

L'OGS-GEA in convenzione con il Servizio Geologico Regione FVG, sta studiando dal 1992 la stabilità dei terreni ed il rischio di caduta massi nella zona di Barcis (PN), abitato che si affaccia sul lago artificiale di Aprilis, serbatoio creato nel 1954 dall'ENEL con una diga a volta a doppia curvatura nella forra della Val Cellina. Lo sfruttamento idroelettrico ed irriguo delle acque del bacino porta a rapidi invasi e svassi stagionali che possono influire sui terreni di fondazione dell'abitato pordenonese.

La complessa situazione morfologica e le vicissitudini geologiche caratterizzate dalla presenza di importanti strutture tettoniche, hanno reso sempre molto complessa la stabilità di quest'area, evidenziando numerose situazioni a rischio idrogeologico.

La lunga serie di indagini effettuate nel corso della durata dello studio ha consentito di accertare e controllare le situazioni di maggiore criticità che interessano l'area comunale.

Le indagini dirette hanno comportato la trivellazione di 8 pozzi geognostici, sui quali campioni sono state eseguite opportune prove fisico-meccaniche in laboratorio: così sono stati ottenuti i parametri geotecnici da utilizzare nelle verifiche della stabilità dei versanti.



Fig.2: Diga di Barcis.



Fig.1: Ortofoto del lago di Barcis.

I pozzi sono stati profilati con sonde inclinometriche per valutare le deformazioni del terreno e strumentati con piezometri per tenere sotto controllo la falda freatica ed il livello lacustre. Tali valori vengono confrontati con i dati della stazione pluvio-termometrica.

Le misure inclinometriche effettuate nei pozzi geognostici hanno fatto registrare continui movimenti, che non sono significativi di una condizione di scivolamento verso valle del versante avendo un comportamento prevalentemente oscillatorio e con direzione variabile nei vari pozzi.

Si può immaginare che tali deformazioni di natura oscillatoria, possano essere imputate ad un effetto "basculante" dell'intera area direttamente correlata all'azione di riempimento e di svuotamento del lago. Le deformazioni non evidenziano comunque solo una componente oscillatoria ma fanno registrare anche deformazioni di tipo permanente.

La correlazione ipotizzata con le oscillazioni del lago sembrano trovare conforto in alcune registrazioni continue ottenute con gli inclinometri fissi e con i tiltmetri.

Un importante contributo alla conoscenza della geologia locale viene fornito dal carotaggio di un pozzo geognostico profondo 150 m: con lo scopo di raggiungere in profondità i calcari cretatici, il pozzo attraversa nella quasi interezza le arenarie marnose eoceniche. Per profilare tale pozzo viene progettato e realizzato SISIFO, un automa a comando remoto strumentato con un inclinometro e capace di operare fino a profondità elevate in modalità automatica.

Mentre per il controllo dei movimenti verticali dell'area in esame, è stata realizzata una doppia livellazione di precisione lungo due percorsi collegati tra loro da misure topografiche con GPS geodetico differenziale.

Nell'ambito del lavoro è stato realizzato un rilievo sismico sul lago avente lo scopo di analizzare principalmente l'assetto strutturale dei livelli sedimentari più superficiali e la bati-morfologia dei fondali. I profili sono stati ottenuti mediante un sistema di energizzazione tipo Boomer, ad alta frequenza ed elevata risoluzione. La spessa copertura eterogenea ha causato un'elevata dispersione del segnale sismico che in diversi tratti ha impedito di riconoscere gli assetti della stratificazione e delle strutture profonde del basamento. Risultano abbastanza evidenti variazioni laterali di facies sismica e i canali di erosione del torrente Cellina.



Fig.4: Profilo sismico monocanale nel lago di Barcis.



Fig.3: Carote di flysch del sondaggio geognostico BL7.

La zona oggetto di studio rientra interamente nelle Prealpi Carniche: tale settore montuoso risulta occupato da un grande fascio di linee tettoniche con estesi sovrascorrimenti verso Sud. L'inquadramento geologico è caratterizzato dal lineamento regionale Barcis-Starasella, il quale porta le dolomie noriche (Dolomia Principale) a sovrascorrere sui calcari cretatici a scaglie frontali (Calcari di M.te Cavallo e di Andreis), coinvolgendo al centro il flysch eocenico (Flysch di Clauzetto) piegato in modo antiforme.

L'abitato di Barcis si trova in una zona leggermente esterna all'area epicentrale del tragico terremoto del 1976, ciò nonostante il terremoto ebbe un'intensità del VII grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS).

Le verifiche di stabilità eseguite con analisi all'equilibrio limite e le analisi degli stati tensionali e deformativi eseguite agli elementi finiti, hanno consentito di fare interessanti considerazioni sulla situazione generale della stabilità del versante Nord di Barcis.

Allo scopo di valutare le condizioni di instabilità dell'area, evidenziate dalle misure in situ e attribuite ad un meccanismo deformativo lungo superfici di minima resistenza compatibile con la scala del fenomeno e la natura fortemente caoticizzata ed alterata dell'intera massa rocciosa, si è fatto ricorso ad un duplice approccio sistematico al problema facendo uso sia dell'analisi agli elementi finiti che dei vari metodi classici dell'equilibrio limite.

Il metodo agli elementi finiti impiegato, ha consentito di analizzare lo stato di deformazione e di stabilità del versante nell'ipotesi del modello geotecnico adottato. Le analisi sono state effettuate tenendo conto del modello di Mohr-Coulomb basato su parametri del suolo ben noti nella pratica ingegneristica. Esso ha permesso inoltre di simulare le condizioni di pressione idrostatica interstiziale dovute alle oscillazioni del livello di falda.

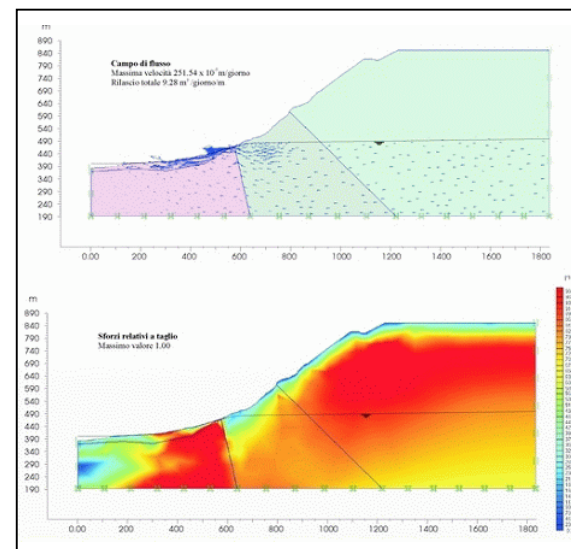


Fig.5: Analisi numerica agli elementi finiti.

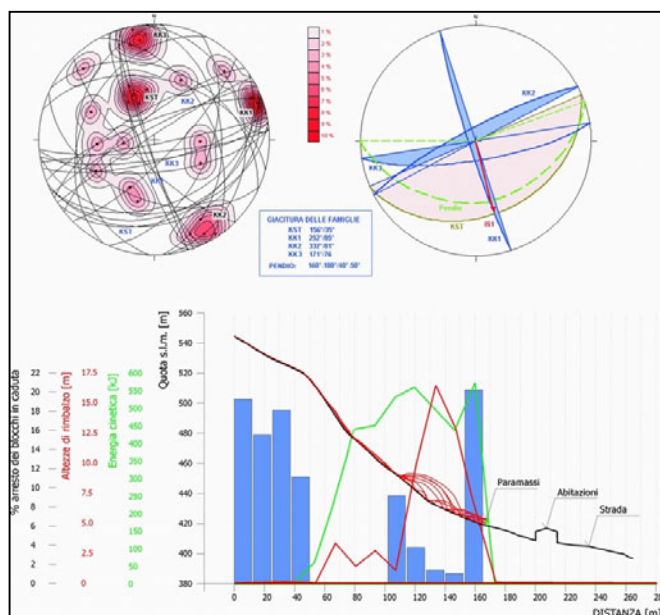


Fig.6: Meccanica delle rocce e analisi di caduta massi.

Le analisi numeriche sono state eseguite facendo uso del noto codice di calcolo PLAXIS sviluppato dal 1987 dalla Technical University of Delft. L'analisi è stata eseguita considerando inizialmente l'intera sezione in cui vengono considerati i depositi di versante sovrastanti il flysch in contatto tettonico con i calcari, a loro volta in contatto con la soprastante dolomia. La verifica ha voluto considerare i rapporti esistenti tra queste formazioni, viste a grande scala, e solo successivamente sulla base di quanto emerso, l'analisi è stata dettagliata alla parte inferiore del pendio che coinvolge i soli depositi di versante, il flysch ed il contatto con i calcari.

Entrambi i due tipi di analisi hanno messo in evidenza l'esistenza di una condizione di sostanziale buona stabilità dell'intero versante, sia nella condizione con il livello del lago al massimo invaso che nella condizione di minimo invaso.

La zona più critica dell'intero versante risulta essere invece quella confinata nell'ambito dei depositi detritici, delimitata a monte dal contatto depositi di versante – flysch - calcari. Le analisi agli elementi finiti hanno evidenziato proprio in questa zona le condizioni di maggior deformazione e dei massimi stati tensionali nonché di una concentrazione delle linee di flusso di filtrazione idrica conseguente alle oscillazioni del livello piezometrico. E proprio in questa zona che si registrano i più bassi valori del fattore di sicurezza.

Le analisi eseguite evidenziano perciò una situazione di instabilità potenziale nella zona alta dell'abitato e solo indirettamente collegate alle escursioni del lago, per quanto può agire sul livello piezometrico sulla zona di monte. Le oscillazioni del livello del lago non sembrano invece influire sulla stabilità su grande scala dell'abitato di Barcis, agendo, come si è detto, solo sulla fascia frontale della zona di escursione del livello dell'acqua.

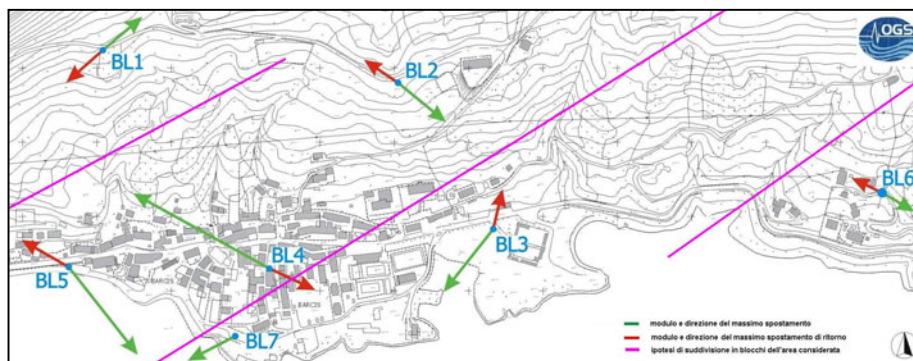


Fig.8: Vettori di deformazione dei tubi inclinometrici.



Fig.7: SISIFO:
 profilatore
 inclinometrico a
 controllo remoto.

Le deformazioni che sono state monitorate non sono quindi imputabili a fenomeni di breve periodo, conseguenti ad una sfavorevole distribuzione delle tensioni all'interno della struttura del versante dovute a sovrappressioni collegate alla rapida variazione del livello piezometrico, quanto piuttosto a lente oscillazioni imputabili più probabilmente alla redistribuzione dei carichi conseguenti allo svuotamento ed al riempimento del bacino. Le evidenze strumentali fatte registrare, che alla luce dei dati disponibili, vengono solo in termini di ipotesi imputate all'escursione del livello del lago, rappresenterebbero fenomeni deformativi lenti di tipo essenzialmente elasto-plastico, confinato esclusivamente nella formazione del flysch.

L'analisi del rischio di caduta massi lungo tratti stradali o in aree urbanizzate o con piani di utilizzo urbanistico è un'operazione molto complessa che richiede una esatta valutazione dei meccanismi d'innescò, delle aree di potenziale espansione dei materiali di frana e della vulnerabilità di manufatti.

Per valutare il pericolo di caduta massi sono stati considerati vari fattori che possono influenzare il moto di caduta dei massi, come parametri geomeccanici, geomorfologici, geolitologico-geotecnico e un'indagine storica.

Queste analisi hanno consentito di definire i meccanismi di distacco e rotolamento dei massi ed è stata prevista la realizzazione di una serie di barriere paramassi ad alto assorbimento di energia.

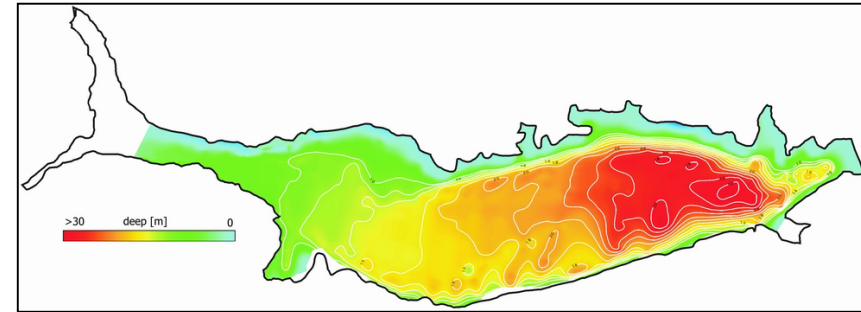


Fig.9: Batimetria del Lago di Barcis.

a cura di
Riccardo Ramella
Roberto Romeo
RIMA - GEA

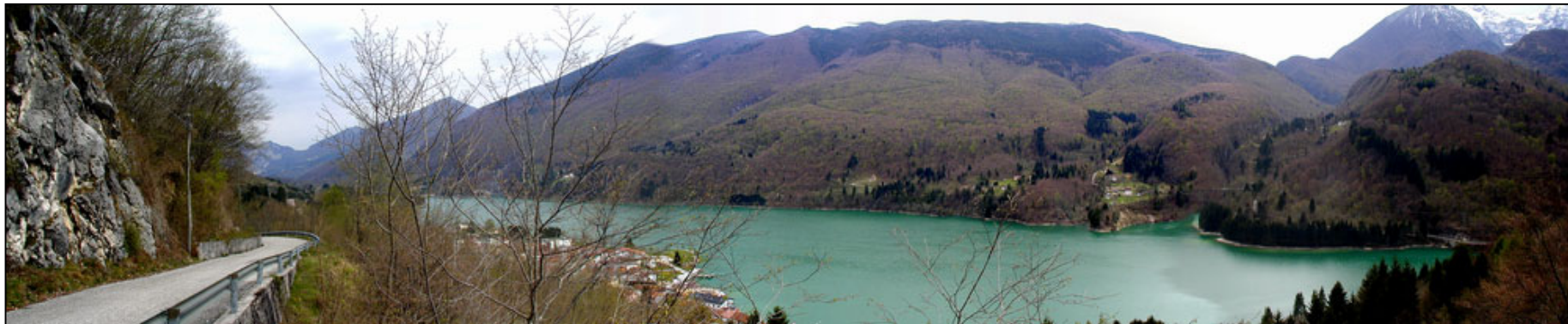


Fig.10: Veduta panoramica sul bacino della Val Cellina.

L'Unità di Ricerca GEA (Geofisica Ambientale) del Dipartimento per lo Sviluppo delle Ricerche e delle Tecnologie Marine dell'OGS si occupa di ricerche e servizi concernenti la geofisica ambientale, con particolare riguardo alla conservazione del territorio, alle problematiche inerenti al dissesto idrogeologico, all'idrologia, ai fenomeni di dinamica costiera e alle rilevazioni e mappatura di aree marine di pregio ambientale.

Su incarico e per conto del Servizio Geologico della Direzione Centrale Ambiente e Lavori Pubblici della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, il gruppo di Geofisica Ambientale ha eseguito diversi studi e monitoraggi dei dissesti idrogeologici che interessano il territorio regionale.

I progetti di monitoraggio inerenti al dissesto idrogeologico attualmente attivi sono quelli presso il Comune di Barcis (PN), Il Comune di Ligosullo (UD) e quello di Rio Fulin nel Comune di Forni Avoltri (UD).

Riccardo Ramella

Direttore del Dipartimento per lo Sviluppo
delle Ricerche e delle Tecnologie Marine

