

Zeitschrift: Bollettino della Società ticinese di scienze naturali
Herausgeber: Società ticinese di scienze naturali
Band: 76 (1988)

Artikel: La struttura profonda delle Alpi
Autor: Heitzmann, Peter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1003403>

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: 12.01.2026

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

LA STRUTTURA PROFONDA DELLE ALPI

DOTT. PETER HEITZMANN

MEMBRO DELLA DIREZIONE DEL PNR 20

ISTITUTO DI GEOLOGIA

3012 BERNA

PER IL GRUPPO DI LAVORO SVIZZERO PER SISMICA A RIFLESSIONE

INTRODUZIONE

La tettonica globale delle placche ci fornisce oggi gli strumenti necessari per spiegare e comprendere l'origine delle Alpi come il risultato della collisione fra la placca europea e quella africana (TRÜMPY, 1984). Durante questo processo che iniziò circa 100 milioni di anni fa, il margine settentrionale della placca africana fu sovrascorso sulla parte meridionale della placca europea. Le numerose coltri alpine, fra le quali quelle cristalline (penniniche ed austroalpine) come pure quelle sedimentarie (elvetiche e prealpine) rappresentano oggi la conseguenza più diretta della deformazione dei bordi delle due placche in movimento.

Durante le fasi posteriori alla formazione delle coltri, tutto il complesso alpino fu sottoposto ad una nuova deformazione culminante nella ripiegatura della foliazione sviluppata in precedenza. Cosé, anche la formazione della cosiddetta «Zona delle radici» delle Alpi centrali che costituisce il confine con le Alpi meridionali, deve essere attribuita ad una fase posteriore di raccorciamento (HEITZMANN, 1987).

Tutte le strutture di deformazione che oggi possiamo osservare in superficie non hanno avuto origine a questo livello, ma a grande profondità nella crosta terrestre. Le rocce coinvolte in questi processi subiscono una trasformazione totale causata dalle condizioni di pressione e temperatura elevate che si riscontrano a queste profondità; questo processo è chiamato metamorfismo regionale. Durante la prima fase, ossia quella eoalpina, avvenuta durante il Cretaceo, le condizioni di metamorfismo furono caratterizzate da temperature attorno a 500-600 °C e pressioni di circa 15 Kb, valori che corrispondono ad una profondità di metamorfismo di 40-45 km. (HEINRICH, 1982). Per la fase mesoalpina, sviluppatasi durante il Terziario, nel Ticino centrale sono tipiche temperature di 600-700° C ed una profondità di 20-25 km. (FREY et al., 1980).

Le Alpi attuali (Fig. 1) sono dunque il prodotto di lunghi e complessi fenomeni di deformazione e di metamorfismo.

È grazie allo studio dell'attuale situazione che si giunge alle conclusioni necessarie per spiegare l'evoluzione delle Alpi. Al fine di studiare l'attuale profilo alpino, il Fondo nazionale per la ricerca ha proposto di eseguire un programma di ricerca denominato: «LA STRUTTURA PROFONDA DELLA SVIZZERA».

IL PROGRAMMA NAZIONALE DI RICERCA 20

Per lo studio sulle strutture profonde della Svizzera, il Consiglio federale ha deciso di lanciare un programma nazionale dotato di 11 milioni di franchi. La somma stanziata è stata distribuita nel modo seguente:

- 5 milioni per la sismica a riflessione
- 2 milioni per l'elaborazione elettronica dei dati
- 2 milioni per i progetti supplementari di geofisica e di geologia
- 1 milione per la direzione del programma
- 1 milione di riserva

Per avere un quadro d'insieme ottimale con i mezzi a disposizione si sono scelti tre tracciati attraverso le Alpi: la cosiddetta traversa est, quella ovest e quella sud (Fig. 2). Queste traverse corrispondono ai tracciati di sismica a riflessione e la maggior parte dei progetti supplementari, pur lavorando con metodi diversi, geofisici e geologici, seguono il percorso delle traverse citate. Per la traversa sud in particolare sono previsti due progetti ben distinti:

– *la tettonica delle Alpi meridionali* sotto la direzione del Prof. Bernoulli di Zurigo e

– *la tettonica della «Zona delle radici»* che è diretto dal Dott. Heitzmann di Berna.

Il nuovo metodo applicato nella ricerca delle Alpi è costituito dalla sismica a riflessione, metodologia utilizzata soprattutto per la prospezione del petrolio. La sismica a riflessione può essere paragonata alla misurazione della profondità del mare tramite l'eco riflessa dai fondali.

Nel caso delle Alpi, grazie all'impiego di autocarri vibrati e di cariche di esplosivo, vengono inviati dei segnali acustici nella crosta terrestre. Questi segnali, dopo essere stati riflessi dagli strati rocciosi, vengono captati da numerosi geofoni collegati ad una centrale che elabora le informazioni tramite un ordinatore (Fig. 3).

Per il PNR 20 è previsto l'impiego dei seguenti mezzi:

- 5-6 autocarri vibratori con un peso totale sulla placca vibrante di 70 tonnellate. Questi speciali automezzi si fermano lungo il tracciato previsto, inviando ogni 40 m e per la durata di un minuto dei segnali aventi uno spettro di frequenza di 10-48 Hz.
- circa 30 esplosioni con cariche di 50-400 kg. di esplosivo fatte brillare in fori di 20-50 m di profondità.
- 240 gruppi di geofoni necessari per la captazione dei segnali, comprensivi ciascuno di 24 ricevitori. La distanza di un gruppo di geofoni dall'altro è di 80 m.

Si arriva cosé a coprire un tratto di quasi 20 km. di lunghezza. Questa distanza è necessaria per poter captare gli echi provenienti da strati geologici profondi anche decine di chilometri.

I PRIMI RISULTATI DELLE TRAVERSE EST ED OVEST

La traversa est è stata rilevata nel 1986, quella ovest invece nel settembre dell'anno seguente. Mentre l'elaborazione dei dati per la traversa est è già a buon punto, quella ovest è ancora allo studio.

Per la traversa est sono già stati elaborati tutti i dati riguardanti sia il rilievo eseguito tramite le esplosioni (raccordate assieme a formare un profilo continuo attraverso le Alpi orientali), sia quelli provenienti dalle misurazioni con la vibrazione.

Per la traversa ovest si è unicamente proceduto alla valutazione dei segnali relativi alle esplosioni.

Un'elaborazione più precisa sarà perfezionata verso l'estate di quest'anno.

LA TRAVERSA EST

Questo tracciato attraversa le Alpi esterne con il Massiccio dell'Aar e le Coltri elvetiche, più a sud tocca pure il Penninico con i Bündnerschiefer e le coltri cristalline dell'Adula, del Tambo e della Suretta. Queste coltri sono separate l'una dall'altra da zone sedimentarie come quella dello Spluga e di Mesocco.

Nella parte settentrionale del profilo si può osservare come la sezione corrisponda alla ben nota situazione della crosta terrestre in corrispondenza dell'Europa centrale (Fig. 4).

Si può infatti distinguere una crosta superiore che per la sismica a riflessione può essere considerata «trasparente», cioè senza importanti riflessi. La crosta inferiore è invece ricca di riflessi. Queste indicazioni vengono interpretate come una intensa stratificazione della crosta inferiore che è probabilmente il risultato di una fase di distensione o di molteplici intrusioni magmatiche. La base di questo complesso di rocce, rappresentato dalla discontinuità di Mohorovicic (detta anche più semplicemente Moho) che costituisce il confine fra la crosta ed il mantello, è ben visibile grazie ad un cosiddetto doppio-riflesso. A maggior profondità i segnali riflessi diventano nuovamente scarsi, fatto che viene spiegato con l'assenza di stratificazioni nella roccia. Verso sud, sia la crosta inferiore che la discontinuità di Moho, si tuffano verso meridione.

Nel Massiccio dell'Aar la crosta superiore è raddoppiata. Questo fenomeno può essere spiegato unicamente con sovrascorimenti interni; cosé il massiccio dell'Aar non dovrebbe essere autoctono, ma essere stato trasportato verso nord sopra la crosta europea non deformata.

Sotto le Alpi penniniche la crosta inferiore e la discontinuità di Moho non sono più segnalate dalle indagini con la sismica a riflessione. Per contro, misurazioni effettuate con la sismica a rifrazione mostrano una continuazione verso sud del confine fra crosta inferiore e mantello. Una spiegazione a questa apparente contraddizione fra i due metodi di indagine, risiede nel

fatto che la sismica a riflessione non è capace di registrare segnali di strutture troppo inclinate, come dovrebbe essere qui il caso.

Nella parte meridionale, i riflessi orizzontali presenti in superficie possono essere parallelizzati con le zone sedimentarie dello Spluga e della Mesolcina che separano le già citate coltri della Suretta, del Tambo e dell'Adula (Fig. 5). Ma anche a maggiore profondità un gruppo di segnali riflessi indica una continuazione delle falde cristalline appartenenti al complesso penninico.

In conclusione, i risultati della sismica a riflessione della traversa est mostrano che la deformazione alpina e la profondità del distacco aumentano da nord verso sud. Il profilo non raggiunge però il limite meridionale delle Alpi centrali e la Linea insubrica. Il comportamento della placca africana in profondità non è quindi ancora noto.

LA TRAVERSA OVEST

Un confronto di questa traversa con quella est mostra parecchie analogie. Alcune ipotesi già eseguite con la prima traversa sono confermate dal secondo tracciato:

- la crosta inferiore e la discontinuità di Moho sono inclinate a sud e la Moho sembra scomparire sotto il Penninico;
- la crosta superiore è raddoppiata nel Massiccio dell'Aar: ad ovest si osserva un evidente sovrascorrimento;
- le coltri del Penninico superiore possono venir distinte nella parte meridionale della traversa ovest in diverse unità tettoniche (Fig. 6).

Ma si sono potute osservare anche strutture sconosciute per il tracciato est:

- la continuazione verso sud del Massiccio dell'Aar è segnalato da una serie di riflessi dello spessore di circa 2 km. (Fig. 6);
- lungo il bordo sud del Massiccio dell'Aar si osserva un altro gruppo di segnali riflessi inclinati verso nord che passano attraverso la crosta superiore fino a raggiungere la base della stessa (Fig. 6).

A prima vista questi fenomeni possono essere interpretati nel modo seguente:

- i riflessi che marcano il tetto del Massiccio dell'Aar dividono in blocchi distinti il complesso alpino: una parte penninica ed una parte subpenninica. La continuazione di questo confine verso la superficie della crosta terrestre potrebbe essere rappresentato dalla Linea del Sempione;
- i segnali riflessi inclinati a nord indicano la parte inversa di un'ampia piega che si chiude verso sud; si tratta di strutture analoghe a quelle osservate in superficie nella zona di Zermatt e al nord della Linea insubrica. Queste strutture sono da attribuire ad una fase di retro-ripiegamento.

Anche la traversa ovest non raggiunge la Linea insubrica e pertanto il profilo attraverso le Alpi non è ancora completo.

PROBLEMI TETTONICI DEL PROGETTO DELLA TRAVERSA SUD

Per ottenere un profilo completo attraverso le Alpi è necessario poter superare la Linea insubrica per cosí raggiungere le Alpi meridionali facenti parte della zolla africana. Il progetto riguardante la traversa sud (Fig. 7) consiste quindi nell'iniziare i rilevamenti sismici nel nord del Ticino e più esattamente nella regione del Lucomagno per raggiungere dapprima Biasca. A causa dei disturbi provocati dalla ferrovia, dall'autostrada e dalle linee ad alta tensione non è possibile effettuare rilevamenti in Riviera. Il profilo verrà perciò continuato in Val Calanca per poi passare da Bellinzona, dall'Alpe del Tiglio, da Gola di Lago e raggiungere infine la regione di Tesserete-Lugano.

Un terzo ramo si svilupperà lungo la Valle di Muggio.

I motivi che hanno condotto alla scelta di questi tre tracciati attraverso il Ticino sono essenzialmente tre:

- lo studio delle strutture tettoniche sotto la coltre della Leventina,
- lo studio della Linea insubrica e la continuazione verso est della Zona di Ivrea,
- lo studio della tettonica alpina nello zoccolo cristallino delle Alpi meridionali e lungo il bordo meridionale dei sedimenti mesozoici.

Nella traversa est si sono potute distinguere chiaramente le coltri penniniche superiori. Non si è però potuto fino ad oggi fare altrettanto per le unità più basse della parte centrale del Ticino. In quest'area ci sono indicazioni relative alla presenza di sedimenti metamorfizzati lo-

calizzati sotto la Coltre della Leventina, presenza che dovrà essere confermata dalla sismica a riflessione.

La continuazione della Linea insubrica in profondità è pure in discussione: profili tradizionali presentano una frattura tettonica quasi verticale situata a sud della Zona del Tonale fino ad una profondità di 20-30 km. Ricerche recenti hanno però mostrato che importanti movimenti di dislocazione hanno avuto luogo nella fascia milonitica all'interno della Zona del Tonale (HEITZMANN, 1978). Queste miloniti sono inclinate verso nord (Fig. 8) e vi si possono riconoscere due direzioni di movimento:

- un movimento antico che innalza le Alpi centrali di circa 10 km e che ha un'età di 25-20 milioni di anni. Poiché questa elevazione è avvenuta lungo un piano inclinato verso nord, le Alpi centrali hanno subito un retro-sovrascorrimento sopra le Alpi meridionali
- un movimento più giovane di 20-18 milioni di anni fa che sposta verso est le Alpi centrali rispetto a quelle meridionali.

In questo modo la Linea insubrica può essere interpretata come una doppia zona milonitica formatasi durante l'Oligocene superiore ed il Miocene inferiore.

Anche la continuazione della Zona d'Ivrea, che si tuffa verso nord-est all'altezza di Locarno, è certamente in relazione alla Linea insubrica. Misurazioni gravimetriche indicano una «zona pesante» in corrispondenza di Bellinzona, e ciò è dovuto al sovrascorrimento delle Alpi centrali sulla Zona di Ivrea durante la fase di sollevamento delle Alpi (Fig. 8).

I profili tradizionali riguardanti le Alpi meridionali presentano un complesso di rocce poco deformate. Infatti sopra uno zoccolo ercinico privo di importanti deformazioni alpine si trova la copertura dei sedimenti mesozoici leggermente piegata e fratturata. Ricerche recenti (LAUBSCHER, 1985; BERNOULLI, 1987) mostrano invece una situazione tettonica complessa con falde cristalline e sedimentarie.

La soluzione di questi problemi relativi alla complicata tettonica del Ticino dovrebbe venir fornita dalla campagna sismica prevista per l'autunno 1988.

BIBLIOGRAFIA

- Bernoulli, D., Bertotti, G., Gelati, R., Napolitano, A., Valdisturlo, A. & Zingg, A. (1987): The realations of the Gonfolite lombarda (South-Alpine Molasse) to the Mesozoic sequence of the Southern Alps. *NFP-20 Bull.*, 4, 13-14.
- Frey, M., Bucher, K., Franck, E. & Mullis, J. (1980): Alpine metamorphism along the Geotransverse Basel-Chiasso – a review. *Eclogae geol. Helv.*, 73, 527-546.
- Heinrich, C.A. (1982): Kyanite-eclogite to amphibolite facies evolution of hydrous mafic and pelitic rocks, Adula nappe, central Alps. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 81, 30-38.
- Heitzmann, P. (1987): Evidence of late oligocene/early miocene backthrusting in the central Alpine «root zone». *Geodinamica Acta*, 1, 183-192.
- Laubscher, H.P. (1985): Large-scale, thin-skinned thrusting in the southern Alps: Kineamtic models. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 96, 710-718.
- Trümpy, R. (1984): Die Plattentektonik und die Entestehung der Alpen. *Vjschr. Natf. Ges. Zürich*, 129/5, (Neujahrsblatt 1985).

LEGENDE DELLE FIGURE

- Fig. 1:** Profili attraverso le Alpi svizzere orientali (da Trümpy, 1984).
- Fig. 2:** La traversa est, sud e ovest del PNR 20.
- Fig. 3:** Schizzo schematico della simica a riflessione.
- Fig. 4:** Tiro esplosivo di Sevelen sulla traversa est. Si possono distinguere i riflessi che corrispondono alla base della serie mesozoica e quelli della crosta inferiore ed il doppio-riflesso che marciano il limite tra crosta e mantello.
- Fig. 5:** Profilo ottenuto con vibratori nella parte sud della traversa est. I riflessi possono essere parallelizzati con le zone sedimentarie che separano le coltre cristalline del Penninico.
- Fig. 6:** Tiro esplosivo di Mission. I riflessi fini nella parte superiore rappresentano strutture nel complesso penninico. I riflessi che scendono da 3,5 sec al nord verso 4 sec al sud possono essere interpretati come il tetto del Massiccio dell'Aar. In corrispondenza di questo si osservano riflessi che salgono da 6,5 sec al nord verso 5,5 sec al sud; il significato strutturale di questi riflessi non è ancora chiaro.
- Fig. 7:** Il progetto per la campagna di simsmica a riflessione sulla traversa sud prevista per autunno 1988.
- Fig. 8:** Profilo tettonico attraverso la Linea insubrica che marca il limite tra le Alpi centrali le Alpi meridionali (da HEITZMANN, 1987).

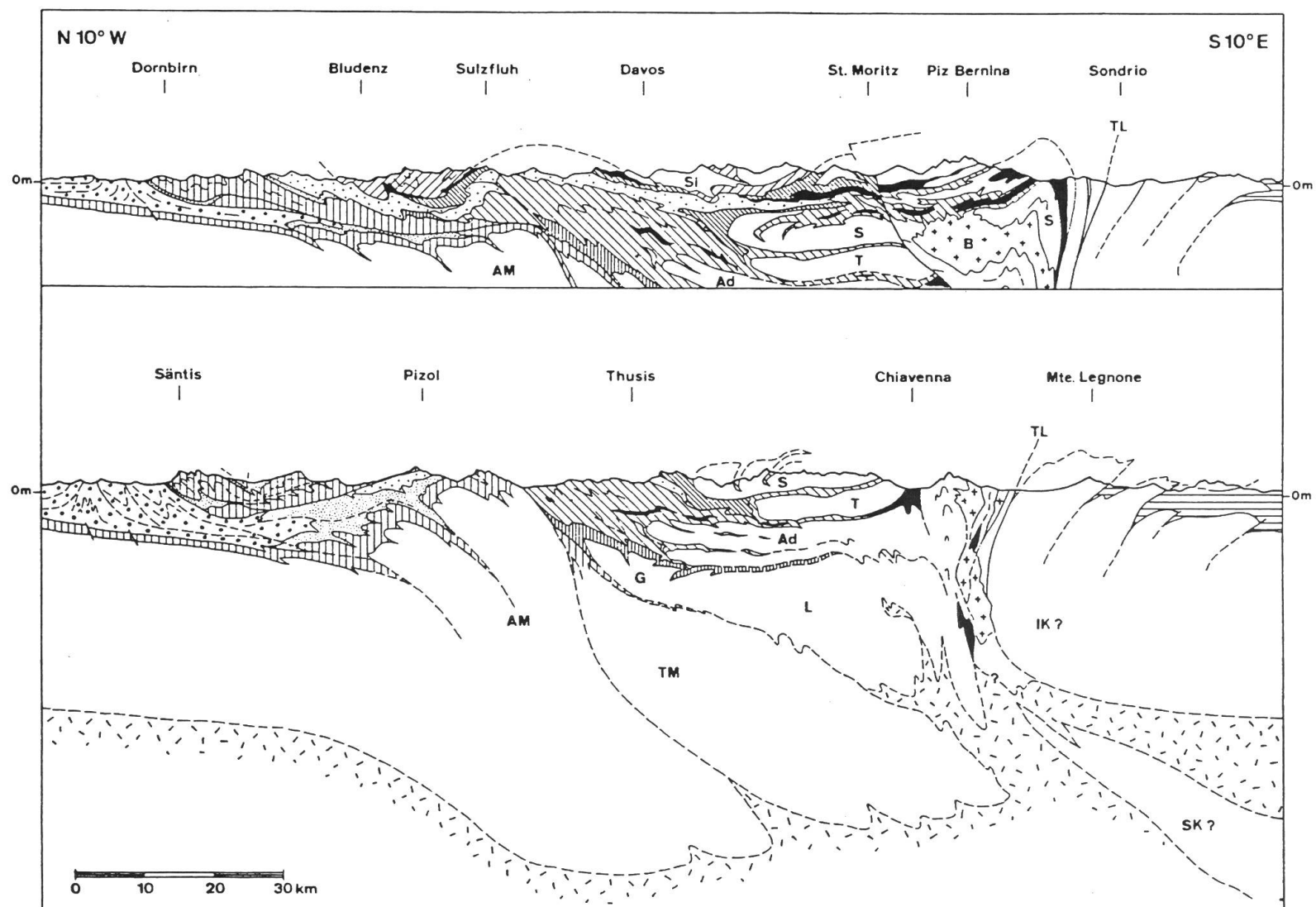
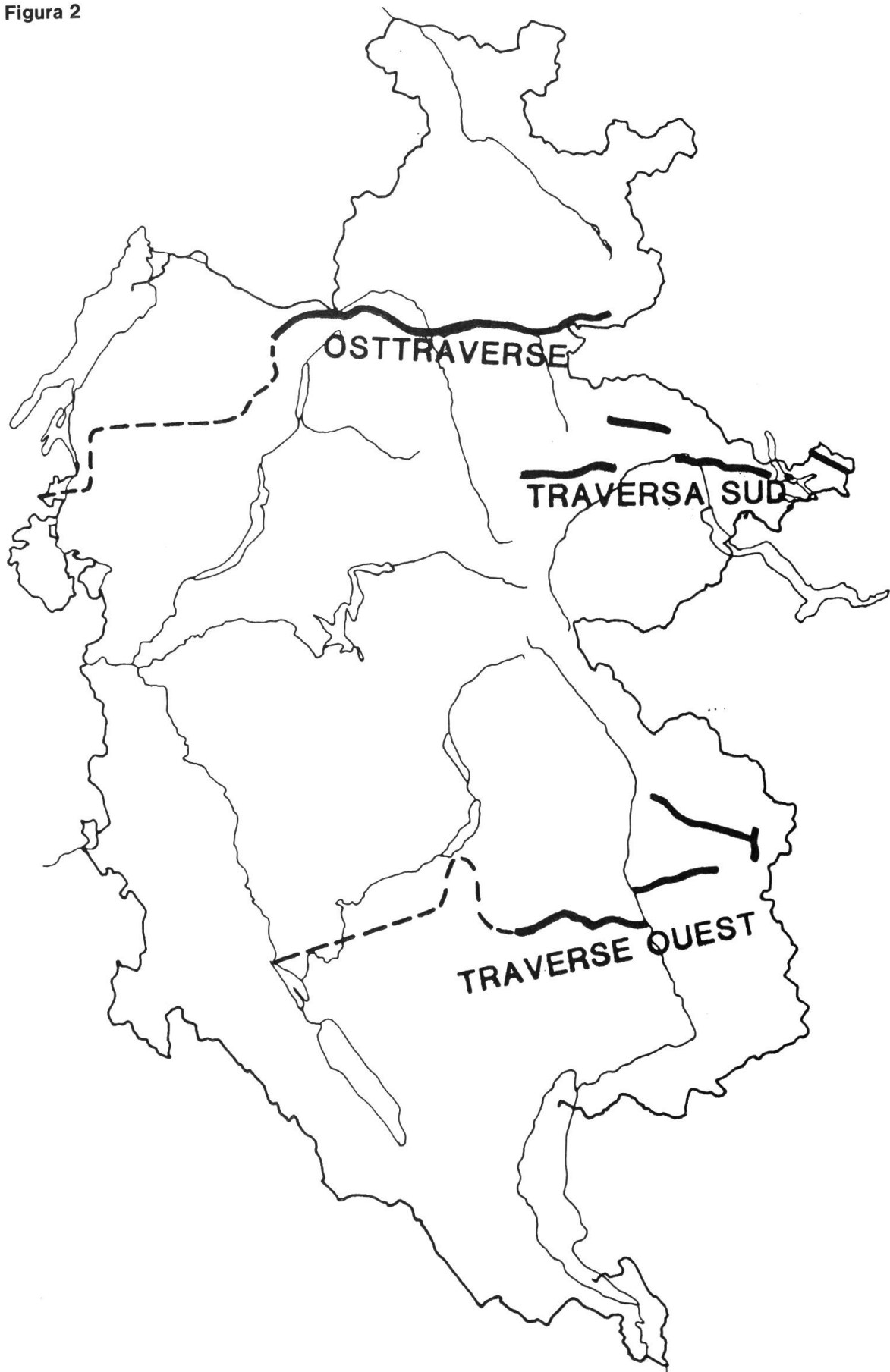


Figura 1

Figura 2



trasmettitore degli segnali acustici: autocarri vibratori
o cariche di esplosivo

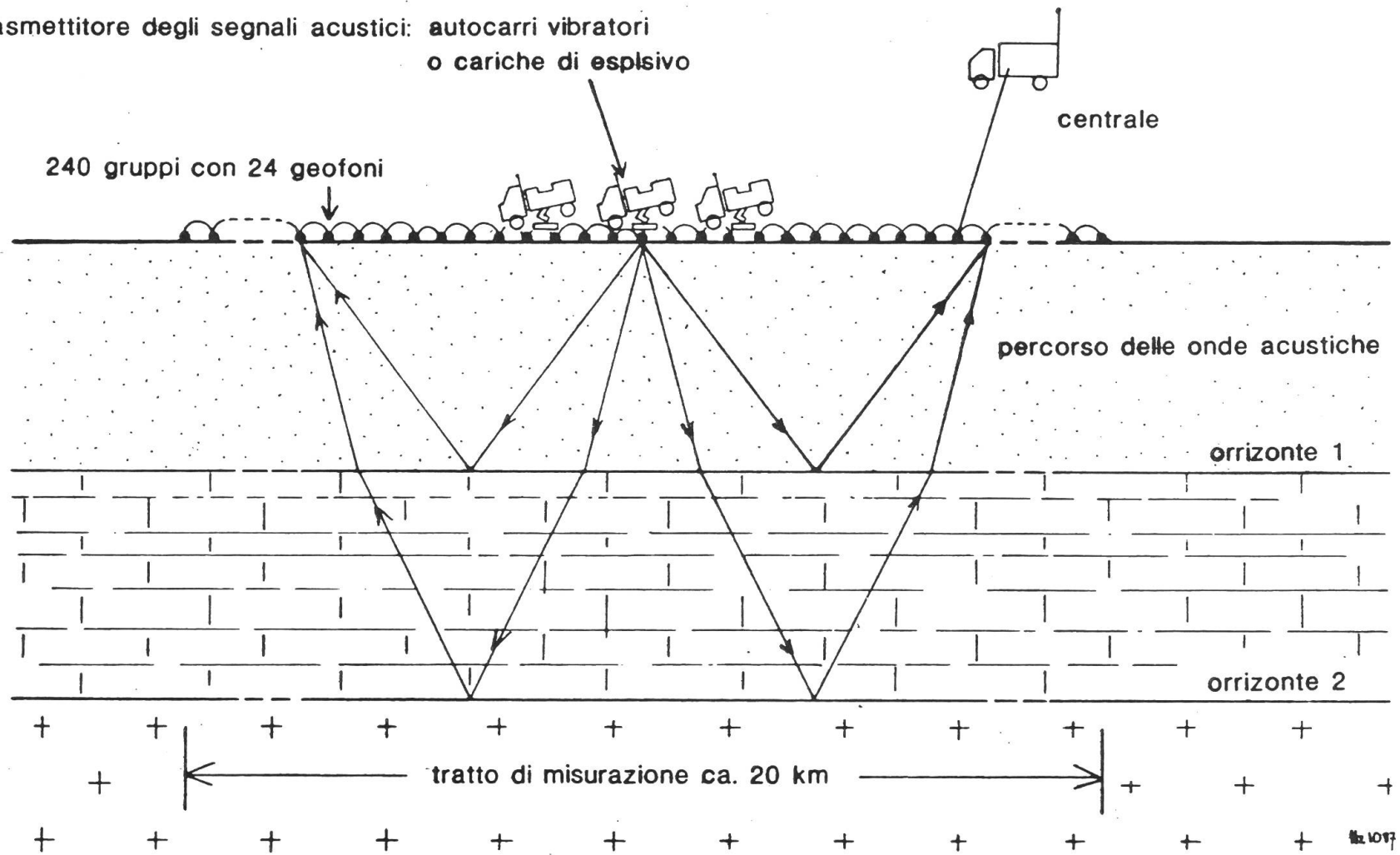


Figura 3

Figura 4

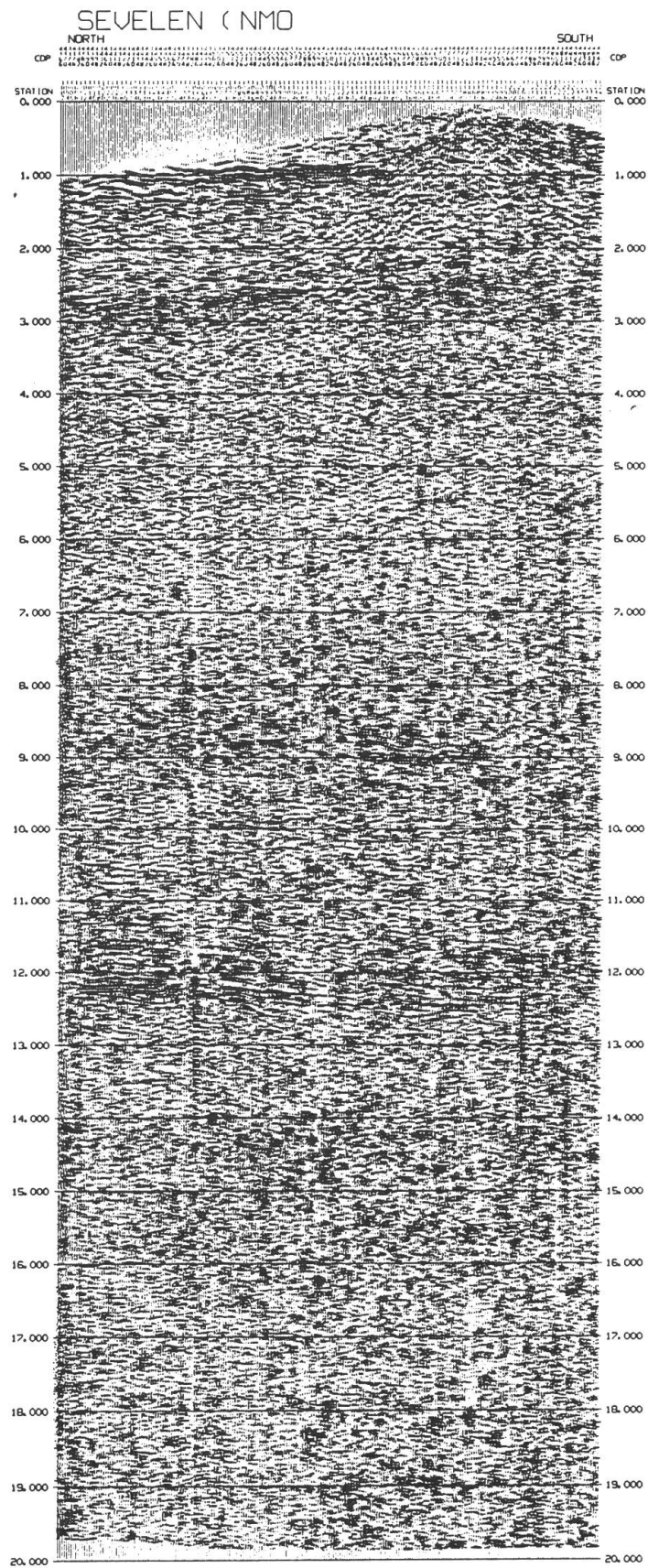


Figura 5

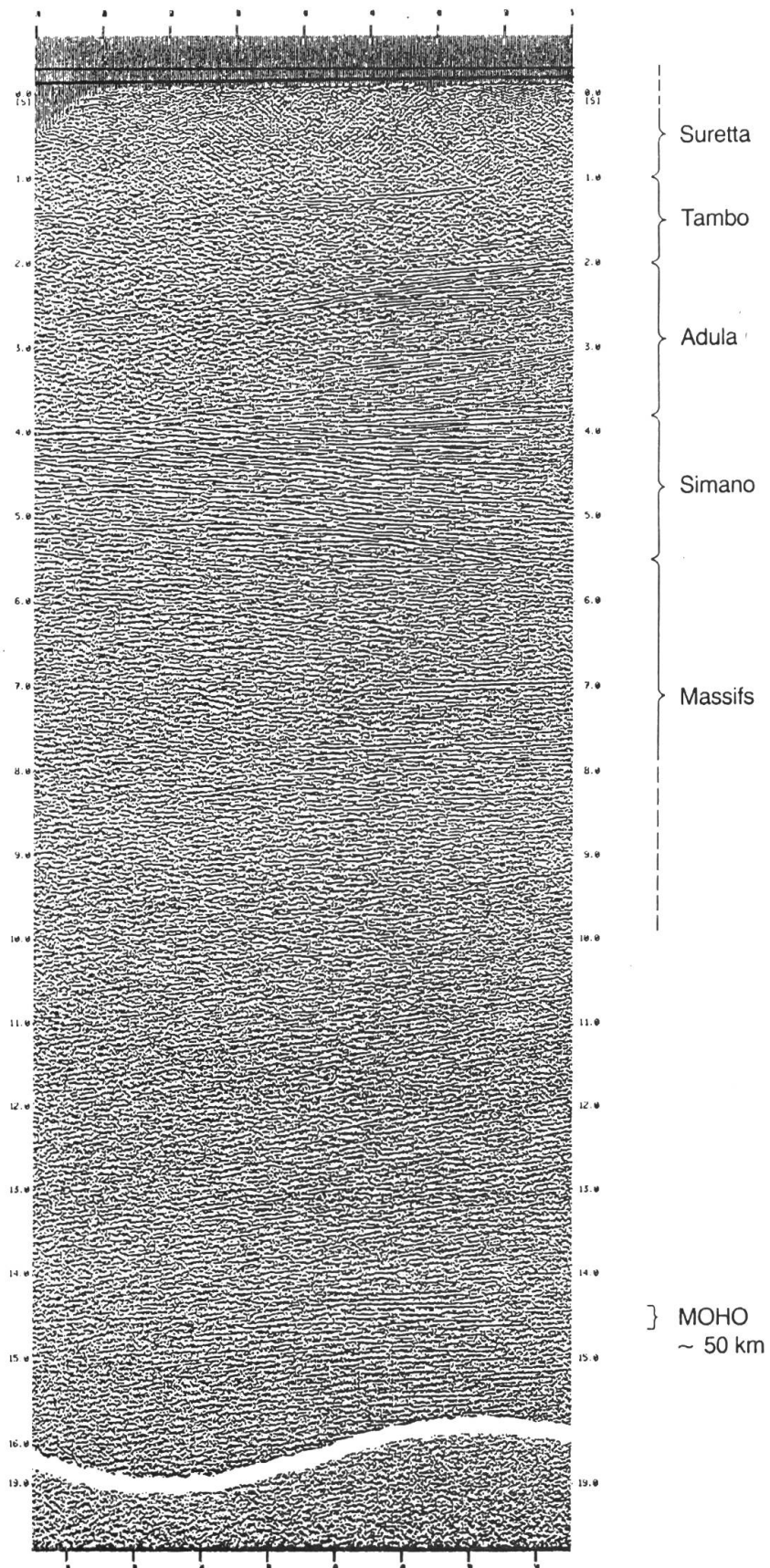


Figura 6

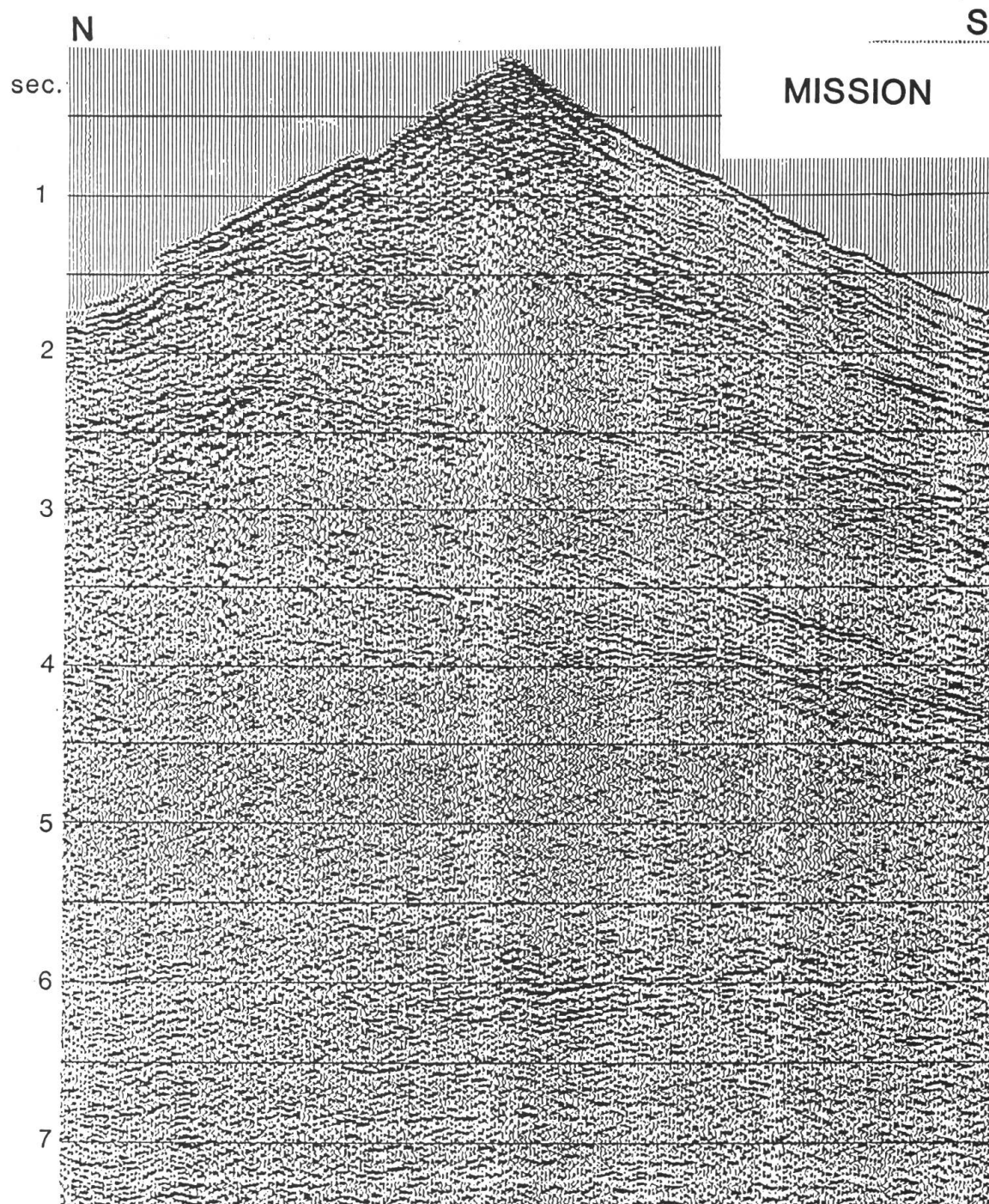
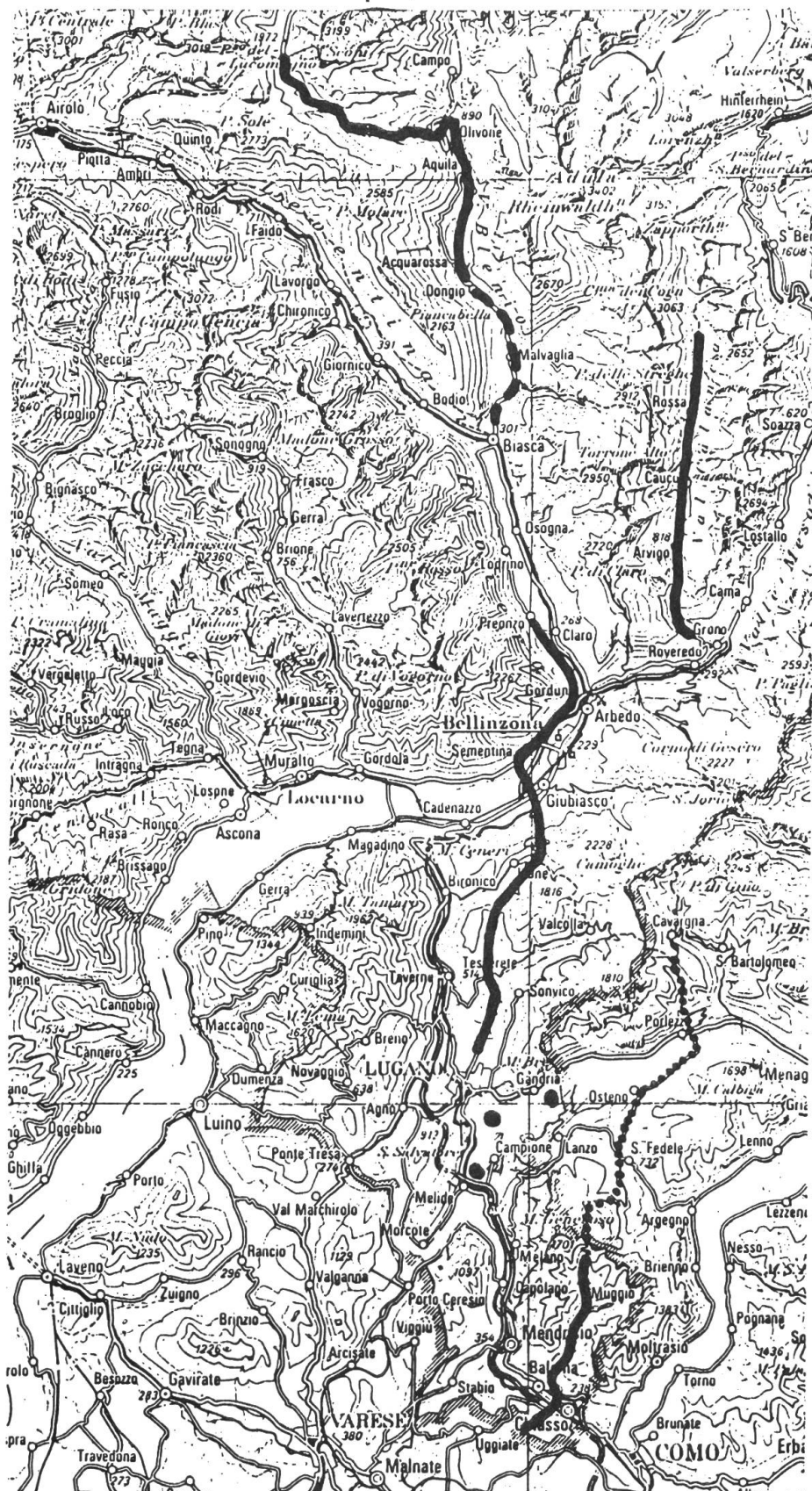


Figura 7



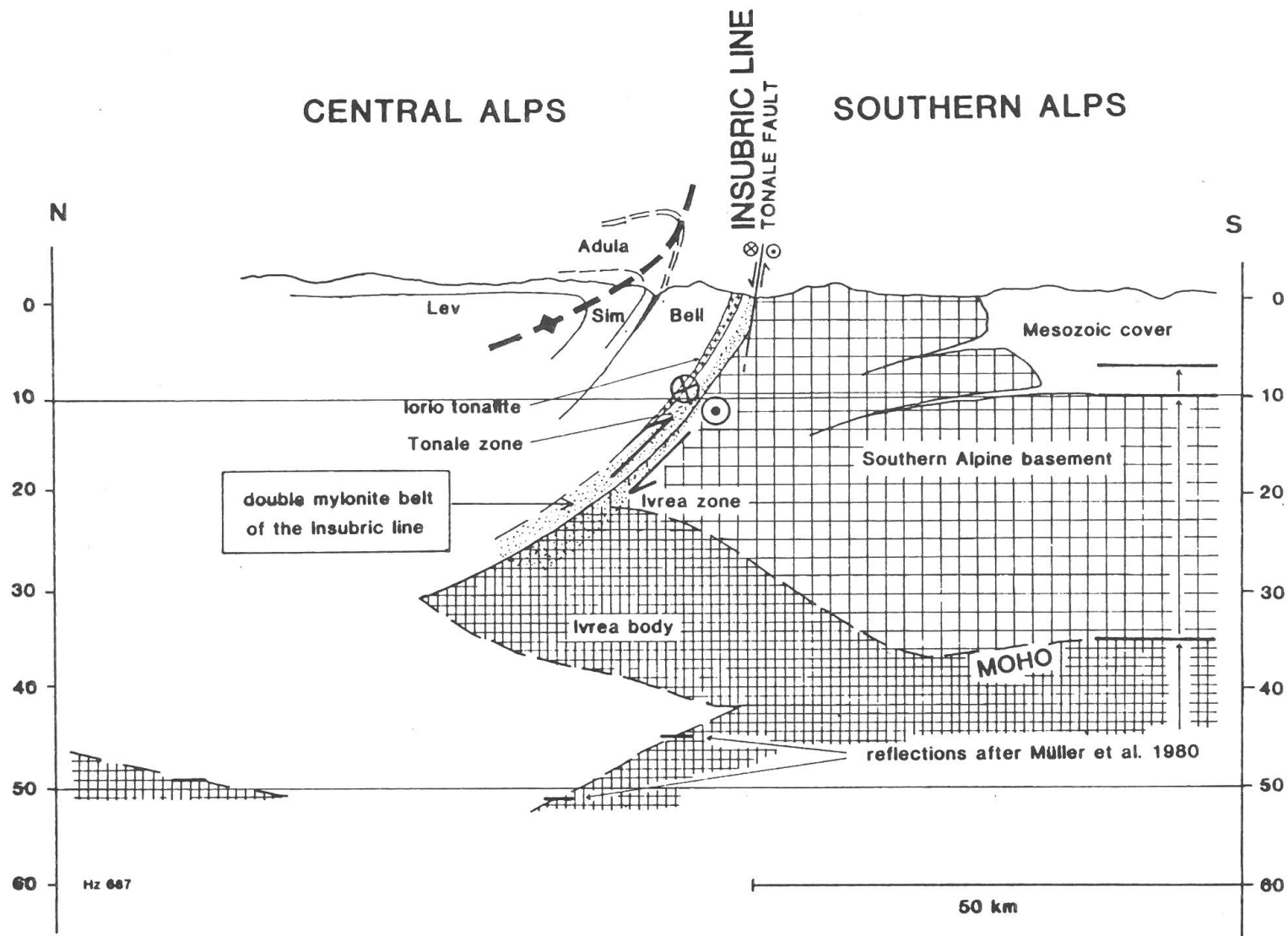


Figura 8

