Zeitschrift: Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure

Herausgeber: Vereinigung Schweizerischer Petroleum-Geologen und -Ingenieure

Band: 59 (1992)

Heft: 134

Artikel: PNR 20, Prospezione sismica con il metodo a riflessione sullo slittamento die Campo Vallemaggia

Autor: Bonzanigo, Luca / Frei, Walter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-216058

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Boll. dell'Associazione Svizzera dei Geol. e Ing., vol. 59, no. 134, giugno 1992 - p. 9-17

PNR 20, Prospezione sismica con il metodo a riflessione sullo slittamento di Campo Vallemaggia

con 4 figure

LUCA BONZANIGO e WALTER FREI

Introduzione

Nel 1990 furono condotte delle indagini sismiche profonde nella valle Maggia, che si allacciavano a quelle già eseguite negli anni precedenti sotto gli auspici del Progetto Nazionale di Ricerca Nr. 20. Grazie all'interesse del direttore del progetto Dott. Peter Lehner, una prospezione sismica con il metodo di riflessione sullo slittamento di Campo Vallemaggia fu promossa, inglobata nel PNR20. Questo slittamento è uno dei fenomeni di instabilità di pendio più importanti in Svizzera e in Europa. La prospezione consisteva in un profilo sismico a riflessione lungo circa un chilometro.

Al momento dell'esecuzione di questa prospezione sismica, sullo slittamento di Campo Vallemaggia erano già in atto numerose indagini mediante sondaggi meccanici (perforazioni profonde a carotaggio continuo) e sismici a rifrazione, oltre che studi cartografici, idrogeologici, geomorfologici e geodetici. Queste indagini erano integrate in un programma di studio promosso e finanziato dal Dipartimento dell'Ambiente del cantone Ticino, con l'appoggio della confederazione. Il loro scopo era la raccolta delle informazioni necessarie alla scelta delle strategie di risanamento del dissesto. In particolare, si trattava di stabilire se l'erosione al piede dello slittamento è responsabile del fenomeno, o se ne è solo una conseguenza. Già nel 1962, grazie a due sondaggi meccanici che raggiunsero la roccia in posto a circa 200 m, e in seguito a quelli eseguiti tra il 1990 e il 1991, fu messa in evidenza la presenza di elevate pressioni artesiane. Questi avvertamenti avvalorano l'ipotesi che la vera causa sia legata alle sovrappressioni e non all'erosione. Alla direzione locale dei lavori di indagine (rappresentata da uno degli autori del presente articolo) fu concesso di proporre una linea di sondaggio sismico a riflessione dove meglio le sembrava. Il programma generale di indagine era indirizzato alla progettazione di un cunicolo di drenaggio nella roccia in posto sotto alla massa in movimento; per cui fu scelta una linea che fornisse il massimo possibile di informazioni, supplementari a quelle già ottenute mediante perforazioni e sondaggi sismici a rifrazione, che risultassero utili a questa progettazione.

L. Bonzanigo, Geologo consulente dipl.sc.nat.ETHZ, via Stazione 16A, 6501 Bellinzona
W. Frei, Geo Expert ag, Bahnhofstrasse 35 8603 Schwerzenbach

Le numerose campagne sismiche, tra le quali quella a riflessione, calibrate con i risultati dei sondaggi meccanici, hanno procurato un modello attendibile del contatto tra massa in movimento e roccia in posto.

Geologia generale e locale

Lo slittamento di Campo Vallemaggia si situa nelle falde penniche lepontine e riguarda le formazioni della zona di Bosco e di un diverticolo della falda di Antigorio, descritta con il nome di «serie di Orsalia» o «del Bombogno» dai diversi autori (GRUETTER 1929, HUNZIKER e WIELAND 1966, HALL 1972, COLOMBI 1983, VALENTI 1983, MERZ 1985, BONZANIGO 1988).

La massa di materiale in movimento non è composta da materiali sciolti in senso i stretto, quali morene, detriti di falda o di crollo, o materiali alluvionali, bensì da roccia intensamente alterata. Si tratta di gneiss, anfiboliti, scisti micacei e alumosilicatici, e qualche passaggio di calcefiri. Nella massa in movimento i minerali idrolizzabili, (felspati, orneblende, ecc.) sono generalmente argillificati (saussuritizzati) e quindi trasformati in gran parte nei relativi minerali argillosi (illiti, caolinite, montmorillonite, ecc). Sono stati osservati materiali che presentano l'aspetto di roccia sana, ma che si disgregano completamente con la sola pressione della mano, sia in affioramenti della massa in movimento che nei campioni di carotiere.

Una delle caratteristiche dello slittamento di Campo Vallemaggia maggiormente degna di interesse è la presenza di elevate sovrappressioni artesiane che raggiungono generalmente, in colonna d'acqua, la quota piezometrica di ca 1400 msm. Nei fori di perforazione sono state infatti misurate pressioni fino a 12.5 bars in superficie (1315 msm), e portate superiori al m3/min. La bocca di un foro di sondaggio eseguito nel 1963, in seguito risanato, ha portato per quasi 30 anni, e porta tuttora, ca 500 llmin. Altro fatto degno di riguardo è la presenza in alcune sorgenti e nelle acque artesiane captate nelle perforazioni di gas a elevato contenuto di idrogeno (3-87 % sic!) e con caratteristiche isotopiche curiose (BONZANIGO 1990)

Concetti di risanamento

Il meccanismo dello slittamento è assai complesso e per la sua comprensione sono stati necessari grossi investimenti per indagini e studi. Già alla fine del secolo scorso da parte della confederazione fu conferito un incarico al prof. Albert Heim del politecnico di Zurigo.

Negli anni quaranta, a seguito di una notevole accelerazione del movimento, importanti opere di prosciugamento di superficie sono state realizzate. Gravi fenomeni erosivi negli anni cinquanta hanno condotto lo stato del cantone Ticino a promuovere una campagna di studi durante la quale sono stati eseguiti due sondaggi meccanici con prelevamento di campioni, che hanno portato le prime conferme della natura molto complessa e del notevole spessore dello slittamento. I sondaggi hanno raggiunto la roccia in posto alle profondità di 162 e 205 m. (CONTROLLARE)

A partire della fine degli anni sessanta è stato formulato il concetto di risanamento basato sulla deviazione in galleria del fiume Rovana, che durante i periodi di forti precipitazioni cagiona devastanti squarci sul fronte dello slittamento. Durante l'alluvione del 1978 sono stati asportati dall'erosione centinaia di migliaia di metri cubi di materiale, mentre lo slittamento stesso non ha dato segni tangibili di importanti movimenti.

Nel 1984, uno degli autori del presente articolo (L. Bonzanigo) ha proceduto al rilievo geologico dettagliato di superficie e alla presentazione di interpretazioni delle informazioni raccolte. Queste confermarono l'ipotesi che la massa in movimento non fosse composta da materiale trasportato, morene o franamenti di crollo, ma in maggior parte da roccia dislocata lungo superfici o zone di scorrimento. Tra una zona e l'altra la roccia, a dipendenza della sua mineralogia, è relativamente sana. Ne risulta un modello a «pannelli» separati da fasce suborizzontali e subverticali di scorrimento. Inoltre l'autore ha proposto l'ipotesi che l'erosione al piede dello slittamento non sia la causa bensì una conseguenza degli spostamenti. La causa va ricercata nelle sovrappressioni artesiane e i risanamenti si dovrebbero basare sull'abbattimento di queste sovrappressioni mediante drenaggi.

Fu quindi proposta la nuova campagna di indagini che comprendeva nuove perforazioni, sondaggi sismici a rifrazione, studi idrogeologici e isotopici.

Un rapporto peritale chiesto dal Dipartimento dell'Ambiente allo studio di ingegneria Lombardi SA giunse alle stesse conclusioni sulla responsabilità delle sovrappressioni piuttosto che dell'erosione. Questo rapporto consigliava la realizzazione di un cunicolo di drenaggio nella roccia in posto sotto alla massa in movimento. Il Dipartimento dell'ambiente, sezione economia delle acque, ha quindi incaricato la stessa Lombardi SA di presentare un progetto in tal senso. Le indagini da allora eseguite da quella data furono orientate alla raccolta delle informazioni necessarie a questo progetto.
Fu in particolare iniziata una campagna di sondaggi con prelievo di campioni con l'ausilio di tecniche sofisticate, che comprese una misura delle velocità sismiche reali mediante un «down-hole shooting» in uno dei fori, fino a 250 m di profondità, cioè fino al contatto massa in movimento-roccia in posto. Una serie di profili sismici a rifrazioni furono pure eseguiti, consentendo inoltre la misura delle velocità sismica nella massa in movimento.

La direzione del PNR20 propose l'esecuzione di un profilo a riflessione, nell'ambito della campagna in corso in Valle Maggia. Fu quindi possibile ottenere una sezione sismica (figura 3) lungo una linea che corrisponde grosso modo al progetto di cunicolo di drenaggio.

Tecniche di sondaggio sismico a riflessione e trattamento dei dati.

Scopo del sondaggio sismico era il miglioramento delle conoscenze sulla geometria del contatto tra massa in movimento e roccia sana in posto. La linea di sondaggio fu posizionata tenendo conto del progetto di galleria di drenaggio, e quindi collegando quattro dei sondaggi meccanici (perforazioni) già realizzati. La linea sismica, orientata OSO-ENE, è lunga circa 1150 m, come illustrato nella figura 2. ed è suddivisa in stazioni (canali di registrazione) numerati da 96 a 347.

L'energia necessaria al sondaggio fu prodotta prevalentemente mediante una massa a caduta accelerata tipo VAKIMPAK. Questo attrezzo si presta per ricerche sismiche a ri-

flessione fino a profondità di ca 300 m. L'impulso è provocato dalla caduta di un pistone del peso di 50 kg sopra un'incudine. Il pistone scorre all'interno di un cilindro alto 1.6 m e l'armamento del dispositivo determina un vuoto parziale che accelera ulteriormente il pistone. L'incudine trasmette l'impulso ad una piastra in gomma dura posta sul terreno.

Tra le stazioni 120 e 170 il VAKIMPAK non ha potuto essere impiegato a causa delle difficoltà di accesso, per cui sono state brillate cariche esplosive di 100 g in fori profondi 1.5 m.

Il dispositivo di acquisizione era composto da stendimenti lunghi 240 m e dotati di 48 canali di registrazione. Ogni canale era composto da numerosi geofoni collegati assieme. La distanza tra ogni stazione, e quindi tra ogni gruppo di geofoni era di 5 m. Per ogni tiro lo stendimento è stato spostato di una stazione e l'energia prodotta ad ogni estremità. L'intervallo tra ogni punto riflesso comune (CDP) è di 2.5 m e il ricoprimento (FOLD) nominale di 24.

I parametri di acquisizione sono quindi i seguenti:

Apparecchiatura di acquisizione	BISON 9048
Intervallo stazioni/gruppi di geofoni	5 m
Numero di geofoni per gruppo	6
Filtro passa alto	18 Hz
Filtro passa basso	250 Hz
Impulso ca 90 %	VAKIMPAK
Impulso ca 10 %	Esplosivo 100g
Numero canali registrati contemporaneamente	48
Lunghezza stendimenti	240 m
Tipo geofoni	20 Hz
Ritmo di acquisizione («sampling rate»)	1 ms
Tempo di registrazione	1 s
Intervallo di impulso	5 m
Ricoprimento nominale (CDP)	24
Numero colpi per registrazione	4 - 6

I lavori sul campo iniziarono a metà dicembre 1990 e dovettero essere interrotti dopo due giorni per le forti nevicate. Il resto della campagna proseguì inizio maggio 1991 e durò altri due giorni.

La porzione occidentale del profilo (stazoni 115-180) è situata in zone di difficile accesso ed è molto pendente, per cui il ricoprimento non è completo e la qualità dei risultati ne ha sofferto.

Elaborazione numerica dei dati

L'elaborazione computerizzata è stata effettuata con il sistema MicroMAX. La rappresentazione finale è stata eseguita per mezzo dell'impianto PHOENIX dell'istituto di geofisica del Politecnico di Zurigo.

Le principali fasi di elaborazione sono le seguenti:

1. Trasferimento e riformatazione dei dati registrati
2. Inserimento della geometria e della topografia
3. Esame dei dati grezzi e edizione
4. Soppressione analitica dei primi arrivi di rifrazione
5. Normalizzazione per divergenza sferica e assorbimento
6. Normalizzazione in banda di frequenza 10-30-120-150 Hz
7. Somma continua di ogni 3 tiri contigui
8. Riordino per punto riflesso comune (CDP)
9. Analisi di velocità
10. Correzione dinamica (NMO)
    25% di distorsione massima «stretch-mute»
11. Correzione statica residua
12. Somma secondo punto riflesso comune
13. Filtro passa banda 10-30-120-150 Hz
14. Normalizzazione automatica (AGC) con 100 ms di finestra
15. Posizionamento topografico riferito a 1300 msm
16. Rappresentazione dei risultati

Il profilo sismico risultato è illustrato in figura 3.

Interpretazione geologica del risultato

Nel profilo sismico sono chiaramente riconoscibili numerosi riflettori. In particolare ad Est, sotto al sondaggio CVM5 vien messo molto bene in evidenza uno scalino della roccia in posto nella quale sono riconoscibili delle strutture suborizzontali che corrispondono bene a quanto osservato in cartografia di superficie. Questa chiara definizione del contatto permette di confermare la velocità media di andata e ritorno (TWT) in 2430 m/s.

La zona centrale del profilo conferma la struttura a vasca che si poteva ricavare dalle informazioni già ottenute con altri mezzi. La presenza di scalini determinati da faglie dalla roccia in posto è messa in evidenza dalle discrepanze laterali dei riflettori.

La zona orientale del profilo, sotto a CVM4 non è molto chiara, ma se si considera che la velocità media di andata e ritorno si situa tra 2000 e 3000 m/s, si può supporre che il riflettore della roccia a 250 m di profondità sia quello segnato con «R» nella figura 3.

Nella zona tra CVM4 e S2 i dati sono perturbati dalla forte pendenza del terreno e da probabili riflessi laterali dovuti alla pendenza dei riflettori. Non è chiara l'interpretazione del forte riflettore visibile tra le stazioni 140 e 160. Potrebbe comunque trattarsi di effetti di difrazione sulle inomogeneità dovute al piano di scorrimento subverticale principale presente in quella zona.

La figura 4 illustra l'interpretazione geologica ricavata direttamente dal profilo sismico. Le profondità sono calcolate in base a velocità ricavate dalla calibrazione ottenuta dalla quota nota della roccia in posto nei sondaggi.

BIBLIOGRAFIA

LUCA BONZANIGO, Lo slittamento di Campo Vallemaggia; fenomeni artesiani e presenza di gas in ambiente cristallino, Boll. dell'Associazione dei Geol e Ing. del Petrolio, vol. 57, no. 131, dicembre 1990 - p. 65-72.

LUCA BONZANIGO, Etude des mécanismes d'un grand glissement en terrain cristallin: Campo Vallemaggia, Comptes rendus du cinquième symposium international sur les glissements de terrain, Lausanne, 10-15 juillet 1988.

LUCA BONZANIGO, XXIIème congrès de l'Association internationale des hydrogéologues (AIH) et de l'Association internationale des sciences hydrologiques (AISH). Phénomènes artésiens et présence de gas en milieu cristallin. Ingénieurs et architectes suisses No 18, 1990.

PNR 20: Progetto Nazionale di Ricerca 20: Deep Structures of the Alps, Mém.Géol.Soc.Suisse 1991.

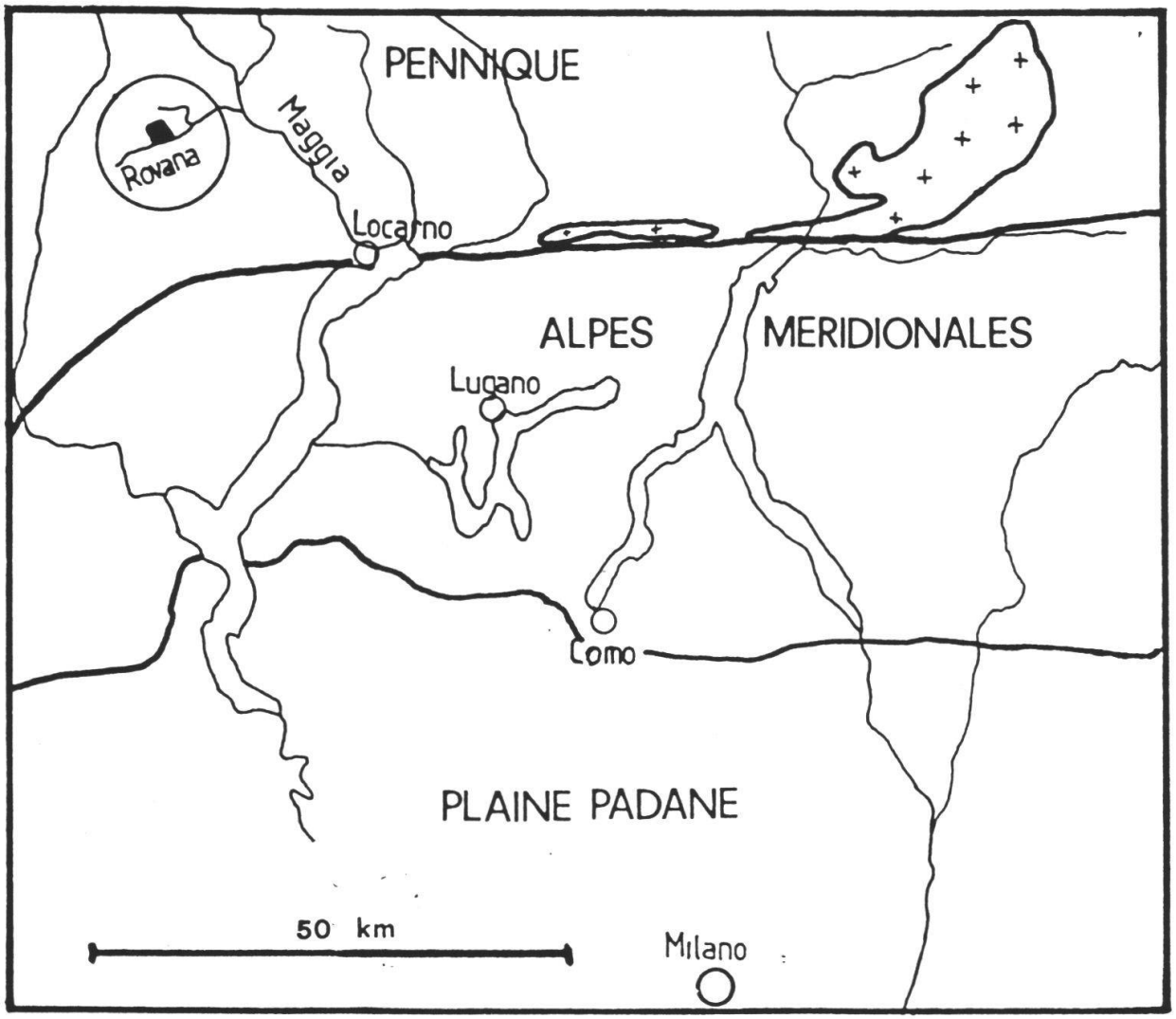

Figura 1: Lo slittamento di Campo Vallemaggia è situato nella Valle Rovana, confluente della Maggia.

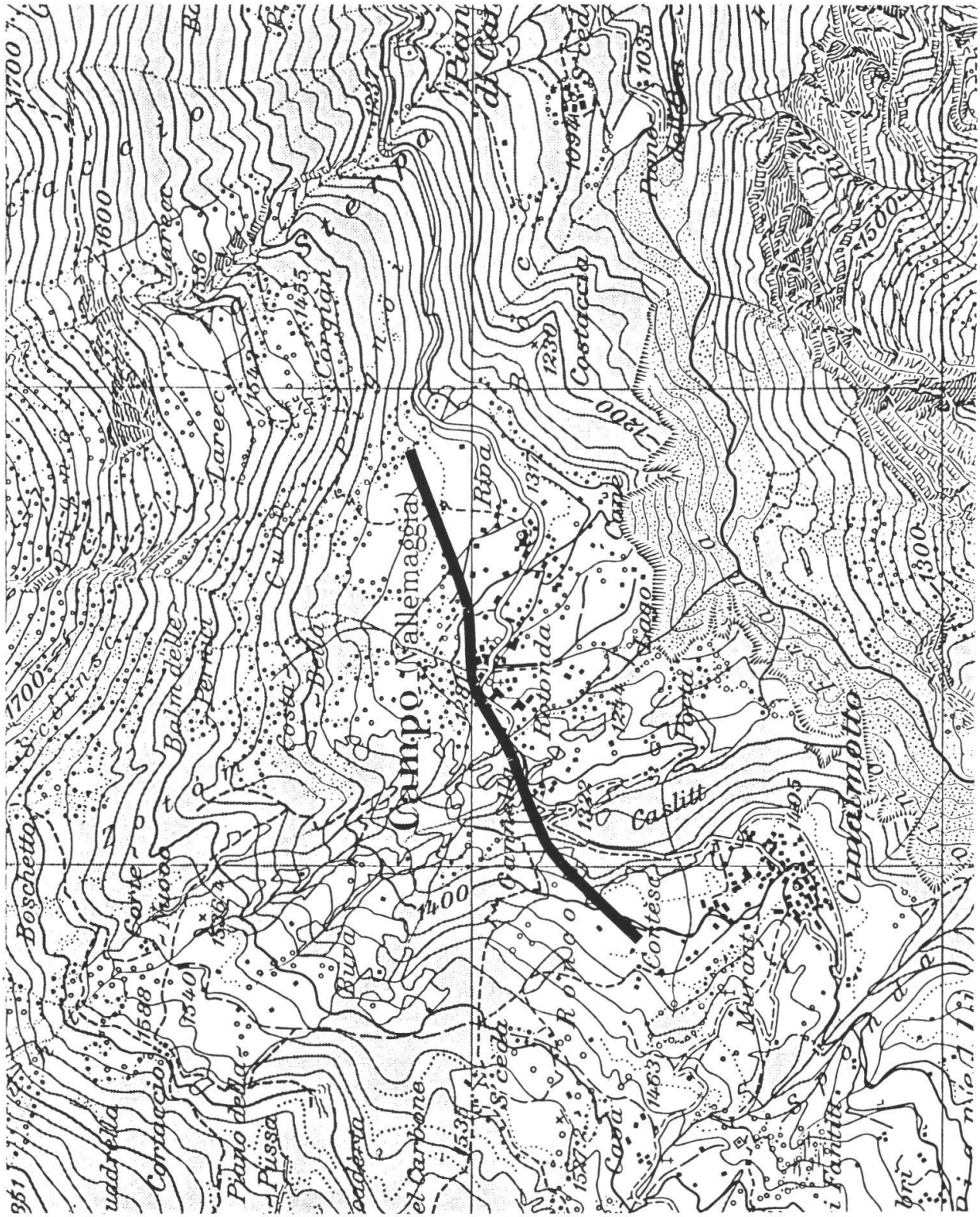

Figura 2: Posizione del profilo sismico lungo 1150 m, grosso modo parallelo al cunicolo di drenaggio progettato.

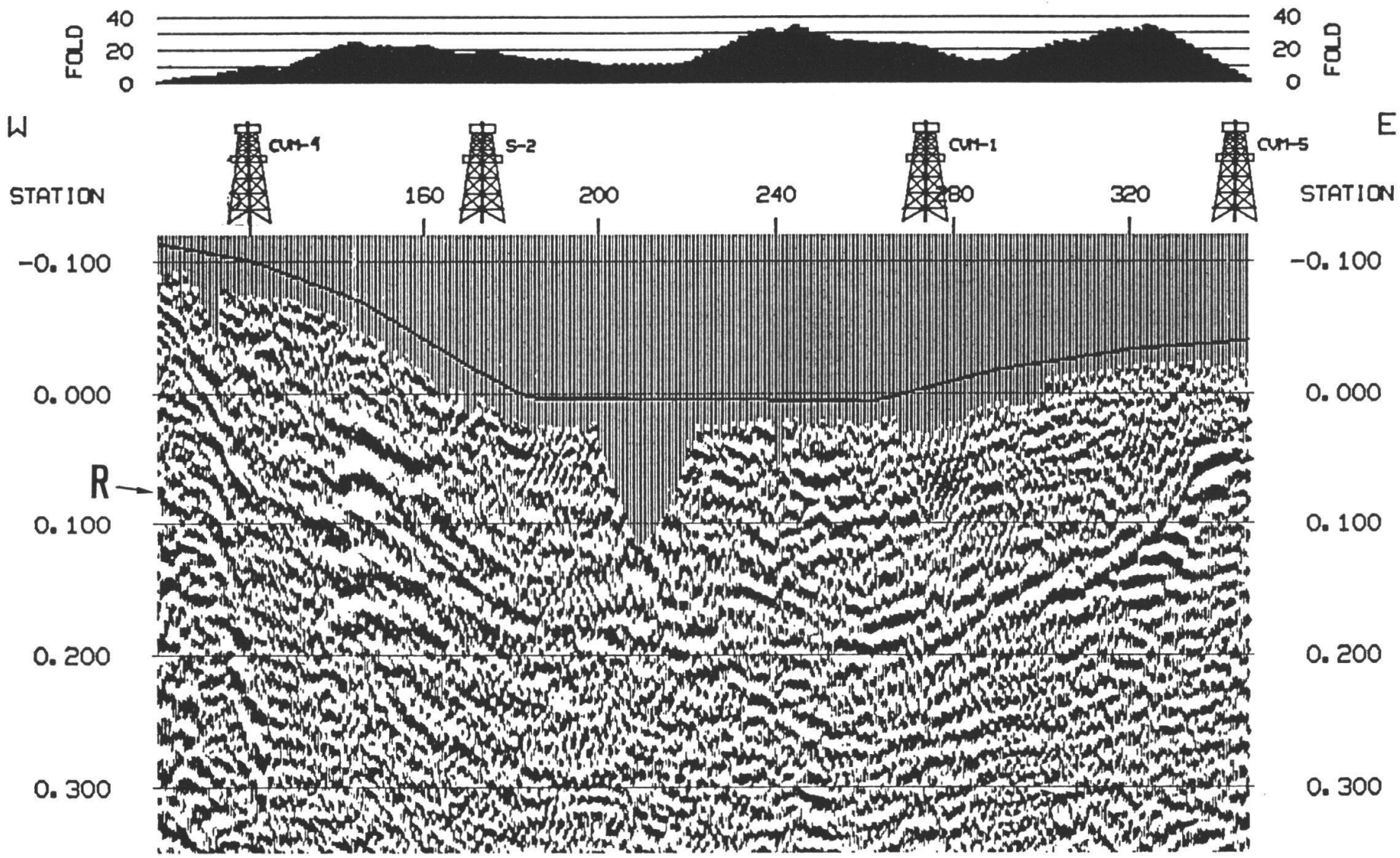

Figura 3: Sezione sismica: sulla destra è molto chiaro lo scalino e le strutture suborizzontali nella roccia in posto. Sulla sinistra i dati sono di qualità ridotta a causa delle forte variazioni laterali e dalle aberrazioni dovute alla forte pendenza della superfice. Con «R» è segnato il riflettore che, in base alla calibrazione sui sondaggi, corrisponde più probabilmente alla roccia in posto. Le grandi variazioni laterali di velocità sismica sono pure confermate dalla sismica a rifrazione. Sono ben visibili le discrepanze dei riflettori che tradiscono la presenza di faglie.

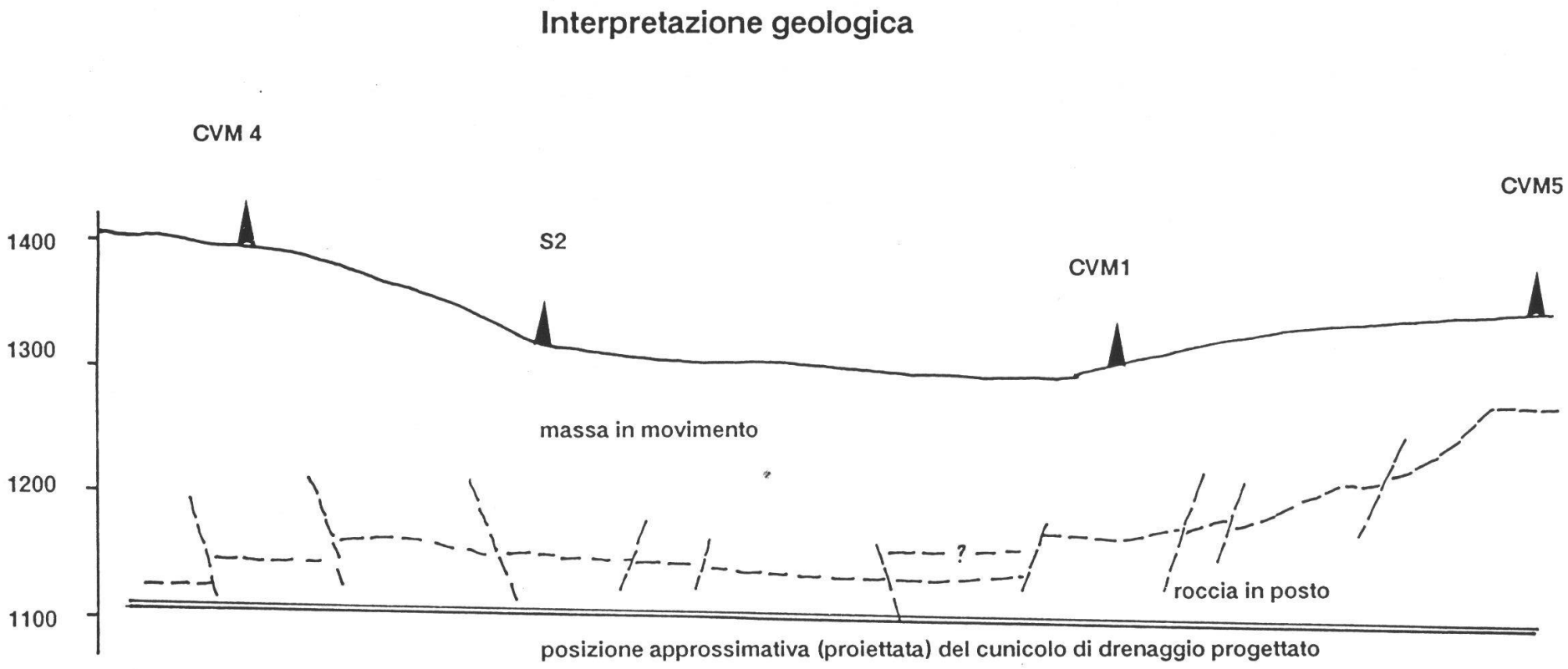

Figura 4: Interpretazione geologica. La traccia del profilo non corrisponde esattamente a quella del cunicolo progettato ma lo scarto laterale non supera 100 m.