

CAPITOLO 9

Conclusioni

Lo studio ha preso in esame il bacino del Torrente Gordana, un affluente di destra del Fiume Magra, cercando di approfondire le conoscenze di natura geomorfologica ed al tempo stesso mettendo a punto una metodologia per la perimetrazione e l'attribuzione dei livelli di pericolosità e rischio nelle aree soggette a fenomeni di dissesto.

Il problema della valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico è emerso durante le fasi di lavoro e preparazione dei Piani stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) in tutte le Autorità di bacino. Tale aspetto ha pertanto assunto particolare interesse tra i tecnici del settore, con dibattiti sulle procedure da adottare che hanno coinvolto anche il mondo scientifico.

Il percorso metodologico si è attenuto ai criteri previsti dalla normativa italiana vigente in tema di valutazione del rischio idrogeologico (D.P.C.M. 29/9/1998, "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del D.L. 11 giugno 1998, n. 180") e può essere riassunto in tre passaggi fondamentali:

1. una fase di inventario dei fenomeni di dissesto in essere e potenziali, basata su un accurata attività di campagna;
2. la definizione di appositi metodi per l'ordinamento degli ambiti di pericolosità e rischio;
3. l'indicazione delle zone da assoggettare a speciali vincoli e prescrizioni in rapporto alle specifiche condizioni idrogeologiche, ai fini della conservazione del suolo, della tutela dell'ambiente e della prevenzione.

Inventario dei fenomeni franosi

Il rilevamento geomorfologico effettuato ha permesso di delineare un quadro completo dei fenomeni gravitativi che caratterizzano il bacino del Torrente Gordana.

L'area appare diffusamente interessata dalla morfogenesi gravitativa, in particolare i versanti sono stati modellati principalmente dalle frane. Il marcato stato

di dissesto riscontrato sembra essere legato alle peculiari condizioni litologiche ed anche all'evoluzione tettonica. La Val Gordana, infatti, è caratterizzata dai fronti di accavallamento delle formazioni delle Unità Liguri sull'Unità Toscana e da numerose deformazioni fragili che determinano un forte grado di tettonizzazione.

La maggior parte dei movimenti gravitativi risulta essere costituita da antichi corpi inattivi o quiescenti: la loro origine è imputabile alla fase tettonica pleistocenica caratterizzata da sollevamenti differenziali, con conseguente formazione di versanti molto acclivi e marcato approfondimento del reticolo idrografico. Un importante ruolo nell'innescare di questi movimenti è da ricercarsi nelle crisi climatiche quaternarie, durante le quali si verificarono incrementi consistenti delle precipitazioni. È ipotizzabile, per le zone più elevate, anche il contributo di condizioni glaciali e/o periglaciali con cicli di gelo e disgelo in grado di determinare le condizioni per la produzione di materiale detritico. Sui fattori destabilizzanti hanno sicuramente influito anche le sollecitazioni sismiche che durante la formazione della depressione tettonica e i sollevamenti dovevano verificarsi con frequenza ed intensità assai superiore a quelle odierne.

I maggiori dissesti in atto sono da riferirsi sostanzialmente a processi di riattivazione di fenomeni pregressi, tipologicamente riconducibili a colamenti e scivolamenti, ed all'innescare di fenomeni superficiali di prima generazione. Il fattore predisponente più importante è da ricercarsi nelle caratteristiche meccaniche scadenti dei materiali affioranti. La principale causa innescante dei fenomeni di riattivazione di movimenti inattivi è connessa all'azione erosiva dei corsi d'acqua che determinano rimobilizzazioni soprattutto in prossimità del piede degli accumuli. Non vanno però dimenticate le precipitazioni (lungo il crinale raggiungono i 2000 mm/anno), che possono mobilitare vaste porzioni di coperture detritiche o innescare movimenti in formazioni a prevalente composizione argillitica.

Nell'ambito del bacino si rilevano fenomeni attivi di grandi dimensioni che coinvolgono interi centri abitati (Patigno e Coloretta), pregiudicando la stabilità di diversi edifici. Queste zone sono state già ampiamente studiate nel passato e sono state oggetto di interventi di consolidamento dei dissesti finanziati dall'Autorità di Bacino del Fiume Magra con fondi ex D.L.180/98, attuati dalla Provincia di Massa-Carrara (Patigno) e dalla Comunità Montana Lunigiana (Coloretta). Esse però mancano di un sistema di controllo del territorio, con finalità di monitoraggio ed allertamento, in grado di produrre informazioni affidabili e significative in tempo reale.

L'indagine geomorfologica ha rappresentato una base necessaria ed indispensabile per i successivi approfondimenti sulla valutazione delle condizioni di pericolosità e rischio da frana, così come richiesto dalle normative vigenti in materia di gestione territoriale e pianificazione di bacino.

Franosità potenziale

L'esame delle criticità del bacino per quanto riguarda la stabilità dei versanti ha previsto anche l'analisi delle condizioni di franosità potenziale presenti. Franosità reale e potenziale sono, infatti, gli strumenti fondamentali per definire correttamente le scelte di uso del territorio. Tutti i metodi finalizzati alla mappatura della franosità potenziale fanno riferimento ad un unico modello concettuale, basato sull'individuazione di fattori connessi direttamente ed indirettamente all'instabilità dei versanti, nonché sulla valutazione dell'importanza relativa di tali fattori nel creare condizioni di instabilità. Nel presente lavoro sono stati selezionati parametri acquisibili in tempi ed a costi ragionevolmente contenuti, in modo tale da potersi utilizzare su aree più vaste rispetto a quella sulla quale è stata operata l'analisi.

Per la valutazione del contributo dei parametri correlati all'instabilità è stato utilizzato un modello basato sulla "*Certainty Factor Function*" (CF), una delle possibili funzioni di verosimiglianza proposte per gestire la combinazione di differenti *data layers* e l'eterogeneità e incertezza dei dati introdotti nel modello.

I risultati dell'applicazione del modello in un areale limitato della Val Gordana si sono dimostrati incoraggianti, dimostrando la validità del modello proposto ed anche la relativa semplicità di applicazione.

Naturalmente la qualità generale dei risultati finali è direttamente proporzionale alla qualità dei dati inseriti nel modello (fattori di instabilità), quindi si può affermare che al momento non esiste una metodologia definitiva per valutare la propensione al dissesto; esistono invece metodi differenti che possono essere utilizzati in relazione alla scala del lavoro, alla qualità e quantità dei dati e alle disponibilità finanziarie. A questo proposito è importante per tutti coloro che si occupano di pianificazione e difesa del suolo iniziare a prendere confidenza con queste analisi di propensione al dissesto, cogliendo l'opportunità e la necessità di immagazzinare ed omogeneizzare il maggior numero possibile di dati, al fine di preparare scenari e modelli di stabilità dei versanti.

Al momento, trattandosi della prima esperienza all'interno del territorio dell'Autorità di Bacino del Fiume Magra e non esistendo metodi per testare in maniera incontrovertibile la bontà delle predizioni effettuate, si è preferito non gravare le perimetrazioni di suscettività al dissesto con norme vincolanti, presentando solo delle prescrizioni di carattere generale finalizzate alla prevenzione di fenomeni franosi.

Pericolosità di frana

L'esame delle relazioni dei PAI delle principali Autorità di Bacino e la raccolta di una vasta bibliografia in materia, ha portato alla scelta di una procedura di valutazione della pericolosità di frana che fa riferimento a quanto predisposto dal *Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft* (Ufficio Federale per l'ambiente, i boschi e il paesaggio) della Confederazione Elvetica. Tale metodologia è affine con quanto previsto dalla normativa italiana vigente in tema di valutazione del rischio idrogeologico (corrispondenza nella definizione delle classi di rischio fra metodo svizzero e D.P.C.M. 29/9/98). Sono stati introdotti opportuni adattamenti al fine di contestualizzare il metodo all'ambito territoriale in cui è stato applicato.

La metodologia prevede che, in funzione delle conoscenze disponibili, vengano identificate come aree pericolose solo quelle dove è possibile riconoscere traccia di eventi franosi passati. Il metodo si articola nelle seguenti fasi:

- perimetrazione delle aree in frana;
- definizione delle caratteristiche del movimento (tipologia, velocità, volumi e/o spessori);
- stima della frequenza probabile del fenomeno;
- applicazione di matrici di incrocio dei dati (velocità/frequenza probabile e magnitudo/frequenza probabile) ed assegnazione di un livello di pericolosità.

Si tratta di una procedura di valutazione della pericolosità basata sul rilievo di frane recenti e antiche, sull'osservazione di campagna dei caratteri geomorfologici e geologici del territorio e sull'analisi multitemporale dei dissesti, per la quale sono insiti alcuni caratteri di soggettività propri del metodo. Il risultato finale è consistito nella produzione di una carta inventario dei fenomeni franosi alla cui perimetrazione viene associato uno specifico livello di pericolosità.

La metodologia si è dimostrata valida per la redazione del presente lavoro, poiché conforme alla varietà degli ambienti geologici e geomorfologici indagati e alla varietà dei dissesti studiati. Gli aspetti positivi a supporto della validità dell'applicazione del metodo possono essere così riassunti:

- gli elementi conoscitivi necessari per l'applicazione sono facilmente identificabili e comprensibili (area in dissesto, dimensioni, velocità, frequenza);

- gli studi e le analisi da intraprendere per poter ricavare i suddetti elementi conoscitivi impongono una maggiore comprensione dei processi naturali;
- l'incremento delle conoscenze consente di raggiungere migliori risultati pianificatori (ad esempio evitando la sovrastima di situazioni non pericolose);
- le matrici di correlazione utilizzate sono di facile comprensione, permettono un controllo completo sulle fasi del procedimento e possono essere modificate ed adattate ad esigenze particolari;
- dove non siano presenti accurate conoscenze circa la geometria del dissesto è comunque possibile valutare la pericolosità sulla base delle informazioni derivanti dallo studio geomorfologico di campagna (relazioni tra tipologia del dissesto, velocità e masse in movimento);
- la conoscenza della geometria del dissesto, derivante da studi più approfonditi, rappresenta un valore aggiunto nella determinazione della pericolosità, consentendo di avere un'informazione utile al dimensionamento di eventuali interventi;
- la possibilità di affinare le valutazioni tramite l'analisi di foto aeree di più anni;
- la possibilità di passare da una classe di pericolosità ad un'altra a seguito della realizzazione di opere di difesa e di bonifica su porzioni di aree in dissesto.

Per contro gli aspetti negativi del metodo presentato fanno capo, sostanzialmente, al fatto che è necessario un maggior dispendio di tempo e denaro rispetto ai metodi tradizionali. Il lavoro da svolgere non è semplice e sono necessarie competenze nel campo della geomorfologia e della fotointerpretazione. D'altronde questo non può essere un limite, in quanto la valutazione della pericolosità di frana è un compito difficoltoso e richiede esperienza e capacità specifiche (Cardinali et al., 2002).

Questo lavoro ha dimostrato come l'applicabilità del metodo sia perfettamente compatibile con le attività e le possibilità proprie di un'Autorità di Bacino, fornendo uno strumento in grado di favorire le scelte delle prescrizioni e dei vincoli cui assoggettare il territorio in rapporto alle specifiche condizioni di pericolosità, ai fini della conservazione del suolo, della tutela dell'ambiente e della prevenzione.

Rischio di frana

La fase successiva è consistita nel rilevare la presenza e la consistenza di insediamenti e di attività antropiche, al fine di individuare le zone maggiormente esposte al rischio di perdite umane ed economiche a causa di calamità naturali dovute a dissesti di versante.

A tal fine è stata realizzata una "Carta degli insediamenti e delle attività antropiche", estraendo gli elementi di interesse dalla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000. Successivamente si è proceduto alla individuazione degli elementi esposti a rischio e ad una valutazione dei differenti livelli di rischio, al fine di stabilire le misure più urgenti di prevenzione mediante interventi e/o misure di salvaguardia.

Il risultato finale è stato una "Carta del rischio", elaborato di sintesi dell'intero studio, nella quale vengono evidenziati i singoli elementi (strade, edifici, attività economiche) esposti ad un rischio e ne viene determinata la condizione di rischio. Le valutazioni sull'entità del rischio sono state effettuate sulla base delle indicazioni riportate nel D.P.C.M. 29/9/98, senza prendere in considerazione il valore monetario dei beni.

Anche in questo caso, come è stato già visto per la pericolosità, sono state utilizzate diverse matrici di correlazione per determinare il danno atteso in seguito al verificarsi di un determinato fenomeno franoso e per correlare la pericolosità all'entità del danno atteso. Rispetto alla metodologia applicata nel Progetto di PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume Magra, nella quale la vulnerabilità è stata posta cautelativamente uguale a 1, in questo caso sono state utilizzate delle stime del danno potenziale, in base sia alla tipologia di elemento a rischio sia all'intensità dei fenomeni franosi, dando implicitamente una valutazione della vulnerabilità.

In questa parte del lavoro sono state identificate le minacce potenziali e l'ampiezza dei danni in un caso concreto, oltre ad accertare l'entità dei rischi, dunque i rischi individuali e collettivi. A questo proposito è stato sperimentato il calcolo di un valore numerico del rischio, con l'intenzione di fornire un supporto metodologico per la specificazione del rischio alla scala locale.

I risultati della valutazione del rischio non sono molto differenti rispetto a quelli ottenuti nell'ambito del Progetto di PAI: le situazioni di rischio molto elevato sono concentrate lungo il versante di Patigno (Val di Termine, Patigno e San Lorenzo) e presso il centro abitato di Coloretta. Viste le caratteristiche cinematiche dei movimenti, l'elevato rischio deve essere inteso essenzialmente come rischio di danneggiamento degli edifici, mentre per la vita umana sembrerebbero esserci problemi minori, superabili con misure di protezione civile come la messa a punto di piani di evacuazione e la messa in opera di strumenti di allerta.

Il grafico in Figura 9.1 è molto utile per comprendere la situazione. Una data condizione di rischio (a) è rappresentabile con un punto su un piano P-D (pericolosità-danno), il punto appartiene ad una certa curva di isorischio, luogo dei punti che hanno lo stesso rischio al variare di P e D. Mitigare il rischio significa passare da una curva di isorischio (R4) ad un'altra (R3): il grafico mostra come le misure di protezione civile possono dare gli stessi risultati dei più costosi interventi strutturali.

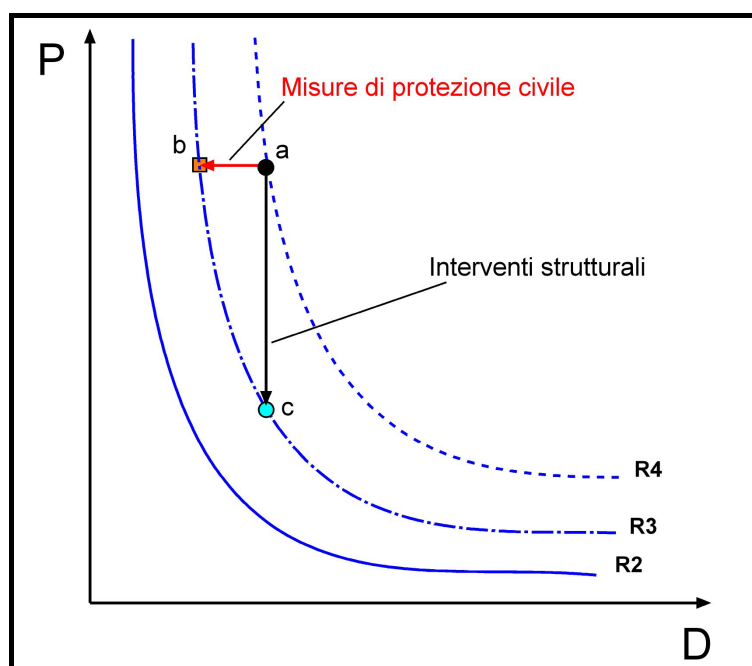


Figura 9.1 - Rappresentazione delle curve di isorischio e mitigazione del rischio.

Nell'ambito di tali strategie di protezione civile hanno una grande rilevanza la realizzazione di campagne di informazione di tipo comportamentale per tutti i cittadini, nonché gli interventi di diffusione di processi di innovazione tecnologica finalizzati alla conoscenza, monitoraggio e valutazione dei fenomeni naturali attraverso il sostegno allo studio e alla sperimentazione.

Gestione del rischio

Conclusione naturale del lavoro è stata la messa a punto di alcune regole d'uso del territorio da applicarsi alle aree perimetrate come pericolose. La

classificazione delle aree a rischio ha, infatti, come unico effetto quello di essere un supporto alla programmazione degli interventi.

La predisposizione delle prescrizioni e dei vincoli d'uso è stato un tentativo di omogeneizzare le numerose normative presenti sul territorio italiano, cercando di armonizzare le necessità di rispetto della tutela ambientale e della sicurezza delle popolazioni, degli insediamenti e delle infrastrutture con la salvaguardia delle attese di sviluppo economico e le aspettative di utilizzo e di sviluppo del territorio. L'individuazione delle perimetrazioni, e quindi i vincoli di utilizzo, ben lungi dall'essere immutabili nel tempo, dovranno essere continuamente verificati e aggiornati in funzione degli eventi e degli approfondimenti tecnici sulla valutazione dei dissesti.

L'esperienza maturata nel corso di questo studio ha confermato l'importanza del lavoro di rilevamento geomorfologico svolto direttamente sul terreno, che consente di raccogliere informazioni su tipologia, severità e meccanismi di innesco dei movimenti di versante, fondamentali ai fini di una corretta valutazione di pericolosità e rischio.

Si può quindi concludere che il modello proposto svolge appieno la funzione di trasferimento dell'informazione scientifica rispetto alla pericolosità e rischio di frana a Enti ed amministratori, fornendo un valido aiuto nei compiti di governo del territorio cui sono preposti.