





Quaderni del CAMILab

pubblicazione periodica a cura del

Laboratorio di Cartografia Ambientale e Modellistica Idrogeologica

Univeristà della Calabria - Dipartimento Difesa del Suolo "V. Marone"

Direttore: Prof. ing. Pasquale Versace

Centro di Competenza del Dipartimento di Protezione Civile

(Decreto del 26.01.2005 emanato ai sensi della Direttiva del 25.02.2004)

87036 Arcavacata di Rende (CS) - Ponte P. Bucci cubo 41/B

Tel. 0984 496 621/592/617 Fax 0984 496619

www.camilab.unical.it

camilab@libero.it

Anno **3** numero **3**

novembre 2008

a cura di
P. Versace

Editing

Francesco Cruscomagno

Grafica

Luciano Marini

Luca Tedeschi

INDICE

Presentazione	Pag. I
INTERVENTI STRUTTURALI PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO DI COLATA. IL MODELLO SARNO <i>Versace P., Altomare P., Serra M.</i>	Pag. 1
IL PRESIDIO TERRITORIALE E LA GESTIONE DELL'EMERGENZA A SARNO <i>Versace P., Caruso A., Cassetti M., Capparelli G.</i>	Pag. 55

Il 5 maggio del 1998 oltre due milioni di metri cubi di fango piombarono, in poche ore, sui centri abitati di Sarno, Siano, Bracigliano e Quindici che sorgono sui pendii del Pizzo di Alvano. Morirono 159 persone e oltre 500 case furono distrutte o danneggiate. In quello stesso giorno altri Comuni della Campania furono colpiti da fenomeni analoghi e un'altra vittima si ebbe a San Felice a Cancellò.

Dopo quell'evento fu operato un grande sforzo per mettere in sicurezza i territori alluvionati e favorirne la ricostruzione e la ripresa economica. Il Governo assunse un impegno finanziario rilevante per fronteggiare la situazione. Il Presidente della Giunta Regionale assunse il ruolo di Commissario Delegato e una Struttura Commissariale fu costituita dal nulla per supportare il Commissario sotto il profilo tecnico e amministrativo.

Per cinque anni dal luglio 2000 al luglio 2005 ho ricoperto il ruolo di Vicecommissario, coordinando le attività di progettazione e di esecuzione degli interventi e curando la gestione del Piano di emergenza.

Questo volume racconta gli aspetti essenziali di questa esperienza, riportando il testo di due memorie presentate, nel maggio 2005, a Napoli in occasione di un Convegno che ha visto studiosi delle Università italiane confrontarsi sul tema delle colate rapide di fango e sugli interventi necessari per la mitigazione del rischio. Il Convegno ha rappresentato anche l'occasione per illustrare il lavoro fatto dalla Struttura Commissariale per la ricostruzione e la messa in sicurezza dei Comuni colpiti.

Molte cose sono state fatte. Interventi che parevano complessi e di difficile attuazione sono diventati realtà. Opere importanti sono state realizzate nei comuni del Pizzo di Alvano ma anche in altri Comuni nei quali la Struttura Commissariale è stata nel tempo chiamata da operare.

Anche la ricostruzione in sito delle case, richiesta da una parte rilevante della popolazione, è stata in larga misura completata. Particolarmente significativa quella del comparto di via Pedagnali, dove furono maggiori i danni e più numerose le vittime. È l'area che adesso è protetta dalla vasca di Episcopio e dalle opere ad essa connesse.

Di grande rilievo anche l'azione del Presidio Territoriale, che opera a Sarno e negli altri Comuni fin dal 1998, per controllare le aree di possibile distacco delle frane e fornire, tempestivamente, informazioni utili per decidere l'eventuale sgombero della popolazione. Non è un caso che le direttive più recenti di Protezione Civile a livello nazionale facciano riferimento all'esperienza di Sarno e ne propongano la costituzione in tutte le aree a rischio del Paese. La Regione Campania, dal canto suo ha creato un'Agenzia regionale per la difesa del suolo (ARCADIS) al fine di valorizzare le competenze maturate all'interno della Struttura Commissariale, utilizzandole anche per altre aree a rischio del territorio regionale.

Le due memorie raccolte in questo volume, corredate da un'ampia documentazione fotografica e cartografica e da numerosi disegni, affrontano le due attività principali che sono state sviluppate dalla Struttura Commissariale: la realizzazione delle opere di difesa dalle colate di fango ("gli interventi strutturali") e l'attività del Presidio Territoriale e la gestione dell'emergenza ("gli interventi non strutturali"). La prima memoria descrive l'evento del maggio 1998, le strategie adottate per gli interventi di sistemazione, le diverse tipologie di opere realizzate: sistemazione dei versanti, briglie, vasche di accumulo, aree di espansione, opere di deviazione, valli trasversali, canalizzazioni. La seconda memoria illustra le caratteristiche del piano di emergenza vigente, le funzioni del nucleo operativo, dell'ingegnere delegato e in particolare del presidio territoriale, descrivendo le attività svolte in tempo di pace, la produzione cartografica, l'attività durante l'emergenza, la realizzazione dei rapporti di evento e la gestione dei modelli matematici.

L'attività svolta dalla Struttura Commissariale, descritta in questo volume, rappresenta, in definitiva, un intervento articolato e complesso che ha miscelato in modo efficace interventi strutturali e non strutturali. Per dimensione e rilevanza dei problemi, l'esperienza maturata dopo i tragici eventi del 1998 non ha riscontri nel nostro Paese e rappresenta oggettivamente un modello di riferimento: il MODELLO SARNO, come da molte parti viene comunemente indicato. Un modello che non è da accettare acriticamente, ma da utilizzare come punto di partenza per elaborare strategie sempre più efficaci di mitigazione del rischio idrogeologico.

5 Novembre 2008

Pasquale Versace

Convegno Nazionale

LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO DA COLATE DI FANGO

a Sarno e negli altri Comuni colpiti dagli eventi del maggio 1998

Napoli, 2 e 3 Maggio 2005 - Sarno 4 e 5 Maggio 2005

**INTERVENTI STRUTTURALI PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO DI
COLATA. IL MODELLO SARNO**

Versace P.^(1,2), Altomare P.⁽²⁾, Serra M.⁽²⁾

⁽¹⁾ Dipartimento di Difesa del Suolo, Università della Calabria

⁽²⁾ Commissariato di Governo per l’Emergenza Idrogeologica in Campania

PREMESSA

I tragici eventi del maggio 1998 hanno interessato la fascia pedemontana della “montagna di Sarno” e in particolare i Comuni di Sarno, Siano e Bracigliano, in provincia di Salerno, e Quindici, in provincia di Avellino. In quei giorni, nell’arco di circa 18 ore dalle 14 del giorno 5 alle 6 del giorno 6 si ebbero oltre 140 movimenti franosi che originarono circa 40 colate di fango. Complessivamente furono mobilizzati oltre 2 milioni di metri cubi di materiale. Furono distrutte 178 case e oltre 450 furono danneggiate. Le vittime furono 159.

In questi e in altri Comuni colpiti dall’alluvione del 1998 sono stati realizzati, in questi anni, numerosi interventi di sistemazione idrogeologica. La Struttura Commissariale, che fornisce il supporto operativo al Commissario delegato, Presidente della Regione Campania, ha, infatti, costruito o ripristinato, fino a tutto il 2005, 20 vasche di accumulo o di laminazione, per un volume di oltre un milione di metri cubi, circa 26 Km di canalizzazioni, oltre 120 briglie di varia tipologia. Se si considerano anche i lavori in corso e quelli già appaltati il numero delle vasche aumenta a 35 per un volume di circa due milioni di metri cubi. L’importo complessivo delle opere completate è di circa 190 milioni, che diventano 310 se si considerano anche le opere già avviate.

Si tratta di un impegno di grande rilevanza per la complessità del problema e per i tempi di attuazione che sono relativamente brevi, se si tiene conto dell’assenza, in fase di pianificazione, di un modello di intervento sperimentato e condiviso da adottare per ridurre il rischio connesso alle colate rapide di fango.

Un modello di intervento è stato, comunque, messo a punto, in corso d’opera, attraverso progressivi aggiustamenti, e un confronto ampio con i progettisti, con il Comitato Tecnico Scientifico e, più in generale, con la Comunità Scientifica Nazionale, così che oggi si può, ragionevolmente, parlare di un *Modello Sarno* per indicare la strategia adottata e per individuare alcune delle opere che appaiono più rappresentative.

I caratteri essenziali del Modello Sarno sono illustrati in questa memoria, descrivendo le principali tipologie di intervento e gli effetti attesi. In particolare, la discussione sarà limitata all’analisi dei requisiti funzionali delle varie opere, considerate anche come componenti di un più articolato sistema di difesa. Non saranno, invece, affrontati gli aspetti relativi al dimensionamento idrologico, idraulico, geotecnico e strutturale delle singole opere, a meno di qualche breve cenno su alcuni specifici

argomenti.

L'illustrazione delle opere è preceduta da una sintetica descrizione delle caratteristiche essenziali dei fenomeni che hanno interessato i Comuni posti alle pendici del Pizzo di Alvano, e alla illustrazione delle linee strategiche poste alla base del modello di intervento.

1 LE COLATE RAPIDE DI FANGO DEL MAGGIO 1998 IN CAMPANIA

Il massiccio carbonatico del Pizzo di Alvano si estende per circa 75 Km² e raggiunge una quota di circa 1200 m s.l.m. Le aree di versante sono caratterizzate dalla presenza di balze verticali denominate *pestelle* nel linguaggio locale. Le pendenze delle aree di versante sono in genere superiori a 30°, con valori massimi intorno a 50°, a parte ovviamente le *pestelle*. Le fasce pedemontane, invece, presentano pendenze in genere inferiori a 20°.

I terreni interessati dall'evento sono i prodotti piroclastici di caduta connessi a varie fasi di attività eruttiva del Somma-Vesuvio, che ricoprono il substrato carbonatico con spessori che possono variare da alcuni decimetri ad oltre 10 metri in corrispondenza dei pianori sommitali e delle conche intramontane. I depositi hanno subito alterazioni, rimaneggiamenti, dislocazioni, dilavamenti e hanno nel tempo variato la composizione granulometrica, le proprietà fisiche, le condizioni giaciture. I depositi primari, che conservano l'originale stratificazione da caduta presentano strati, peraltro discontinui, di pomice e altri prodotti effusivi, alternati a suoli sempre di origine piroclastica che hanno subito, in modo più o meno spinto, gli effetti dell'alterazione e dei processi pedogenetici.

I depositi secondari dislocati e rimaneggiati nel corso del tempo non conservano naturalmente la sequenza originaria, ma appaiono più caotici anche se presentano anch'essi diversi orizzonti pedogenizzati. L'organizzazione complessiva dei terreni tende progressivamente ad adattarsi alla morfologia del substrato calcareo e presenta, quindi, geometrie complesse e variabili anche in ragione dei processi di alterazione subiti.

I materiali, in particolare le pomice e i suoli, hanno caratteristiche mineralogiche, idrauliche e geotecniche molto diverse e peraltro variabili significativamente con il contenuto d'acqua. I suoli derivanti dall'alterazione delle pomice presentano, inoltre, una porosità molto elevata e una notevole capacità di ritenzione idrica e giocano un ruolo significativo nello sviluppo delle colate.

Lo schema geomorfologico, con riferimento soprattutto al versante meridionale del Pizzo d'Alvano, prevede (figura 1):

- a) il settore dei pianori sommitali;

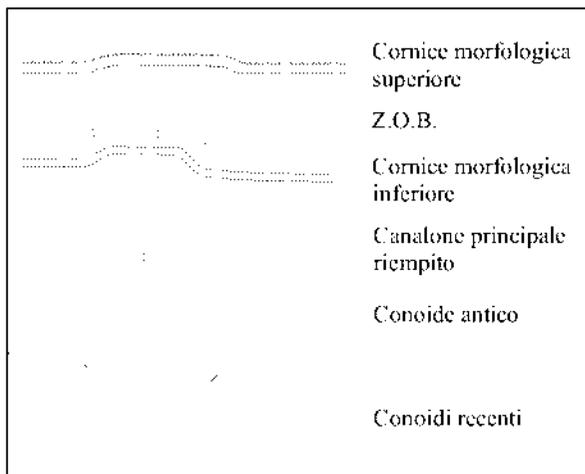


Figura 1. Schema geomorfologico del Pizzo d'Alvano

b) il settore dei *bacini* ricadenti nelle aree di versante e distinto, rispetto alle *pestelle*, in un *ambito superiore*, sede talora di concavità morfologiche colme di depositi colluviali indicate come *ZOB* (Zero Order Basin), e un *ambito inferiore*, profondamente inciso da un solco/canale;

c) il settore delle conoidi *antiche* e *recenti* incise anche esse da solchi/canali.

Nei bacini di Siano, Bracigliano e Quindici, la distinzione tra settori a monte e a valle delle *pestelle* è meno significativa, a causa della scarsa continuità di queste ultime.

È anche da sottolineare la rilevante circolazione idrica sotterranea che si sviluppa nella struttura carbonatica del Pizzo D'Alvano, con una falda di fondo che alimenta le copiose sorgenti pedemontane. A quote molto superiori è, invece, presente nella roccia calcarea un sistema di discontinuità più superficiale, di origine carsica. Questo sistema favorisce lo sviluppo di una circolazione idrica capace di alimentare localmente sorgenti stagionali, di modesta portata, e affioranti nelle aree di versante, e può contribuire a determinare condizioni favorevoli all'innesco dei fenomeni franosi.

Ognuna delle colate di fango del maggio 1998 presenta caratteri peculiari, con volumi che arrivano fino a 180.000 m³ anche se mobilitati, talora, in più fasi successive.

L'evoluzione dei vari fenomeni può essere, comunque, ricondotta ad uno schema unitario i cui caratteri essenziali sono qui di seguito descritti.

Gli eventi meteorici, intensi e prolungati, hanno innescato numerosi fenomeni di distacco nel tratto sommitale, in corrispondenza delle testate di impluvio, in particolare in tratti con pendenza superiore ai 30° e in presenza di discontinuità strutturali quali: concavità morfologiche (*ZOB*), cornici di morfoselezione, impluvi occulti. I fenomeni di distacco si sono attivati, prevalentemente in prossimità di discontinuità antropiche rappresentate da tagli artificiali prodotti per realizzare strade e sentieri montani o anche, in casi più limitati, in corrispondenza di discontinuità nella copertura vegetale.

Nella gran parte dei casi le superfici di distacco si sono collocate in terreni cronologicamente successivi all'orizzonte pomiceo riconducibile all'eruzione di Avellino (3800 a.C.).

I distacchi, spesso di volume limitato, si sono trasformati in flussi (colate) di materiale particellare misto ad acqua, confluiti, a loro volta, nelle incisioni che solcano le aree di versante e quelle pedemontane.

Nel loro tragitto le colate hanno mobilitato ulteriore materiale con meccanismi diversi: asportazione di terreni accumulatisi sul fondo dei canali; erosione delle sponde; scalzamento al piede e conseguente richiamo del materiale depositato sui versanti.

Le colate hanno infine raggiunto le zone pedemontane ampiamente urbanizzate, sprigionando il loro enorme potenziale distruttivo caratterizzato da velocità anche superiori ai 10 m/s e da volumi che, si è detto, sono arrivati anche a centinaia di migliaia di metri cubi. In tali aree i recapiti finali erano, peraltro, inesistenti o completamente cancellati da insediamenti antropici, e il sistema di drenaggio ridotto, in molti casi, a condizioni di alveo strada o confinato in tratti tombati di dimensione inadeguata.

Nella figura 2, che riproduce lo schema morfologico prima accennato, sono indicati i fenomeni sviluppatisi nelle diverse zone.

Considerando le dimensioni caratteristiche delle diverse colate e in particolare:

- l'altezza di caduta H,
- la proiezione orizzontale della massima distanza di propagazione L,
- il volume mobilitato V,

si vede che è possibile identificare, per diverse classi di volumi, una relazione tra il massimo valore L_{max} che può essere raggiunto da L e l'altezza di caduta H. In particolare poiché si verifica in tutti i casi:

$$H \log V / L > 1$$

può porsi cautelativamente:

$$L_{max} = H \log V.$$

I valori di L maggiori si riscontrano, come era da attendersi, in corrispondenza dei flussi incanalati.

Le singole colate, pur nell'ambito dei comportamenti fin qui delineati, possono avere un'evoluzione specifica, a seconda delle caratteristiche morfologiche del versante, degli spessori dei sedimenti disponibili, delle caratteristiche idrauliche e geotecniche delle coltri piroclastiche e della circolazione idrica nel substrato. Versanti planari con limitata copertura di sedimenti favoriscono fenomeni poco profondi che tendono ad allargarsi procedendo verso valle.



Figura 4. Nocera Inferiore (Sa) 2005

È il caso ad esempio dei recenti eventi di Bracigliano (26 dicembre 2004), figura 3, e Nocera Inferiore (4 marzo 2005), figura 4, e che si è manifestato in qualche caso anche in occasione del maggio 98, figura 5.

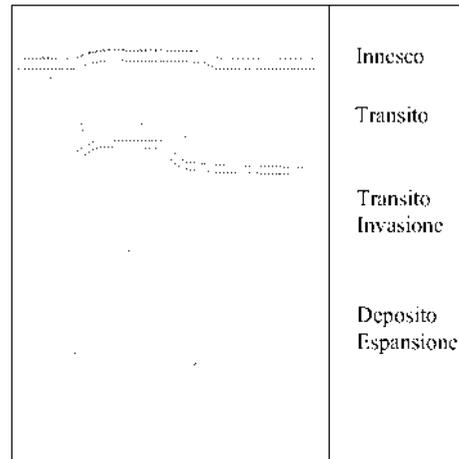


Figura 2. Fenomeni prevalenti nelle diverse zone morfologiche



Figura 3. Bracigliano (Sa) 2004



Figura 5. Bracigliano (Sa) 1998



Figura 6. Sarno (Sa) 1998

Al contrario in versanti già incisi con spessori di sedimenti rilevanti la colata tende ad approfondirsi ulteriormente conservando un flusso incanalato. Questa è stata la tipologia largamente prevalente sul Pizzo di Alvano (figure 6 e 7).

Molti fenomeni, soprattutto nei casi in cui i volumi mobilitati sono risultati maggiori, hanno avuto uno sviluppo complesso, perché si sono manifestati in ondate successive. Questo fatto è in larga misura attribuibile a diversi e successivi distacchi nello stesso bacino, innescati dai precedenti scorrimenti. In qualche

caso, tuttavia, alcuni fenomeni appaiono riconducibili alla formazione e al successivo collasso di sbarramenti effimeri.

Sulla dinamica delle mobilizzazioni franose non sembra esserci ad oggi una valutazione univoca e condivisa. Fuori discussione è il ruolo delle piogge, sia di quelle cadute nelle ore e nei giorni immediatamente precedenti l'evento, sia di quelle accumulate in un più ampio orizzonte temporale, che comprende almeno l'intero periodo umido iniziato nell'autunno del 1997. Quello che appare meno condivisa è l'identificazione dei fenomeni che, attivati dalle piogge, hanno portato allo sviluppo delle colate.

In particolare occorre distinguere tra meccanismi di rottura e meccanismi post rottura.

La rottura avviene per taglio lungo una o più superfici per effetto della diminuzione della resistenza delle coltri in seguito a variazioni della distribuzione delle pressioni neutre.

Tale variazione viene giustificata in modi diversi che, però, possono essere ricondotti a un duplice schema:

- l'aumento del contenuto d'acqua che, progressivamente, dall'alto verso il basso, si infiltra nel substrato riduce la suzione dovuta alla capillarità e più in generale produce un incremento delle pressioni neutre lungo l'intero pendio, determinando la riduzione della tensione efficace e il conseguente abbattimento della resistenza disponibile. L'entità del fenomeno e la rapidità con la quale si sviluppa dipendono naturalmente dalla situazione stratigrafica locale, dalla presenza e dal grado di saturazione delle pomici, dalla presenza di impluvi superficiali e di percorsi nel substrato, che fanno



Figura 7. Sarno (Sa) 1998

concentrare il flusso idrico nelle zone più a valle o in corrispondenza di strati meno permeabili;

- un gradiente piezometrico al contatto tra calcari e coltre piroclastica, o tra strati contigui caratterizzati da permeabilità molto diverse genera sottopressioni, flussi idrici ascendenti e un conseguente incremento localizzato delle pressioni neutre. Il gradiente è dovuto alla diversità delle perdite di carico che sono maggiori all'interno dello strato superiore poco permeabile e minori lungo i percorsi costituiti o da discontinuità dell'ammasso calcareo o da strati continui di pomici prossime alla saturazione e, pertanto, molto permeabili. Questo fenomeno è stato invocato soprattutto nei casi in cui il distacco ha messo allo scoperto la porzione più superficiale e intensamente fratturata della formazione calcarea di base e si è osservato un flusso continuo di acqua per parecchi giorni dopo l'evento. Tuttavia perché ciò avvenga è necessaria la saturazione dello strato sottostante che appare problematica se tale strato è in collegamento con l'esterno o con il più complesso sistema di discontinuità che interessa l'intero massiccio carbonatico. Sono cioè necessarie geometrie particolari che sembrerebbero rendere questa tipologia di meccanismo meno frequente.

Il comportamento post rottura che appare più convincente e in grado di giustificare l'evoluzione in colata è certamente la liquefazione, cioè la diminuzione brusca e drastica, fino all'annullamento, della resistenza al taglio dei terreni per effetto di un'altrettanto brusca variazione delle pressioni neutre. Le coperture piroclastiche in tal caso perdono la loro rigidità e si comportano come un fluido. Questo fenomeno si verifica quando si inducono deformazioni così rapide da risultare non drenate e capaci quindi di provocare un subitaneo aumento delle pressioni interstiziali. Deformazioni di questo tipo si propagano lungo il versante dall'alto verso il basso, a partire dalla zona di rottura, per la pressione che i volumi mobilizzati esercitano su quelli di valle e si amplificano per l'effetto dinamico del materiale che, cadendo dal bordo superiore delle pestelle o percorrendo velocemente i tratti ad elevata pendenza, si abbatte sui canali sottostanti. Il fenomeno si sviluppa solo in terreni relativamente fini e permeabili, sciolti e privi di coesione, purché si trovino in condizioni di saturazione. È necessario, inoltre, che il fenomeno si sviluppi con una velocità tale da mantenere abbastanza a lungo le condizioni non drenate e da impedire la dissipazione delle sovrappressioni che sono state generate. Quando mancano queste condizioni la rottura non evolve in colata e si ha solo una frana che incrementa il volume dei materiali colluviali. Questa incompleta evoluzione ha caratterizzato nel 1998 la maggior parte delle mobilizzazioni.

2 GLI INTERVENTI DI SISTEMAZIONE

In questo scenario gli interventi di sistemazione hanno dovuto rispondere ad una strategia complessa e articolata che può essere così sintetizzata:

- ridurre la propensione al distacco nelle zone di innesco lungo i versanti;
- contrastare l'erosione del fondo e dei versanti lungo i canali, riducendo in tal modo l'alimentazione delle colate che dovessero, comunque, attivarsi;
- assicurare il deflusso delle acque meteoriche fino al recapito finale, costituito dal fiume Sarno e dai regi Lagni;
- laminare tali deflussi prima del loro arrivo nei recapiti finali, dal momento che

questi sono largamente insufficienti a contenere piene anche con modesti periodi di ritorno;

- creare il recapito finale per il flusso di eventuali colate di fango;
- incanalare il flusso delle colate verso tali recapiti.

Per assicurare queste funzioni sono stati progettati e realizzati diversi tipi di opere riconducibili alle seguenti tipologie:

- interventi attivi di consolidamento delle aree di distacco;
- briglie di stabilizzazione nelle zone di flusso, finalizzate al contenimento dell'erosione del fondo e alla stabilizzazione dei versanti, nonché alla riduzione, almeno temporanea, delle pendenze;
- canalizzazioni nelle zone di flusso per la regimazione delle acque meteoriche e delle colate di fango;
- vasche di accumulo e/o zone di espansione, per il contenimento delle colate;
- opere di deviazione delle colate;
- canalizzazioni, a valle delle opere di difesa dalle colate, per la regimazione delle acque meteoriche;
- vasche di laminazione, finalizzate alla modulazione degli afflussi negli immissari.

Le diverse tipologie di opere spesso si combinano tra loro per dar luogo a più articolati sistemi di difesa dalle colate. Il caso più importante è quello di Sarno, la più colpita dagli eventi del maggio 98 con 137 vittime e 387 case distrutte o danneggiate. In questa zona la gran parte delle tipologie sopra elencate sono state utilizzate e combinate tra loro in modo da assicurare un altissimo livello di protezione. Il controllo di eventuali colate di fango è assicurato da sistemazioni sui versanti, briglie di consolidamento, opere di deviazione, canalizzazioni e da tre grandi zone di espansione (Episcopio, Curti, Mare) a monte del centro abitato, in ognuna delle quali confluiscono più valloni. Il corretto drenaggio delle acque meteoriche è invece favorito dai sistemi di canali che attraversano le aree di espansione e si snodano a monte e a valle di queste, confluyendo in vasche di laminazione delle piene che consentono di non incrementare in modo insostenibile il deflusso nel fiume Sarno. Uno di questi tre sistemi, denominato Episcopio, è illustrato in dettaglio più avanti, nel paragrafo successivo.

Nell'identificare caso per caso le più idonee strategie di intervento si sono adottati alcuni criteri di base che appare utile sottolineare. La prima questione riguarda l'alternativa, peraltro solo apparente, tra interventi attivi, rappresentati dalla sistemazione idraulico-naturalistica dei versanti e interventi passivi, rappresentati da briglie, canali, vasche e setti deviatori. Si tratta di una scelta fittizia in quanto non appare ipotizzabile affidare, in situazioni come quella di Sarno e degli altri Comuni interessati, la sicurezza dei cittadini solo ed esclusivamente alle opere di sistemazione naturalistica di versanti. L'attivazione dei movimenti franosi che possono evolvere in colate può, infatti, avvenire in qualsiasi zona del versante, purché ci sia una pendenza e una copertura piroclastica sufficiente. Ci sono alcune aree dove questo fenomeno è più probabile, come quelle caratterizzate dalla presenza di ZOB, di impluvi visibili o sepolti, di strade non drenate, che concentrano acqua in punti singolari. Ma in versanti spesso inaccessibili non si può

avere la certezza di riuscire ad individuare tutte le zone con l'una o l'altra di tali caratteristiche né si può, d'altra parte, escludere che i distacchi possano avvenire anche in altre zone, dove tali fattori di rischio sono meno evidenti o mancano del tutto. C'è, inoltre, da considerare che, se pure si potessero individuare tutte le zone di potenziale distacco, non risulterebbe fattibile la loro completa sistemazione, sia per motivi economici derivanti da costi molto elevati, vista l'estensione delle superfici da sistemare, sia per motivi tecnici legati alla difficoltà di realizzare interventi intensivi senza compromettere la stabilità del versante con la realizzazione di strade di accesso, che interrompono la continuità delle coltri e alterano il naturale deflusso delle acque piovane. Non va, infine, dimenticato che interventi di ingegneria basati sull'uso del legno sono soggetti a rischio di incendio che ne vanificherebbe in modo irreparabile la funzionalità.

Queste considerazioni, tuttavia, non devono far dimenticare i tanti vantaggi delle sistemazioni naturalistiche dei versanti legate in primo luogo al loro perfetto e armonico inserimento ambientale, alla loro bellezza, alla loro efficacia se collocate e realizzate correttamente, all'uso ricreazionale che può essere fatto delle zone oggetto di simili interventi.

La soluzione logica è perciò quella di sviluppare interventi integrati con opere attive e passive. Affidando alle prime il compito di ridurre la probabilità che avvengano distacchi, almeno nelle aree che, in virtù delle loro caratteristiche morfologiche e litologiche, appaiono maggiormente suscettibili alla mobilitazione. Affidando alle seconde il compito di mitigare, fino ad annullarli, i danni che potrebbero essere provocati dalle colate che, nonostante gli interventi attivi, dovessero comunque attivarsi. Utilizzare i soli interventi attivi non garantisce in modo accettabile il livello di sicurezza delle zone vallive. Utilizzare i soli interventi passivi può portare al sovradimensionamento delle opere e le espone ad una maggiore sollecitazione.

La seconda questione di carattere generale riguarda la collocazione delle opere deputate a contenere e magari a laminare il fango prodotto dalle colate. Il problema appare molto complesso perché lo sviluppo caotico dei centri abitati ha determinato la perdita dei percorsi naturalmente seguiti nel corso dei secoli dai flussi fangosi che comunque caratterizzano la zona. L'espansione casuale verso la montagna, lo stravolgimento del reticolo di drenaggio, la trasformazione e la perdita di identità delle opere realizzate nei secoli scorsi dai Borboni prima e dallo Stato unitario poi, hanno reso inestricabile il legame tra sistema naturale e sistema antropico. Non è un caso che tante strade che salgono dritte verso la montagna conservino il nome del vallone o dell'impluvio naturale che esse hanno progressivamente e inesorabilmente sostituito, trasformandolo in un temibile, e spesso fatale, alveo strada. Non è un caso che vasche, a suo tempo realizzate a monte dei centri abitati per preservarli dai rischi, siano ora pienamente inglobate nel centro urbano e svolgano funzioni diverse da quelle originarie. Non è un caso, infine, che in tante zone il reticolo idrografico scompaia inghiottito da tratti tombati di geometria imprevedibile, capaci, solo in teoria, di garantire la necessaria continuità idraulica.

In simili scenari la separazione delle funzioni naturali ed antropiche appare l'obiettivo principale da perseguire, ridisegnando e proteggendo i percorsi dei flussi idrici o fangosi, e riducendo al minimo la loro interferenza con le aree abitate o comunque antropizzate. Questo risultato, in linea di principio, andrebbe perseguito anche

con significative delocalizzazioni degli insediamenti, con il ripristino del sistema naturale di drenaggio e di adeguate zone di rispetto. Operando, cioè, interventi significativi sul costruito. Nella realtà, a meno di situazioni di particolare valenza ambientale e/o culturale, questa strada appare difficilmente percorribile. Il restauro del territorio richiede tempi lunghi e investimenti rilevanti, richiede un'opera sistematica e paziente di ricostruzione del territorio, dei suoi rapporti e delle sue funzioni.

In circostanze nelle quali il rischio è incombente occorrono interventi che, in tempi relativamente brevi, siano in grado di garantire una mitigazione del rischio, senza precludere la possibilità di realizzare un più generale intervento di risanamento. Questo risultato può essere conseguito realizzando opere capaci di assicurare la *sconnessione idraulica* tra il sistema naturale di monte e il sistema antropizzato di valle. In tal modo si può ridurre, nell'immediato, il rischio per la popolazione e i beni, alleggerendo nel contempo il carico sul sistema di valle così da rendere, nel futuro, meno impegnativo l'intervento di restauro del territorio. La realizzazione di questa sconnessione può avvenire in tanti modi, con tecniche e con impatti che possono essere molto diversi. Ogni progetto deve essere quindi valutato caso per caso in base non solo alla sua efficacia ma anche alla sua capacità di inserirsi in modo armonico nel contesto ambientale e di non compromettere futuri interventi di riqualificazione del tessuto urbanistico e ambientale. A Sarno e negli altri comuni della Campania sono state adottate molte di queste sconnessioni, che rappresentano un campione variegato di interventi che appaiono in qualche caso ben riusciti e in altri meno, ma che costituiscono comunque un importante riferimento per futuri analoghi sviluppi.

Accanto a queste riflessioni più generali circa l'equilibrio da conservare tra interventi attivi e passivi e la esigenza di realizzare, in contesti fortemente compromessi, adeguate sconnessioni idrauliche, ci sono altre considerazioni che sembra opportuno sottolineare e che attingono ai requisiti funzionali che caratterizzano le diverse tipologie di opere. Considerazioni che sono sinteticamente discusse, caso per caso, nei paragrafi successivi.

3 LA SISTEMAZIONE DEI VERSANTI

Le opere di difesa attiva lungo i versanti devono essere inserite, si è detto, in una strategia di intervento complessiva che preveda un giusto equilibrio tra interventi attivi e passivi. Tale strategia è condizionata anche dalla possibile localizzazione degli interventi attivi, che, forse, è l'aspetto cruciale per questo tipo di sistemazione.

Nella gran parte dei casi, infatti, la superficie che può essere interessata dagli interventi attivi, in base alle risorse finanziarie disponibili, è poca cosa rispetto all'intera superficie del versante. È perciò essenziale un'accurata analisi preliminare, che consenta di ottimizzare i vantaggi dell'intervento di sistemazione attiva, con benefici significativi sull'intero sistema di difesa. In particolare grande rilevanza riveste la disponibilità di un cartografia a scala adeguata (almeno 1:1000) che consenta di valutare con precisione l'andamento delle pendenze. Sono, poi, da individuare gli spessori delle coltri piroclastiche, la presenza di copertura vegetale, l'esistenza di strade e sentieri che interrompono la continuità delle coltri e favoriscono la concentrazione di flussi idrici in punti o tratti particolari, le zone in cui si evidenziano ristagni d'acqua o più in generale un inefficace sistema di scorrimento delle acque superficiali, le aree percorse dal fuoco

soprattutto in periodi recenti. Sulla base di questi elementi possono individuarsi, con tecniche diverse, e ormai largamente diffuse, basate sull'uso di GIS, le aree nelle quali intervenire in modo prioritario, tra le quali ricadono quasi sempre strade e sentieri, la cui presenza costituisce il principale fattore di destabilizzazione dei versanti.

Nell'esecuzione delle opere particolare cura deve essere data al drenaggio superficiale delle acque. Si deve evitare di realizzare nuove piste di accesso e quando questo sia indispensabile si deve prevedere nell'immediato il loro smantellamento e la successiva rinaturazione, o, in casi eccezionali quando si ritenga di doverne conservare il tracciato, si devono attuare interventi di difesa attiva per la messa in sicurezza.

La scelta della tipologia di intervento attivo è importante sia perché determina l'efficacia dell'intervento sia perché concorre al corretto inserimento ambientale, che è il tratto distintivo di questo tipo di opere. Il confronto tra le varie tecniche appare, tuttavia, argomento troppo ampio per poter essere affrontato in questa sede.

4 LE BRIGLIE

In base alla loro collocazione le briglie devono assolvere a diverse funzioni e possono, perciò, avere caratteristiche diverse. Le briglie più a monte, in particolare, svolgono un ruolo essenziale e devono essere progettate e realizzate con estrema cautela. Esse, infatti, chiudono verso monte il sistema di difesa e assolvono numerose funzioni: rallentamento e frangimento della colata, stabilizzazione del fondo alveo, consolidamento dei versanti, trattenuta e accumulo di materiale solido, che, in presenza di adeguate condizioni morfologiche, può essere anche molto significativo. Esse, inoltre devono indirizzare i flussi fangosi verso il tratto canalizzato di valle ed evitare che prendano altre e non desiderate direzioni. Adottando briglie selettive a fessura o a pettine è possibile anche la selezione granulometrica dei sedimenti trasportati e del materiale fluitati, nonché la laminazione dei flussi fangosi. Tale effetto è tuttavia limitato nel tempo in quanto queste briglie risultano difficilmente autopulenti e si ostruiscono, perciò, rapidamente. L'effetto migliora se si adottano briglie a fessura molto alte, perché il riempimento e l'ostruzione procedono gradualmente dal basso verso l'alto e il funzionamento selettivo è garantito per più tempo.

Le briglie di chiusura devono, comunque, reggere, in caso di colata, sollecitazioni dinamiche elevatissime e devono poi sostenere la spinta idrostatica e quella del materiale che si accumula alle spalle. Perciò la briglia più a monte deve essere in cemento armato, e deve essere ben ammorsata al fondo ed ai versanti, ricorrendo, se necessario, a palificate, contrafforti, chiodature, e realizzando, nei casi più impegnativi una struttura scatolare capace di rendere solidali briglia e controbriglia.

L'azione di frangimento e di rallentamento delle colate, prodotto dalle briglie di chiusura, riduce la velocità e la capacità erosiva dei flussi, ma, per le elevate pendenze in gioco, questo effetto si esaurisce in breve tempo. Anche la riduzione delle pendenze che si determina a monte delle briglie chiuse non è permanente ma si attenua con il tempo. Pertanto per limitare l'azione erosiva della corrente e stabilizzare il fondo alveo, impedendo così l'incremento dei volumi fangosi sono necessarie altre briglie più a valle. Rispetto a quella di chiusura esse possono avere caratteristiche meno impegnative man mano che, proseguendo verso valle, le pendenze si attenuano.

Per incanalare il deflusso liquido o fangoso verso il sistema di opere più a valle, e tenerli lontani dalle sponde, la savanella deve essere larga e molto più bassa rispetto alle ali.

Lo svuotamento delle briglie specie dopo l'evento di colata deve essere garantito, prevedendo piste di servizio che rendano accessibili le aree a tergo. Tuttavia l'opportunità dello svuotamento deve essere valutata caso per caso, tenendo in debito conto l'effetto di stabilizzazione sui versanti prodotto dal materiale che si accumula a tergo e l'effetto destabilizzante che la sua rimozione potrebbe, invece, comportare. In sede progettuale devono essere dimensionati, nel programma di manutenzione, l'entità e le modalità dello svuotamento da effettuare quando la briglia risulta parzialmente o totalmente riempita.

5 LE VASCHE DI ACCUMULO E LE AREE DI ESPANSIONE

Le vasche di accumulo e le aree di espansione si collocano a monte delle zone abitate e assicurano la sconnessione idraulica tra queste e i versanti dai quali si potrebbero originare le colate. In particolare, esse sono destinate a fare espandere le colate di fango e a rallentarne la velocità, grazie alla brusca diminuzione di pendenza, alla azione dei limitatori delle portate in uscita e alla eventuale presenza di dispositivi frangicolata.

Le vasche devono essere in grado di contenere il volume di progetto, non potendosi fare pieno affidamento sulla laminazione, dal momento che, in caso di evento, le luci di uscita potrebbero, almeno parzialmente, ostruirsi. Trascurare l'effetto di laminazione delle colate di fango assicura, peraltro, un margine di sicurezza più elevato. Tale effetto può essere, invece, considerato nel caso di flussi idrici quando il sistema di valle sia insufficiente a contenere la piena di progetto. In tal caso, infatti, i volumi sono molto più contenuti rispetto a quelli delle colate di fango e i rischi di ostruzione delle luci appaiono decisamente minori.

Spesso le vasche realizzate sottendono più valloni e sono, quindi, in grado di contenere sia le colate provenienti da ciascuno di essi, sia le improbabili, ma non impossibili, colate provenienti dai versanti di interfluvio non incisi. Questo sistema a vasca unica consente di ridurre i volumi complessivi da destinare all'espansione delle colate, perché è ragionevole escludere l'ipotesi che tutti i valloni producano contemporaneamente il volume di progetto previsto per ciascuno di essi. Si possono cioè adottare coefficienti riduttivi che tengano conto di diverse e verosimili ipotesi di contemporaneità. Il livello di sicurezza risulta, pertanto, molto elevato nei confronti di mobilitazioni provenienti dai valloni meno carichi di sedimenti e si attenua progressivamente man mano che si considerano valloni caratterizzati da più elevati valori del volume mobilizzabile.

Quando, invece, la morfologia dei luoghi impone il ricorso a vasche di accumulo relative a singoli valloni è necessario dimensionare ciascuna di esse al relativo volume di progetto, utilizzando nel complesso volumi significativamente maggiori. Si realizza in tal caso un sistema a vasche plurime.

Se è possibile scegliere tra un sistema a vasca unica e un sistema a vasche plurime occorre considerare diversi fattori. I costi di una vasca unica sono ovviamente molto minori e l'occupazione del terreno è nel complesso più limitata. Inoltre, per essere

recapito di più valloni, la vasca unica, rispetto a quelle plurime, sorge più a valle, in zone meno acclivi, ed è perciò di più semplice realizzazione. Tuttavia le zone più a valle sono spesso più pregiate e meglio utilizzabili per altre finalità. Possono perciò sorgere opposizioni e riserve da parte dei cittadini e dell'Amministrazione contro la realizzazione della vasca. A favore delle vasche plurime è, per alcuni, anche la maggiore lontananza dalle aree abitate che fa ritenere minori i danni in caso di malfunzionamento. In realtà la distanza che separa, nelle ipotesi alternative, la localizzazione delle vasche plurime da quella della vasca unica è così piccola che, in caso di evento, verrebbe percorsa in pochi secondi, anche per la maggiore energia specifica connessa alle quote più alte.

Appaiono, comunque, elementi decisivi a favore della vasca unica: la possibilità di difendersi anche da colate provenienti dai versanti di interfluvio e il livello di sicurezza più elevato assicurato dalla maggiore capacità di contenere i volumi mobilizzati da un singolo vallone.

Nella realizzazione di un'area di espansione, particolare cura deve essere posta nell'assicurare il corretto imbocco nella vasca del flusso di eventuali colate. Si devono perciò creare: opportuni inviti con briglie dotate di savanella profonda, tratti canalizzati e muri di contenimento, soprattutto nei casi in cui si temano avulsioni.

Le aree di espansione sono destinate a riempirsi solo in occasione di colate di fango che le impegnano in tutto o in parte. In ogni caso il fango accumulato deve essere immediatamente asportato in modo da rendere nuovamente disponibile l'intero volume. Si devono perciò prevedere rampe di accesso per i mezzi. E si deve, inoltre, evitare che il volume utile risulti impegnato progressivamente da eventi che, pur avendo singolarmente scarsa rilevanza, potrebbero produrre un effetto cumulato rilevante. Quest'ultima condizione può essere soddisfatta prevedendo percorsi differenziati tra i flussi idrici che si hanno in occasione di piene anche molto intense e i flussi fangosi delle colate, che possono raggiungere portate di picco di un ordine di grandezza maggiore. I flussi idrici non devono impegnare la vasca, perché depositerebbero i sedimenti che comunque trasportano, ma devono o attraversarla o aggirarla, per raggiungere il sistema di drenaggio a valle. I flussi fangosi, al contrario, devono entrare nell'area di espansione e occuparla, e non devono spingersi, se non in minima parte, nel sistema di drenaggio di valle.

Gli schemi che è possibile adottare sono sostanzialmente due. Il primo prevede un partitore a monte della vasca, che indirizzi le portate inferiori ad un certo valore soglia verso il sistema di drenaggio a valle e, per portate maggiori, indirizzi nella vasca i volumi eccedenti. Il dispositivo è efficace se si verificano due condizioni:

- le portate inferiori al valore soglia non impegnano la vasca ma defluiscono completamente nel sistema di drenaggio a valle;
- per valori maggiori, quando avviene la partizione, l'aliquota di portata che transita nel sistema a valle è solo di poco superiore al valore soglia.

Se viene meno la prima condizione si rende necessaria una manutenzione più frequente della vasca. Se viene meno la seconda condizione si possono avere danni a valle. La realizzazione di un dispositivo efficiente è reso difficile dal fatto che in ogni caso la corrente in arrivo è veloce e produce in corrispondenza di qualsiasi ostacolo vortici, erosioni rilevanti e getti verticali alti anche qualche decina di metri. Il ricorso ad

un'adeguata modellistica fisica riduce l'incertezza circa il reale comportamento dell'opera in condizioni estreme ma non riesce a dissiparla del tutto. Pertanto è necessario dimensionare con elevato franco di sicurezza le opere di canalizzazione a valle e prevedere una più frequente manutenzione della vasca.

Il secondo dispositivo prevede che il deflusso resti sempre interno della vasca. In caso di solo flusso idrico l'ingombro sarà minimo, riguarderà una canalizzazione interna, adeguatamente dimensionata. In caso di colata l'area di espansione sarà progressivamente occupata e un limitatore di portata in uscita garantirà il non superamento, a valle, della piena di progetto. La partizione avverrà in condizioni di corrente lenta o comunque per numeri di Froude inferiori al caso precedente e sarà quindi maggiormente efficace. Peraltro qualsiasi eventuale malfunzionamento produrrà effetti che saranno contenuti all'interno della vasca e non potranno avere ripercussioni nel sistema di valle.

I dispositivi del primo tipo sono, quasi sempre, caratterizzati da vasche senza uscita che devono perciò contenere l'intero volume in arrivo. Nei dispositivi che prevedono l'attraversamento della vasca c'è sempre, ovviamente, un canale in uscita ed è possibile la laminazione sia delle portate idriche sia delle colate di fango, anche se, come si è detto, quest'ultimo effetto si trascura a vantaggio di sicurezza.

Se la dimensione longitudinale è limitata, o se la riduzione delle pendenze risulta insufficiente a favorire l'espansione e il rallentamento della colata, è necessario realizzare all'interno della vasca idonee opere di dissipazione. Più spesso è sufficiente, invece, pavimentare, eventualmente con massi ciclopici, un'area limitata allo sbocco dei canali immissari.

Gran parte dell'area di espansione non è interessata dal deflusso e può essere, perciò, destinata a fini agricoli o sportivi o ricreazionali, garantendo così la necessaria manutenzione e sorveglianza. L'uso deve essere, si intende, compatibile con la necessità di evitare l'ostruzione delle luci di uscita. La destinazione appropriata dell'area di espansione attenua fortemente l'impatto ambientale dell'opera perché ne consente l'inserimento armonico e funzionale nel contesto territoriale. L'impatto risulta addirittura trascurabile se si ricorre a tecniche meno impattanti del cemento, realizzando ad esempio argini in terra armata, e ancor più se, approfittando della morfologia dell'area di intervento, il volume utile viene ricavata in scavo, come è avvenuto in molti casi a Sarno.

Nel seguito saranno illustrati, con grafici progettuali e fotografie, i diversi dispositivi e le varie tipologie.

6 LE OPERE DI DEVIAZIONE E I VALLI TRASVERSALI

La sconnessione tra la zona di generazione delle colate e l'area da proteggere può essere realizzata anche con opere trasversali che ostacolano il flusso dell'acqua e del fango e lo deviano in zone più sicure, oppure lo trattengono parzialmente, lasciando filtrare verso valle solo la quantità compatibile con il sistema di drenaggio esistente. Nel primo caso si realizza un vero e proprio vallo trasversale, costituito da un canale largo e profondo, con una pendenza sufficientemente elevata, non inferiore al 6-7%, da favorire il flusso rapido dell'acqua e del fango e impedire il deposito e la conseguente ostruzione.

vasca di Episcopio, come sarà illustrato più avanti.

7 LE CANALIZZAZIONI

Nei Comuni colpiti dalle alluvioni del maggio 98 sono stati ripristinati o realizzati ex novo circa 26 Km di canalizzazioni. Si tratta di opere in larga parte eseguite nel periodo immediatamente successivo all'evento, e finalizzate a ristabilire un accettabile sistema di drenaggio delle acque meteoriche, in un territorio in cui la morfologia e la rete preesistente erano stati completamente sconvolti. In questo contesto i criteri progettuali adottati non sono risultati univoci e si sono evidenziate non trascurabili diversità di impostazione e qualche probabile diseconomia. In molti casi, inoltre, le opere hanno avuto un impatto negativo sul paesaggio e sulla fruibilità del territorio, perché hanno reso inaccessibili aree agricole tradizionalmente raggiunte seguendo il percorso segnato dagli impluvi. Solo in una seconda fase è stato possibile ricondurre le varie opere a criteri unitari, logici e funzionali, soprattutto alla luce del più complessivo sistema di difesa che interessa il versante nel suo complesso.

In particolare i diversi interventi possono essere ricondotti a due casi tipici: canali realizzati in assenza di qualsiasi opera di sconnessione idraulica e che quindi attraversano le aree urbanizzate fino al recapito finale, e canali compresi in un sistema di difesa che prevede anche la presenza di aree di espansione o di valli. In questo secondo caso è poi opportuno distinguere ancora tra canali realizzati a monte della sconnessione e canali realizzati a valle.

In assenza di sconnessione, si è detto, il canale collega gli impluvi di monte con un recapito finale più a valle rappresentato o da un collettore, naturale o artificiale, o più spesso da una vasca che può essere di laminazione o ad assorbimento. Nel suo percorso il canale attraversa zone urbanizzate. È evidente che il canale deve essere in grado di contenere tutto il flusso delle colate con margini di sicurezza adeguati. Deve avere notevole dimensione trasversale e una pendenza non inferiore al 6-7% in modo da scongiurare l'eventualità di deposito dei sedimenti trasportati, e la conseguente ostruzione, sia pure parziale, della sezione idrica. Devono anche evitarsi variazioni di pendenza e variazioni nell'andamento planimetrico, cioè tutte le situazioni che, provocando un rallentamento del flusso della colata, potrebbero produrre le temute ostruzioni. Errori nel dimensionamento idraulico e discontinuità planoaltimetriche possono rendere oltremodo pericolose tali opere, e al limite incrementare il livello di rischio nelle zone di valle attraversate dai canali. È necessario anche ridurre al minimo la possibilità di erosioni del fondo del canale in modo da evitare l'incremento del volume delle colate. Si deve, pertanto, ricorrere alla pavimentazione, almeno parziale, del fondo del canale e utilizzare materiali capaci di reggere a sollecitazioni anche notevoli, con velocità che possono superare i 10-15 m/s, e all'azione abrasiva del materiale solido trasportato. Gli attraversamenti vanno evitati e se sono indispensabili devono lasciare un franco sufficiente al passaggio di alberi e di materiale ingombrante e galleggiante. Se possibile le canalizzazioni realizzate in scavo sono da preferire perché, rispetto alle strutture in elevazione, hanno minore impatto e producono minori danni in caso di esondazione. In generale, comunque, è preferibile non ricorrere a canali di questo tipo.

Quando è presente un'opera di sconnessione idraulica, i canali assolvono funzioni diverse a seconda che si trovino a monte o a valle della sconnessione. Nel tratto a monte la canalizzazione serve a convogliare, in periodo ordinario, le acque meteoriche verso il sistema di drenaggio di valle e a contenere, almeno parzialmente, le eventuali colate di fango indirizzandole verso la zona di espansione o il vallo trasversale. L'esigenza di incanalare i flussi di colata anche a monte delle opere di sconnessione è legata a vari fattori. In primo luogo è opportuno che l'ingresso delle colate di fango nelle opere di sconnessione avvenga in punti prestabiliti, perché di norma in corrispondenza dello sbocco di questi canali si utilizzano particolari accorgimenti. Più precisamente, nel caso delle aree di espansione si realizza in prossimità dello sbocco una adeguata pavimentazione del fondo, per evitare fenomeni di erosione localizzata; nel caso di valli si possono prevedere, sempre in corrispondenza dello sbocco, sopralzi o velette di copertura per evitare sormonti. In assenza di canalizzazioni, inoltre, potrebbe aumentare in modo inaccettabile il volume di materiale mobilizzato. Ed, infine, potrebbero subire danni le aree a monte dell'opera di sconnessione, che è opportuno vengano conservate ad un uso agricolo, sia per garantire una manutenzione, in senso lato, del territorio, sia per contenere i costi delle espropriazioni. Tuttavia poiché la difesa è assicurata in massima parte dalla presenza della vasca o del vallo, queste canalizzazioni di monte non sempre sono indispensabili e vanno perciò valutate, nelle specifiche situazioni, sulla base degli effetti temuti in loro assenza. In ogni caso la loro dimensione può essere minore di quella del caso precedente, potendosi formulare ipotesi progettuali meno cautelative e potendosi adottare franchi di sicurezza minori.

I canali a valle delle sconnessioni hanno meno problemi. La portata è nota. È un dato di progetto che deriva dalla dimensione e dalla forma degli scarichi di superficie e di fondo delle vasche o dalle luci aperte nei valli trasversali. Tuttavia, in caso di evento, i canali di valle potrebbero essere interessati da flusso di una colata ed è pertanto necessario prevedere tutti gli accorgimenti, prima indicati, necessari ad evitare il deposito dei sedimenti e la conseguente ostruzione della sezione idrica.

Tra le canalizzazioni a monte e quelle a valle è preferibile in ogni caso garantire la continuità, con un tratto di raccordo che attraversa l'area di espansione. Nel caso di vallo trasversale ove sia previsto il collegamento agli impluvi esistenti è opportuno assicurare la continuità attraverso idonei manufatti di attraversamento del rilevato, del tipo di quello più avanti illustrato nel caso di Beato-Bosagro, in Quindici.

I canali, quale che sia la tipologia, hanno un impatto rilevante sul paesaggio, lo tagliano in modo innaturale. Il ricorso ai rivestimenti è eccessivamente costoso e non sempre sortisce l'effetto estetico sperato, anzi in qualche caso appare controproducente. Il ricorso a opere in gabbioni può attenuare questo effetto negativo ma offre minori garanzie di resistenza all'impatto delle colate e all'azione abrasiva che possono esercitare. In alcuni casi è possibile affiancare gabbioni e opere in calcestruzzo con effetti che risultano più che accettabili.

I canali, inoltre, operano una brusca interruzione di percorsi tradizionalmente utilizzati per raggiungere fondi agricoli spesso minuscoli, ma ben curati e amorevolmente seguiti. Occorre quindi preveder fin dalla fase progettuale la realizzazione di stradine di accesso. In tal caso è però, necessario porre particolare attenzione sul loro andamento planoaltimetrico per scongiurare l'eventualità che, in caso

di colata, il flusso possa incanalarsi lungo di esse.

Si è fatto più volte riferimento alla necessità di curare in modo scrupoloso il dimensionamento idraulico dei canali. Nel caso di solo smaltimento delle acque piovane il problema è facilmente risolvibile con le usuali tecniche dell'Idrologia. Più complesso il dimensionamento in caso di colata di fango, dal momento che non esistono metodi di stima convincenti. Una prassi consolidata pone in relazione la portata della colata con la portata idrologica, a parità di periodo di ritorno, attraverso un coefficiente costante, desunto non senza forzature da Takahaschi (1991). Tale coefficiente si assume in genere pari a 10. Per le modalità con le quali si attivano le colate di fango pare evidente che tale relazione non ha grande significato, se non quello di correlare in modo indiretto due grandezze legate alla superficie del bacino imbrifero, anche se almeno per le colate tale legame appare modesto. In realtà la portata di una colata può essere più ragionevolmente stimata sulla base del volume di progetto assunto per una singola colata, e ipotizzando un fangogramma di forma triangolare o esponenziale decrescente e fissando una durata dell'evento arbitraria ma comunque dell'ordine dei minuti o, al più, delle decine di minuti. Si ottiene in tal modo un plausibile intervallo di valori della portata rispetto al quale dimensionare o verificare la dimensione del canale.

Nel dimensionamento del canale, tuttavia si deve tener conto dell'esigenza di assicurare la pulizia periodica e la manutenzione straordinaria. Pertanto, se i canali non sono serviti da strade laterali che consentono di effettuare dalle sponde la pulizia si deve prevedere una larghezza sufficiente al transito di piccoli mezzi meccanici e i necessari punti di accesso all'interno del canale.

In ultimo è appena il caso di sottolineare come debba essere sempre escluso il ricorso a tratti tombati. Nei casi in cui sia necessario attraversare zone antropizzate e non esistano alternative alla tombatura si deve assicurare un'adeguata sconnessione a monte di detto tratto che consenta solo il transito di portate prive di materiale ingombrante e di sedimenti di grossa pezzatura e capaci di occupare non più del 60% della sezione idrica. Questi tratti, inoltre, devono avere pendenza molto elevata per evitare fenomeni di deposito.

8. LE OPERE REALIZZATE

Nelle pagine che seguono sono illustrate, con disegni e fotografie, alcune delle opere realizzate o in fase di realizzazione che illustrano le principali tipologie adottate. In particolare sono descritti:

- la vasca di Episcopio, che è il sistema più complesso e articolato fin qui realizzato e che prevede: sistemazioni dei versanti, briglie di consolidamento e stabilizzazione, canalizzazioni, valli trasversali, una grande zona di espansione, un sistema di drenaggio e vasche di laminazione delle piene;
- gli interventi di ingegneria naturalistica effettuati sui versanti di Sarno;
- alcune aree di espansione dei flussi fangosi che si differenziano sia per la forma, sia per le modalità previste per separare i flussi ordinari e quelli legati a colate di fango, in particolare:
 - la vasca Pietra della Valle in Quindici che prevede che la separazione avvenga a monte della vasca;

- la vasca Connola in Quindici che si basa sullo stesso concetto, ma utilizza un dispositivo diverso;
- la vasca Murelle in Moschiano che invece prevede che la separazione avvenga all'interno della vasca;
- la vasca di Mezzo in Montoro Inferiore che prevede al suo interno la presenza di rostri frangicolata;
- i valli longitudinali, realizzati o in esecuzione, a difesa dell'abitato di Siano, che presentano caratteristiche diverse, perché in un caso la funzione di vallo è assicurata, da monte verso valle, da un canale collettore e da un muro che fa da sponda, in un altro caso la funzione di vallo è assicurata solo dal muro, mentre il canale sottoposto ha solo funzione di collettare le acque di pioggia;
- il vallo longitudinale che completa il sistema di difesa di Beato Bosagro, in Quindici realizzato in modo da assicurare la continuità degli impluvi;
- la sistemazione del vallone Crocelle, in Palma Campania, che utilizza una tipologia di intervento affatto particolare.
- alcuni esempi di sistemazione di canali con briglie, realizzate con diverse tecnologie

In coda sono riportate informazioni relative alle opere presentate.

9. Considerazioni conclusive

Numerosi interventi strutturali per la riduzione del rischio di colata di fango sono stati avviati e realizzati a Sarno e negli altri Comuni campani colpiti dagli eventi del maggio 1998. Gli interventi sono stati concepiti secondo un modello che è stato messo a punto progressivamente in corso d'opera, dal momento che non ne esisteva uno sperimentato e condiviso da adottare.

Il modello Sarno è scaturito da un continuo confronto con i progettisti, con il Comitato Tecnico Scientifico, e con la Comunità Scientifica Nazionale. Esso si basa su una lettura attenta e puntuale dei fenomeni accaduti, le cui linee essenziali sono state richiamate in questa nota.

Gli interventi rispondono ad una strategia complessa che si propone molteplici obiettivi: ridurre la propensione al distacco nelle zone di innesco lungo i versanti, contrastare l'erosione del fondo e dei versanti lungo i canali, assicurare l'eventuale laminazione e il deflusso delle acque meteoriche, creare il recapito finale per il flusso di eventuali colate di fango, incanalare il flusso delle colate verso tali recapiti.

Obiettivi conseguiti con diverse tipologie di opere, spesso combinate tra loro per dare luogo a più articolati sistemi di difesa: interventi attivi sui versanti, briglie di stabilizzazione nelle aree di flusso, canalizzazioni per la regimazione delle acque meteoriche e delle colate di fango, vasche di espansione per il contenimento delle colate, opere di deviazione, vasche di laminazione per modulare gli afflussi negli immissari.

Tra i criteri adottati appare rilevante la scelta di sviluppare interventi integrati con opere attive e passive, affidando alle prime il compito di ridurre la probabilità che avvengano distacchi nelle aree maggiormente suscettibili alla mobilitazione, e alle seconde il compito di mitigare, fino ad annullarli, i danni che potrebbero essere provocati dalle colate che, nonostante gli interventi attivi, dovessero comunque attivarsi.

Altro criterio guida, dettato dalla incontrollata antropizzazione delle aree pedemontane, è dato dalla necessità di assicurare la sconnessione idraulica tra il sistema naturale di monte e il sistema antropizzato di valle, riducendo, nell'immediato, il rischio per la popolazione e i beni, e alleggerendo nel contempo il carico sul sistema di valle così da rendere meno impegnativo un futuro intervento di restauro del territorio.

Le diverse tipologie di opere realizzate e progettate sono state illustrate nella nota, evidenziandone caso per caso gli aspetti peculiari. Gli esempi, illustrati con adeguato dettaglio, consentono di cogliere pienamente la ricchezza e la complessità dell'intervento che la Struttura Commissariale ha sviluppato in questi anni, con opere che in molti casi appaiono razionali, di modesto impatto, di sicura efficacia. Un intervento non esente da critiche, ma che non può essere liquidato con semplicistiche e frettolose censure.

Gli Autori ringraziano il geologo Antonio Caruso che ha collaborato per la parte geologica di questa nota, l'architetto Luciano Marini e l'esperto informatico Luca Tedeschi che hanno curato la parte grafica.

BIBLIOGRAFIA

- Altomare P., Palmieri V., Versace P. (2005). Aspetti metodologici nella elaborazione della carta della pericolosità. Commissariato di Governo per l'emergenza idrogeologica in Campania. Quaderni del Presidio, 0.
- Armanini A. (1999). Previsione e prevenzione del rischio da colata di detriti. Atti dei convegni Lincei 154.
- Armanini A., Larcher M., Fraccarolo L., Papa M. (2001). Considerazioni sulla dinamica delle colate di fango e sulle opere per il loro controllo. Forum per il rischio idrogeologico in Campania – Fenomeni di colata rapida di fango nel maggio '98. Commissariato di Governo per l'emergenza idrogeologica in Campania.
- Cascini L., Guida D., Nocera N., Romanzi G., Sorbino G. (2000). A preliminary model for the landslides of May 1998 in Campania Region. Proc. 2nd Int. Symp. on Geotechnics of Hard-Soil-Soft Rock.
- Caruso A., Lupica I., Palmieri V., Puzzilli L.M. (2005). Stima dei volumi mobilizzabili nel territorio di Sarno. Commissariato di Governo per l'emergenza idrogeologica in Campania. Quaderni del Presidio, 0.
- Cassetti M., Versace P. (2005). Il modello di soglia pluviometrica FLAIR. Commissariato di Governo per l'emergenza idrogeologica in Campania. Quaderni del Presidio, 0.
- Celico P., Aquino S., Esposito L., Piscopo V. (2000). Problematiche idrogeologiche connesse con i fenomeni di instabilità delle coltri piroclastiche della dorsale di Pizzo d'Alvano. Quaderni di

geologia applicata.

- Crozier M. J., Vaughan E.E., Tippet J. M. (1990). Relative instability of colluvium-filled bedrock depressions. *Earth Surface Proc. And Landforms*, 15.
- De Martino G., Gisonni C., Giugni M. (2002). Tipologie di interventi per la mitigazione del rischio idrogeologico. In scritti in onore di Lucio Tagliatela.
- De Riso R., Calcaterra D., Santo A. (1998). Le frane per colata rapida in terreni piroclastici: esperienze sugli aspetti geologici in vari contesti campani. *Forum per il rischio idrogeologico in Campania – Fenomeni di colata rapida di fango nel maggio '98*. Commissariato di Governo per l'emergenza idrogeologica in Campania.
- Dietrich W.E., Wilson, C.J., Reneau S.L. (1986). Hollows, landslides, and colluvium in soil-mantled landscapes, in Abrahams A. D., ed, *Hillslope Processes*. Boston, Allen and Unwin.
- Dietrich W.E., Wilson C.J., Montgomery D.R., MacKean J., Bauer R. (1992). Channellization Threshold and Land Surface Morphology. *Journal of Geology*, 20.
- Dietrich W.E., Wilson C.J., Montgomery D.R., MacKean J. (1993). Analysis of erosion thresholds, channel networks and landscape morphology using a Digital Elevation Model, *Journal of Geology*, 101.
- Dietrich W.E., Reiss R., Hsu M.L., Montgomery D.R. (1995). A process-based model for colluvial soil depth and shallow landsliding using digital elevation data. *Hydrological Processes*, 9.
- Faella C., Nigro E. (2001). Effetti delle colate rapide sulle costruzioni. Parte prima: descrizione del danno. Parte seconda: valutazione della velocità d'impatto". *Forum per il rischio idrogeologico in Campania – Fenomeni di colata rapida di fango nel maggio '98*. Commissariato di Governo per l'emergenza idrogeologica in Campania.
- Fernandez N.F., Coelho Netto A.L., Lacerda W.A. (1994). Subsurface hydrology of layered colluvium mantles in unchanneled valleys - southeastern Brazil. *Earth Surf. Proc. and Landforms*, 19.
- Ghilardi P., Natale L., Savi F. (2001). Dinamica delle correnti detritiche: risultati sperimentali e simulazioni numeriche. *Forum per il rischio idrogeologico in Campania – Fenomeni di colata rapida di fango nel maggio '98*. Commissariato di Governo per l'emergenza idrogeologica in Campania.
- Guadagno F.M., Fiorillo F., Revellino P., Forte R. (2001). Considerazioni sull'innesco dell'instabilità delle coperture piroclastiche. *Forum per il rischio idrogeologico in Campania – Fenomeni di colata rapida di fango nel maggio '98*. Commissariato di Governo per l'emergenza idrogeologica in Campania.
- Guida D. (2003). Role of Zero-Order Basin in occurrence and recurrence of the flowslide in Campania Region. *A.G.I. Vol. 1*.
- Hack J.T., Goodlet J.C. (1960). Geomorphology and forest ecology of a mountain region in the Central Appalachians. *U.S. Geological Survey Professional Paper 347*.

- Marron D.C. (1985). Colluvium in bedrock hollows on step slopes, Redwood Creek drainage basin, north-western California. *Catena Supplement* 6.
- Martino R., Sabatino C., Tagliatela L. (2001). Innesco e formazione di una colata rapida di fango. Forum per il rischio idrogeologico in Campania – Fenomeni di colata rapida di fango nel maggio '98. Commissariato di Governo per l'emergenza idrogeologica in Campania.
- Nappi A., Sarno P. (2005). Stima dei volumi mobilizzabili nel territorio di Quindici. Commissariato di Governo per l'emergenza idrogeologica in Campania. Quaderni del Presidio, 0.
- Ortolani F., Pagliuca S., Toppi V., Zullo T. (2004). Evoluzione di colate rapide di fango verificatesi nel maggio 1998 e dicembre 1999 in Campania. Modelli matematici per la simulazione di catastrofi idrogeologiche. Workshop. Università della Calabria.
- Papa M., Iavarone V., Pianese D. (2001). Modellazione matematica dei fenomeni di propagazione delle colate di fango e di detriti. Forum per il rischio idrogeologico in Campania – Fenomeni di colata rapida di fango nel maggio '98. Commissariato di Governo per l'emergenza idrogeologica in Campania.
- Pellegrino A. (2001). Interventi di stabilizzazione dei pendii. Forum per il rischio idrogeologico in Campania – Fenomeni di colata rapida di fango nel maggio '98. Commissariato di Governo per l'emergenza idrogeologica in Campania.
- Picarelli L., Olivares L. (2001). Innesco e formazione di colate di fango in terreni sciolti di origine piroclastica. Forum per il rischio idrogeologico in Campania – Fenomeni di colata rapida di fango nel maggio '98. Commissariato di Governo per l'emergenza idrogeologica in Campania.
- Reneau S.L., Dietrich W.E., Wilson C.J., Roger J.D. (1984). Colluvial deposits and associated landslides in the northern San Francisco Bay area, California, USA. *Proceeding of IV International Symposium on Landslides*, Canadian Geotechnical Society.
- Reneau S.L., Dietrich W.E., Dorn R.I., Berger Rubin M. (1986). Geomorphic and paleoclimatic implications of latest Pleistocene radiocarbon dates from colluvium-mantled hollows. *Geology* 14.
- Reneau S.L., Dietrich W.E., Rubin M., Donahue D.J., Jull A.J.T. (1989). Analysis of hillslope erosion rates using dated colluvial deposits. *Journal of Geology*, 97.
- Rolandi G., Bertolini F., Cozzolino G., Esposito N., Sannino D. (1998). I depositi piroclastici presenti sul versante occidentale del Pizzo d'Alvano nell'ambito del territorio comunale di Sarno. Rapporto informativo della U.O. 4.21N del Consiglio Nazionale delle Ricerche - Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche.
- Rossi F., Bovolin V. (1998). Criteri per la delimitazione delle aree a rischio di inondazione da parte di colate attraverso modellazione idrodinamica. Consiglio Nazionale delle Ricerche - Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche.
- Takahaschi T. (1991). Debris flows. *IAHR Monograph* – Balkema Rotterdam.

- U.O. 2.38. (1998). Relazione sull'attività svolta dall'U.O. dell'Università di Salerno dal 21 maggio 1998 al 5 luglio 1998. Consiglio Nazionale delle Ricerche - Gruppo Nazionale Difesa Catastrofi Idrogeologiche.
- Versace P., Sirangelo B., Chirico G.B. (1998). Analisi idrologica dell'innescò pluviometrico dell'evento di Sarno del 5 maggio 1998. Consiglio Nazionale delle ricerche - Gruppo Nazionale per la Difesa dalle catastrofi idrogeologiche. Pubblicazione n. 1925.
- Versace P., Sirangelo B., Iritano G. (2000). Soglie pluviometriche di innescò dei fenomeni franosi - L'Acqua. Associazione Idrotecnica Italiana.
- Versace P. (2001). La riduzione del rischio idrogeologico nei comuni colpiti dagli eventi del maggio '98 in Campania. Forum per il rischio idrogeologico in Campania – Fenomeni di colata rapida di fango nel maggio '98. Commissariato di Governo per l'emergenza idrogeologica in Campania.
- Yamada S. (1995). Relations between topographic conditions and debris movements deduced from distribution of regolith in a zero order basin near Sapporo, Hokkaido, Japan. Trans. Japan Geomorph. Union 16.
- Yamada S. (1999). The role of soil creep and slope failure in the landscape evolution of a headwater basin: field measurements in a zero order basin of northern Japan. Geomorphology 28.
- Yoshinaga S., Koiwa N. (1996). Slope development in forested mountains in Japan since the Latest Pleistocene to Early Holocene. Trans. Japan Geomorph. Union 17.



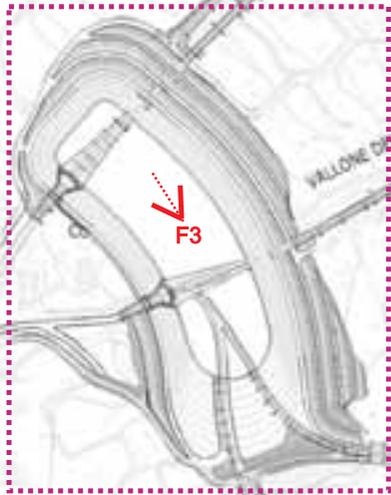
Versace P., Altomare P., Serra M.

Appendice. **INTERVENTI STRUTTURALI**





VALLONE DEL TRAVE / RAMO 2



VASCA EPISCOPIO



VALLONE CANTARIELLO / RAMO DEVIATO

Sarno Episcopo IL SISTEMA DIFENSIVO

A protezione dell'abitato di Episcopo, in larga parte distrutto nel Maggio 98, è stata realizzata un'area di **espansione controllata**, denominata "Episcopo", destinata sia a rallentare il flusso delle colate sia a contenerne il volume fino ad un massimo di circa 176.000 metri cubi. Quest'area, destinata a raccogliere le colate che potrebbero provenire da uno qualsiasi dei valloni compresi tra il Cantariello ed il Trave - San Chirico, fa parte di un sistema più generale di difesa nel quale assumono particolare rilevanza le opere sui valloni più esterni, che hanno il compito di contenere eventuali colate di fango e indirizzarle verso l'area di espansione. Nel dimensionare l'area di espansione non si è tenuto conto, a vantaggio di sicurezza, dell'effetto di laminazione assicurato dai manufatti di sfioro che conducono al sistema di canalizzazioni preesistente.



VALLONE CANTARIELLO / RAMO DESTRO



VOLUME DI INVASO: ~176.000 MC
SUPERFICIE: ~17.000 MC
QUOTA DI FONDO: 108,00 M S.L.M.
QUOTA DI CORONAMENTO: 117,00 M S.L.M

La gran parte dei valloni (Licinatonda, Trave ramo 1, Trave ramo 2, San Chirico) converge verso l'area Episcopio, con la sola eccezione del Vallone Cantariello il cui tracciato originale attraversa il centro abitato. Tutti questi valloni sono stati oggetto di interventi per la regimazione delle portate liquide subito dopo l'evento del maggio 98.

Per ragioni topografiche anche il vallone Cantariello, il cui bacino contiene il maggior volume mobilizzabile, è stato deviato verso l'area di espansione controllata "Episcopio". Lungo il Cantariello non è, infatti, possibile prevedere l'accumulo di grandi quantità di fango, a meno di un volume di circa 20.000 mc ottenuto con la realizzazione di alcune briglie a fessura alte 10 m. Queste briglie sono destinate a contenere gli apporti che potrebbero provenire dai versanti e costituiscono un ulteriore elemento di difesa idraulica dell'area sottoposta, densamente antropizzata.

L'area di espansione Episcopio fa parte di un sistema più generale di difesa nel quale assumono particolare rilevanza le opere sui valloni più esterni (Trave - San Chirico in dx idraulica e Cantariello in sx idraulica) tra quelli che convergono verso l'area. In particolare lungo il vallone Cantariello, risulta rafforzata la difesa della sponda in sx idraulica del canale per evitare anche in caso di portate eccezionali, fenomeni di avulsione. Eventuali esondazione in dx idraulica, non darebbero invece problemi in quanto comunque

confluirebbero nella zona di espansione.

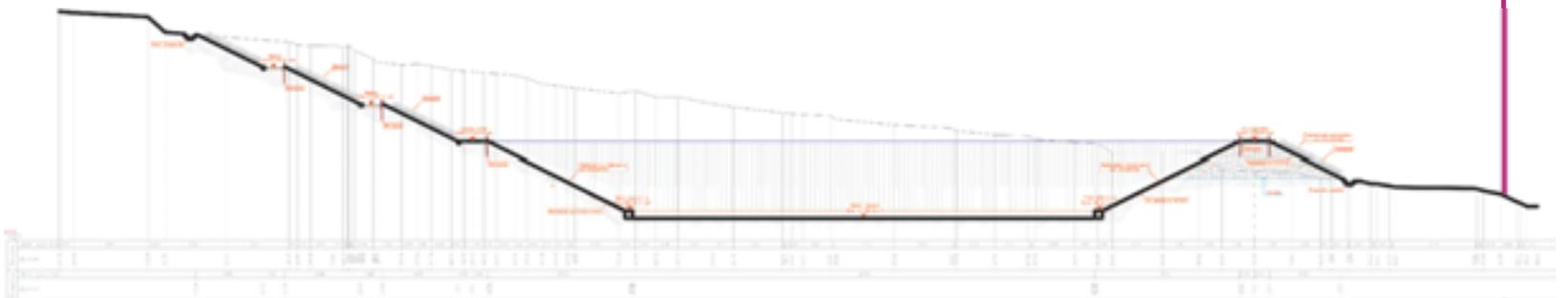
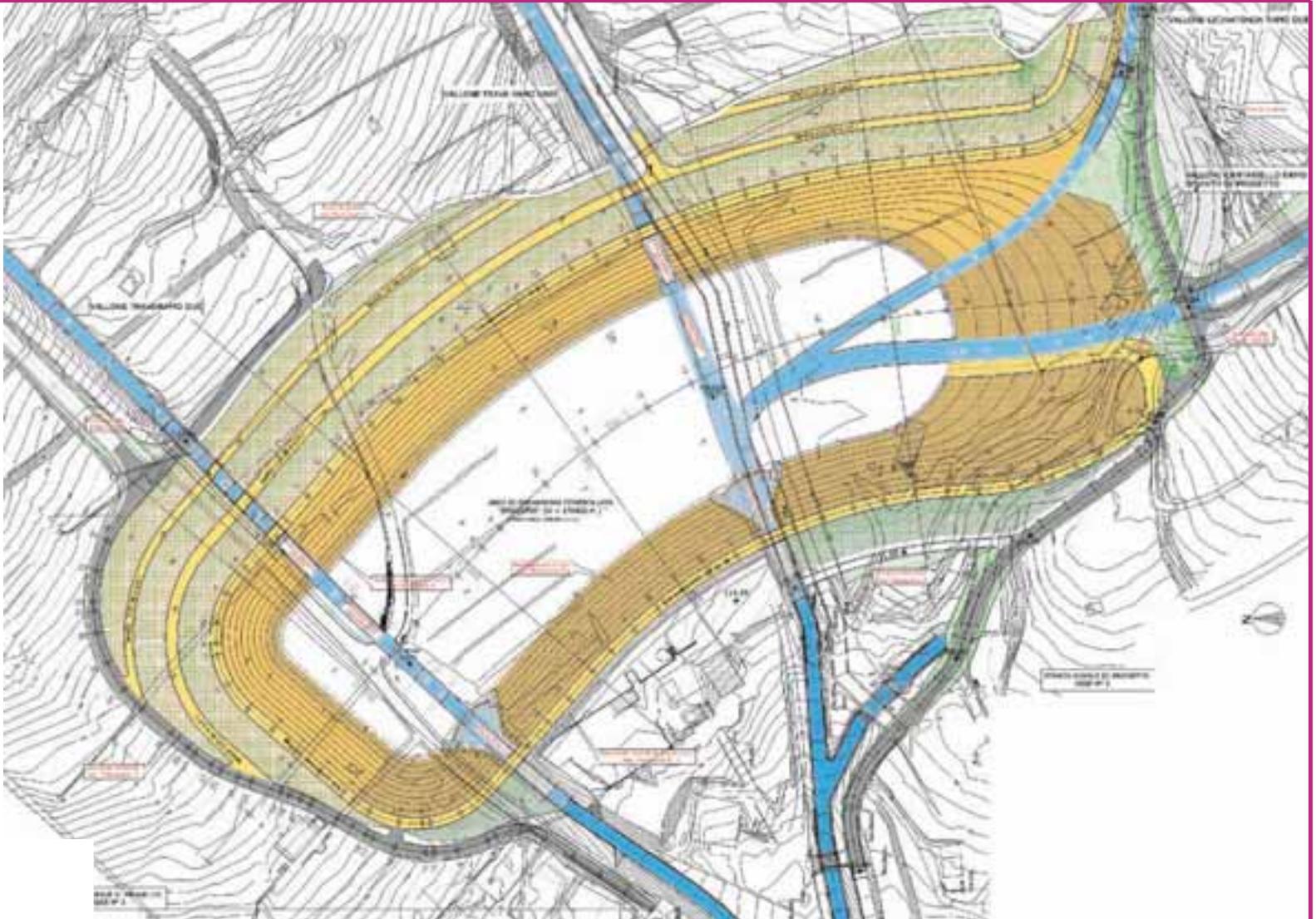
La sponda in sx idraulica è stata, perciò, protetta prolungando il muro di sponda e dotandolo di un risvolto orizzontale di protezione, che arriva fino al centro del canale. Inoltre in sommità sono state previste, su ambo i lati, due banche larghe 3,00 m ciascuna, una delle quali fungerà da stradina di servizio. Inoltre in corrispondenza delle sezioni meno incassate, è stata prevista una gabbionata alta 3,00 m, che costituisce la sponda sinistra del complesso sistema di difesa. In modo analogo, lungo il vallone Trave - San Chirico è stata prevista la realizzazione di una gabbionata in dx idraulica, con a tergo un terrapieno che funge da limite del sistema "Episcopio". La gabbionata corre parallela al canale, e costituisce una ulteriore difesa contro eventuali fenomeni di avulsione delle colate, imponendo in ogni caso il raggiungimento dell'area di espansione.

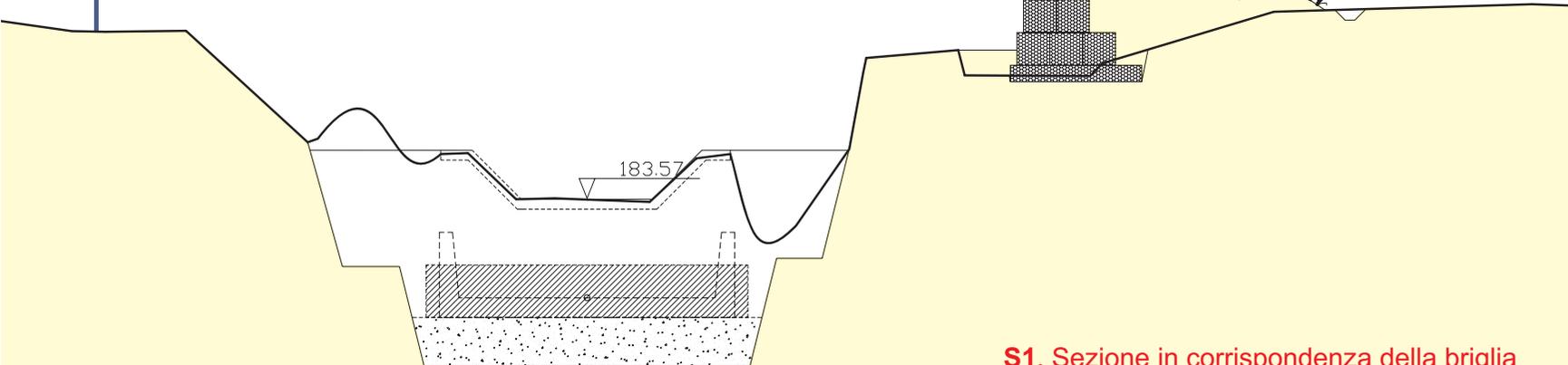
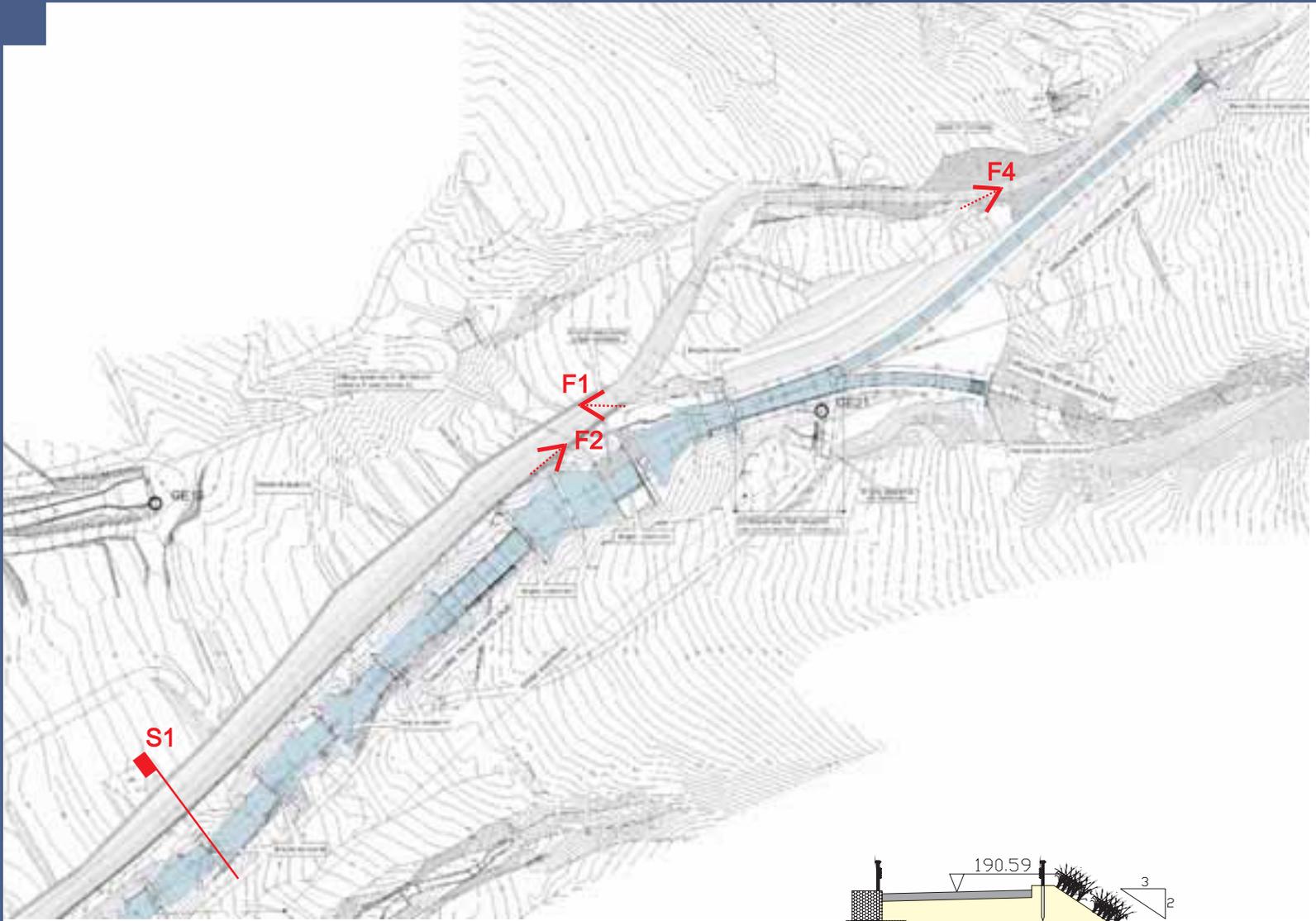
L'area di espansione è stata prevista in terra, limitando l'uso del calcestruzzo che è stato adottato solo per le opere di immissione e quelle di sfioro. Peraltro, tali manufatti sono, almeno in parte, inglobati nei rilevati e nelle scarpate.

Il paramento interno sarà protetto con un rivestimento in materassi in gabbioni.

Lungo il fondo della vasca sono previste cabalette di raccordo tra i canali immissari ed emissari, in modo da non impegnare, in assenza di colate, la gran parte della superficie interessata, che potrà essere perciò destinata a scopi ricreazionali o agricoli compatibili.

AREA DI ESPANSIONE CONTROLLATA





S1. Sezione in corrispondenza della briglia



F1. Confluenza Vallone S. Chirico deviato e Vallone Trave Ramo 2



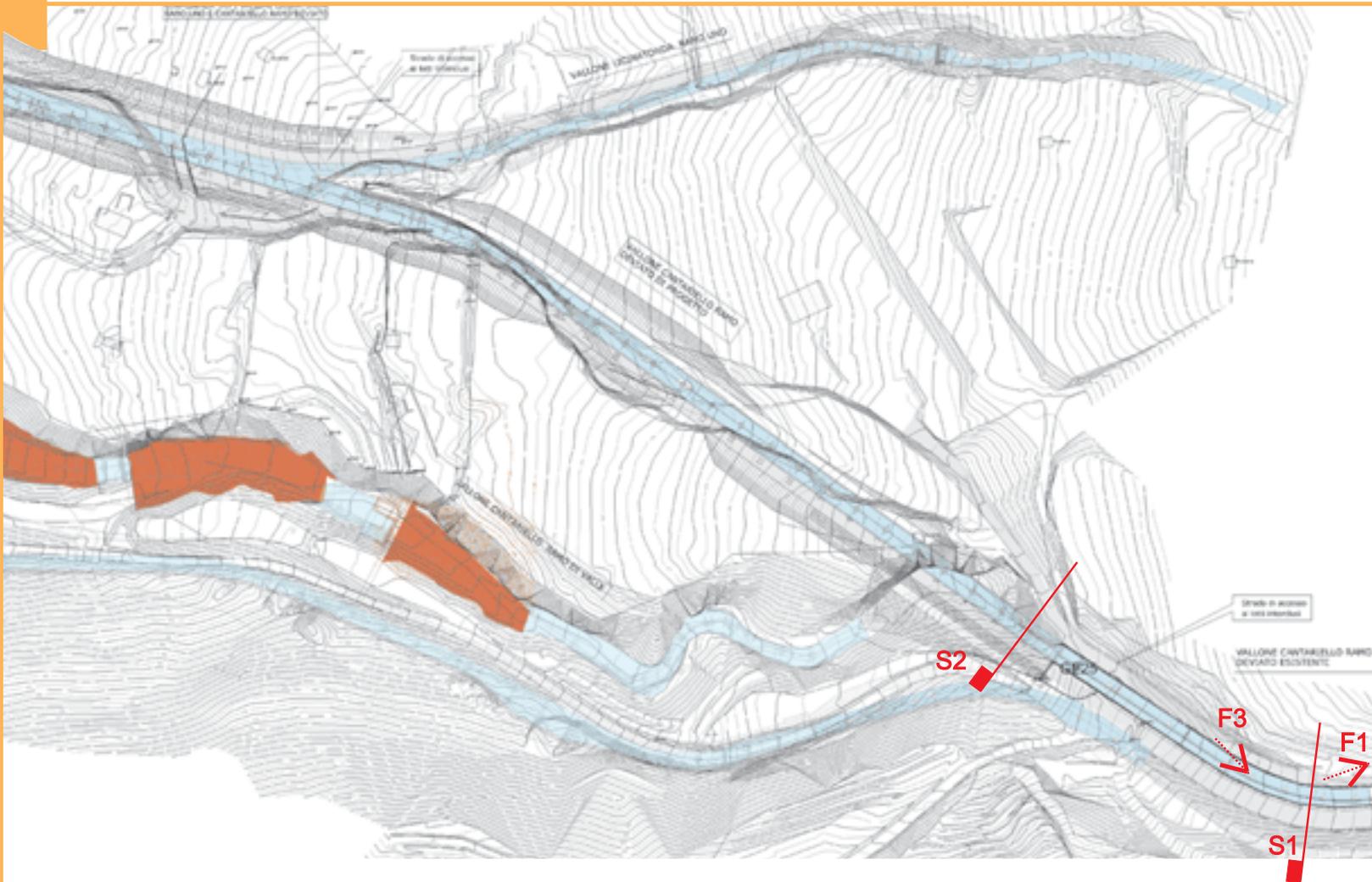
F2. Arginature realizzata con gabbioni



F3. [indicazione nelle pagine precedenti]
Manufatto di imbocco nell'area di espansione

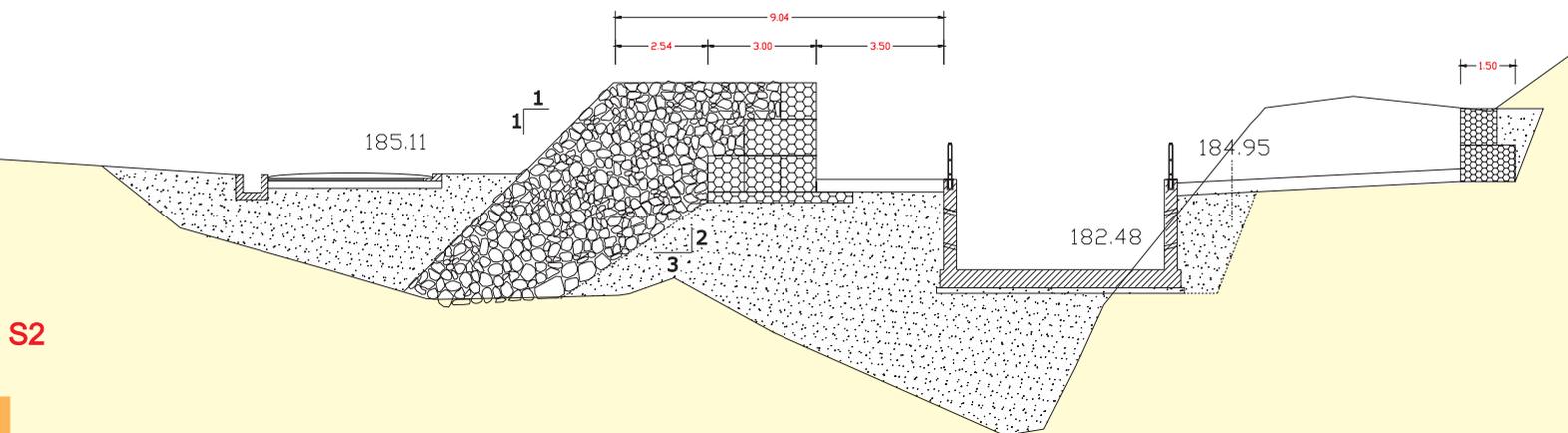
F4. Vista dalla strada (q.ta 265)





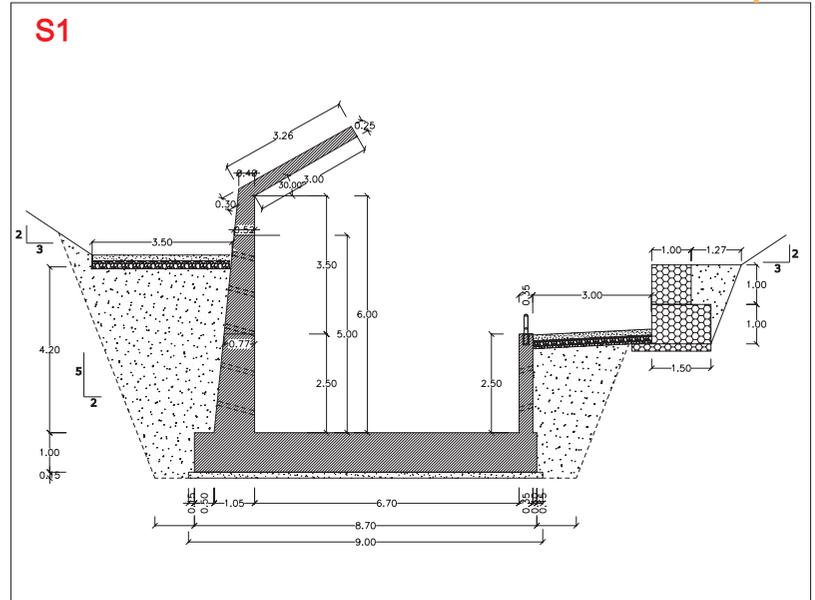
SEZ.NUM. 2

PROGR. 10.00
PARZ. 10.00





F1. Sponde nei tratti curvi



F2. Il canale visto dal Monte Saretto



F3. Confluenza in argine



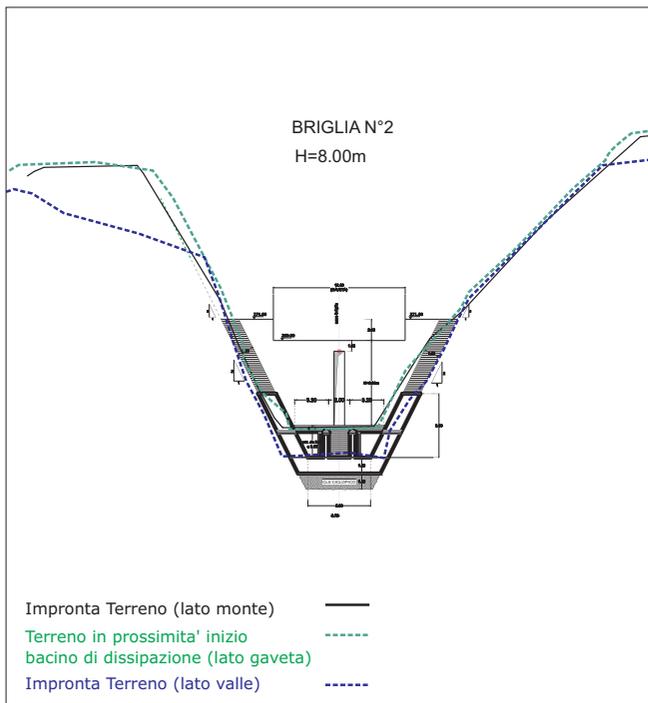


F1. la Briglia n° 3



F2. Il ramo visto dal monte

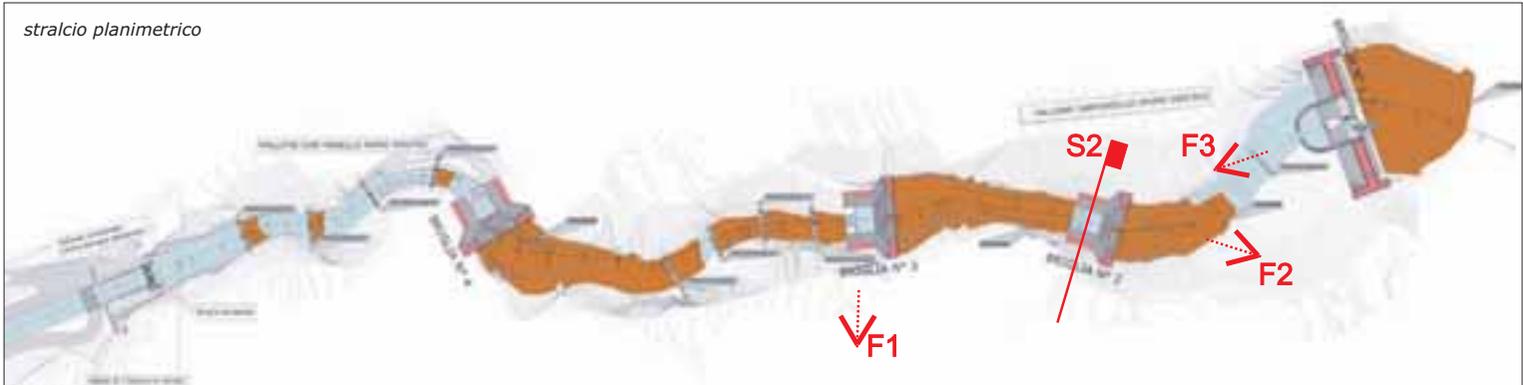
Briglia n. 2, sezione



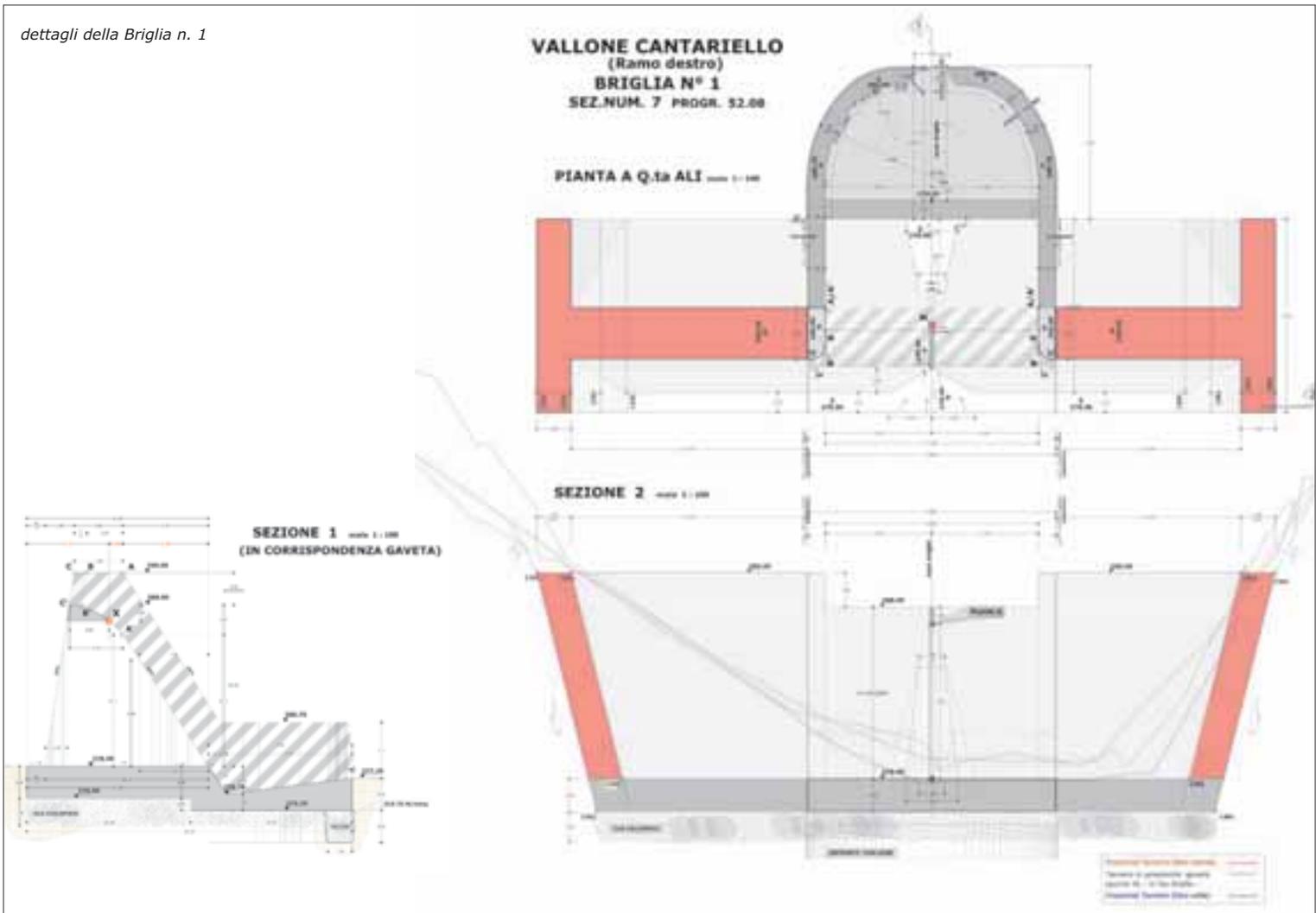
F3. la Briglia n° 1

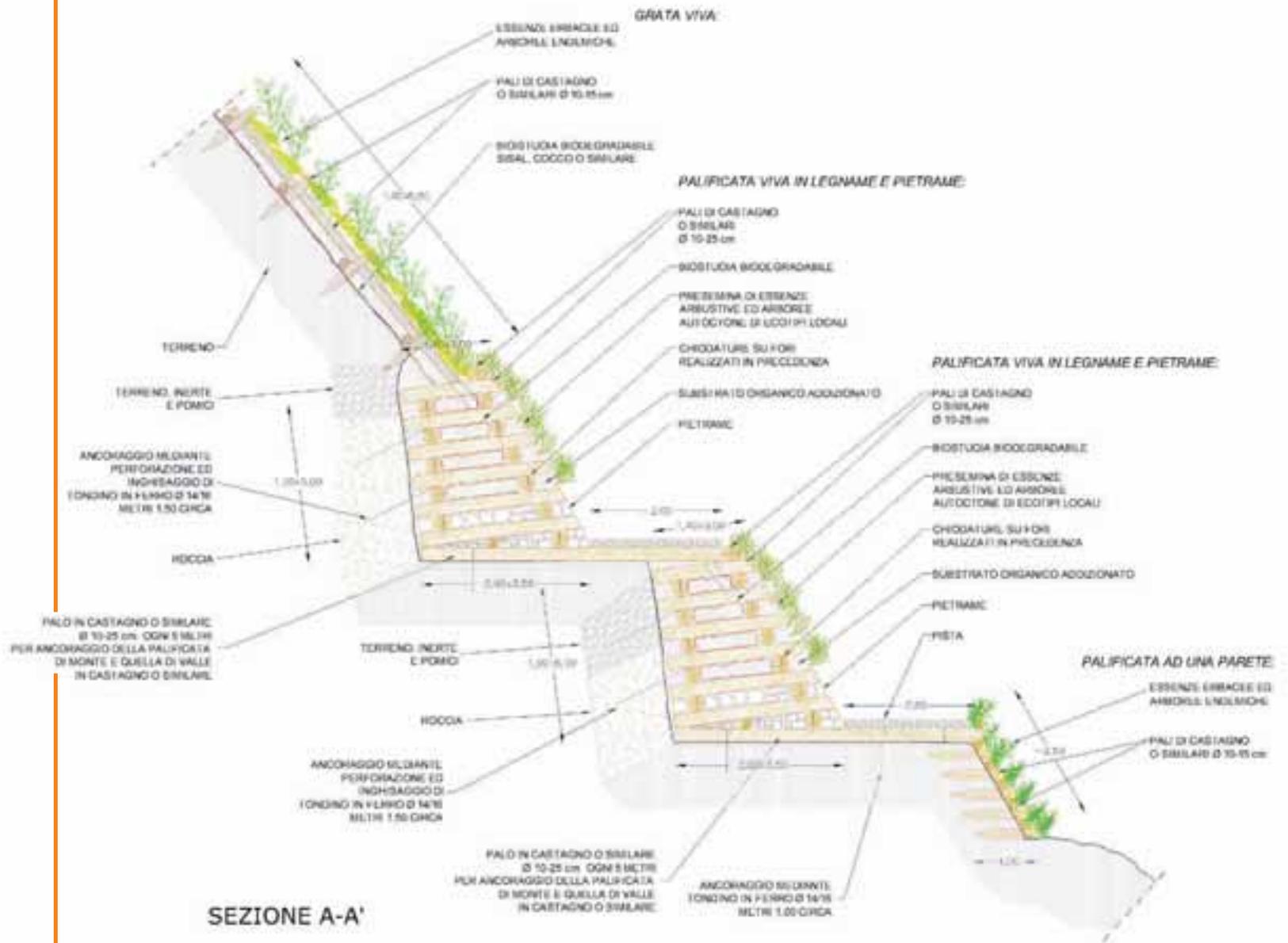


stralcio planimetrico

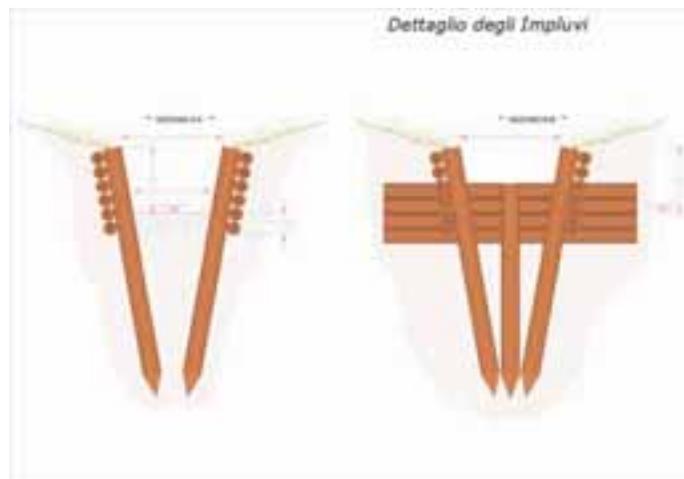


dettagli della Briglia n. 1





F1. Vista aerea dell'intervento sul Vallone Castagnitiello



Nella parte alta dei bacini si sono eseguiti interventi di difesa attiva per ridurre la probabilità di attivazione di movimenti franosi che potrebbero innescare colate rapide di fango. Utilizzando **tecniche d'ingegneria naturalistica**, sono state realizzate palificate doppie con pali in legno del diametro di 15-20 cm infissi nel terreno con andamenti sub-verticale e sub-orizzontale. L'opera è completata con la posa in opera di una biostuia e la piantumazione di talee (grate vive). Più a valle la stabilizzazione del vallone è stata ottenuta con canalizzazioni e briglie.



F2. Vallone Castagnitiello



F3. Vallone Castagnitiello



F4. Vallone Castagnitiello



F1.



F2.



F3.



F4.



VASCA PIETRA DELLA VALLE 2

L'opera è finalizzata alla riduzione del rischio derivante da colate detritivo fangose nella parte del centro abitato di Quindici posto subito a valle dell'alveo Pietra della Valle. È stata realizzata una vasca, della capacità di 20.000 mc, per accumulare volumi di fango provenienti dal bacino di monte.

L'opera d'imbocco è costituita da un manufatto progettato per deviare completamente le portate, fino ad periodo di ritorno di 100 anni, in un canale fagugatore che si immette poi nel Lago Quindici. In tal modo la vasca dovrà essere impegnata solo in occasione di portate superiori o di colate di fango.

Il fronte della vasca di accumulo è stato realizzato con un rilevato in terramesh poggiate su una superficie di gabbioni. I lati sono realizzati in gabbioni.

PRINCIPALI DATI TECNICI

Volume di invaso: ~ 20.000 mc

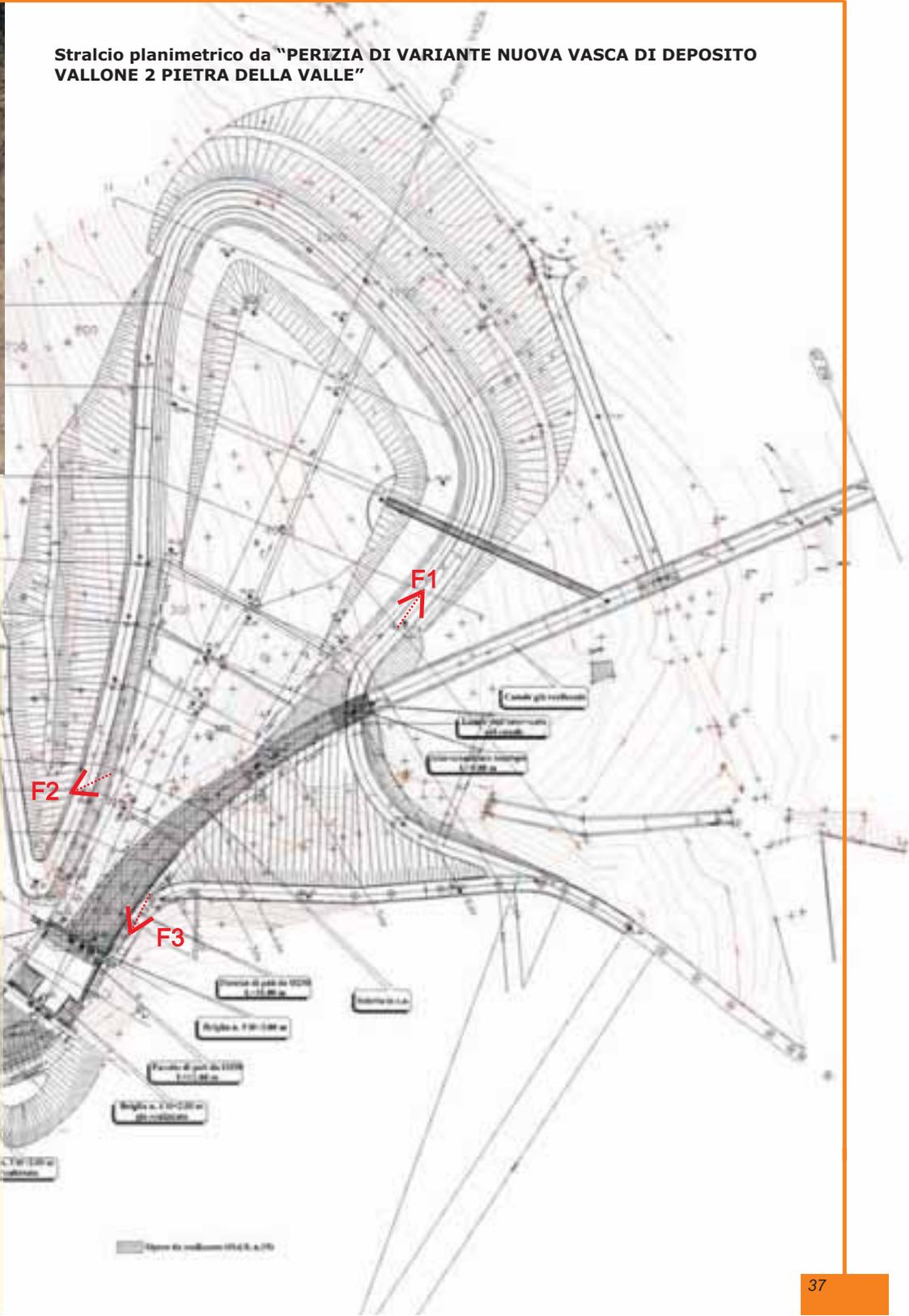
Superficie: ~ 8.165 mq

Quota di fondo: 105,6 ÷ 138 m s.l.m.

Quota di coronamento:

120 ÷ 141,50 m s.l.m.

Stralcio planimetrico da "PERIZIA DI VARIANTE NUOVA VASCA DI DEPOSITO VALLONE 2 PIETRA DELLA VALLE"





Quindici, Vasca Connola

L'opera consente la riduzione del rischio derivante da colate di detriti e di fango sul centro abitato di Quindici in prossimità dell'alveo S. Francesco, in un'area che nel maggio 98 fu duramente colpita con la distruzione di numerosi edifici e la morte di 11 persone. È stata prevista la sistemazione di un'area di oltre 10 ha, compresa tra il vallone Connola sul lato destro, l'alveo S. Francesco sul lato sinistro, e la località S. Lucia a valle. L'intervento di rimodellamento di detta area consente di realizzare una vasca capace di accumulare un volume di fango, dell'ordine di



F1. Panoramica da S. Teodoro

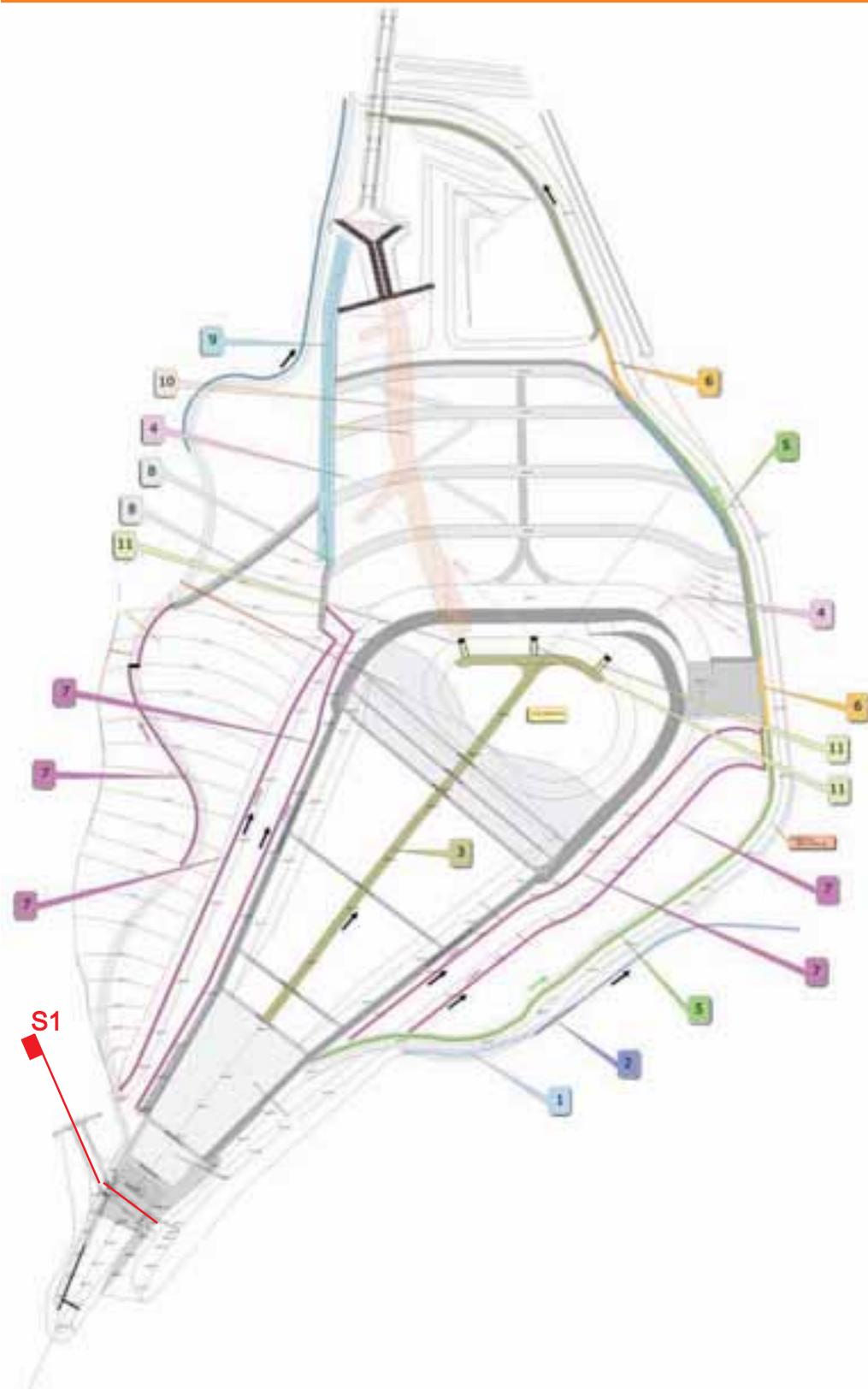
60.000 mc, proveniente dal bacino del canale S. Francesco. A valle del rilevato arginale è stata individuata un'area di probabile espansione che potrebbe accogliere i volumi di fango in caso di tracimazione.

In particolare tra le opere previste in progetto troviamo:

- un'opera d'imbocco costituita da un manufatto di deviazione delle portate con lo scopo di

F2. Vista dell'area del cantiere (dicembre 2006)



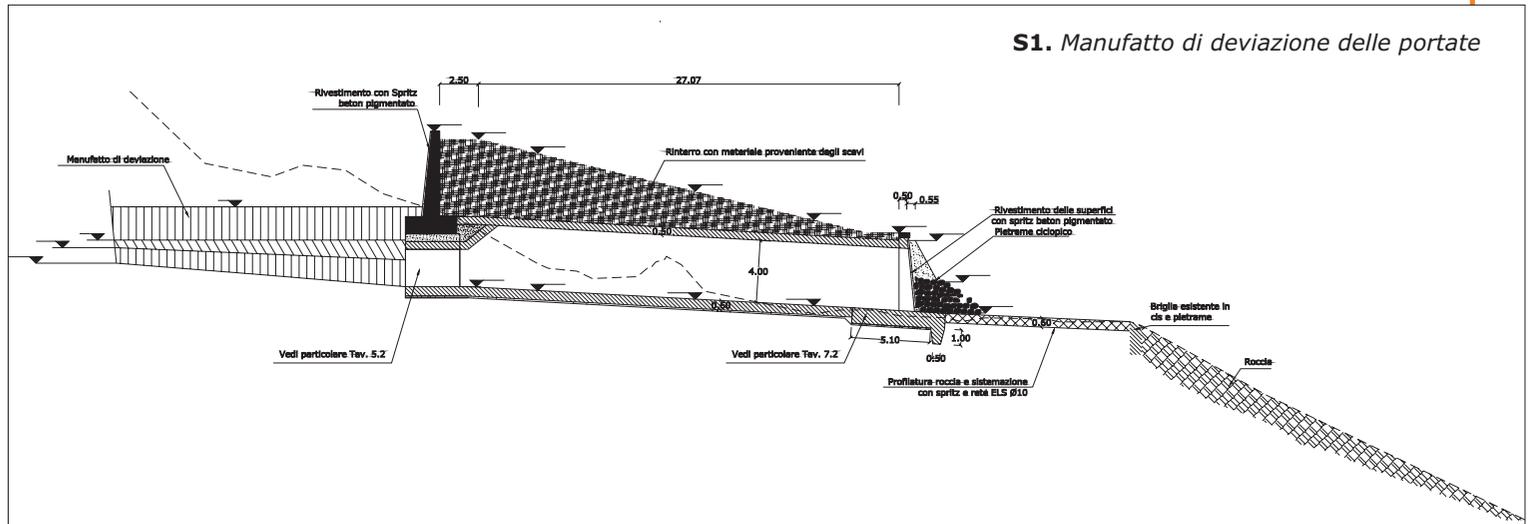


indirizzare nell'alveo S. Francesco tutte le portate ordinarie dovute al solo deflusso di piena e di indirizzare nella vasca le eventuali colate di fango caratterizzate da una portata superiore. Per la progettazione di questo manufatto si è tenuto conto anche delle sperimentazioni su modello fisico eseguite dal CUDAM della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Trento;

- una platea di fondo in c.a. a valle di tale manufatto;
- la sistemazione del canale subito a valle della platea con sponde realizzate in gabbionate;
- una vasca di accumulo, con capacità di invaso pari a 60.000 mc, con fronte realizzato con rilevato di terramesh poggiante su una superficie di gabbioni e fianchi realizzati in gabbioni; sono inoltre previsti interventi di raccordo con il terreno a monte della vasca;
- canali di guardia delle scarpate in destra e sinistra idraulica della vasca;
- interventi di ingegneria naturalistica quali rivestimenti antiersivi e di inserimento naturalistico delle scarpate con biostuoie ed

LEGENDA

- | | |
|----|---|
| 1 | Canaletta in cls prefabbricato |
| 2 | Scatolare |
| 3 | Canaletta con materasso tipo RENO B=4m intasata con cemento |
| 4 | Tubazioni di scarico Ø500 |
| 5 | Zanella stradale (Pista in destra) |
| 6 | Canaletta con pietrame ciclopico cementato |
| 7 | Canaletta prefabbricata in cls (Pista in sinistra e sponda 1ª e 2ª banca) |
| 8 | Canaletta in pietrame cementato (Tipo B) |
| 9 | Canale in pietrame ciclopico cementato |
| 10 | Drenaggio di base lungo il vecchio alveo del vallone Sant |
| 11 | Manufatto di imbocco delle tubazioni di scarico |



idrosemia;

- la delimitazione, attraverso un argine in gabbioni, di un'area a valle della vasca da utilizzare come zona di espansione controllata.

Una curiosità relativa al nome della vasca e dell'omonima incisione in essa confluyente: Connola nel dialetto napoletano significa culla, e descrive la situazione morfologica dei luoghi prima che le colate di fango riempissero la concavità preesistente. La vasca che si sta realizzando consente di ricostruire la "culla".



F3. Foto aerea del cantiere (marzo 2005).

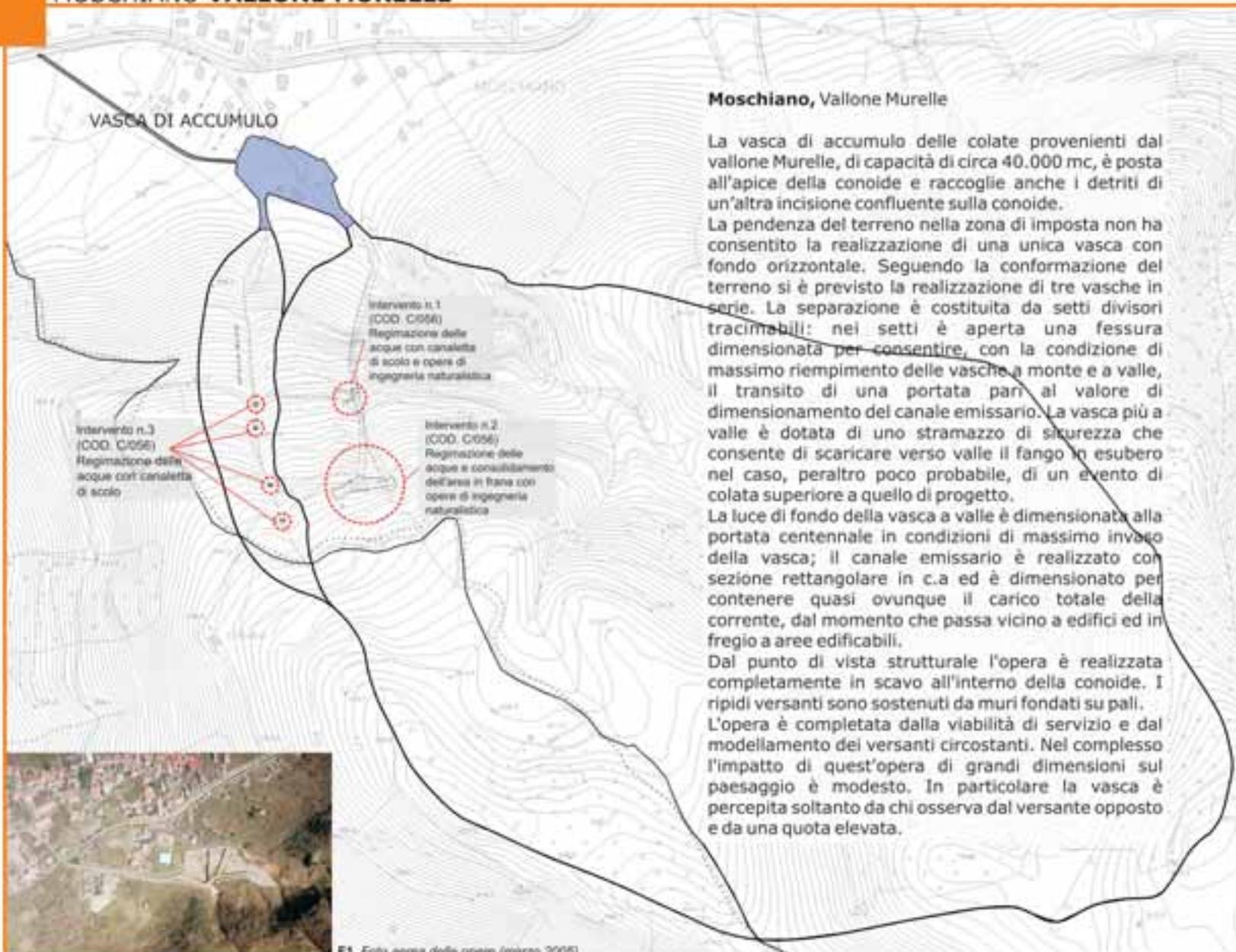


F4. Foto del cantiere (dicembre 2006).

PRINCIPALI DATI TECNICI
 Volume Vasca: **60.000 mc**
 Area Vasca: **11.160 mq**
 Quota fondo vasca: **320 m**
 Quota coronamento: **326 ÷ 358**

Sezione di scavo





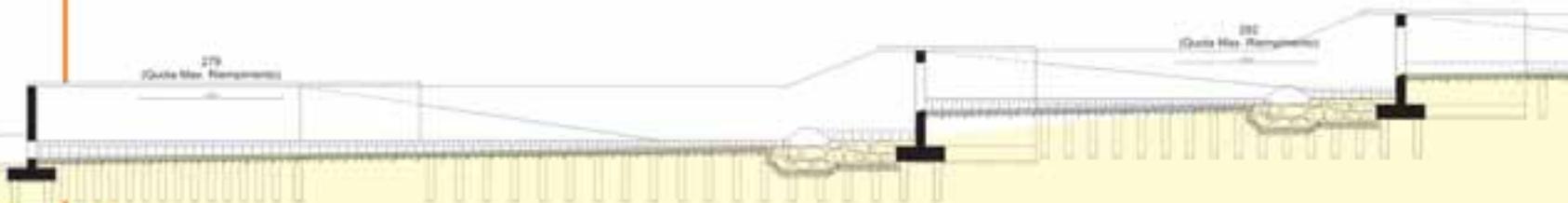
Moschiano, Vallone Murrelle

La vasca di accumulo delle colate provenienti dal vallone Murrelle, di capacità di circa 40.000 mc, è posta all'apice della conoide e raccoglie anche i detriti di un'altra incisione confluyente sulla conoide.

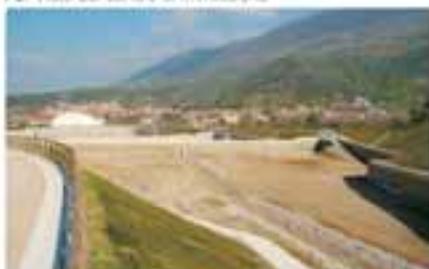
La pendenza del terreno nella zona di imposta non ha consentito la realizzazione di una unica vasca con fondo orizzontale. Seguendo la conformazione del terreno si è previsto la realizzazione di tre vasche in serie. La separazione è costituita da setti divisori trascinabili: nei setti è aperta una fessura dimensionata per consentire, con la condizione di massimo riempimento delle vasche a monte e a valle, il transito di una portata pari al valore di dimensionamento del canale emissario. La vasca più a valle è dotata di uno stramazzo di sicurezza che consente di scaricare verso valle il fango in esubero nel caso, peraltro poco probabile, di un evento di colata superiore a quello di progetto.

La luce di fondo della vasca a valle è dimensionata alla portata centennale in condizioni di massimo invaso della vasca; il canale emissario è realizzato con sezione rettangolare in c.a ed è dimensionato per contenere quasi ovunque il carico totale della corrente, dal momento che passa vicino a edifici ed in fregio a aree edificabili.

Dal punto di vista strutturale l'opera è realizzata completamente in scavo all'interno della conoide. I ripidi versanti sono sostenuti da muri fondati su pali. L'opera è completata dalla viabilità di servizio e dal modellamento dei versanti circostanti. Nel complesso l'impatto di quest'opera di grandi dimensioni sul paesaggio è modesto. In particolare la vasca è percepita soltanto da chi osserva dal versante opposto e da una quota elevata.



F2. Vista dal canale di immissione



VASCA DI ACCUMULO



PRINCIPALI DATI TECNICI

Volume totale vasca: **37.600 mc**

Area totale vasca: **11.600 mq**

Vasca 1

Volume : **19.600 mc**

Area : **5.600 mq**

Quota fondo : **275.50 m**

Quota coronamento : **280,00 m**

Vasca 2

Volume : **9.000 mc**

Area : **3.000 mq**

Quota fondo : **279.00 m**

Quota coronamento : **282,00 m**

Vasca 3

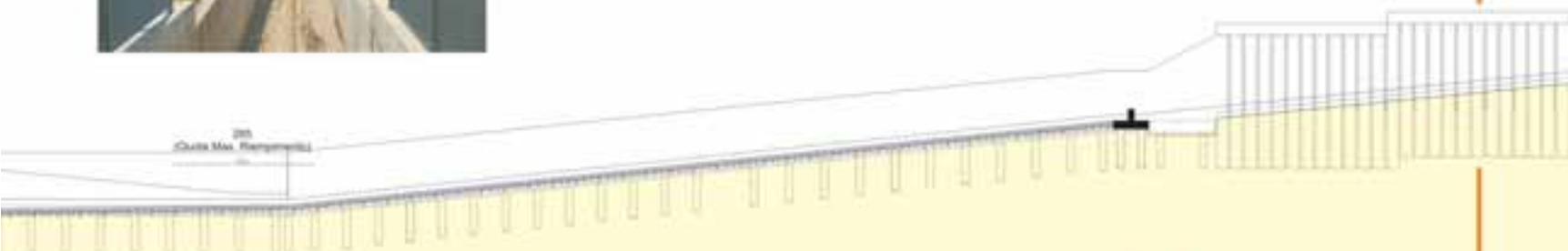
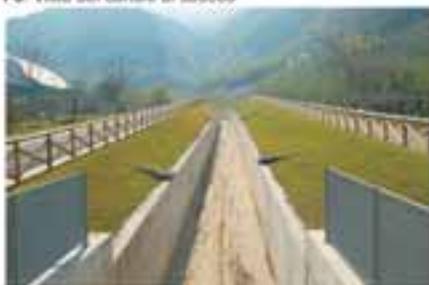
Volume : **9.000 mc**

Area : **3.000 mq**

Quota fondo : **282.00 m**

Quota coronamento : **285.00 m**

F3. Vista del canale di sbocco



S1. Sezione longitudinale

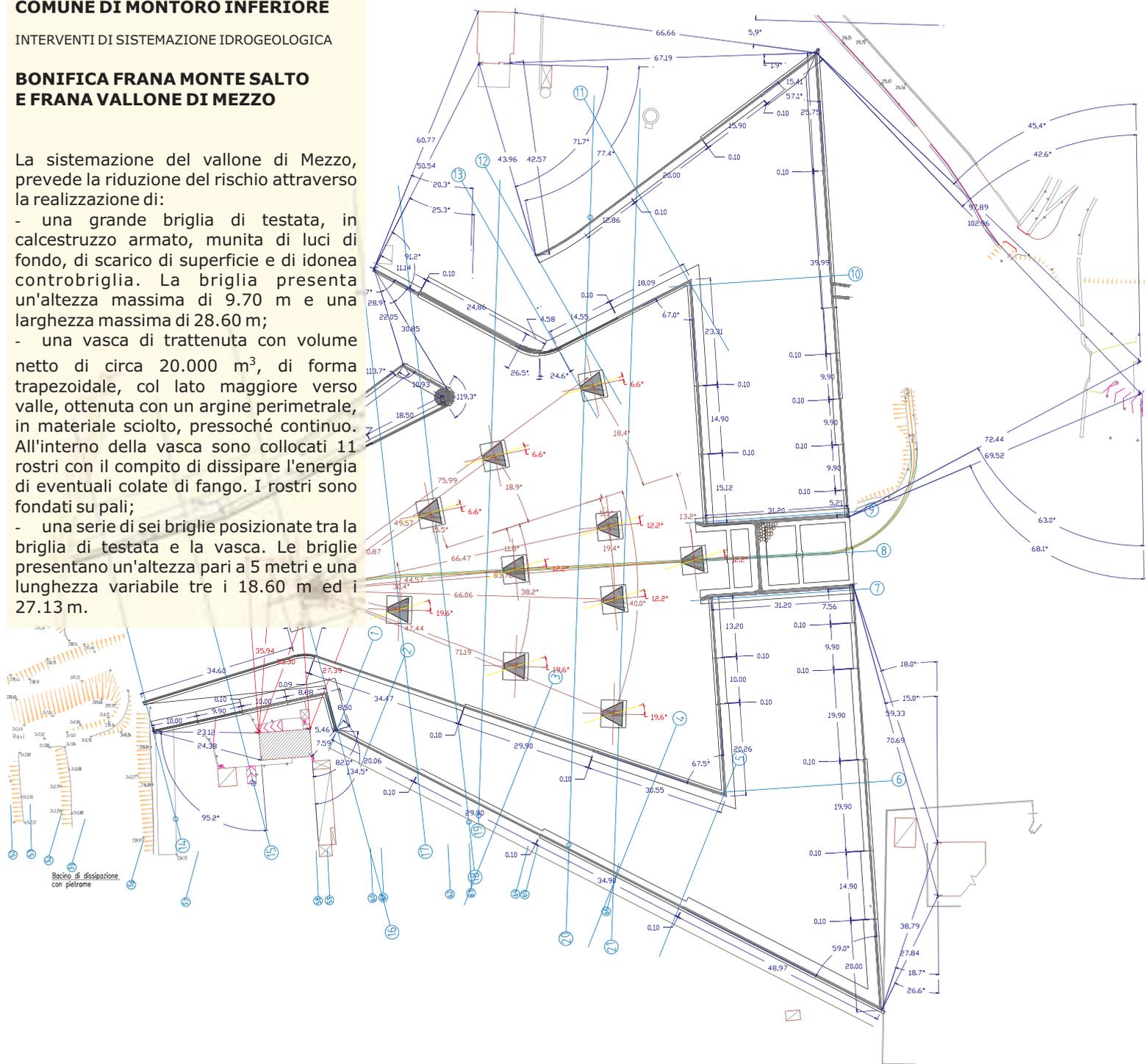
COMUNE DI MONTORO INFERIORE

INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDROGEOLOGICA

BONIFICA FRANA MONTE SALTO E FRANA VALLONE DI MEZZO

La sistemazione del vallone di Mezzo, prevede la riduzione del rischio attraverso la realizzazione di:

- una grande briglia di testata, in calcestruzzo armato, munita di luci di fondo, di scarico di superficie e di idonea controbriglia. La briglia presenta un'altezza massima di 9.70 m e una larghezza massima di 28.60 m;
- una vasca di trattenuta con volume netto di circa 20.000 m³, di forma trapezoidale, col lato maggiore verso valle, ottenuta con un argine perimetrale, in materiale sciolto, pressoché continuo. All'interno della vasca sono collocati 11 rostri con il compito di dissipare l'energia di eventuali colate di fango. I rostri sono fondati su pali;
- una serie di sei briglie posizionate tra la briglia di testata e la vasca. Le briglie presentano un'altezza pari a 5 metri e una lunghezza variabile tra i 18.60 m ed i 27.13 m.



VALLONE DI MEZZO / Planimetria generale di progetto



F1. Vista dal Santuario dell'Incoronata, Montoro Superiore



F2. Rostri frangicolata



F3. Panoramica del cantiere





Il centro abitato di Siano è difeso da due **valli longitudinali** che tengono lontano dal centro abitato sia le acque meteoriche sia eventuali colate di fango.

A sud e a ovest gli interventi in corso di ultimazione consistono nella realizzazione di un nuovo canale pedemontano, denominato "Borbone". Il collettore nella zona immediatamente a monte del centro abitato, è affiancato in dx idraulica, per un tratto di circa 800 m, da uno scudo costituito dall'innalzamento della sponda di monte, con la funzione di smorzamento o contenimento delle eventuali colate di versante.

È prevista la realizzazione di una vasca di recapito finale e di piccole vasche come bacini di accumulo e sedimentazione nei valloni immissari, anche con il recupero della funzionalità dei vecchi manufatti borbonici.

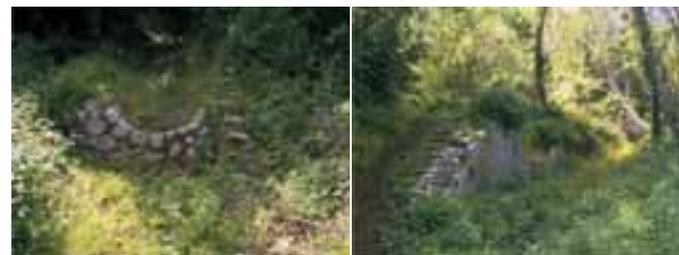


Panoramica dell'intervento in via di completamento (marzo 2007).



F1. Immagine del cantiere, il collettore in corso di realizzazione.

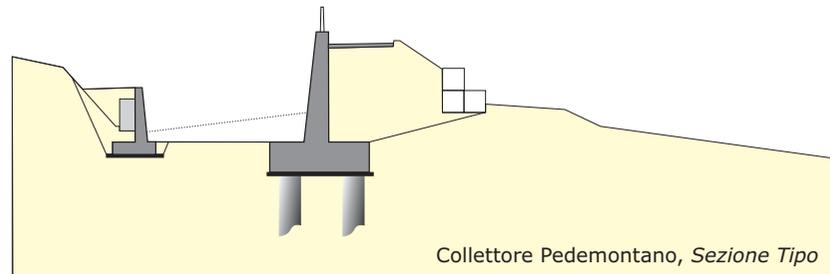
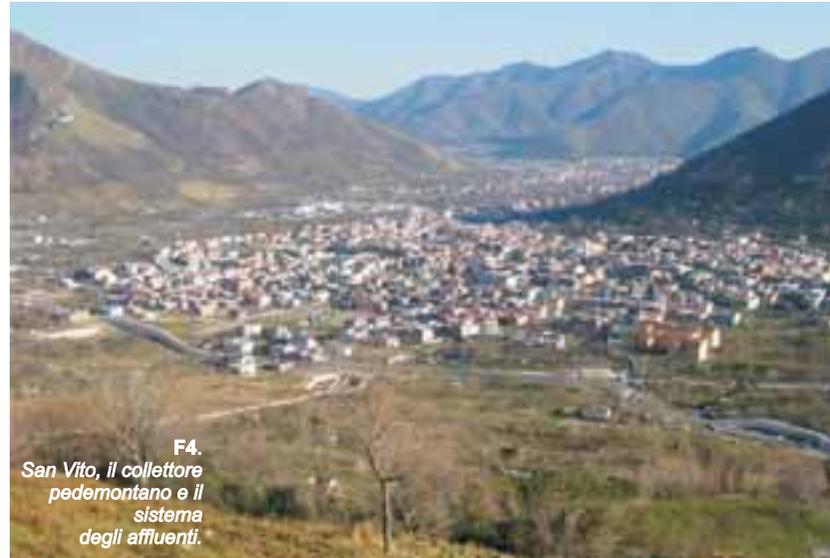
F2, F3. Opere idrauliche del periodo borbonico.



A nord il collettore San Vito raccoglie i deflussi e li convoglia verso l'omonima vasca. Lungo i versanti a monte del collettore sono state realizzate briglie e canali lungo tutti i valloni con piccole vasche di accumulo al piede.

Gli interventi ripristinano la continuità idraulica dei valloni, mentre il collettore costituisce anche una difesa dal rischio di colate, grazie alla sponda in dx idraulica rialzata e adeguatamente rinforzata.

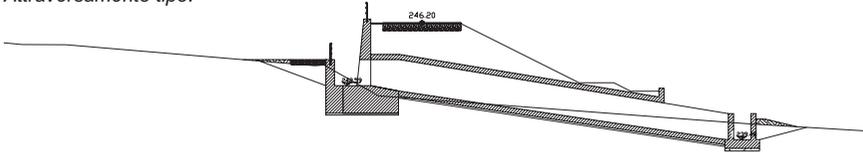
La vasca di accumulo S. Vito è costituita da due volumi, di circa di 40.000 mc ciascuno, collegati da uno scarico di troppo pieno realizzato con due scatolari in c.a.. Sulla prima vasca, già esistente, l'intervento è consistito essenzialmente nell'abbassamento del fondo. La seconda vasca è stata realizzata ex novo, parte in scavo e parte in rilevato. In questa seconda vasca che sarà solo eccezionalmente impegnata dalle acque o dal fango, si è realizzato il "Parco del ciliegio".



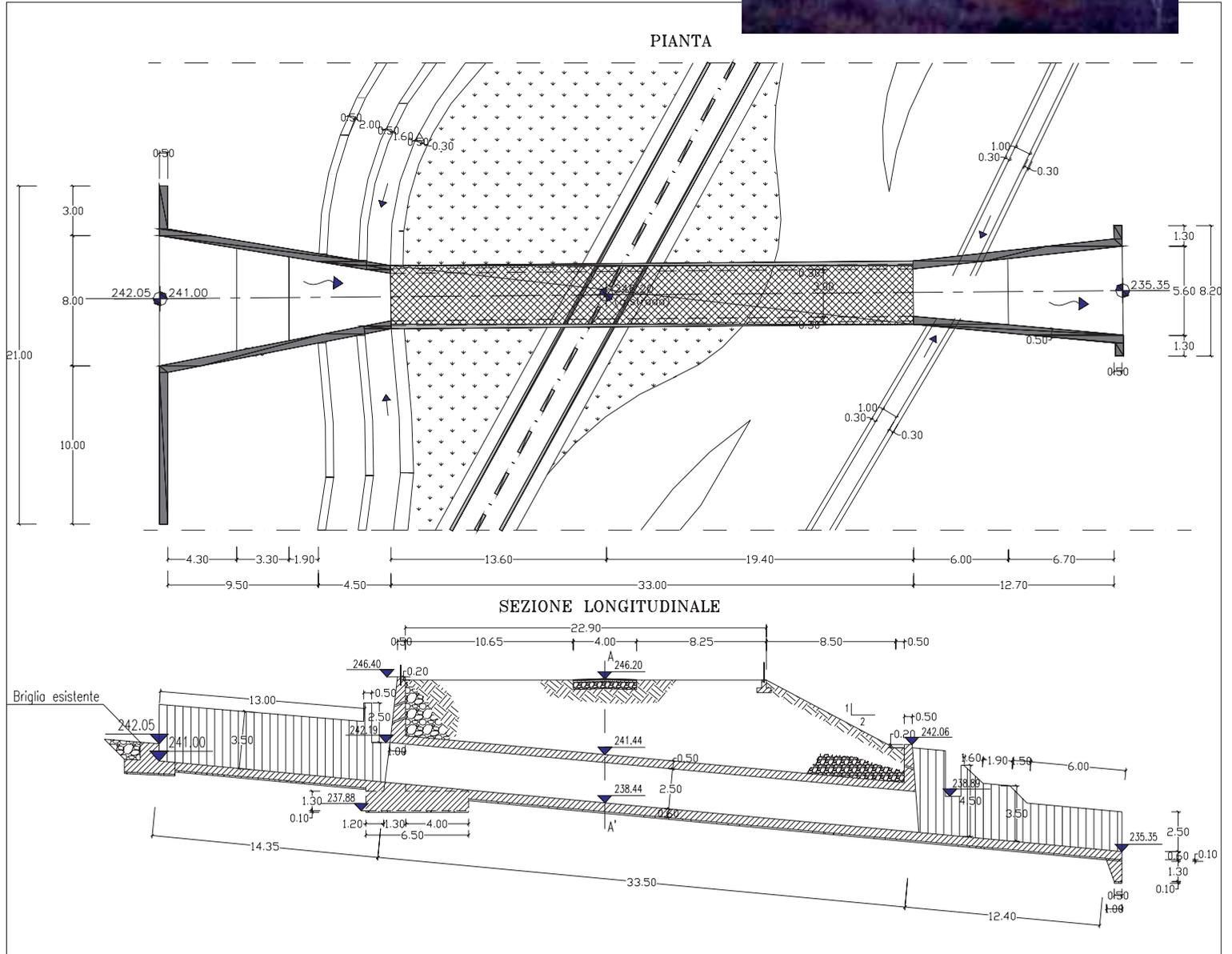
Planimetria generale di progetto.



Attraversamento tipo.



Attraversamento "loc. Paragnano".





Attraversamento "loc. Paragnano".

**VALLO LONGITUDINALE
FRAZIONI DI BEATO BOSAGRO**

L'intervento prevede opere di regimazione idraulica e di mitigazione del rischio idrogeologico nei valloni che insistono sulle frazioni di Beato e Bosagro, ad integrazione delle opere già realizzate lungo di essi.

In particolare è prevista la realizzazione di un vallo longitudinale di lunghezza complessiva di circa 1,7 Km, che funga anche da strada di servizio, raccordata ad altre strade di servizio già esistenti, in modo da consentire il collegamento alle opere di difesa del versante.

Sono previste opere accessorie e di completamento (piste di raccordo, opere di canalizzazione delle acque, attraversamenti minori, opere a verde).

Planimetria generale di progetto.



Planimetria generale di progetto



COMUNE DI PALMA CAMPANIA

SISTEMAZIONE IDROGEOLOGICA

VERSANTE CROCELLE

Il progetto esecutivo prevede:

- sei trincee drenanti, realizzate a valle di una stradina esistente, per la raccolta dei deflussi idrici provenienti dal versante e di eventuali colate di fango. Le trincee si snodano lungo le curve di livello in modo da minimizzare i volumi di scavo. La realizzazione è prevista con paratie di pali accostati;

- una strada di servizio per gli interventi di vigilanza e di manutenzione subito a valle delle trincee;

- una vasca di circa 1.200 m³ realizzata con una paratia di pali accostati, con funzione di invaso ed assorbimento parziale dei volumi idrici e dei volumi di materiale solido mobilizzati da una colata;

- interventi complementari, interessanti le aree di versante, le aste terminali degli impluvi, la stradina esistente e le canalizzazioni subito a monte delle trincee stesse:

- riprofilatura delle scarpate e sistemazione con geocomposito tridimensionale rinforzato da rete metallica e idrosemina;
- riempimenti con materiale proveniente dagli scavi, opportunamente selezionato e vagliato;
- gabbioni in pietrame, con filtri a tergo su geotessuto drenante;
- strutture di sostegno, ove necessarie, di tipo terramesh e geotessuto drenante;
- ripristino funzionale delle briglie, in pietra naturale, esistenti sugli impluvi dei bacini;
- realizzazione di quattro nuove briglie, di consolidamento e trattenuta;
- realizzazione nella parte terminale degli impluvi naturali, interventi diffusi (sistemazione del fondo e delle sponde mediante georete antierosione e materassi tipo Reno) e concentrati (briglie, gabbionate);

- sistemazione dei versanti con barriere paramassi e disaggi.

Briglie Realizzate con Gabbioni



Briglie Realizzate in C.A.



Le opere illustrate nelle pagine precedenti sono state realizzate, con la supervisione tecnico-scientifica della Struttura Commissariale, da:

Vasca Episcopio

Comune di Sarno (Sa)

Progettista: RTI Aquater S.p.A.
STCV S.r.l.
Dott. ing. Vincenzo Trassari

Ditta esecutrice: ATI Milano Costruzioni S.r.l. (Mandataria)
Vitale Costruzioni S.r.l. (Mandante)
RCM Costruzioni S.r.l. (Mandante)
MDM Costruzioni Generali S.r.l. (Mandante)
Brancaccio Costruzioni S.r.l. (Mandante)
Prato Verde S.r.l. (Mandante)

Direttore dei Lavori: Dott. ing. Luciano Campobasso.

Interventi di difesa attiva – Vallone Castagnetiello

Comune di Sarno (Sa)

Progettista: RTI Aquater S.p.A.
STCV S.r.l.
Dott. ing. Vincenzo Trassari

Ditta esecutrice: ATI Codra Mediterranea S.r.l. (Mandataria)
Vivai Piante Bonifico (Mandante)

Direttore dei Lavori: Dott. ing. Giovanni Di Marco.

Vasca Pietra della Valle

Comune di Quindici (Av)

Progettista: Dott. ing. Aldo Casadio

Ditta esecutrice: Milano Costruzioni S.r.l.

Direttore dei Lavori: Dott. ing. Aldo Casadio.

Vasca Connola

Comune di Quindici (Av)

Progettista: Hydroarch S.r.l.
Tractebel Development
Studio Tomasone Associati
Studio di Ingegneria Famiglietti

Ditta esecutrice: ATI MGA Costruzioni S.p.A (Mandataria)
CGA S.p.A. (Mandante)
Di Stasio S.r.l. (Mandante)

Direttore dei Lavori: Dott. ing. Vincenzo Napoli.

Vasca Murelle

Comune di Moschiano (Av)

Progettista: Prof. ing. Luigi Natale
Dott. ing. Salvatore Bellizzi

Ditta esecutrice: Castaldo Costruzioni S.p.A

Direttore dei Lavori: Dott. ing. Domenico Maturo.

Monte Salto e frana Vallone di Mezzo

Comune di Montoro inferiore (Av)

Progettista: Prof. ing. Domenico Pianese

Ditta esecutrice: ATI COGIP (Mandataria)
AKEY (Mandante)

Direttore dei Lavori: Dott. ing. Giulio Spagnulo.

Bosco Borbone – Monte Torello

Comune di Siano (Sa)

Progettista: Hydroarch S.r.l.
Tractebel Development
Studio Tomasone Associati
Studio di Ingegneria Famiglietti

Ditta esecutrice: Edrevea S.p.A.

Direttore dei Lavori: Dott. ing. Mario Saverio Orlacchio.

Collettore Pedemontano – Vasca S. Vito

Comune di Siano (Sa)

Progettista: Dott. ing. Vincenzo Trassari

Ditta esecutrice: SEAS S.p.A.

Direttore dei Lavori: Dott. ing. Aldo Grimaldi.

Vallo longitudinale frazioni di Beato – Bosagro

Comune di Quindi (Av)

Progettista: Dott. ing. Mario Gaeta
Dott. ing. Vincenzo Napoli

Ditta esecutrice: Consorzio Stabile Novus S.p.A.

Direttore dei Lavori: Dott. ing. Francesco Melisi.

Crocelle

Comune di Palma Campania (Na)

Progettista: Prof. ing. Giuseppe De Martino

Ditta esecutrice: ATI MGA (Mandataria)
COSTRUIRE A e G S.r.l.(Mandante)

Direttore dei Lavori: Dott. ing. Domenico Calabria.

Il Presidio Territoriale e la gestione dell'emergenza a Sarno

Pasquale Versace, Antonio Caruso, Maria Cassetti, Giovanna Capparelli

1 Introduzione

Nel settore del rischio idrogeologico, la realizzazione del Sistema Nazionale di Protezione Civile, previsto dalla legge 24 febbraio 1992, n. 225, ha subito una notevole accelerazione, dopo gli eventi alluvionali che negli anni 90 hanno interessato varie regione italiane.

In particolare le modalità connesse all'organizzazione, al coordinamento e all'attuazione dei Piani di emergenza sono state oggetto di importanti provvedimenti legislativi, a partire dal DL 180/98 (Decreto Sarno), convertito con legge del 3 agosto 1998, n. 267, e dal DL 279/2000 (Decreto Soverato), convertito con legge dell'11 dicembre 2000, n. 365. Queste norme richiedono, per le aree a rischio idrogeologico, la predisposizione di *piani di emergenza*, che prevedano l'attuazione di misure per la salvaguardia delle popolazioni coinvolte, da decidere sulla base delle informazioni acquisite attraverso sistemi di monitoraggio.

Per effetto di tali normative in molte regioni sono state attivate importanti iniziative per l'organizzazione e la gestione dell'emergenza, realizzando reti di monitoraggio e mettendo a punto idonee procedure.

Di particolare rilievo è l'esperienza maturata a Sarno e negli altri Comuni campani travolti dai tragici eventi del maggio 1998, dove vige un Piano Interprovinciale di emergenza – rischio colate di fango.

Il modello di intervento adottato a Sarno segue lo schema proposto da Versace (1985), e comprende, così come schematizzato nella figura 1:

- l'articolazione del piano in più fasi successive (presidio, allerta, preallarme, allarme), nelle quali si attivano in modo progressivo le risorse di protezione civile, e si creano le premesse operative per adottare, ove necessario, tempestivi provvedimenti tesi a garantire l'incolumità della popolazione. Tali provvedimenti comprendono: interventi di somma urgenza per mitigare l'effetto prodotto dall'evento (disposti a Sarno dalla figura dell'Ingegnere delegato) e misure di salvaguardia volte a ridurre, fino ad annullarla, la presenza di persone nelle aree a rischio;
- una rete di monitoraggio che consente di acquisire in tempo reale dati meteorologici, idrologici, geotecnici, ecc., utili per valutare l'andamento dei precursori di evento;
- un archivio di modelli che, utilizzando i dati misurati dalla rete di monitoraggio, è in grado di fornire valutazioni circa la pericolosità dell'evento in corso;

- una rete di osservatori, il Presidio Territoriale, con la duplice funzione di delineare, in tempo di pace, gli scenari di evento e gli scenari di rischio, e, di osservare, in corso di evento, l'evoluzione del fenomeno, segnalando con la necessaria tempestività l'insorgere di potenziali criticità (frane, fenomeni alluvionali) che potrebbero compromettere l'incolumità delle persone.

Molte delle esperienze maturate a Sarno sono state recepite a livello nazionale nella Direttiva emanata dal Presidente del Consiglio dei Ministri il 27 febbraio 2004 che si propone di razionalizzare le diverse iniziative nel frattempo avviate in varie realtà regionali. Essa in particolare:

- detta gli indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento di protezione civile;
- definisce i soggetti istituzionali e gli organi territoriali coinvolti nelle attività di previsione e prevenzione del rischio e di gestione dell'emergenza;
- stabilisce gli strumenti e le modalità con cui le informazioni relative all'insorgenza ed evoluzione del rischio idrogeologico ed idraulico, devono essere raccolte, analizzate e rese disponibili per le autorità competenti.

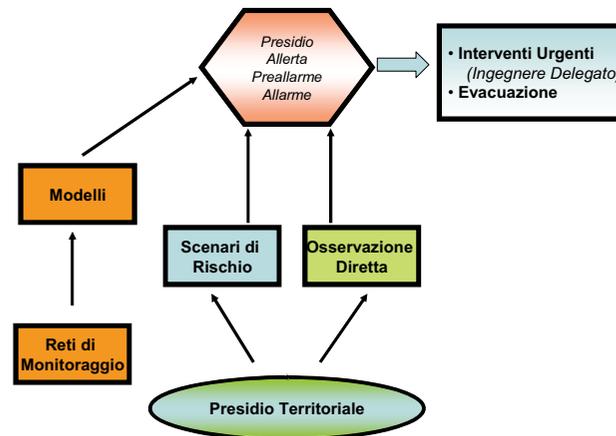


Fig.1 – Modello di intervento di protezione civile

Le indicazioni suggerite dall'esperienza Sarno sono state recepite naturalmente anche in Campania, a livello regionale, attraverso la completa riorganizzazione del settore della Protezione Civile ed un importante programma per la riduzione del rischio idrogeologico che prevede, tra l'altro, molteplici interventi non strutturali (sala operativa, centro funzionale, previsione meteorologica, reti di monitoraggio, presidi territoriali, pianificazione di emergenza).

Nella gestione dell'emergenza Sarno c'è una stretta collaborazione tra le strutture della Protezione Civile Regionale (Sala Operativa e Centro Funzionale) e quelle del Commissario di Governo preposto alla ricostruzione dei comuni colpiti (Nucleo Operativo, Presidio Territoriale e Ingegnere Delegato).

Questa nota descrive nel dettaglio l'attività svolta dalle strutture del Commissario Delegato, analizzando il Piano Interprovinciale di emergenza, le funzioni svolte dal Nucleo Operativo e dall'Ingegnere delegato, e le numerose attività del Presidio Territoriale, e in particolare: le iniziative in tempo di pace, la produzione di cartografia tematica, le carte dei punti di crisi, le azioni in emergenza, i rapporti di evento. Sono infine richiamati i modelli di preannuncio adottati.

2 Piano Interprovinciale di emergenza

In seguito agli eventi franosi del 5-6 maggio 1998, in Campania, nei territori dei Comuni di Bracigliano, Quindici, San Felice a Cancelli, Sarno e Siano, furono attivati dal Dipartimento della Protezione Civile interventi strutturali per la realizzazione di opere di sistemazione idrogeologica e interventi non strutturali riguardanti:

- la individuazione delle aree ad elevato rischio idrogeologico di colate rapide di fango (*linea rossa*);
- il potenziamento della rete di sorveglianza idropluviometrica con l'installazione di nuovi pluviometri in telemisura;
- l'avviamento delle attività di Presidio Territoriale;
- la predisposizione e attuazione di un piano di Protezione civile per la gestione tecnica dell'emergenza, denominato "Piano Interprovinciale di emergenza – rischio colate di fango".

Il Piano Interprovinciale coinvolge diversi Enti (fig.2) ed è cambiato nel tempo, subendo diverse modifiche ed integrazioni, soprattutto in relazione alle mutate conoscenze del territorio, derivanti dall'approfondimento delle informazioni sui fenomeni franosi e dalla realizzazione di importanti opere di mitigazione del rischio idrogeologico. La gestione tecnica delle varie fasi operative di allertamento è affidata al Commissario Delegato ex O.M.I. n. 2787/1998.

3 Nucleo Operativo

Il Nucleo Operativo, attivato dalla Sala Operativa regionale, assicura, fino alla cessazione dell'allerta, il presidio H24 degli uffici della Struttura Commissariale, l'elaborazione dei dati pluviometrici per l'applicazione del modello idrologico FLalR, il coordinamento delle attività dei Presidi Territoriali e il supporto operativo all'Ingegnere Delegato, alla Sala Operativa regionale, ai Centri Operativi Comunali (C.O.C.) e al Dipartimento della Protezione Civile nazionale.

Le attività del Nucleo sono svolte da coppie di tecnici del Presidio Territoriale sia nella fase ordinaria che nelle previste fasi di allerta (presidio, attenzione, preallarme e allarme). Ogni fase è contraddistinta da un Codice Operativo crescente da 0 a 4:

- fase ordinaria – (CO 0)
- stato di presidio – (CO 1)
- fase di attenzione – (CO 2)
- fase di preallarme – (CO 3)
- fase di allarme – (CO 4).

Nella fase ordinaria, il personale del Nucleo cura l'archiviazione della documentazione inviata dai tecnici del Presidio (rapporti di evento, aggiornamento delle cartografie tematiche) e da altri Enti (Comuni, Province, Genio Civile, Autorità di Bacino, ecc.) in relazione ai dissesti rilevati nel corso di sopralluoghi tecnici.

Nelle successive fasi il Nucleo cura:

- l'elaborazione dei dati pluviometrici per il calcolo, in tempo reale, del valore corrente dell'indice FLalR da confrontare con i relativi valori di soglia (attenzione, preallarme e allarme)
- la comunicazione dell'attivazione dello stato di Presidio e delle successive fasi di allerta ai Direttori dei lavori che dirigono cantieri nelle aree a rischio
- la segnalazione alla Sala Operativa dell'eventuale superamento dei valori soglia del modello idrologico FLalR
- l'attivazione e il coordinamento delle attività dei tecnici del Presidio Territoriale sulla base dell'entità dei dati misurati e delle richieste di sopralluogo della Sala Operativa, dell'Ingegnere Delegato e dei Centri Operativi Comunali
- la trasmissione (in corso di evento), agli Enti preposti all'attuazione di interventi di somma urgenza (Settore regionale di protezione civile e Ingegnere Delegato), dei rapporti di sopralluogo effettuati dai tecnici del Presidio per la verifica e il controllo dei punti di maggiore criticità idrogeologica e idraulica.

Tutte queste attività vengono annotate dai tecnici in servizio nel "*Diario del Nucleo Operativo*" che raccoglie la documentazione prodotta durante ogni

singola attivazione. Il Diario si compone dei seguenti documenti: il Foglio Situazioni, l'Agenda, i Rapporti di evento e il Bollettino della situazione pluviometrica.

Il *Foglio situazioni* viene compilato all'inizio di ciascun turno ed ha lo scopo di riportare in maniera sintetica il quadro della situazione trascorsa ed in atto nelle ultime ore, con indicazione del livello di codice attivo, dei codici che si sono adottati nel corso della giornata con gli orari di attivazione, nonché di tutti i tecnici che sono stati di turno nel corso della giornata.

L'*Agenda* riassume in maniera sintetica tutte le operazioni, pianificate e non, che sono state compiute dai funzionari nei rispettivi turni di lavoro. In base al codice attivo i funzionari dovranno compiere una serie di azioni codificate e compilare il relativo foglio.

Il *Rapporto di evento*, sul quale si ritornerà più avanti, è predisposto dai tecnici del Presidio solo nel caso di attivazione del codice di allerta di livello 2 o superiore, oppure in presenza di dissesti di particolare pericolosità per l'incolumità delle persone. Il rapporto di evento viene inviato dai tecnici del Presidio operanti sul territorio al Nucleo Operativo con la massima tempestività, in ogni caso prima della disattivazione dello Stato di Presidio.

Il *Bollettino situazione pluviometrica* è ad uso interno e riporta, in maniera sintetica, i valori di pioggia registrati dal Centro Funzionale nel corso dell'evento. In particolare, vengono riportati i dati di pioggia registrati nei pluviometri in telemisura. Il Bollettino viene emesso con frequenza (indicata in tabella 1) che dipende dal livello di allerta presente.

Il Bollettino contiene le seguenti informazioni:

- data di compilazione, data del successivo aggiornamento e pluviometri di riferimento
- quadro riassuntivo generale dell'evento in atto con eventuali previsioni meteorologiche per le ore successive
- dati pluviometrici significativi
- pioggia caduta, confrontata con i valori di soglia fissati per i Comuni di Sarno, Quindici, Siano, Bracigliano e San Felice a Cancellò
- valore corrente dell'indice FlalR.

4 Ingegnere Delegato

L'Ingegnere Delegato viene attivato, contestualmente al Presidio Territoriale, dalla Sala Operativa regionale di Protezione Civile. Il suo compito è quello di disporre, in corso di evento, interventi di somma urgenza per la rimozione delle situazioni di pericolo, in stretto coordinamento con la Protezione Civile regionale. Per le attività di monitoraggio e sopralluogo all'interno delle aree di competenza, egli si avvale della collaborazione dei Presidi Territoriali e dei Tecnici della Funzione 1 dei Centri Operativi Comunali. L'Ingegnere Delegato ha il compito, inoltre, di verificare la

presenza dei responsabili di cantiere nelle aree oggetto di interventi di messa in sicurezza e di supportare i Sindaci, durante la fase di allarme, nelle decisioni relative all'evacuazione della popolazione.

5 Presidio Territoriale

5.1 Funzioni e compiti

Il Presidio Territoriale ha il compito di monitorare e raccogliere i primi rilievi dello stato di dissesto delle aree colpite e garantire la gestione tecnica del Piano Interprovinciale di emergenza.

Le attività di Presidio sono svolte nei territori della Regione Campania interessati dagli eventi del maggio 1998 (Sarno, Quindici, ecc), del dicembre 1999 (Cervinara, San Martino Valle Caudina, ecc) e del marzo 2005 (Nocera Inferiore).

Il Presidio è composto da geologi ed ingegneri di comprovata esperienza, in servizio presso la Struttura Commissariale per l'emergenza idrogeologica in Campania ex O.M.I. 2787/1998.

Il coordinamento tecnico e scientifico è assicurato dal professore Pasquale Versace. Il coordinamento operativo dal dott. Antonio Caruso.

Il Presidio svolge sia attività in "ordinario" ovvero in periodo di pace, sia attività in emergenza per la gestione tecnica del Piano Interprovinciale.

5.2 Attività in tempo di pace

Le attività ordinarie consistono nel monitoraggio del territorio e nell'acquisizione e nell'aggiornamento periodico e sistematico di dati territoriali, da utilizzare per:

- la predisposizione di elaborati di supporto alle progettazioni;
- studi specialistici nel campo idrogeologico, idrologico, geomorfologico, idraulico e geotecnico a supporto di attività di ricerca;
- la predisposizione, l'aggiornamento e la revisione delle cartografie tematiche di Presidio.

I dati di campagna sono raccolti seguendo un "protocollo" di presidio che consente, a qualsiasi operatore impegnato in attività di campo, di codificare e uniformare le procedure, le simbologie e la tipologia degli elementi territoriali da rilevare e monitorare. Un esempio di schede-tipo utilizzate nelle attività di monitoraggio del Presidio è riportato in fig. 3.

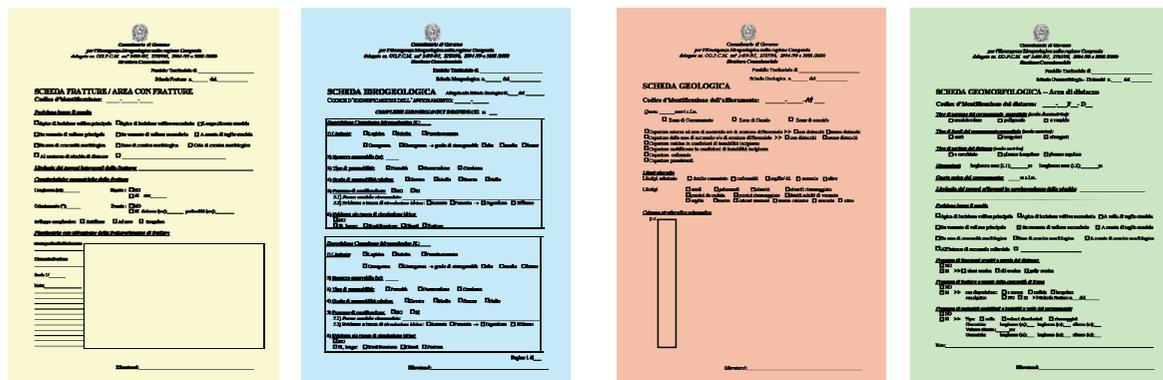


Figura 3 – Schede di rilevamento delle attività di Presidio Territoriale

Di grande rilevanza è il controllo sistematico e periodico dell'evoluzione del quadro fessurativo delle coltri piroclastiche che ricoprono i versanti carbonatici della dorsale di Pizzo d'Alvano.

Il rilevamento di campagna (fig. 4 e 5) si effettua soprattutto in seguito ad eventi idrologici di una certa entità, avvalendosi di strumenti molto semplici (bussola da geologo e rullina metrica), e consiste nell'acquisizione dei principali parametri geometrici delle fessure: direzione, lunghezza, beanza e rigetto.



Fig. 4 - Fratture delle coltri piroclastiche rilevate sulla dorsale di Pizzo d'Alvano

L'evoluzione di tali parametri e la variazione eventualmente indotta dal più recente e significativo evento pluviometrico è un chiaro indicatore della potenziale mobilitazione delle coltri vulcanoclastiche presenti sul versante, soprattutto se sono ubicate in corrispondenza di pendii molto acclivi, e in aree morfologicamente predisposte agli inneschi come le aree di ZOB, dove sono presenti rilevanti spessori di coperture piroclastiche rimaneggiate.



Quadro riassuntivo delle coperture piroclastiche collaterali del settore di Sarno Episcopio Area A7
aggiornamenti al 30/03/2010

Zona						Zona							
N°	Codice Frattura	Stress	Long. as. (m)	Spigolo (m)	Area (m²)	% (%)	N°	Codice Frattura	Stress	Long. as. (m)	Spigolo (m)	Area (m²)	% (%)
21	00_21	0.90	7.2	30	0	20	00_21	0.90	6.2	15	27		
22	00_22	0.80	14	8	0	14	00_22	0.80	8	0	0	0	0
23	00_23/04_23	0.80	18	1	18	22	00_23	0.70	3	0	0	0	0
24	00_24	0.80	2	20	0	20	00_24	0.80	0	1	0	0	0
25	00_25	0.80	7	0	20.8	24	00_25/04_25	0.80	1.2	1	1	1	1
26	00_26	0.80	1.2	0	1.0	10	00_26/04_26	0.80	0.2	0	0	0	0
27	00_27/04_27	0.70	0	0	0	0	00_27/04_27	0.80	1.00	0	0	0	0
28	00_28/04_28	0.80	4.1	14	27	27	00_28/04_28	0.70	11.77	17	10	10	10
29	00_29	0.80	19	30	40	36	00_29/04_29	0.80	3.7	0	0	0	0
30	00_30	0.70	0	20	0	0	00_30/04_30	0.80	0.8	21	0	0	0
31	00_31/04_31	0.80	4	0	0	0	00_31/04_31	0.70	17	10	10	10	10
32	00_32/04_32	0.80	1	0	1	1	00_32/04_32	0.70	6.8	1	1	1	1
33	00_33/04_33	0.80	0.8	1	1	1	00_33/04_33	0.70	0	0	0	0	0
34	00_34/04_34	0.80	4	15	0	0	00_34/04_34	0.70	0	0	0	0	0
35	00_35/04_35	0.80	0	0	0	0	00_35/04_35	0.70	10.4	11	10	10	10
36	00_36/04_36	0.70	16.4	30	40	36	00_36/04_36	0.70	14	10	10	10	10
37	00_37/04_37	0.80	11.0	40	25	25	00_37/04_37	0.80	0	0	0	0	0
38	00_38/04_38	0.80	13.1	30	30	30							
39	00_39/04_39	0.80	14	0	0	0							
40	00_40	0.80	14	27	40	40							
41	00_41	0.80	18	14	0	0							

Fig. 5 Misura dei parametri geometrici delle fratture

Viene inoltre effettuato un monitoraggio sistematico con rilievi puntuali e documentazione fotografica dello stato di avanzamento dei lavori di sistemazione idrogeologica (fig.6) in corrispondenza dei tratti di alveo o di versante interessati dalle opere di sistemazione, per acquisire documentazione utile sulle caratteristiche dei materiali di copertura e verificarne la coerenza con la previsione progettuale.



Fig. 6 – monitoraggio delle opere realizzate

Il Presidio assicura anche il supporto tecnico alle attività progettuali, partecipa a gruppi di studio o di lavoro su tematiche di particolare interesse della Struttura Commissariale, predispone documenti tecnici quali rapporti di evento, criteri metodologici, indagini idrologiche, modellazione matematica di fenomeni naturali, assistenza alle prove in laboratorio e in sito, attività di editing, sistemi informativi e altro ancora, come è ben documentato nei Quaderni già pubblicati dal Presidio (fig.7).

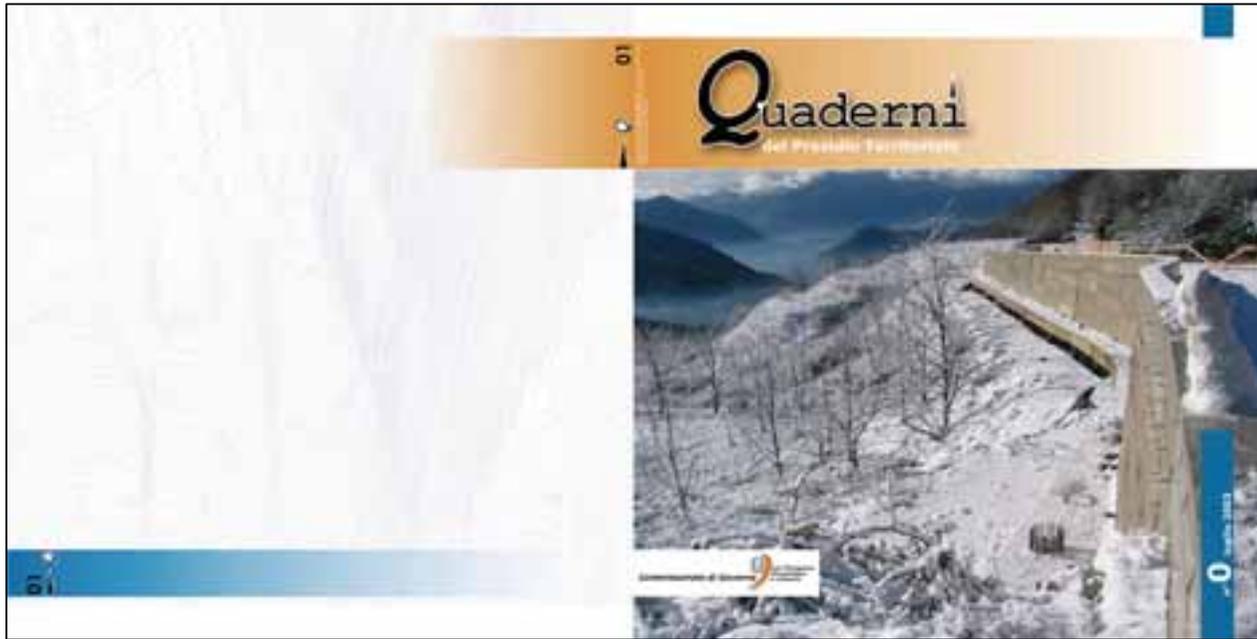


Fig.7 – Quaderni del Presidio

Gli elaborati del Presidio sono risultati, inoltre, di grande utilità per la predisposizione delle Carte della pericolosità che identificano le zone nelle quali è possibile, con particolari accorgimenti, la riparazione e la ricostruzione degli edifici distrutti dalle colate di fango del maggio 1998. Le carte sono state costruite, infatti, attraverso la valutazione della pericolosità dei valloni, il calcolo dei volumi mobilizzabili, la ricostruzione delle traiettorie seguite dalle colate in epoca storica e/o recente e da altri elementi, tutti ottenuti attraverso l'interpretazione e l'approfondimento degli elaborati prodotti dal Presidio Territoriale (fig.8).

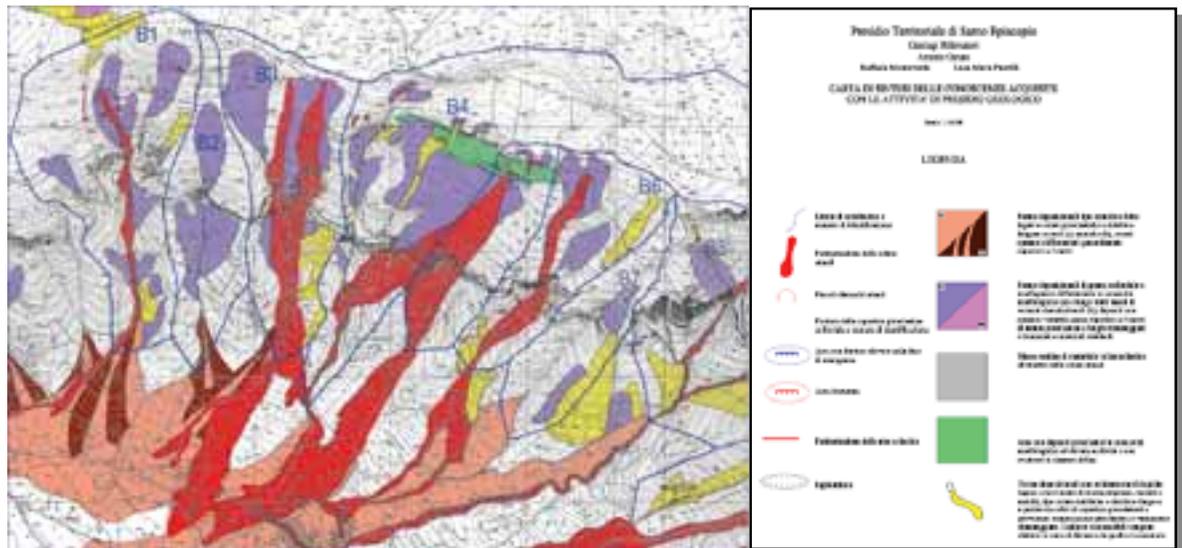
5.3 Produzione cartografica

L'acquisizione dei dati, la realizzazione di scavi lungo i versanti e le aree di fondovalle per la redazione di dettagliate stratigrafie dei depositi vulcanici, lo studio e l'interpretazione delle foto aeree delle aree invase dalle colate, hanno consentito la redazione di cartografie tematiche che costituiscono le carte di base per tutte le attività di Presidio Territoriale.

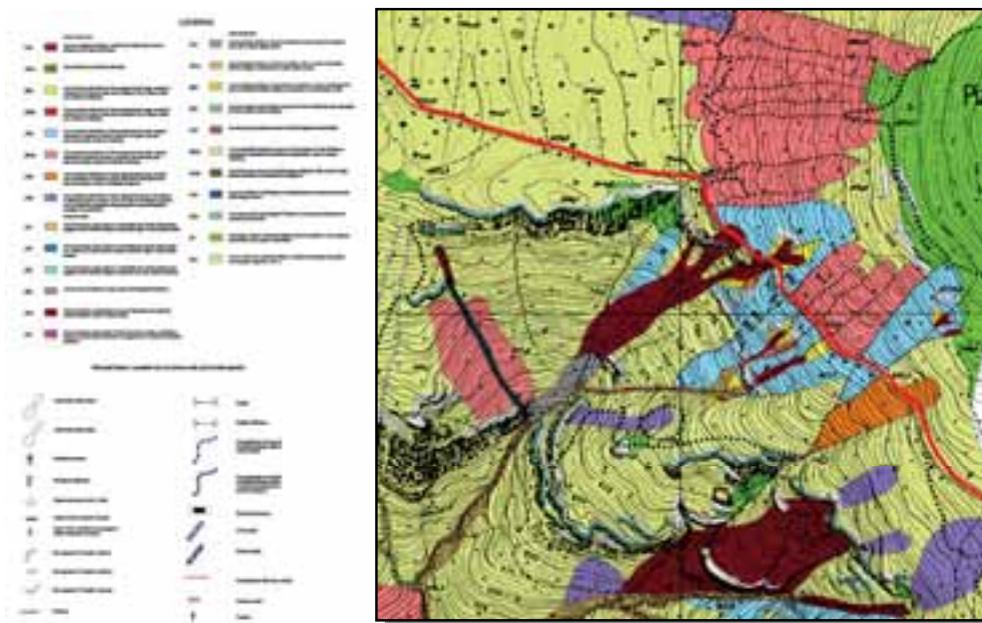
Tale cartografia è risultata decisiva sia per la fase di identificazione e progettazione delle opere di messa in sicurezza del territorio e sia per la gestione tecnica dell'emergenza.

Le Carte tematiche di maggiore interesse sono:

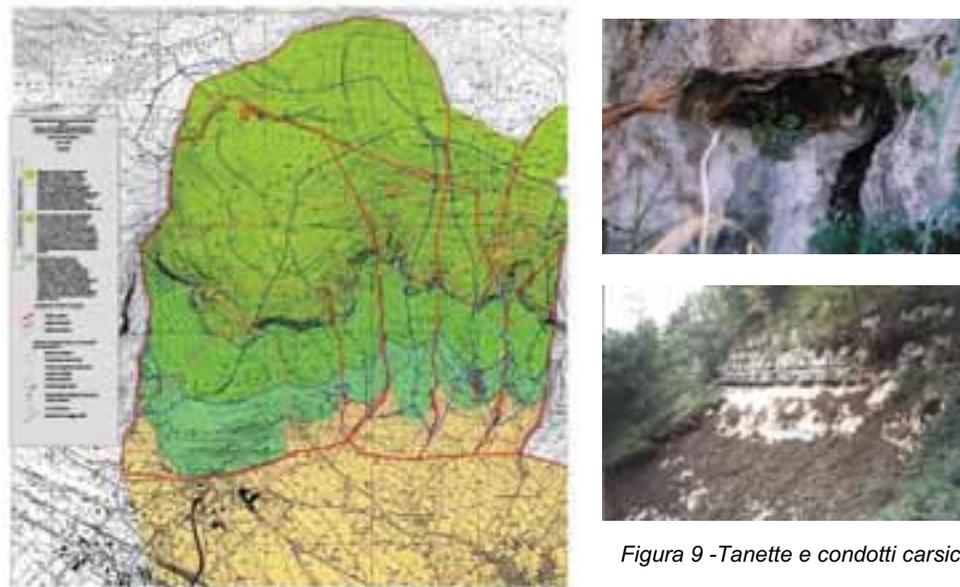
- la *Carta di Sintesi*, che consente di individuare: i bacini idrografici e i relativi sottobacini (con relativa codifica), la geometria delle frane (distinte in base all'età e alle relative aree di distacco, transito, erosione, accumulo ed invasione), le aree di concavità morfologica (hollows e zob), le forme deposizionali e di accumulo alla base dei versanti (Talus) e nelle aree di fondovalle (conoidi). Queste forme del paesaggio associate agli elementi di dissesto incipiente rilevato (rill erosion, gully erosion, creep e fratture beanti a rigetto prevalente) nei terreni di copertura, consentono di individuare, preliminarmente, le aree a maggiore pericolosità geologica e quelle ad elevata franosità pressa;



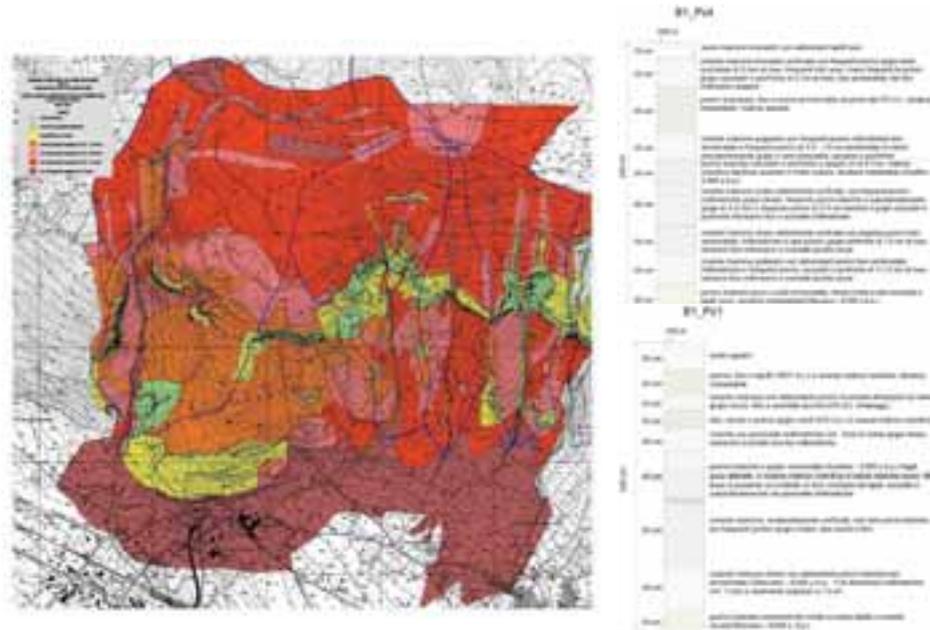
la Carta di zonazione finalizzata alla valutazione della pericolosità geologica da fenomeni franosi, che consente l'individuazione di aree omogenee, a diversa tipologia e grado di pericolosità residua e/o potenziale. La sovrapposizione di queste aree (ZD) con le classi di spessore contenute nella "Carta delle classi di spessore delle coperture" consente un calcolo preliminare dei volumi del materiale potenzialmente mobilizzabile a seguito di eventuali nuove frane. Permette, inoltre (attraverso il controllo sistematico degli oggetti geologici rilevati dopo eventi pluviometrici significativi), di controllare l'evoluzione dinamica delle aree più pericolose e di prospettare, almeno preliminarmente, gli scenari di dissesto ritenuti più probabili durante le fasi di emergenza;



- la Carta Lito-strutturale, che riporta le litologie del substrato, i loro rapporti stratigrafici, i lineamenti tettonici individuati a scala regionale (faglie principali e bordiere) con l'ausilio delle foto aeree e gli elementi strutturali secondari (faglie e fratture) rilevati sul terreno. Questi elementi di base, unitamente agli indizi di circolazione idrica ipogea rilevati nel substrato (condotti carsici e tanette) consentono una preliminare ricostruzione dell'assetto giaciturale e strutturale dei terreni del substrato, strumento indispensabile per lo studio dei fenomeni di innesco delle frane;



- *la Carta delle classi di spessore delle coperture*, rilevate rispetto ai terreni del substrato. La conoscenza di tali spessori consente di calcolare, bacino per bacino, il volume di alimentazione di potenziali frane e di prospettare lo scenario dell'evento massimo atteso nell'area.



6 Carta dei Punti di Crisi

La Carta dei punti di Crisi e le relative schede tecniche rappresentano la documentazione di base del Piano Interprovinciale di emergenza da utilizzare come supporto delle attività dei tecnici impegnati nelle varie fasi di attuazione del Piano.

Tale cartografia (fig.10) riporta

- le aree soggette potenzialmente a fenomeni di natura idraulica nel corso di eventi pluviometrici intensi, quali:
 - aree di erosione, trasporto e deposito del materiale piroclastico alluvionale;
 - aree di probabile ostruzione e/o strozzatura idraulica;
 - zone soggette ad allagamento nelle aree di recapito dei canali;
- le aree potenzialmente soggette alle colate di fango in corrispondenza di:
 - punti di espansione della colata;
 - accumulo di materiale detritico e/o alluvionale di possibile mobilitazione presente negli alvei;
 - dissesti spondali.
- i percorsi per raggiungere i punti di crisi ed i relativi punti di osservazione, durante l'evento pluviometrico, in condizioni di massima sicurezza.

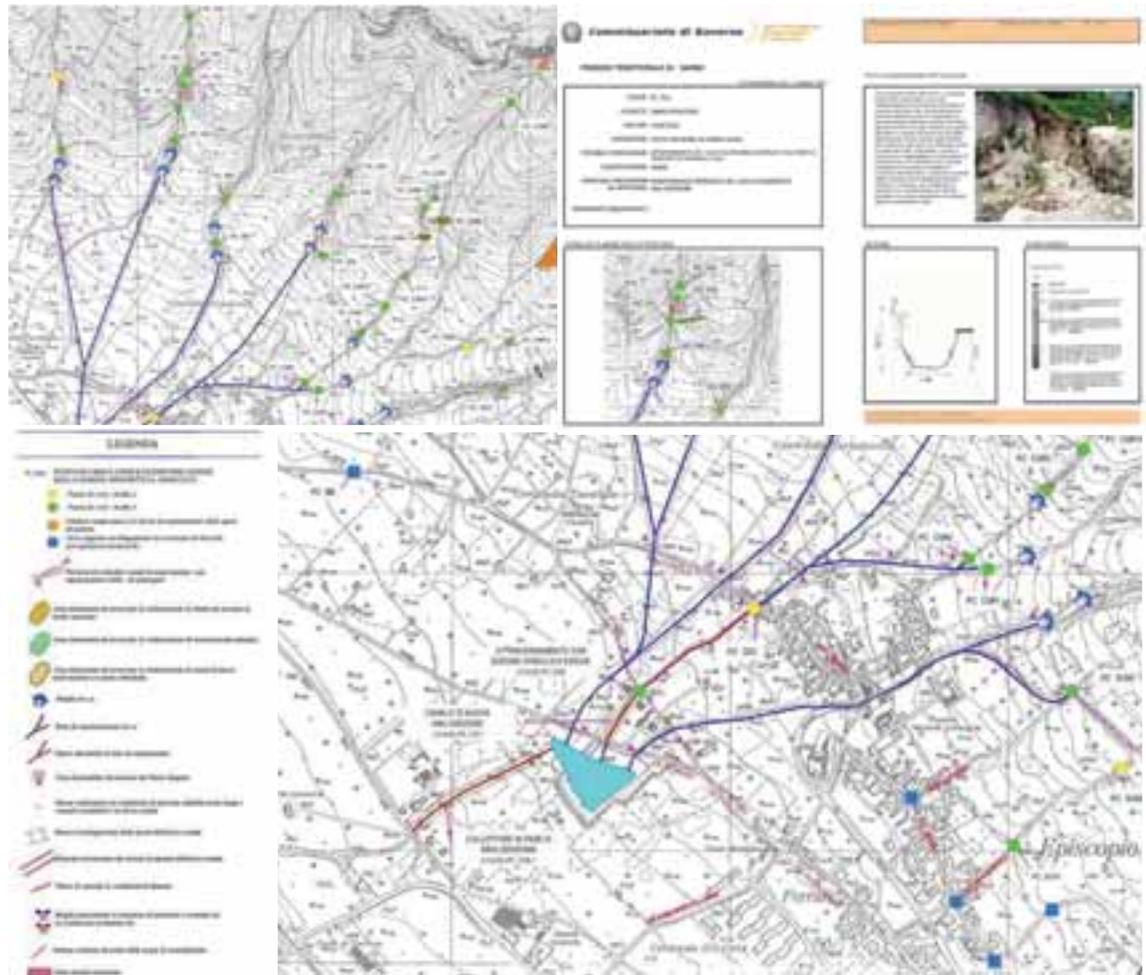


Figura 10 – Stralcio Carta dei Punti di Crisi del territorio di Sarno.

7 Attivazioni in emergenza

Il Presidio Territoriale viene attivato dal Nucleo Operativo al superamento della soglia pluviometrica di attenzione o in caso di segnalazione di dissesti del territorio, rilevati da altri soggetti, provocati da eventi pluviometrici di particolare entità. I tecnici sono reperibili H24 e vengono attivati secondo turnazioni predefinite in un calendario che viene compilato dal responsabile del Presidio.

L'attività di vigilanza consiste in una sistematica attività di osservazione del territorio per il controllo delle situazioni di maggior rischio in corrispondenza delle aree caratterizzate da elementi di dissesto, rilevate durante le attività ordinarie. Sono monitorati le evoluzioni dei dissesti rilevati sul terreno, i settori di versante ad elevata acclività con spessori rilevanti di copertura, i punti di crisi potenziale della rete di drenaggio e del sistema di difesa costituito dalle opere già realizzate o in fase di completamento.

I tecnici del Presidio, in corso di evento, effettuano sopralluoghi anche nelle aree di cantiere per la verifica dello stato dei luoghi.

In caso di attivazione delle fasi di preallarme e allarme si intensificano le attività di rilievo e monitoraggio del territorio. Si attiva una capillare attività di monitoraggio anche strumentale con l'ausilio di tensiometri portatili (fig.11) per la valutazione del grado di saturazione e della suzione dei terreni vulcanoclastici, in corrispondenza di alcune aree campione ad elevata pericolosità.

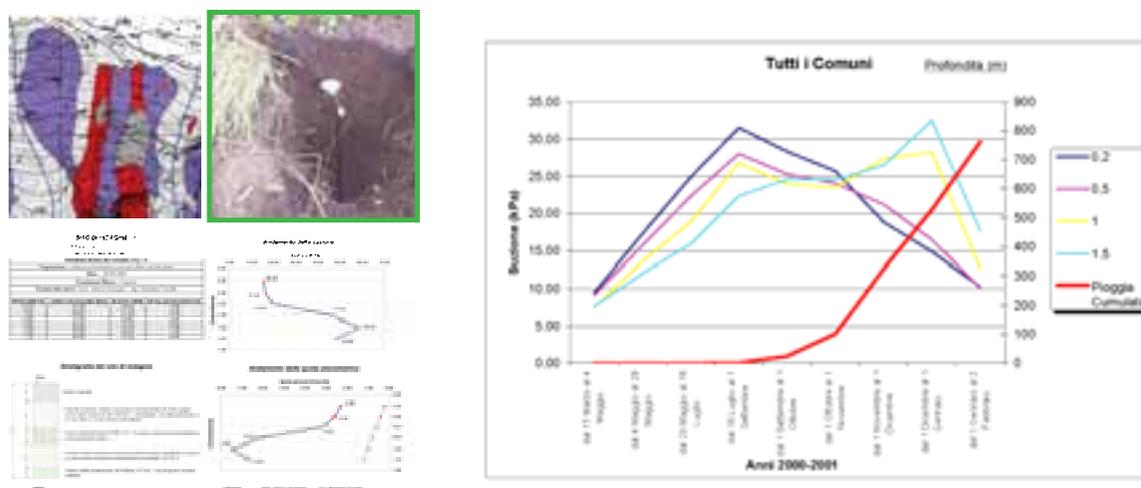


Figura 11 – Misure tensiometriche ed elaborazione dati

L'insorgenza di fenomeni precursori di dissesto (assenza di deflusso idrico nei canali, elevata torbidità dell'acqua con trasporto detritico e vegetale, valori di suzione del terreno prossimi a 0,0 kPa, ecc) che possano far temere l'attivazione di colate di fango, viene comunicata, con la massima tempestività agli organi preposti alla salvaguardia della incolumità delle persone residenti nelle aree a rischio.

L'attività osservazionale sviluppata dai tecnici del Presidio consente una gestione corretta delle situazioni di potenziale emergenza in occasione di fenomeni di forte precipitazione, evitando falsi allarmi e quindi evacuazioni

non necessarie e segnalando l'insorgere di situazioni che, al contrario, suggeriscono, indipendentemente dalla fase di attivazione nella quale si opera, l'opportunità di avviare tale evacuazione.

E' da ricordare che in alcune occasioni (Sarno, maggio 2000 e Bracigliano, 2005) il Presidio, sulla base di attente valutazioni tecniche, derivanti dalla conoscenza pregressa dello stato del dissesto del territorio e quindi dalla possibilità di apprezzare la situazione in corso, ha confortato i Sindaci nella decisione di non procedere all'evacuazione delle aree a rischio, pur essendo state superate le soglie pluviometriche di allarme.

Più di recente il Presidio ha avviato la sperimentazione dell'utilizzo di strumenti in telemisura (tensiometri del tipo jet fill e sensori TDR - fig.12) installati a diverse profondità nei diversi strati piroclastici, anche molto diversi per permeabilità e caratteristiche geomeccaniche, come le pomice e i paleosuoli.

Tale sperimentazione è finalizzata alla realizzazione di modelli matematici che consentano, in corso di evento, di ricostruire lo stato tensionale dei terreni piroclastici e il loro livello di saturazione, sulla base dell'informazione pluviometrica disponibile in tempo reale, consentendo in tal modo di disporre di indicazioni decisive per la valutazione delle condizioni di stabilità del versante.

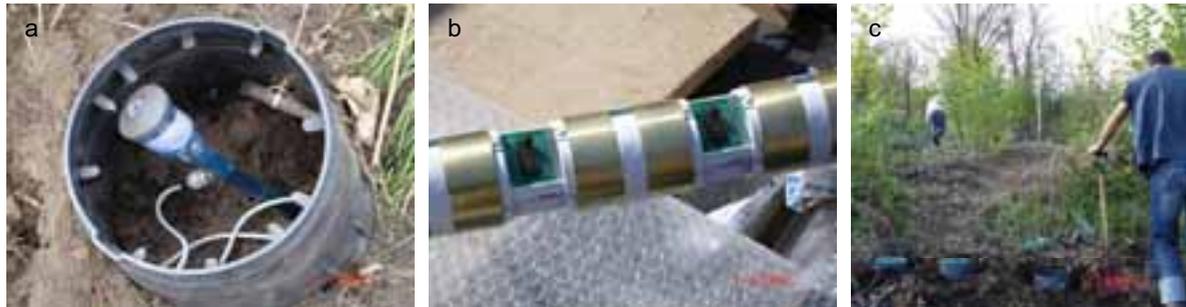


Fig. 12 – a) tensiometro jet fill b) sensore TDR c) stazione completa in telemisura

8 Rapporti di evento

Il *Rapporto di evento* viene predisposto dai tecnici del Presidio, in corso di evento, in presenza di dissesti di particolare pericolosità per l'incolumità delle persone, o al termine dell'emergenza ed ha lo scopo di riassumere e sintetizzare le informazioni relative all'evento occorso.

Il Rapporto consente la verifica delle previsioni meteorologiche in relazione agli eventi realmente accaduti, la coerenza dei livelli di allerta della Sala Operativa, la valutazione degli scenari effettivamente prodotti al suolo dall'evento.

Il Rapporto di evento descrive i risultati delle attività svolte, con la descrizione dei fenomeni osservati e l'inquadramento dei dissesti rilevati sulle cartografie tematiche di presidio territoriale, così come mostrato nelle figure seguenti.

17-GEN-2003 13:00 DA: CDC SIANO 0815182306 A: 0815262255

Alla c.a. del Prof. Ing. Pasquale Versace
 Vice Commissario
 Piazza Salvo d'Acquisto, 13
 NAPOLI
 FAX 081/4234911

Oggetto: sopralluoghi in località Madonna del Carmine

Nell'ordinaria attività di controllo del territorio di competenza, i tecnici del Presidio Territoriale di Siano, dott. Francesco Benedetto e dott.ssa Giuseppina Nocera, a seguito di sopralluoghi effettuati in località Madonna del Carmine, al confine con il Comune di Braccigliano, hanno riscontrato la presenza di diversi elementi di dissesto nella copertura piroclastica.

In particolare, sono state rinvenute, nel territorio comunale di Siano, quattro fratture F1, F2, F3 ed F4 le cui caratteristiche geotecniche sono riportate nella seguente tabella:

Codice	Lunghezza (m)	Bezza (cm)	Rigetto (cm)	Profondità (cm)	Direzione
F1	30	10-20	0-10	60-70	NE-SW
F2	18	10	0-30	70-80	NW-SE
F3	20	5-10	/	/	NE-SW
F4	30	0-5	/	/	NE-SW

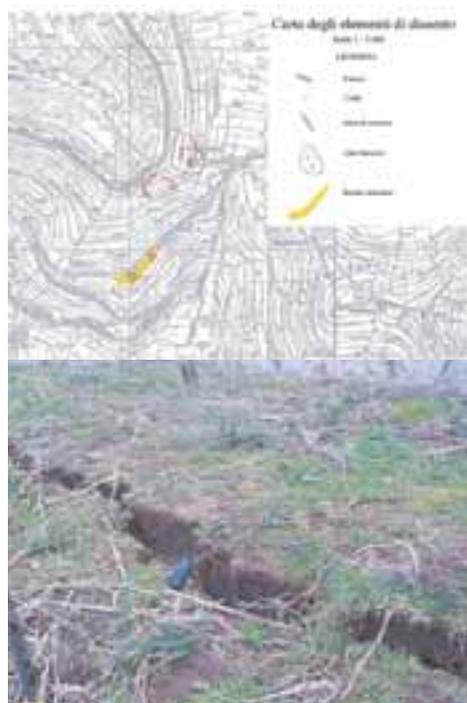


Fig. 13 – Rilievi Siano, gennaio 2002

Fig. 14 - Rilievi Pietrastornina (foto 1,2) e San Martino Valle Caudina (foto 3,4), dicembre 2005.



PRESIDIO TERRITORIALE DI BRACIGLIANO (Sa)

Atti c. n. del
Vice-Comandante
di Governo Delegato
Prof. Ing. F. Versace

OGGETTO: comunicazione Elemento spondale nel Vallone Vado.

I sottoscritti prof. Dr Filippo Allione e di Giuseppe Francesco, in data 07/01/2003, nel corso dell'attività di monitoraggio svolta nell'ambito del territorio comunale hanno rilevato la seguente problematica.

In località Vado, a margine della strada comunale denominata "Via Nazionale", ad una quota costante di circa 400 m s.l.m., si è verificata la manifestazione di una parte della spinta in direzione longitudinale del vallone Vado-Carbone. Da un allineo a vista (data l'irregolarità del sito stesso e presenza di rovine e ghiaie) il distacco presenta una larghezza di circa 7 m e si sviluppa per una lunghezza di oltre 20 m. fino a raggiungere il letto del canale.

Si osserva che nel fondo stesso non è presente materiale accumulato in quanto lo stesso è stato asportato dal deflusso delle acque di accretamento che risulta ancora di una certa entità.

Si precisa, inoltre, che il movimento della sabbia il distacco è presente allo stato stabile che potrebbe quindi essere inteso da una eventuale crollazione del fenomeno.

Si allega alla presente una matrice della carta dei punti di crisi con l'indicazione planimetrica del sito rilevato e la relativa denominazione fotografica.

Bracigliano, 23 Gennaio 2003

I Tesisti del Presidio
Gen. Allione Dr Filippo
Gen. Francesco di Giuseppe



Fig. 15 - Rilievi Bracigliano, gennaio 2003



Fig. 16 - Rilievi frana Bracigliano –dicembre 2004

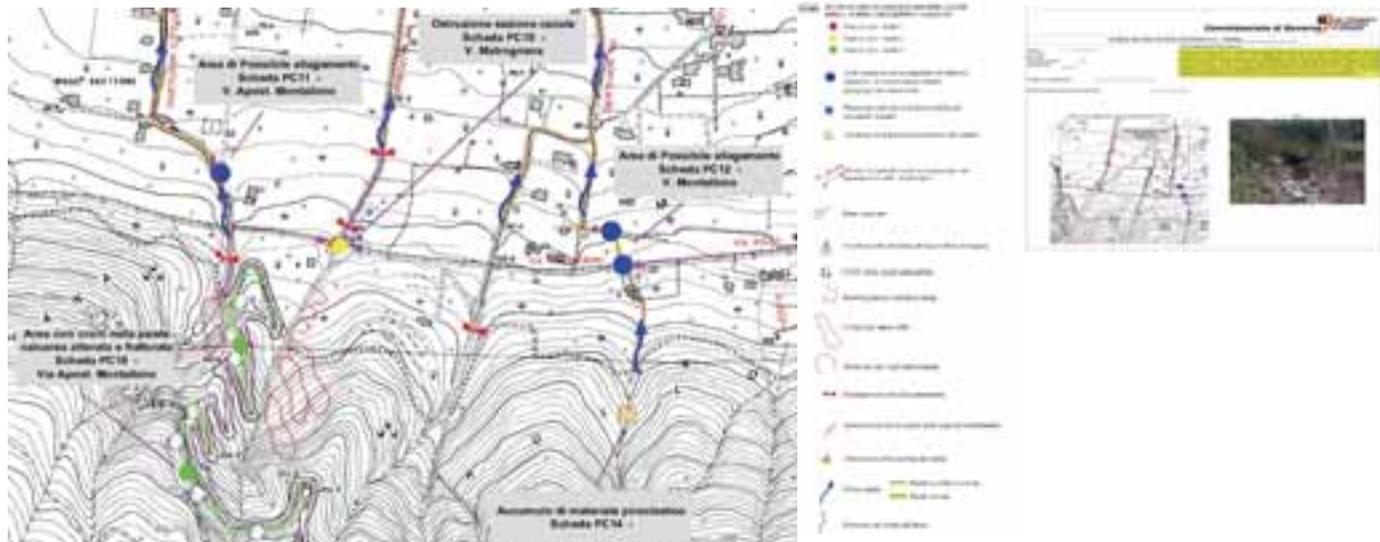


Fig. 18 - Punti di Crisi, Carta e Scede, Nocera Inferiore, 2005

9 Modelli di preannuncio

Nel sistema di preannuncio realizzato a Sarno e negli altri Comuni della Campania, si utilizzano diversi modelli matematici di simulazione. In particolare il modello idrologico FLaiR (**F**orecasting of **L**andslides **I**nduced by **R**ainfalls; Sirangelo e Versace, 1992, 2000) descrive il legame piogge-frane attraverso una *funzione di mobilizzazione* $Y(t)$ che esprime l'attitudine del corpo franoso all'instabilità. In particolare, il legame tra la funzione di mobilizzazione e le piogge antecedenti è espresso mediante la convoluzione tra l'intensità di infiltrazione $I(\tau)$ ed una *funzione di trasferimento* $\psi(t - \tau)$. Questa funzione modella il legame tra l'infiltrazione e la stabilità del corpo frana, sintetizzando i fenomeni fisici che avvengono sul versante.

La possibilità di adottare varie espressioni per la funzione $\psi(\cdot)$ conferisce grande flessibilità al modello, consentendo di rappresentare situazioni caratterizzate da meccanismi di innesco anche molto diversi tra loro.

La probabilità di mobilizzazione di un versante può essere legata al valore della funzione $Y(t)$ in diversi modi. Tra tutti quello più semplice ed utilizzato è lo schema a soglia che identifica un valore critico Y_{cr} al cui superamento è associato il movimento franoso.

Dati di pioggia
Date di mobilitazione delle frane



INPUT



OUTPUT

	data=0.00	data=0.05	data=1.00	data=1.10	data=1.20
Frana n. 1 - data=1400000	0.015000	0.015000	0.015000	0.015000	0.015000
Frana n. 2 - data=1400000	0.015000	0.015000	0.015000	0.015000	0.015000
Frana n. 3 - data=1400000	0.015000	0.015000	0.015000	0.015000	0.015000
Frana n. 4 - data=1400000	0.015000	0.015000	0.015000	0.015000	0.015000
Frana n. 5 - data=1400000	0.015000	0.015000	0.015000	0.015000	0.015000

Fig. 19 - Ideogramma del funzionamento del modello FLaIR

Il modello si presta ad essere utilizzato anche in campo previsionale. Infatti, utilizzando la modellazione stocastica, o quella meteorologica per la previsione delle precipitazioni nelle ore successive all'istante di previsione, diventa possibile prevedere se, in un dato orizzonte temporale, la funzione di mobilitazione supererà o meno il valore critico Y_{cr} .

L'uso di queste procedure consente di realizzare sistemi di preannuncio in grado di valutare, sulla base delle precipitazioni registrate e di quelle previste, la probabilità che possa verificarsi un movimento franoso.

Il modello FLaIR è stato applicato con successo al caso di Sarno ed è pienamente operativo (Versace P., Cassetti M., 2002). La funzione di trasferimento è rappresentata da una miscela di due esponenziali il cui andamento è rappresentato nella figura 20.

Funzione di trasferimento

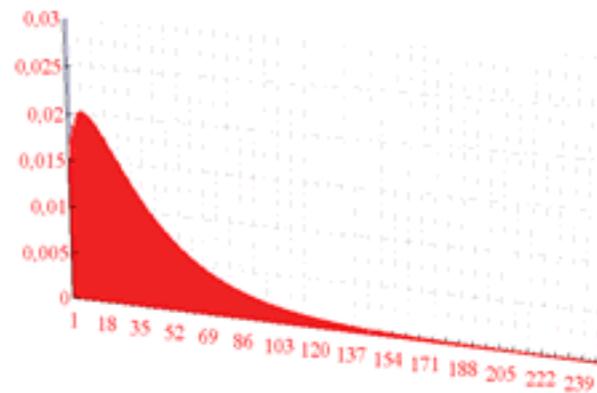
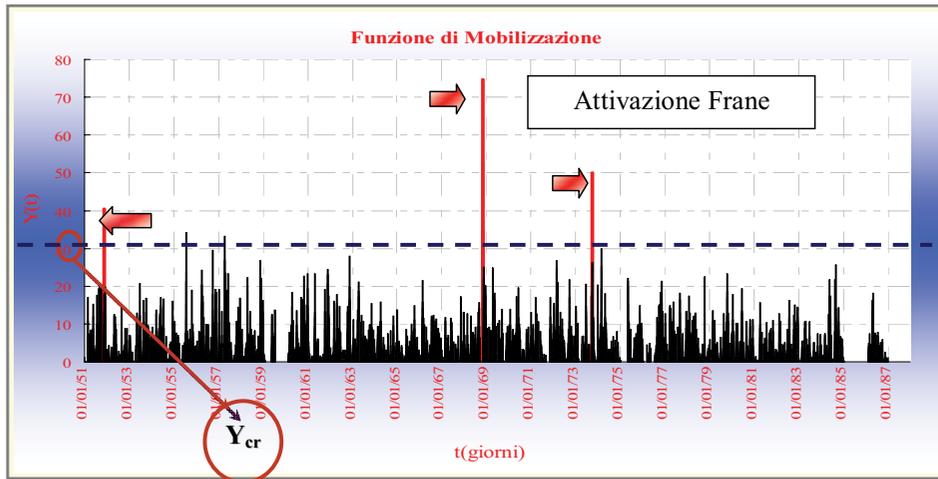


Fig. 20 - Funzione di Trasferimento adottata per le colate di fango in Sarno

Fig. 21 - Andamento della funzione di mobilitazione. Le frecce indicano l'attivazione di movimenti franosi



Un modello che è in fase sperimentale e che sarà a breve inserito nel sistema di preannuncio è il PRAISE (Prediction of Rainfall Amount Inside Storm Events), proposto da Sirangelo e Versace (2002), che è un modello di predizione dell'evoluzione delle piogge durante gli eventi meteorici e consente di stimare le altezze di precipitazione, cumulate su intervalli temporali Δt di ampiezza fissata, per una assegnata stazione pluviometrica. Le sequenze di osservazioni di altezze pluviometriche esibiscono un legame correlativo che, usualmente, risulta via via più marcato al ridursi dell'ampiezza dell'intervallo temporale Δt di accumulo della precipitazione. Nel modello PRAISE, si fa riferimento ad ampiezze Δt aventi ordine di grandezza dell'ora.

Il modello descrive, in particolare, la densità di probabilità congiunta tra due variabili aleatorie: l'altezza di pioggia cumulata in un generico intervallo è una funzione lineare delle precipitazioni antecedenti, tra loro interdipendenti (fig. 22).

Gli aspetti cruciali sono dunque i seguenti:

- a) l'individuazione della memoria del processo, ovvero la stima, secondo opportuni criteri, del numero di altezze di pioggia antecedenti costituenti la funzione lineare;
- b) la scelta della forma analitica da assegnare alla densità di probabilità congiunta.

Il modello consente di valutare, al tempo attuale, la distribuzione di probabilità delle piogge che potranno verificarsi negli intervalli temporali successivi, in base all'andamento delle precipitazioni passate.

Esso, inoltre, può integrarsi con qualsiasi altro modello di simulazione di eventi idrologici che richieda, come dati di ingresso, le altezze di pioggia, in modo da costituire un più complessivo modello di preannuncio da utilizzare a fini di protezione civile.

Un'integrazione di questo tipo è stata effettuata con il modello FLaiR, per la previsione delle colate di fango sul territorio di Sarno.

Il modello PRAISE, in questo caso, costituisce il modulo di previsione delle precipitazioni, rappresentante l'input pluviometrico per il successivo modulo, che consente di stimare l'innesco dei movimenti franosi. La figura 23 riporta un'applicazione del modello accoppiato PRAISE-FLaiR all'evento del maggio 1998.

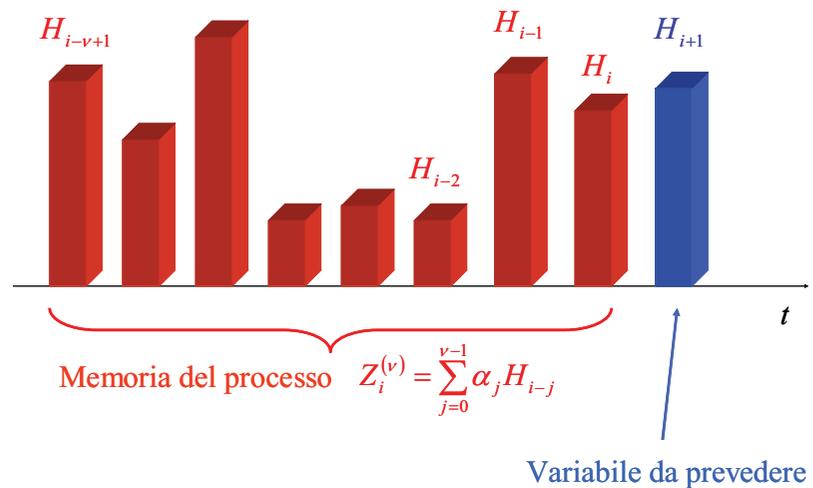


Fig. 22 - Altezze di pioggia costituenti la memoria del processo

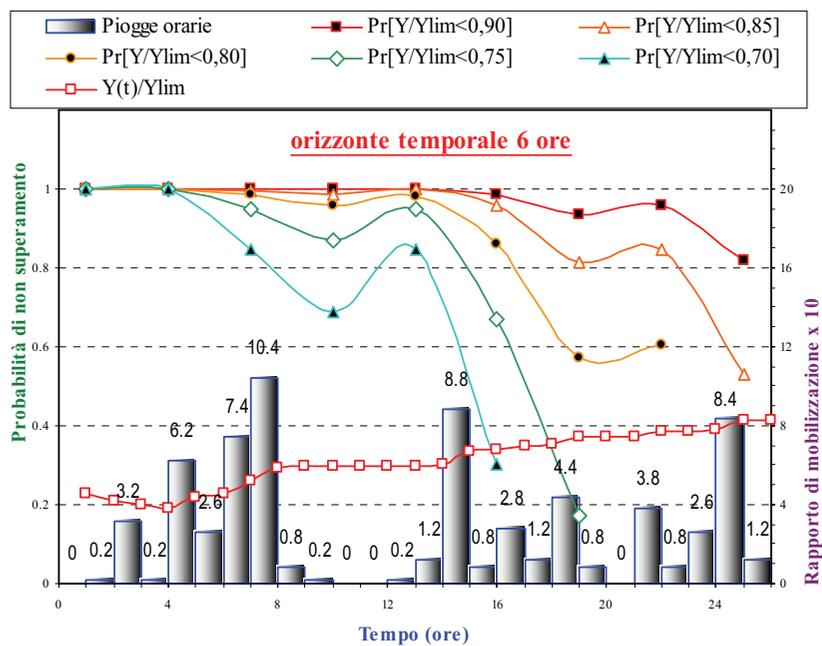


Fig. 23 - Utilizzo del PRAISE come modulo di previsione della pioggia da inserire nel modello FLAIR applicato per la previsione delle colate di fango sul territorio di Sarno

10 Considerazioni conclusive

Il sistema di gestione dell'emergenza messo a punto a Sarno e negli altri Comuni campani colpiti dagli eventi del maggio 1998, rappresenta un modello per la realizzazione di analoghi sistemi in gran parte d'Italia. Gli elementi essenziali che lo caratterizzano, e che sono stati descritti in questa nota, possono essere così riassunti:

- ~ Piano di emergenza a scala interprovinciale, costruito e rimodulato sulla base dell'esperienza,
- ~ puntuale identificazione delle aree a rischio,
- ~ fitta rete di monitoraggio pluviometrico,
- ~ sistema di modelli matematici che riproducono le relazioni tra piogge e frane,
- ~ istituzione della figura dell'Ingegnere delegato con il compito di disporre, in corso di evento, interventi di somma urgenza per la rimozione delle situazioni di pericolo,
- ~ istituzione del Presidio Territoriale,

- ~ stretta collaborazione tra Dipartimento nazionale, Sala Operativa Regionale, COC dei Comuni interessati, Nucleo Operativo del Commissario di Governo, Presidio Territoriale.

In particolare il Presidio Territoriale è forse quello che più di altri caratterizza la gestione dell'emergenza a Sarno, dove è stato utilizzato per la prima volta, con risultati così importanti da suggerirne l'istituzione in tutto il Paese, come dispone la Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri il 27 febbraio 2004.

In effetti l'attività del Presidio risulta essenziale in più momenti: in periodo di pace, quando dispiega la propria attività di ricognizione puntuale del territorio di competenza, per una sempre più puntuale caratterizzazione geologica, idrologica, geomorfologia, idraulica, geotecnica e per una minuziosa identificazione dei punti di possibile crisi; in periodo di attivazione quando, attraverso sopralluoghi condotti lungo percorsi sicuri e ben noti, verifica la presenza di anomalie che possano far temere l'imminente innesco di fenomeni di colata, favorendo in tal modo la tempestiva attivazione delle misure di salvaguardia contemplate dal Piano; dopo l'evento meteorico, quando controlla gli effetti che tale evento ha prodotto e indica, nei Rapporti di Evento, le eventuali misure da adottare per la mitigazione del rischio.

La composizione mista del Presidio, con geologi e ingegneri di comprovata esperienza, assicura una lettura completa dei fenomeni che si sviluppano nelle zone a rischio, ma rende anche disponibile un supporto tecnicamente ineccepibile per i progettisti, e per i tecnici preposti al monitoraggio degli interventi.

È auspicabile che un così prezioso patrimonio di competenze possa avere la giusta la valorizzazione in una regione come la Campania dove il dissesto idrogeologico continua, ancora oggi, a provocare vittime.

Bibliografia

- Guida D. (2003) – The role of Zero-Order Basins in flowslides-debris flows occurrence and recurrence in Campania (Italy). Atti della Conferenza Internazionale su “Fast Slope Movements” Napoli, 12 – 14 Maggio 2003.
- Versace P., Caruso A., Lupica I., Palmieri V., Puzzilli L.M., (2005) “Stima dei volumi mobilizzabili nel territorio di Sarno”. In Quaderni del Presidio Territoriale Sarno: Commissariato di Governo per l'emergenza idrogeologica in Campania 2005, pp. 9-23.
- Versace P. (2001) – La riduzione del rischio idrogeologico nei comuni colpiti dagli eventi del maggio '98 in Campania. Atti del Forum per il Rischio Idrogeologico in Campania, Napoli 22 Giugno 2001, pp. 11-25.
- Versace P. (1985) – Previsione e prevenzione nel rischio idrogeologico, Atti del Convegno “Zonazione del rischio di inondazione”, Consiglio Nazionale delle Ricerche, GNDCI (Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche), Roma 27-31 maggio, 1985.
- Versace P., Cassetti M., (2002) – Il Modello di soglia pluviometrica FLalR. Applicazione all'area dei comuni interessati dall'Ordinanza 2787 del 21 maggio 1998 - Commissariato di Governo per l'emergenza idrogeologica in Campania.