazione morfologica lo permetta. Date la tipologia dei dissesti in esame i casi ove si possa prevedere l'uso di drenaggi suborizzontali sono piuttosto limitati, in corrispondenza delle scarpate di coronamento o nei casi nei quali l'inclinazione del versante sia piuttosto spiccata.

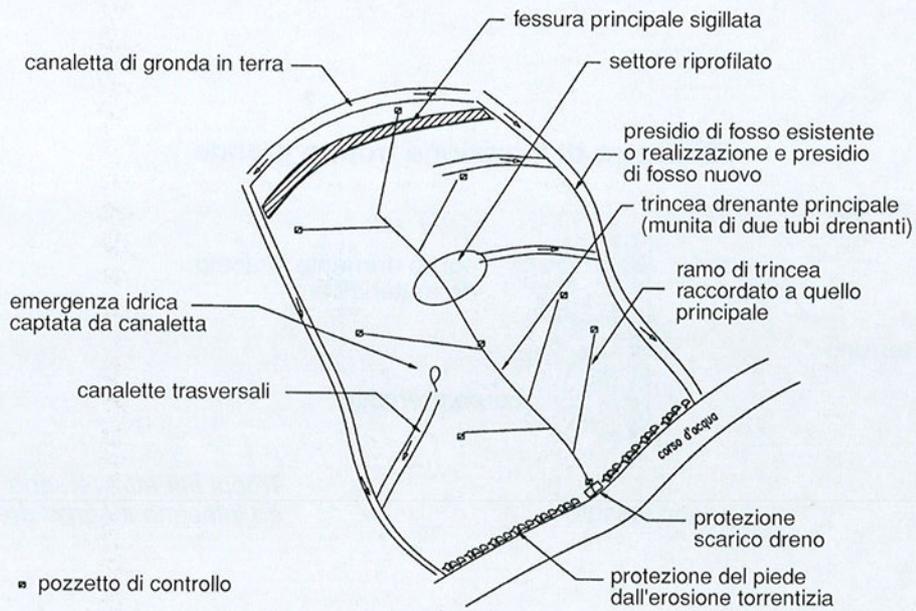
Note generali

È fondamentale che tutti gli scarichi siano sempre essere condotti sino al più vicino fosso od impluvio naturale. **Mai, in nessun caso e per nessun motivo, gli scarichi possono essere abbandonati lungo il versante.** In corrispondenza dei punti di scarico occorre verificare che le acque non inneschino processi erosivi realizzando, se necessario, adeguati manufatti (ad esempio una piccola briglia).

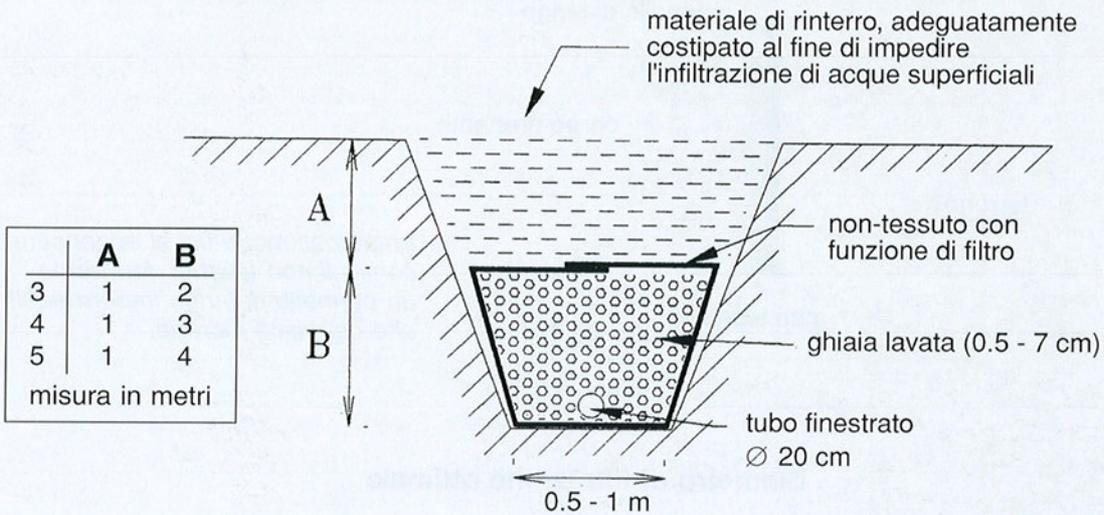
Gran parte degli interventi saranno realizzati su fondi privati. Si raccomanda alle Autorità Comunali di sensibilizzare i proprietari dei fondi circa l'utilità degli interventi ai fini del miglioramento delle condizioni di sicurezza dei nuclei abitati interessati e circa la necessità di mantenere l'efficacia delle reti drenanti proposte evitando intasamenti o danneggiamenti.

Con riferimento a quanto sopra il progettista dovrà, per quanto possibile e di concerto con le Autorità Comunali, ridurre al minimo l'eventuale interferenza delle opere con l'utilizzazione del suolo a fini agricoli.

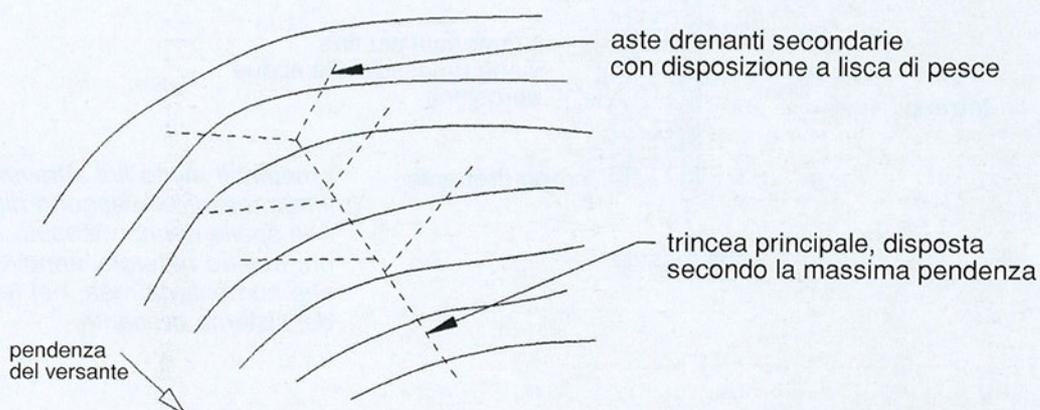
Schema di intervento su scivolamento planare allo stato incipiente



Sezione trasversale schematica di trincea drenante

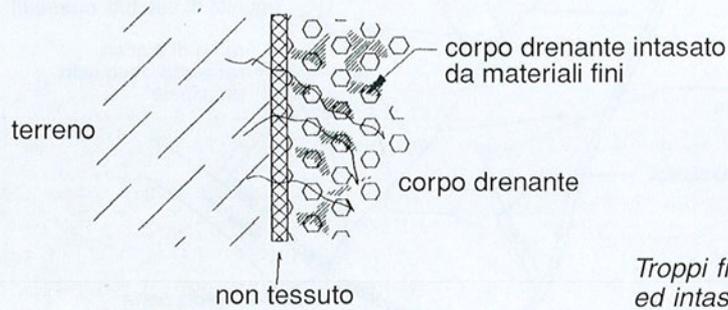


Disposizione planimetrica delle trincee drenanti



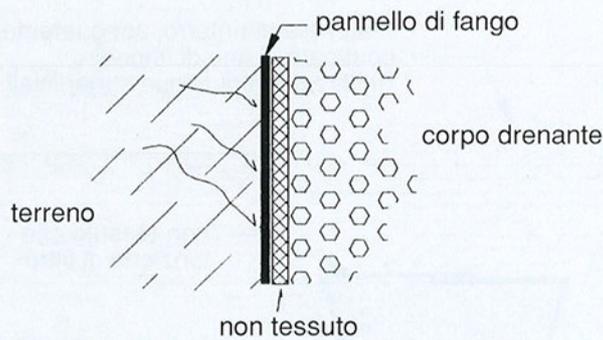
SCELTA DEL NON-TESSUTO

Diametro di filtrazione troppo grande



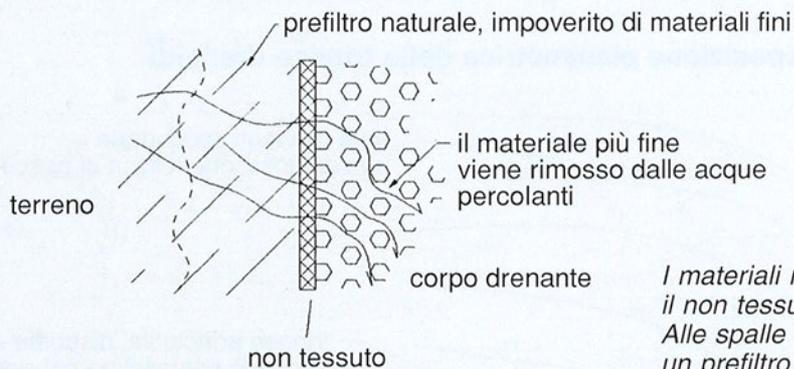
Troppi fini attraversano il non tessuto ed intasano il corpo drenante.

Diametro di filtrazione troppo ridotto



I materiali molto fini si addensano contro il non tessuto, formando un pannello di fango impermeabile che ostruisce il dreno.

Diametro di filtrazione ottimale



I materiali molto fini attraversano il non tessuto e vengono dilavati. Alle spalle del non tessuto si forma un prefiltro naturale, impoverito di fini che aumenta la resa, nel tempo, del sistema drenante.