

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA

Viaggio nel tempo attraverso la "storia" della grande frana del Vajont

Museo di Erto, 23 settembre 2016



R. G. Francese e M. Giorgi (Università di Parma, OGS Trieste)

A. Bistacchi e M. Massironi (Università di Milano, Università di Padova)

Gli studi successivi

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA

Tra i vari studi del post-frana (Semenza, Jaeger, Rossi, Broili, Selli, Trevisan, Muller, etc) quello che ha aperto la strada per comprendere la dinamica dell'evento è quello dei due geologi americani Alfred Hendron e Franklin Patton (1985).



Teoria del doppio acquifero e presenza di sottopressioni sulla superficie di scivolamento.

Gli studi del cinquantenario (2009-2015)

L'ENEL di Venezia

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA

Strategia di base:



1. Raccolta e rielaborazione critica dei dati pubblicati e di quelli inediti (parzialmente).

L'Archivio di Stato di Belluno II Fondo Vajont SOCIÈTA ADRIATICA DI ELETTRICI IMPIANTO IDROELETTRICO PIAVE - BOITE - VAIONT - MAE SERBATOIO DEL VAIONT 2. Acquisizione di nuovi dati SECONDA PROSPEZIONE GEOSISMICA RILEVATA NEL MESE DI DICEMBRE 1960 SEZIONE ED ELEMENTI GEOMETRICI

PLANIMETRIA VAIONT 12 - 1- 961

DIS. Nº 5654

SCALA 1110

Dati disponibili: geosismica

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA

Ci sono dati che a 50 anni di distanza possono essere ancora utili e utilizzabili ? La risposta è ovviamente si ... se questi vengono opportunamente rielaborati



Dati disponibili: geosismica



5

Dati disponibili: microsismicità



Dati disponibili: rete di monitoraggio spostamenti (xy e z)



I nuovi rilievi: due obiettivi

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA

Analisi della superficie di scivolamento e del corpo di frana..



La frana si compone di due lobi principali:

Α

lobo principale o del Massalezza

В

lobo secondario (scende poco dopo il lobo principale e lo copre parzialmente)

8

Modello strutturale tridimensionale







Analisi dell'assetto strutturale



Presenza di tettonica dinarica nella valle del Vajont: le faglie del Col delle Tosatte e della Croda Bianca (pop up)





n = 14

b

debris

Il piano di scivolamento è molto complesso e soprattutto è piegato in senso est-ovest (con asse nord-sud)

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA



Il piano di scivolamento La sinclinale del Massalezza



Massironi et al., 2013

Il piano di scivolamento La sinclinale del Massalezza

· UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA





Il piano di scivolamento Interferenza di meso-pieghe



.... gli studi geofisici sul corpo di frana

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA

Obiettivi:

- acquisire nuovi dati sulle condizioni fisiche della massa (fratturazione, condizioni strutturali, ecc.);
- determinare le caratteristiche del piano di scivolamento in profondità sotto il corpo di frana.



Comprendere meglio le dinamiche dello scivolamento in massa

.... gli studi geofisici sul corpo di frana



.... gli studi geofisici sul corpo di frana

· UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA



... la serie geofisica tipo ...

· UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA





Tomografia elettrica – condizionamento tettonico

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA



Tomografia elettrica



Sezione longitudinale ERT1 - lobo A Massalezza



Sezione longitudinale ERT1 - lobo A Massalezza



Sezione trasversale ERT8 - Iobo A Massalezza



Sezione trasversale ERT8 - lobo A Massalezza

- UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA ERT-8 North Resistivity Elevation -850 South (Kohm*m) (m a.s.l.) 3.00 800 750 2.31 700 Böhm et al., 2014 650 Distance (m) 200 300 400 500 600 700 100 800 163 Elevation -850 е (m a.s.l.) e 0 d+e d+e C 800 0.93 C 750 a" a" 700 Major target missed !!! 0.25 650 GWT ? SLS 600 Distance (m) 550 100 200 300 400 800 0 500 600 700

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA









- UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA





Il corpo di frana nello strato più superficiale, spostandosi da ovest verso est é tripartito in unità "conduttivo-resistivo-conduttivo". In profondità la resistività aumenta in quanto si entra nel substrato litoide del Giurassico (Calcare del Vajont)



34

Rapido confronto con i dati di pozzo (S4A, S4A" e S6D sono *inline*, mentre S11D è *offline* di 90 m e sul lobo B)



I dati di pozzo confermano l'interpretazione del piano di scivolamento (SLS). Per la prima volta il piano di scivolamento viene individuato con precisione dalla geofisica.

MS & FW data



Dai dati FW e MS è finalmente possibile ricostruire SLS in 3D.

36





UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA

Il versante nord del Monte Toc (che margina l'anticlinale di Belluno) e' racchiuso da faglie inverse a vergenza dinarica (compressione est-ovest).

Questa compressione determina la formazione della sinclinale del Massalezza al centro della superficie di scivolamento del 1963. La struttura concava guida la caduta del blocco principale (lobo A) e ne limita lo scompaginamento.

Molte pieghe presenti sulla superficie di scivolamento sono precedenti alla frana e ne hanno condizionato l'evoluzione (riattivazione di geometrie flat-ramp-flat).



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA

- Le peculiari proprieta' fisiche delle diverse unita' che compongono la sequenza franata ne consentono il riconoscimento nel corpo di frana;

- La stratigrafia pre-frana si conserva bene negli strati superficiali ma in profondità sono visibili importanti dislocazioni della massa franata;

- La sinclinale del Massalezza è perfettamente riprodotta nell'accumulo, è una struttura pre-frana ed ha sicuramente agito da binario di caduta preservando l'integrità della massa collassata;



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA

- il corpo ad altà velocità ubicato sotto il fianco destro del lobo principale del Massalezza (lobo A) è probabilmente costituito da rocce molto compatte preservate per il limitato spostamento che le ha interessate (meno di 100 m) durante il franamento;



Il tetto dell'unità rappresenta una discontinuità che ha favorito lo scivolamento della porzione superiore della massa durante il franamento.

La studio geofisico delle grandi frane alpine rappresenta tuttora una notevole sfida in relazione all'elevata complessità degli accumuli. La **Frana del Vajont** non fa eccezione e dal punto di vista geofisico presenta proprietà estremamente variabili in relazione alla stratigrafia ed alla struttura originaria ed allo "scompaginamento strutturale" dovuto allo scivolamento originario e poi a quello finale del 1963;

Modificato da

Martinis. 1978

L'immagine interna è comunque quella di un blocco scivolato in massa (o parzialmente in massa) che mantiene una forte impronta della struttura originaria con una serie di nuove pieghe е di dislocazioni dovute al collasso. Le interpretazione della parte profonda poco affidabili sono senza il sostegno della geofisica.

I dati sono ancora in elaborazione al fine di un quadro completo ed organico che consenta di correlare la reologia del materiale franato con la dinamica del franamento aggiungendo uno degli ultimi tasselli mancanti per la definitiva comprensione del tragico evento del 1963.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA

La lista completa delle pubblicazioni (nelle varie forme) sul Vajont è disponibile sul sito della rivista Natural Hazards and Earth Systems Sciences. La bibliografia, aggiornata al 2012, è stata redatta da Laura Superchi durante il suo periodo di Dottorato di Ricerca presso l'Università di Padova. The Vaiont landslide electronic bibliographic database https://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/10/865/2010/nhess-10-865-2010-supplement.pdf Alcune pubblicazioni a taglio divulgativo: Datei, C., 2005, Vajont. La storia idraulica, 137 pp. Masè, G., Semenza, M., Semenza, Pa., Semenza, P., & Turrini, M.C., 2004, Le foto della frana del Vajont. Merlin, T., 2001, Sulla pelle viva. Come si costruisce una catastrofe. Il caso Vajont, 196 pp. Passi ,M., 2003, Vajont senza fine, 174 pp. Reberschak, M., 2003, II Grande Vajont, 716 pp. Semenza, E., 2001, La storia del Vaiont raccontata dal geologo che ha scoperto la frana, 280 pp. Zanfron, B., 2000, Vajont - 9 ottobre 1963 - Cronaca di una catastrofe, 168 pp.

Siti internet istituzionali:

Sito ufficiale a cura del Comune di Longarone http://www.vajont.net/

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA

Le pubblicazioni citate nella presentazione (1/3):

Selli R. e Trevisan L.*, 1964, Caratteri e interpretazione della Frana del Vajont, Giornale di Geologia, 32, 1-154.

Belloni L.G. and Stefani R., 1987, The Vaiont slide: instrumentation-Past experience and the modern approach: Engineering Geology, 24, 445-474, doi: 10.1016/0013-7952(87)90079-2.

Beltrando, M., Compagnoni, R., and Lombardo, B., 2010, (Ultra-) High-pressure metamorphism and orogenesis: An alpine perspective: Gondwana Research, 18, 147–166, doi:10.1016/j.gr.2010.01.009

Bistacchi, A., Massironi, M., Superchi, L., Zorzi, L., Francese, R., Giorgi, M., Chistolini, F., and Genevois, R., 2013, A 3D geological model of the 1963 Vajont landslide: Italian Journal of Engineering Geology and Environment, BS6, 531-539, ISSN: 1825-6635, doi: 10.4408/IJEGE.2013-06.B-51.

Böhm, G., Francese, R., and Giorgi, M., 2014, 3D Geophysical Model of the Vajont Rockslide from Seismic and Geoelectric Surveys: Near Surface Geoscience 2014 - 20th European Meeting of Environmental and Engineering Geophysics, Athens, Greece, doi: 10.3997/2214-4609.20142052.

Bosellini, A., 1996, Geologia delle Dolomiti: Edizioni Athesia, 191 pp.

Castellarin, A., Nicolich, R., FantoniR., Cantelli, L., Sella, M., Selli, L., 2006, Structure of the lithosphere beneath the Eastern Alps (southern sector of the TRANSALP transect): Tectonophysics, 414, 259-282.

Dal Piaz, G., V., Bistacchi, A., and Massironi, M., 2003, Geological outline of the Alps: Episodes, 26, 3, 175-180.

^{*} I proff. Selli e Trevisan vennero incaricati dal giudice istruttore Mario Fabbri di redigere la prima perizia geologica sulle cause del disastro.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA

Le pubblicazioni citate nella presentazione (2/3):

Doglioni, C., and Carminati, 2008, Structural styles & Dolomites field trip: Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, 82, 1-299, ISSN: 0536-0242.

Francese, R., Giorgi, M., Böhm, G., Bistacchi, A., Bondesan, A., Massironi, M., and Genevois, R., 2013, 3D geophysical imaging of the Vajont landslide and of its surroundings: Italian Journal of Engineering Geology and Environment, BS6, 555-565, ISSN: 1825-6635, doi: 10.4408/IJEGE.2013-06.B-53.

Fossen, A., 2010, Structural Geology: Cambridge University Press, 463 pp, ISBN: 978-0-521-51664-8.

Ghirotti, M., Masetti, D., Massironi, M., Oddone, E., Sapigni, M., Zampieri, D., and Wolter, A., 2013, The 1963 Vajont Landslide (Northeast Alps, Italy) – Post-Conference Field trip (October 10th, 2013) Italian Journal of Engineering Geology and Environment, BS6, 635-646, ISSN: 1825-6635, doi: 10.4408/IJEGE.2013-06.B-61.

Hendron, A.J., and Patton, F.D., 1985, The Vaiont Slide, A Geotechnical Analysis Based on New Geologic Observations of the Failure Surface: Department of the Army, US Army Corps of Engineers, Technical Report GL-85-5.

Martinis, B., 1978, Contributo alla stratigrafia dei dintorni di Erto-Casso (Pordenone) ed alla conoscenza delle caratteristiche strutturali e meccaniche della frana del Vajont, Memorie delle Scienze Geologiche, 32, 1-33.

Masetti, D., Fantoni, R., Romano, R., Sartorio, D., Trevisani, E., 2012, Tectonostratigraphic evolution of the Jurassic extensional basins of the eastern southern Alps and Adriatic foreland based on an integrated study of surface and subsurface data: AAPG Bulletin, 96, 11, 2065–2089, doi:10.1306/03091211087.

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA

Le pubblicazioni citate nella presentazione (3/3):

Massironi, M., Zampieri, D., Superchi, L., Bistacchi, A., Ravagnan, R., Bergamo, A., Ghirotti, M., and Genevois, R., 2013. Geological structures of the Vajont landslide: : Italian Journal of Engineering Geology and Environment, BS6, 573-582, ISSN: 1825-6635, doi: 10.4408/IJEGE.2013-06.B-55.

Pellegrini, G.B, Albanese, D., Bertoldi, R., Surian, N., 2005, La deglaciazione nel Vallone Bellunese, Alpi Meridionali Orientali: Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria Supplemento 7, 271-280.

Semenza E. and Ghirotti M., 2000, History of the 1963 Vaiont slide: the importance of geological factors, Bullettin Engineering Geology Environment, 59, 87-97, doi: 10.1007/s100640000067.

