

## EDITORIALE

## La frana del Vajont e le acque sotterranee

Giovanni Pietro Beretta - *Università degli Studi di Milano, Italia*

Nello scorso mese di ottobre si è registrato l'anniversario dei 60 anni dalla frana del Vajont (anno 1963), una tragedia che ha causato 1910 vittime e che, per l'importanza della conservazione della memoria, l'UNESCO ha inserito l'evento tra le cinque storie esemplari che devono essere considerate per un futuro sostenibile rispettando l'ambiente e gli esseri umani.

La vicenda è nota anche per le sue ricadute giudiziarie e molto divulgata al pubblico con libri e trasmissioni teatrali e televisive, ma comunque si riportano in questa sede alcune considerazioni.

La frana, che ha avuto un volume di 260 milioni di metri cubi, rappresenta infatti un disastro oggetto di presagi e previsioni che avrebbero dovuto suggerire una maggiore precauzione; nella sua generazione ha avuto un ruolo importante anche l'acqua sotterranea che viene di seguito sinteticamente commentato in alcuni importanti aspetti, riferiti ai contenuti generali trattati nella nostra rivista.

Diversi studi sono stati infatti predisposti dopo l'evento, che hanno interessato anche le acque sotterranee, in risposta alle condizioni di afflusso delle acque dal versante instabile del monte Toc e al loro immagazzinamento a quote molto elevate nel bacino costruito (oltre 700 m s.l.m.). Questi studi, svolti da molti scienziati e tecnici di estrazione culturale e professionale differente, hanno segnato un notevole progresso nelle conoscenze geologiche ed ingegneristiche, segnalando però un ritardo di circa 5-10 anni rispetto alla frana, ma costituendo il punto di inizio delle moderne discipline della Meccanica delle rocce e della Geologia applicata, da utilizzare per evitare il ripetersi di simili disastri. Per i lettori citiamo ad esempio per la meccanica delle rocce Barton N. 1974 e Bieniawski Z.T., 1972 e 1973, per l'idrogeologia Snow D.T., 1969 e Louis C., 1984.; a questi si aggiunge anche Varnes D.J., 1978 per le frane.

Molte questioni sono state discusse in ambito scientifico a posteriori, ma l'indisponibilità a quel tempo di un metodo di studio consolidato e accettato dalla comunità scientifica nello studio geologico e idrogeologico e nella progettazione non ha consentito di inquadrare correttamente il modello concettuale delle condizioni locali e in particolare della circolazione idrica sotterranea, generando lo sviluppo delle successive differenti interpretazioni riportate in Semenza E., Ghirotti M., 2000.

Numerose pubblicazioni sono state effettuate sull'argomento (oltre un centinaio quelle conosciute) e i dati sperimentali disponibili messi a disposizione in una banca dati (Superchi L. et al., 2010) sono ancora diversamente trattati anche nell'ambito delle elaborazioni mediante modelli numerici, ormai entrati a far parte delle attività di indagini e di progetti.

Oltre alle carenti classificazioni del comportamento geomeccanico, si ricordano alcuni aspetti critici per le acque

## EDITORIAL MESSAGE

## Vajont landslide and groundwater

Giovanni Pietro Beretta - *Università degli Studi di Milano, Italy*

*Last October marked the 60th anniversary of the catastrophic Vajont landslide (1963), a tragedy that caused 1910 victims. To preserve its memory, UNESCO listed the event as one of five exemplary stories to be taken into account for a sustainable future respecting the environment and human beings.*

*The story is also known for its judicial repercussions and because it was widely disseminated to the public through books, theater plays and television broadcasts. However, some considerations are reported here.*

*The landslide, which had a volume of 260 million cubic meters, represents a disaster interested by omens and predictions that should have suggested greater precaution than it got; in its triggering, also groundwater played an important role, which is briefly commented below at least for its main aspects, referring to the general contents covered in our journal.*

*Several studies were carried out after the event, which dealt with groundwater too, analyzing the conditions of water inflow from the unstable slope of Monte Toc and its storage at very high altitudes in the constructed basin lake (over 700 m a.s.l.).*

*These studies, carried out by many scientists and technicians of different cultural and professional backgrounds, have marked a notable progress in the geological and engineering knowledge, however signaling a delay of about 5-10 years compared to the landslide, but constituting the starting point of the modern disciplines of Rock Mechanics and Engineering geology, to be used to avoid the recurrence of similar disasters.*

*For the readers, regarding rock mechanics we cite for example Barton N. 1974 and Bieniawski Z.T., 1972, 1973, regarding hydrogeology Snow D.T., 1969 and Louis C., 1984.; to these we can also add Varnes D.J., 1978 regarding landslides.*

*Many issues were discussed in the scientific field a posteriori, but the unavailability at that time of a consolidated study method, accepted by the scientific community for geological-hydrogeological study and design, did not allow to correctly frame the conceptual model of local conditions and in particular of groundwater flow, generating the development of the subsequent different interpretations reported for example in Semenza E., Ghirotti M., 2000.*

*Numerous publications have been proposed on the Vajont landslide (over a hundred known) and the available experimental data made available through an open-source database (Superchi L. et al., 2010) are still treated differently even in terms of processing through numerical models, which have now become part of typical investigation and project activities.*

*In addition to the poor classification related to the geomechanical behavior, some critical aspects regarding water are mentioned:*

quali:

- identificazione dell'area come "paleofrana", con permeabilità maggiore e filtrazione negli ammassi rocciosi interessata da flussi preferenziali lungo le superfici di movimento (oltre che di parametri di resistenza residui nel comportamento geomeccanico);
- esistenza di una duplice circolazione idrica sotterranea (nella paleofrana e nei calcari sottostanti) con diversi carichi idraulici e diverso influsso delle precipitazioni;
- effetti dell'acqua sotterranea sulle unità coesive all'interno del versante montuoso;
- ruolo di invasi e svasi dal bacino sulla velocità di trasmissione della pressione dei pori (escursione di oltre 70 m del livello piezometrico) e di conseguenza sull'evoluzione finale della stabilità del versante in relazione al comportamento degli sforzi efficaci.

Lo studio per la prevenzione dei disastri naturali e provocati dall'uomo dispone ormai, sia a livello di impostazione teorica che di strumentazione tecnologica, di importanti conoscenze che possono sicuramente evitare quanto si è manifestato per il Vajont con la prevenzione, la previsione e il monitoraggio dei fenomeni, impedendo così disastrosi effetti sulla salute umana e sull'ambiente.

Fortunatamente, gli attuali idrogeologi hanno sufficienti conoscenze acquisite nel corso dei loro studi accademici per contribuire ad evitare simili catastrofi.

- *Identification of the "paleo-landslide" area, characterized by high permeability and groundwater flow, especially in the rock masses affected by preferential flows along the sliding surfaces (as well as residual resistance parameters in the geomechanical behavior).*
- *Existence of a dual groundwater circulation (in the paleo-landslide and in the underlying limestones) with different hydraulic heads and different influence of precipitations.*
- *Effects of groundwater on saturated cohesive units within the mountain slope.*
- *Role of the artificial lake regime on the speed of pore water pressures transmission (piezometric level excursion of over 70 m) and consequently on the final evolution of the stability of the slope in relation to effective stress behavior.*

*The study for the prevention of natural and man-made disasters now has, both in terms of theoretical approach and technological instrumentation, important knowledge that can certainly avoid scenarios similar to what occurred for the Vajont through prevention actions, prediction and monitoring activities, thus greatly reducing the effects on human health and the environment.*

*Luckily, current hydrogeologists have acquired enough knowledge during their academic studies to help avoid such catastrophes.*

## BIBLIOGRAFIA/REFERENCES

- Barton N., R.Lien, Lunde J. (1974) - Rock Mechanics and Rock Engineering, Springer-Verlag, 6(4):189-236
- Bieniawski Z.T. (1973) Engineering Classification of Jointed Rock Masses. Trans. S.Afr. Inst. Civ. Eng. 15 pp.335-344
- Bieniawski Z.T. (1976) Rock Mass Classification in Rock Engineering. Proc. Symp. Expl. Rock Eng. Johannesburg. Balkema Vol 1 pp.97-106
- Bieniawski Z.T. (1984) Rock Mechanics Design in Mining and Tunnelling A.A. Balkema Rotterdam pp.97-133
- Bieniawski Z.T. (1989) Engineering Rock Mass Classification. J.Wiley and Sons . N.
- Hendrom A.J., Patton F.D. (1985) – TH Vajont slide, a geotechnical analysis based on new geological observations of the failure surface. Technical Report GL-85-5, Department of the Army, U.S. Army Corps of Engineers, Washington DC
- Louis C. (1984) - Introduction à l'hydraulique des roches. Bur. Rech. Géol. Min., 4, Sec. III, 283-356.
- Muller L. (1964) – The Rock Slide in the Vajont Valley. Rock Mech.Eng. Geol. 2, 148-212
- Semenza E., Ghirotti M. (1998) – Vajont: Longarone 34 anni dopo la catastrofe, Annali dell'Università di Ferrara (Nuova Serie), Sezione: Scienze della Terra, vol.7, N.4, 63-94
- Snow, D. T., Frequency and apertures of joints in rocks, Int. J. Rock Mech., 1969.
- Superchi L., Floris M., Ghirotti M., Genevois R., Jaboyedoff M., Stead D (2010) – Implementation of geodatabase of published and unpublished data on the catastrophic Vajont Landslide. Natural Hazards and Earth System Sciences, 10, 865-873
- Varnes, D.J. (1978) - Slope Movement Types and Processes. In Special Report 176: Landslides: Analysis and Control (R.L. Schuster and R.J. Krizek, eds.), TRB, National Research Council, Washington, D.C., pp. 11-33.