



20121 MILANO - VIA TURATI, 16/18  
TEL. (02) 65.92.836 - 65.98.521  
TELEX: 324688 ANSCH I

CORPO DELLE MINIERE  
DISTRETTO DI TRIESTE

- 2 SET. 1985

Prot. N. 1897 Class. III

PROGRAMMA PER UNA CAMPAGNA DI RILIEVI GEOLOGICI  
NEL PERMESSO DI RICERCA

TOLMEZZO

*W. Pellerin*  
*W. Pellerin*

Anschutz Italiana Petroli S.p.A.  
The Anschutz Corporation  
1985

## SOMMARIO

Una campagna di rilievi geologici verrà eseguita nei permessi di ricerca Barcis, Cimolais e Tolmezzo. Il lavoro consisterà nel raccogliere dati strutturali, dati tessiturali mesoscopici ed in alcuni casi gli spessori stratigrafici.

Tale campagna ha lo scopo di facilitare l'interpretazione dei dati sismici a riflessione che saranno ottenuti più avanti.

## CONTENUTO

INTRODUZIONE

SCOPO DELLA CAMPAGNA

MODALITA' TECNICHE DI CAMPAGNA

ELABORAZIONE DATI

TEORIA

GEODINAMICA DELLE ZONE A PIEGHE E SOVRASCORRIMENTI

SISTEMI DI SOVRASCORRIMENTI

MODELLI DI SOVRASCORRIMENTO

ELEMENTI TESSITURALI MESOSCOPICI

INVENTARI TESSITURALI

INDICATORI DI SOVRASCORRIMENTI

APPLICAZIONE DELL'ANALISI DI DEFORMAZIONE ALLE ZONE DI  
PIEGHE E SOVRASCORRIMENTI

FRONTE ALPINO NEL FRIULI

POSIZIONE E SOVRASCORRIMENTO FRONTALE ALPINO

SOVRASCORRIMENTI DISCORDANTI RISPETTO ALLE PIEGHE NELL'AREA  
FRONTALE

SPESSORE DELLE FORMAZIONI MESOZOICHE

INDICE DEGLI ATTRAVERSAMENTI DELLA CAMPAGNA

BIBLIOGRAFIA

## INTRODUZIONE

La Anschutz Italiana Petroli ha in programma una campagna di rilievi geologici come parte dell'impegno di lavoro da effettuarsi nei permessi di ricerca Barcis, Cimolais e Tolmezzo.

La campagna di rilievi geologici è parte integrante di un programma di ricerca che comprende attività in numerosi campi tecnici ed a diversi livelli di spesa.

Gli obiettivi di tale campagna sono principalmente strutturali.

Il suo scopo nella strategia di ricerca è quello di fornire un contesto tri-dimensionale e un sostegno teorico all'interpretazione dei dati sismici a riflessione. Attualmente si stanno ri-elaborando i dati sismici; ulteriori dati sismici verranno acquisiti sul terreno più tardi durante il programma di ricerca.

Questa relazione espone le tecniche da usare per i rilievi geologici, l'elaborazione e l'interpretazione dei dati raccolti e la base teorica dei rilievi geologici. La relazione comprende anche un esame delle aree che più probabilmente verranno attraversate, come pure un calendario preliminare delle attività.

## SCOPO DELLA CAMPAGNA

La campagna di rilievi geologici servirà per riunire i dati locali e regionali oltre alle carte pubblicate, come riviste da Castellarin (1981). Di interesse della Anschutz sono i dati validi all'interpretazione dei profili di sismica a riflessione.

Un tema petrolifero nelle Alpi italiane presume che la successione mesozoica favorevole si estenda a nord del bacino della pianura padana per essere ricoperto da falde alloctone sovrascorse. Non c'è dubbio su uno stile regionale persistente di faglie inverse (Castellarin e Vai 1982, Laubscher 1985), ma la presenza di sovrascorrimenti in profondità, sufficientemente grandi da servire come copertura ai prospects dell'avampaese, è sconosciuta.

Pertanto la campagna di rilievi geologici mirerà a risolvere il problema dell'esistenza di grandi sovrascorrimenti. Lo stesso obiettivo sarà sostenuto da una prima campagna di profili a riflessione sismica.

## TECNICHE DI CAMPAGNA

Raccoglieremo e mapperemo i dati dell'assetto strutture della stratificazione per determinare la forma delle unità strutturali nelle sezioni trasversali lungo le traverse.

Verificheremo, valuteremo e se necessario misureremo nuovamente gli spessori delle unità stratigrafiche. Le due ultime tecniche forniscono dati per la costruzione di una sezione trasversale semi-bilanciata. (Dahlstrom 1970, Bally 1983)

Visiteremo, esamineremo e, se necessario, rimapperemo i contatti critici tra le unità strutturali.

Raccoglieremo gli elementi tettonico-tessiturali mesoscopici, intesi secondo Ramsay & Huber (1985), Mattauer (1976), Laubscher (1976).

Tra gli elementi tessiturali mesoscopici come le fratture e le piccole faglie, si potrebbero mettere in luce "gli indicatori di scorrimento" di cui si conosce il diretto rapporto con il movimento tettonico.

Generalmente, le sequenze cinematiche delle tessiture tettoniche sono più adatte ad esaminare i problemi dello scorrimento più che le osservazioni isolate di "indicatori di scorrimento". Tali sequenze cinematiche derivano da inventari di strutture tessiturali mesoscopiche.

Nell'attuale campagna i dati litologici sono di minor interesse in quanto gli obiettivi della ricerca petrolifera non dovrebbero essere presenti all'interno delle strutture affioranti. I dati litologici comprenderebbero litofacies, porosità, la storia diagenetica e la geochimica organica.

## ELABORAZIONE DEI DATI

La campagna di rilievi geologici verrà integrata alla ricerca catalogando, mappando, elaborando ed interpretando i dati raccolti.

Si useranno i dati strutturali raccolti lungo gli attraversamenti nella costruzione di sezioni trasversali semi-bilanciate.

Si cercherà di stabilire le sequenze cinematiche della deformazione interna, usando gli inventari dei dati tessiturali mesoscopici.

Si cercherà una correlazione regionale di queste sequenze con i dati pubblicati sugli eventi tettonici.

Si riuniranno gli inventari tessiturali in riassunti locali delle deformazioni indicati su una carta unitamente al resto dei dati strutturali.

## TEORIA

Lo scopo della nostra campagna è di mettere in relazione i dati di superficie con un sottosuolo sconosciuto. E' necessario avere un principio di relazione. Tale principio è la deformazione interna che una massa trasportata subisce durante il suo movimento sopra l'avampaese. La deformazione interna può essere mappata negli inventari tessiturali.

Numerose difficoltà limitano in pratica questo tipo di approccio. Le difficoltà sono le seguenti:

- (1) La deformazione interna non è in relazione all'entità del trasporto in profondità.
- (2) La convergenza delle placche in corrispondenza delle Alpi non è sufficientemente conosciuta per poter determinare l'entità del trasporto Sud-alpino in profondità.
- (3) Le Alpi meridionali subiscono un movimento lungo la Linea Insubrica prima o durante il loro scorrimento verso sud. Tale movimento ebbe forse una componente principale di rigetto orizzontale. La deformazione che ha accompagnato questo rigetto orizzontale ha probabilmente interessato anche le Alpi meridionali.

## GEODINAMICA DELLE ZONE A PIEGHE E SOVRASCORRIMENTI

Secondo le vedute attuali le zone a pieghe e sovrascorrimenti sono originate dalla convergenza di placche litosferiche, e che il modello geologico del movimento dei sovrascorrimenti sia quello di uno spandimento per gravità. Questo punto di vista si basa su risultati congiunti della tettonica, delle placche, della sismologia dei terremoti, ricerca petrolifera e della meccanica dei sistemi continui.

L'attuale studio delle zone a pieghe e sovrascorrimenti segue due forme di approccio. Uno è geometrico e cinematico; e riguarda i sistemi di scorrimento. L'altro approccio è genetico; opera con modelli numerici di tettonica di scorrimento.

Ambedue le forme di approccio sono necessarie per desumere la struttura del sottosuolo dai dati tessiturali di deformazione.

## SISTEMI DI SOVRASCORRIMENTI

La maggior parte dei concetti ora usati furono codificati da Dahlstrom (1970). In una sezione trasversale, le zone a pieghe e sovrascorrimenti formano sistemi embricati di taglio orientati nel senso dell'immersione e convergenti in un livello di scollamento basale.

L'inclinazione delle superfici delle falde rispetto alla stratificazione è bimodale; superfici parallele agli strati si alternano con rampe che tagliano la stratificazione. Lo spostamento lungo queste superfici e rampe provoca le pieghe e le altre deformazioni.

Boyer & Elliott (1982) fornirono la teoria necessaria a capire la cinematica, in particolare la successione in avanti e indietro dei movimenti di scorrimento.

Ambedue questi studi si riferiscono alle zone di avampaese nelle quali il trasporto per sovrascorrimento è maggiore della deformazione interna di due o tre ordini di grandezza. Le sezioni trasversali possono essere bilanciate in base all'area, all'angolo di sovrascorrimento e alla distanza del trasporto.

Ulteriori elementi descrittivi dei sistemi di sovrascorrimento comprendono una forma a cuneo con la punta rivolta in avanti nella sezione trasversale, dovuta a una topografia che scende in avanti ed ad una base della zona deformata che invece scende in senso opposto. Si ha inoltre una sovrapposizione di stili strutturali, con pieghe e compressione sub-orizzontale vicino alla superficie e semplice taglio sub-orizzontale in profondità. Le faglie inverse si estendono attraverso i due livelli con una forma che nella sezione trasversale è simile a quella dei pattini di una slitta.

Anche lo stile strutturale, la cinematica, e la struttura di base del sottosuolo delle zone di faglie trascorrenti è codificato in modo analogo (Harding & Lowell 1979), ma non si conosce la relazione tra la distanza di scivolamento e la deformazione nelle zone laterali. Inoltre non ci sono pubblicazioni sulla deformazione nelle zone dove si abbia la combinazione di sovrascorrimento e faglie trascorrenti.

## MODELLI DI SOVRASCORRIMENTO

Dopo alcuni precursori concettuali (Bucher 1956, Price & Mountjoy 1970) e numerici (Elliott 1976), un modello di spandimento ("spreading") per gravità fu sviluppato da Chapple (1978) e portato a completa applicazione dal gruppo Princeton (Davis et al. 1983). Il suo concetto principale è quello della rastremazione critica (cioè la forma del cuneo deformato).

Nel modello Chapple, l'angolo formato dall'inclinazione topografica e dalla pendenza di base del cuneo è critico per un trasporto tettonico indisturbato. La rastremazione critica dipende dallo spessore del cuneo, dalla trazione lungo la base del cuneo, e dalle proprietà interne del cuneo. L'erosione, inclinazione crostale e la sedimentazione sull'avampaese modificano la rastremazione critica.

Il cuneo reagisce attraverso una deformazione interna, come il piegamento e il rinnovato sovrascorrimento delle embricazioni già esistenti.

Nella sua forma di Princeton, il cuneo di Chapple rappresenta con buona approssimazione una spiegazione fisica delle osservazioni geologiche eseguite in tutto il mondo sulle zone a pieghe e sovrascorrimenti. Sfortunatamente le proprietà delle zone di sovrascorrimento, necessarie come input, cambiano molto e non sono ben conosciute. Pertanto il cuneo Chapple ha scarse capacità di predizione per quanto riguarda la configurazione strutturale. Comunque la sua capacità di spiegare le riorganizzazioni tettoniche possono essere usate per correlare le tessiture a deformazione interna con la struttura del sottosuolo.

## ELEMENTI TESSITURALI MESOSCOPICI

Il termine "mesoscopico" si riferisce alle caratteristiche visibili nell'affioramento. Si differenzia dal "microscopico" delle sezioni sottili, e dal "macroscopico" che è l'ordine delle osservazioni della sismica a riflessione.

Nelle rocce deformate nell'ordine di profondità dei sistemi petroliferi, la deformazione è soprattutto di tipo rigido, e molto bassa all'interno dei granuli. L'analisi della deformazione può essere limitata alle tessiture mesoscopiche.

Gli elementi strutturali mesoscopici probabilmente mappabili nelle Alpi meridionali comprendono faglie con rigetti da 1 a 1000 cm in insiemi singoli o in coppie coniugate, striature di tipo fibroso-minerale nelle faglie, rotture di tensione riempite da minerali, "Riedel shears", stioliti, sistemi di clivaggio e piccole pieghe.

Buoni rapporti sulle tessiture strutturali mesoscopiche sono in Hobbs et al. (1976) e Ramsay & Huber (1983). La teoria dell'analisi delle deformazioni è ben spiegata da Means (1976).

### INVENTARI TESSITURALI

Gli inventari descrittivi degli elementi tessiturali, la loro ubicazione, orientamento, e età relativa (cross-cutting) sono interpretati in base al tipo di deformazione, comprendente il taglio puro, ("pure shear") il taglio semplice, ("simple shear") la rotazione e transposizione.

La maggior parte di quanto si sa sulla deformazione mesoscopica è basato su studi empirici di sequenze di deformazione e cinematiche. Approcci di tipo più interpretativi sono meno certi, come vedremo qui di seguito.

### INDICATORI DI SOVRASCORRIMENTO

Le faglie inverse sono accompagnate da molti elementi tessiturali, ma la maggior parte di essi non è specificamente diagnostico.

Una eccezione è data da piccole successioni di piani e rampe con inclinazione di taglio da 10 a 100 cm. Sono correntemente chiamate "telescopi" (Roeder et al. 1978) o "bed slip wedges" (Cloos 1961). Sono l'espressione di un taglio semplice non parallelo alla stratificazione nei pressi delle faglie inverse. Esse diagnosticano lo stile alloctono e forniscono l'azimut del trasporto tettonico. Esse comunque non diagnosticano l'entità di questo trasporto.

I telescopi possono essere usati per mappare l'estensione dello stile alloctono rispetto ad un avampaese deformato.



## APPLICAZIONE DELL'ANALISI DI DEFORMAZIONE ALLE ZONE DI SOVRASCORRIMENTO

Laubscher (1976) e Roeder (1967) hanno messo in relazione le sequenze cinematiche di deformazione mesoscopica ai processi su larga scala delle zone di sovrascorrimento. Ambedue gli autori ritengono che le aree locali siano state attraversate da ambienti tettonici diversi. Si suppone anche che i cambi di pressione e di sforzi orientati abbiano percorso la zona di pieghe e sovrascorrimento man mano che essa mutava in seguito all'innalzamento, al trasporto tettonico ed all'erosione.

Questo concetto può essere allargato introducendo una zonatura di stili più completa e realistica ed una dinamica del cuneo Chapple alla zona di sovrascorrimento.

In uno dei molti modelli possibili, le aree mappabili di deformazione mesoscopica sono ubicate in una zona di sovrascorrimento che cresceva in avanti per l'aggiunta di nuove unità tettoniche al suo fronte ("effetto spazzaneve", Davis et al. 1983).

Pertanto le rocce oggi ubicate in falde di carreggiamento ondulate o piegate erano precedentemente e successivamente ubicate in tutte le zone di stile esterne alla loro zona attuale, secondo il seguente ordine cronologico:

Avampaese non deformato  
Zona delle pieghe scollate  
Zona di scorrimenti embricati  
Zona di faglie piegate o complesso

Ognuno di queste zone ha specifici livelli di deformazione e orientamenti di tensione. Nuovi sistemi di fratture vengono aggiunti ai precedenti sistemi. Nuove geometrie di deformazione riutilizzano elementi tessiturali pre-esistenti.

Il principio del modello descritto indica l'obiettivo della campagna di rilievi geologici programmata dalla Anschutz.

Tuttavia, con il tempo a disposizione, non saremo forse in grado di documentare tutti i concetti sopracitati.

## FRONTE ALPINO NEL FRIULI

Le unità strutturali circondano il Tagliamento con un incurvamento di  $90^\circ$  dei loro assi. Il fronte alpino è tettonicamente attivo e, dai dati di Pieri e Groppi (1981), mostra l'aspetto normale di un avanfossa con copertura plio-pleistocenica che si ispessisce verso Nord.

Il lavoro di campagna nei permessi del Friuli tenterà di affrontare tre problemi.

## POSIZIONE DEL SOVRASCORRIMENTO FRONTALE ALPINO.

Le deduzioni dell'arco di Vicenza suggeriscono che il sovrascorrimento basale principale sia "cieco" (Boyer & Elliot, 1982) e che da esso arrivino in superficie dei rami discontinui. Le strutture tipo Volpago, Lavariano e Terenzano potrebbero essere associate con questi rami.

Alternativamente, e come suggerito dagli aftershocks del terremoto del Friuli (Wittlinger & Haessler 1978), il sovrascorrimento più frontale potrebbe affiorare individualmente e all'esterno del sovrascorrimento principale lungo o vicino al fronte morfologico Alpino.

## SOVRASCORRIMENTI DISCORDANTI RISPETTO ALLE PIEGHE NELL'AREA FRONTALE.

Le carte geologiche delle valli del Piave e Tagliamento suggeriscono che i sovrascorrimenti più recenti siano discordanti rispetto alle pieghe. Ciò sarebbe spiegato dalla successione degli eventi tettonici sudalpini, ma i dettagli di questa sovrapposizione tettonica devono essere compresi meglio.

## SPESSORE DELLE FORMAZIONI MESOZOICHE.

I dati stratigrafici raccolti e discussi da Feruglio (1925), Fadat (1963) e Winterer e Bosellini (1981) danno spessori molto diversi per le stesse unità. Occorre del lavoro di campagna per fornire misure o stime attendibili.

INDICE DEGLI ATTRAVERSAMENTI SUL PERMESSO TOLMEZZO.

La strada n. 355 e strade laterali  
La strada n. 52 bis e strade laterali  
La strada da Tolmezzo a Folgaria  
La strada n. 512 e strade laterali  
La strada n. 13 e strade laterali

## BIBLIOGRAFIA

- Bally, A. W., 1983, Seismic Expression of Structural Styles, A Picture and Work Atlas, Amer. Assoc. Petrol. Geol. Studies in Geology Series No. 15, 3 volumes.
- Bernoulli, D., 1964, Zur Geologie des Monte Generoso (Lombardische Alpen). Beitr. Geol. Karte Schweiz, N.F. 118.
- Boyer, S. E., and Elliott, David, 1982, Thrust Systems, Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 66, 9, 1196-1230.
- Bucher, W. H., 1956, Role of gravity in orogenesis. Bull. Geol. Soc. Am., 67 (10), 1295-1318.
- Castellarin, A., 1981, Carta Tettonica delle Alpi Meridionali alla scala 1:200 000 CNR Progetto Finalizzato Geodinamica, Pub. 441, 220 p.
- Castellarin, A., and Vai, G. B. (editors), 1982, Guida alla Geologia del Sudalpino Centro-Orientale, 1 Centenario della Societa Geologica Italiana Bologna, 386 p.
- Chapple, W. M., 1978, Mechanics of thin-skinned fold-and-thrust belts. Geol. Soc. Am. Bull., 89, 1189-1198.
- Cita, M. B., and Blow, W. H., 1969, The biostratigraphy of the Langhian, Serravallian, and Tortonian stages in the type-sections in Italy: Riv. Ital. Paleontol. Stratigr., 75, 3, 549-603.
- Cloos, Ernst, 1961, Bedding Slip, Wedges and Folding in Layered Sequences. Comptes Rendus Soc. Geol. Finlande, 23, pp. 106-122.
- Dahlstrom, C. D. A., 1970, Structural Geology in the eastern margin of the Canadian Rocky Mountains. Bull. Can. Petrol. Geol., 18, 332-402.
- Davis, D., Suppe, J., and F. A. Dahlen, 1983, Mechanics of Fold-and-Thrust Belts and Accretionary Wedges. Jour. Geophys. Res., 88, 1153-1172.
- De Sitter, L. V., & De Sitter-Koomans, C. M., 1949, The Geology of the Bergamasc Alps, Lombardia, Italy. Leidse Geol. Med. 14, 1-257.
- Dewey, J. F., Pitman III, W. C., Ryan, W. B. F., and Bonnin, J., 1973, Plate tectonics and the evolution of the Alpine system. Geol. Soc. Am. Bull., 84, 3137-3180.

- Elliott, David, 1976, The Motion of Thrust Sheets. Jour. Geophys. Res., 81, pp. 949-963.
- Fadat, C., 1963, Etude stratigraphique et tectonique de la region du lac de Santa Croce (Alps meridionales, province de Belluno, Italie): Bull. Soc. Geol. France, 7, 5, 1962, 798-803.
- Ferruglio, E., 1925, Udine, Foglio 25 della Carta d'Italia al 100 000 dell' Instituto Geografico Militare.
- Harding, T. P., and J. D. Lowell, 1979, Structural Styles, their plate-tectonic liabilities, and hydrocarbon traps in petroleum provinces: AAPG Bull. 63, 1016-1058.
- Hobbs, B. E., W. D. Means and P. F. Williams, 1976, An outline of structural geology. John Wiley & Sons, Inc., New York London Sydney Toronto 571 pp.
- King, P. B., 1966, The Tectonics of North America - A Discussion to Accompany the Tectonic Map of North America Scale 1: 5,000,000: US Geol. Sur. Prof. Paper 628, 94 p.
- Laubscher, H.P., 1976, Geometrical Adjustments during rotation of a Jura fold Limb. Tectonophysics, 36, 347-365.
- Laubscher, H. P., and Bernoulli, D., 1980, Excursion No. III, Cross-section from the Rhine Graben to the Po Plain: in: Geology of Switzerland, a guide-book, Pt. B: Geological Excursions, 183-209.
- Laubscher, Hans Peter, 1985, A Key to the Kinematics of the Southern Alps: the Grigna thrust. Geol. Soc. of Amer.
- Mattauer, Maurice, 1976, Las deformaciones de los materiales de la Corteza Terrestre. (translated from French): Omega Coleccion Metodos, Barcelona, Spain, 524 p.
- Means, W. D., 1976, Stress and Strain-Basic Concepts of Continuum Mechanics for geologists. Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin 339 pp.
- Price, R. A., and E. W. Mountjoy, 1970, Geologic Structures of the Canadian Rocky Mountains between Bow and Athabasca Rivers, a Program Report in: Special Pap. Geol. Assoc. Can., 6, pp. 7-39.
- Pieri, M., and Groppi, G., 1981, Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy: CNR Pubblicazione No. 414 del Progetto Finalizzato Geodinamico, p. 1-11, 8 plates.

Ramsay, J. G., and Huber, M., 1983, The Techniques of Modern Structural Geology, Vol. 1, Strain Analysis, Academic Press, 307 p.

Roeder, D., 1967, Rocky Mountains. Borntraeger, Berlin 318 pp.

Roeder, D., Gilbert, O. E., and W. D. Witherspoon, 1978, Evolution and macroscopic structure of the Valley and Ridge thrust belt, Tennessee and Virginia. Univ. Tenn. Dept. Geol. Sci, Studies in Geology, 2, 1-25.

Trumpy, Rudolf, 1980, Geology of Switzerland, a guide-book. Pt A: An Outline of the Geology of Switzerland: Schweiz. Geol. Komm. Wepf & Co., Basel, New York.

Werner, D., Koppel, V., Hanny, R., and L. Rybach, 1976, Cooling models for the lepontine area (Central Swiss Alps). - Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., 56, 661-667.

Winterer, E. L., and Bosellini, A., 1981, Subsidence and Sedimentation on Jurassic Passive Continental Margin, Southern Alps, Italy. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 65/3, 394-420.

Wittlinger, G., and H. Haessler, 1978, Aftershocks of the Friuli 1976 Earthquake and Tectonic Implications in: Alps Apenines Hellenides, H. Closs, D. Roeder, K. Schmidt, editors IUCG Scientific Rept., 38, 178-179.