



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI SCIENZE MM. FF. NN.

Dipartimento di Geoscienze
Direttore Prof. Domenico Rio

TESI DI LAUREA TRIENNALE IN
SCIENZE GEOLOGICHE

**CARATTERIZZAZIONE ALLA MESOSCALA
DEL THRUST DELLA VALSUGANA (VALLE
IMPERINA, ALPI MERIDIONALI, ITALIA)**

Relatore: Prof. Giulio Di Toro
Correlatore/i: Dr. Michele Fondriest
Dr. Steven A. Smith

Laureando: Federico Tancon

ANNO ACCADEMICO 2011 / 2012

Indice

1. Introduzione

- 1.1 Inquadramento geografico e tettonico
- 1.2 Motivazioni alla base della scelta di tale faglia

2. Inquadramento geologico

- 2.1 Carta geologica “Pale di San Martino” (Castiglioni, 1939)
- 2.2 Carta degli affioramenti

3. Procedure di lavoro ed elaborazione dati

- 3.1 Strumentazione e metodi
- 3.2 Elaborazione dati ottenuti
 - 3.2.1. Orientazione e riconoscimento delle principali famiglie di discontinuità tramite l'utilizzo di stereo-plot
 - 3.2.2. Mappatura delle discontinuità mediante fotomosaico

4. Vista in pianta e modello cinematico interpretativo

- 4.1 Vista in pianta schematica dell'affioramento principale
- 4.2 Problemi sulla meccanica della faglia

5. Conclusioni

Bibliografia

Introduzione

Il presente elaborato, eseguito in collaborazione con Ervin Lazzarini e con la supervisione del professor Giulio Di Toro e dei Dott. Steven Smith e Michele Fondriest conclude il periodo di studi triennale del corso di laurea in Scienze Geologiche .

L'obiettivo del lavoro è quello di unire conoscenze acquisite durante il triennio, quali ad esempio il rilevamento geologico, con nuove tecniche (rilevamento geologico-strutturale di dettaglio) per applicare i rudimenti del metodo scientifico (raccolta dati, verifica di ipotesi, ecc.). L'argomento specifico è la caratterizzazione alla mesoscala di un thrust (architettura, cinematica, ecc.).

1.1. Inquadramento geografico e tettonico

L'area di lavoro prescelta si trova in prossimità del sito minerario di Valle Imperina (Fig.1), nel comune di Rivamonte Agordino (Bl), collocato nelle Alpi Meridionali (Dolomiti).

L'attività estrattiva in questa zona iniziò in epoca romana ed ebbe il suo culmine verso la fine del XVIII secolo quando il centro rappresentava la principale fonte di rame della Repubblica di Venezia, fornendone ben il 50% del fabbisogno. Tuttavia le miniere andarono progressivamente in declino, fino ad arrivare alla chiusura definitiva nel 1962.

Dal 1989 appartengono al comune di Rivamonte Agordino e sono sotto la tutela dell'ente "Parco delle Dolomiti Bellunesi"



Fig. 1

La zona di rilevamento presenta delle caratteristiche tettoniche particolari; infatti la Valle Imperina costituisce il prolungamento in direzione NE del thrust della

Valsugana, un importante lineamento tettonico del sudalpino (Alpi Meridionali che non hanno subito metamorfismo di tipo alpino) facente parte di una serie di strutture deformative S-SE vergenti (Fig.2) sviluppatesi durante l'orogenesi Alpina (linea di Belluno, linea di Bassano-Valdobbiadene, linea dell'Antelao, ecc.).

Un ulteriore particolarità geologico-tettonica del thrust (termine con cui si intende una faglia inversa con inclinazione inferiore ai 30 gradi) della Valsugana è la presenza in affioramento del basamento metamorfico ercinico (Paleozoico) che, sollevato durante le fasi compressive legate all'orogenesi alpina, si trova al tetto di

un'unità più recente: la dolomia principale (Norico). Faglie di questo tipo possono quindi avere rigetti verticali importanti (nel nostro caso circa 2,5 km).

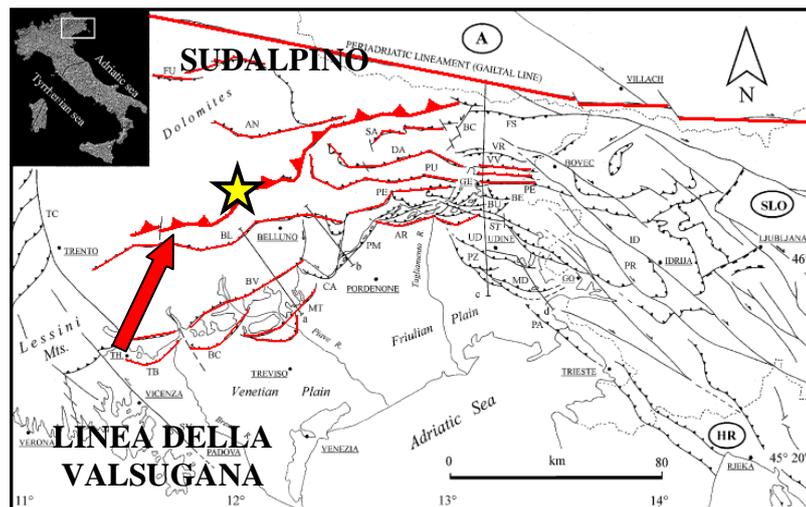


Fig. 2 Principali linee S-SE vergenti del Sudalpino

1.2 Motivazioni alla base della scelta di tale faglia

Lo studio del thrust della Valsugana, affiorante in Val Imperina, è stato eseguito per i seguenti motivi: caratterizzazione alla mesoscala di un thrust in dolomia, analisi dell'architettura di una zona di faglia che dovrebbe rispecchiare l'analogo esumato di strutture sismogenetiche profonde della pianura Veneto-Friulana e individuazione del senso di taglio della faglia principale e delle faglie secondarie associate.

L'idea alla base del nostro lavoro è il fatto di poter osservare in affioramento ciò che nella pianura Veneto-Friulana sta a qualche km di profondità e che probabilmente risulta essere la sede di enucleazione dei sismi che si verificano in questa zona (esempio il terremoto del Friuli del 1976, magnitudo 6.4 della scala Richter). La situazione che si verifica in questo caso in profondità vede il basamento metamorfico che, sollevato dalle faglie inverse, va a contatto con unità sedimentarie più recenti.

Questa situazione tettonica la troviamo in affioramento in Val Imperina dove, il basamento metamorfico ercinico, monta sulla dolomia principale. La caratterizzazione alla mesoscala della zona di faglia in affioramento permette di ricavare informazioni sulla cinematica e sull'associazione di faglie/fratture che contraddistinguono questo contesto deformativo.

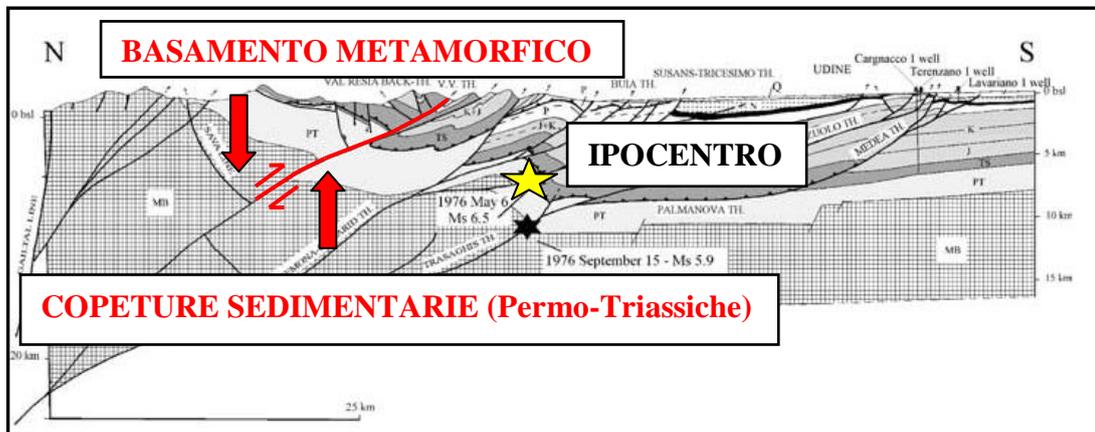


Fig. 3 Ipocentro terremoto del Friuli

2. Inquadramento geologico

2.1. Carta geologica “Pale di San Martino” (Castiglioni, 1939)

Le litologie principali che troviamo nella zona di rilevamento sono due: il Basamento Metamorfico ercinico (Paleozoico), costituito in prevalenza da filladi quarzitiche e grafitiche con fitta scistosità intersecate da prodotti di metamorfismo di rocce vulcaniche (ortogneiss) più o meno alterate e la Dolomia Principale, costituita da strati metrici di dolomia alternati a livelli di calcari bituminosi grigio scuri in strati sottili (Castiglioni et al. 1939).

Tra la dolomia e il basamento riscontriamo la presenza di un “cuneo” interposti tra le due formazioni rocciose e costituito da marne e siltiti alternate a calcari, calcari marnosi, il tutto probabilmente associabile alla successione sedimentaria della Formazione di Werfen (forse membro di Siusi).

Queste ultime litologie presentano una struttura scistosa probabilmente legata a processi metamorfici di basso grado in presenza di fluidi idrotermali circolanti all'interno della zona di faglia.

La faglia inversa in esame mette quindi a contatto litologie generatesi in tempi diversi (più o meno 200 milioni di anni di differenza) e si può perciò comprendere come sia notevole il rigetto verticale del thrust, stimato in circa 2.5 km.

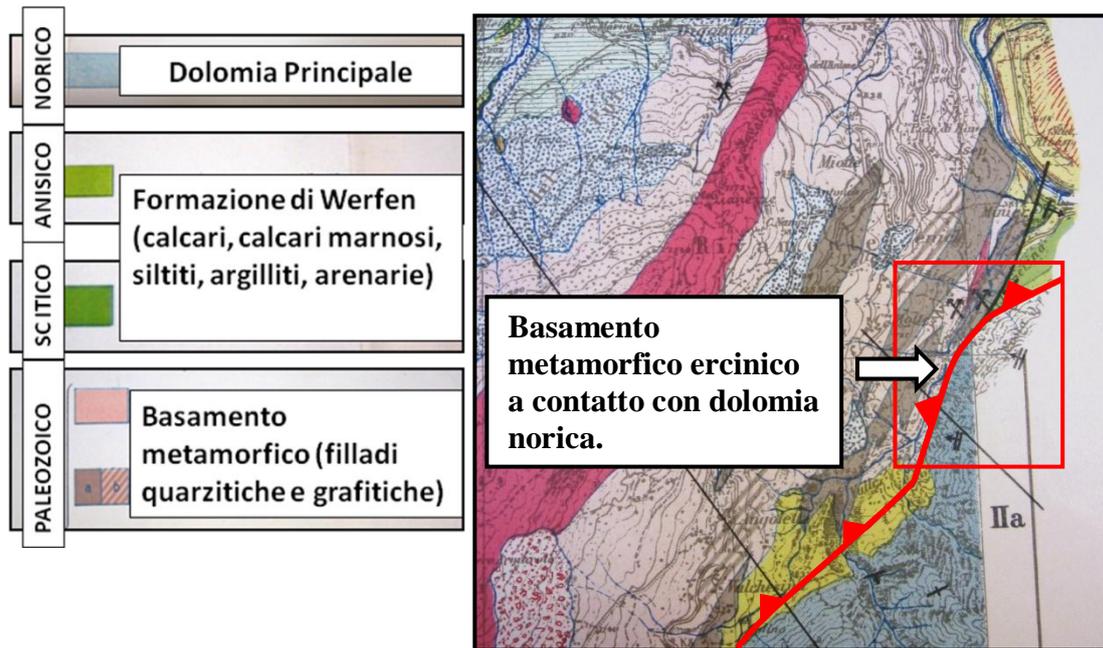


Fig.4 Carta geologica “Pale di San Martino” in scala 1:35000 (Castiglioni, 1939)

2.2. Carta degli affioramenti

La carta degli affioramenti, eseguita con la collaborazione dello studente Ervin Lazzarini, si propone di dare un inquadramento geologico generale dell’area rilevata con particolare attenzione all’andamento della faglia in superficie. Inoltre si è cercato di evidenziare i punti dove le due unità tettoniche descritte in precedenza sono a contatto (proprio questi affioramenti sono il luogo del nostro lavoro di interpretazione strutturale).

E’ stato rilevato, come sostenuto da Castiglioni (1939), il contatto tra basamento metamorfico e Dolomia Principale rinvenendo anche gli strati d’origine sedimentaria della Formazione di Werfen.

La dolomia risulta ben affiorante lungo la strada, nonostante in alcuni punti sia coperta dalla vegetazione; le rocce metamorfiche del basamento sono presenti sulle sponde dell’alveo del torrente Imperina e lungo la strada silvo-pastorale in corrispondenza degli scassi eseguiti per la costruzione della stessa.

La carta degli affioramenti qui proposta presenta delle differenze rispetto a quella del Castiglioni (1939), il quale traccia la faglia a franapoggio meno inclinato del versante, mentre nel rilievo proposto in questo elaborato risulta a franapoggio più inclinato del versante, ipotesi confortata dalle giaciture della faglia e dall'andamento di essa nell'affioramento.

Infine nella carta sono rappresentati il senso di taglio della faglia, le giaciture della superficie principale (andamento Valsugana) e le giaciture degli strati della Formazione di Werfen.

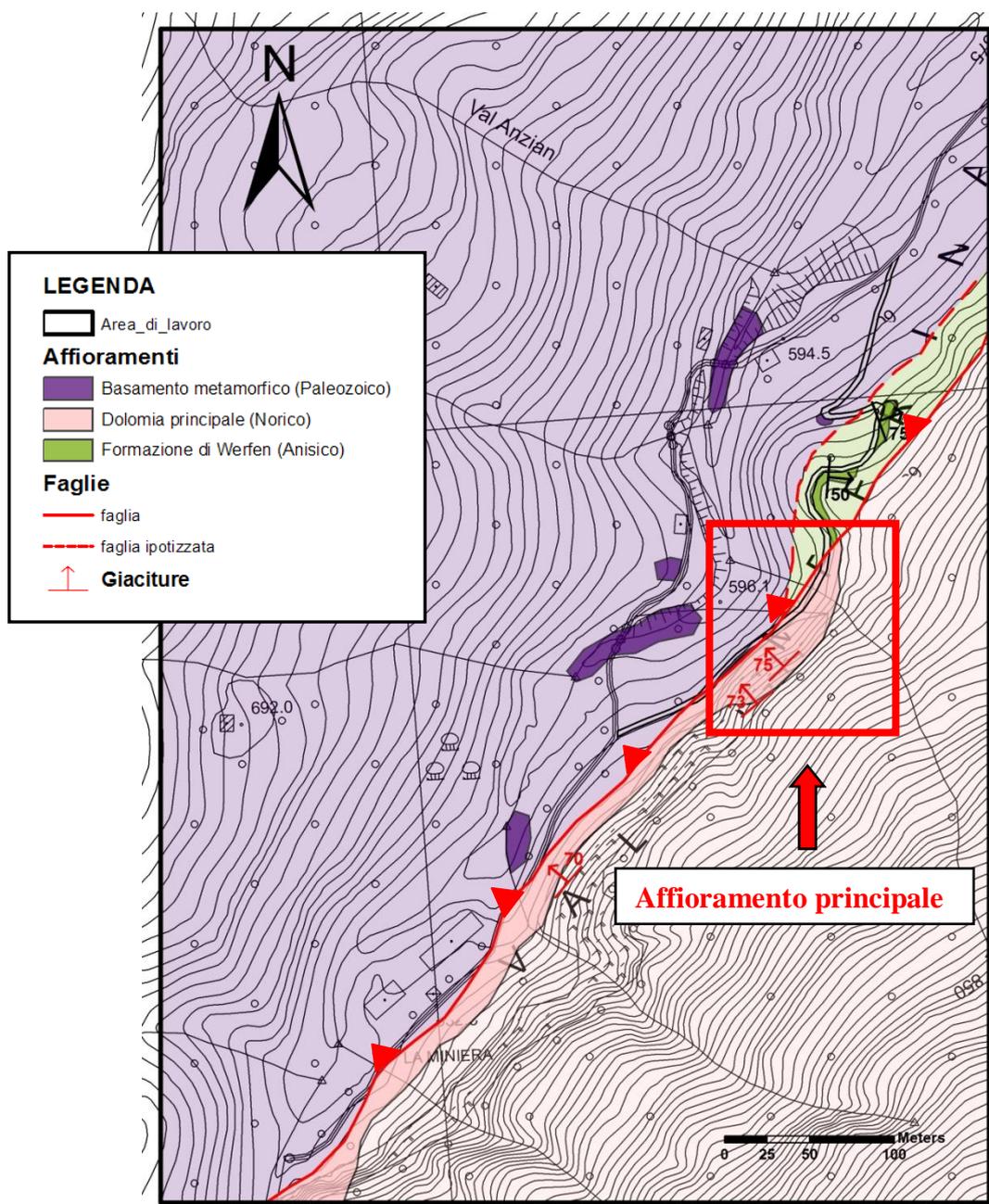


Fig. 5 Carta degli affioramenti relativa all'area rilevata

3. Procedure di lavoro ed elaborazione dati

3.1 Strumentazione e metodi

Dopo l'esecuzione di un rilievo geologico di base (carta degli affioramenti), è stata studiata in maniera più approfondita una zona esposta in Dolomia Principale eseguendo un rilievo strutturale di dettaglio alla mesoscala, rilevando cioè tutti i sistemi di faglie/fratture presenti.

L'affioramento in esame (Fig. 6) ha uno sviluppo in lunghezza di circa 60 m ed è caratterizzato dalla presenza della superficie di faglia principale a cui sono associate faglie e fratture secondarie (faglia e relativa *daemage zone*).

Gli strumenti utilizzati per le operazioni di rilievo sono: bussola, cordella metrica e macchina fotografica. Il lavoro di campagna è stato eseguito mediante le seguenti operazioni:

- 1- rilievo dell'orientazione, della spaziatura e delle lineazioni delle principali discontinuità;
- 2- prelievo di un campione per ogni sistema di faglie/fratture (orientazione simile);
- 3- individuazione del senso di taglio dei sistemi di faglie mediante interpretazione di indicatori cinematici.



Fig. 6 Affioramento principale e movimento blocco mancante indicato dalla freccia rossa

3.2 Elaborazione dei dati

Dal rilievo di campagna si passa alla fase di elaborazione dei dati con lo scopo di identificare, a seconda dell'orientazione e delle peculiarità, le principali famiglie di discontinuità presenti in affioramento. Inoltre si può già cercare di trovare delle relazioni cinematiche che descrivano l'evoluzione tettonica della zona di faglia. L'elaborazione dei dati si suddivide in due parti fondamentali:

3.2.1. orientazione e riconoscimento delle principali famiglie di discontinuità tramite l'utilizzo di uno stereo plot;

3.2.2. mappatura delle discontinuità con l'utilizzo di fotomosaico.

3.2.1. Orientazione e riconoscimento delle principali famiglie di discontinuità tramite l'utilizzo di uno stereo-plot

La proiezione utilizzata è quella ciclografica, la quale consiste in una rappresentazione in due dimensioni di quello che vediamo in tre dimensioni utilizzando tre dati: immersione, direzione e inclinazione di una superficie (possiamo rappresentare anche assi di rotazione e punti).

Il principio consiste nel proiettare i punti di intersezione della superficie considerata (passante per il centro della sfera) con la sfera proiezione sul piano equatoriale della stessa. Ne risultano delle linee curve tanto più vicine al centro del cerchio equatoriale quanto più è elevata l'inclinazione della superficie.

Lo stereo-plot sottostante rappresenta i dati ottenuti sull'affioramento principale.

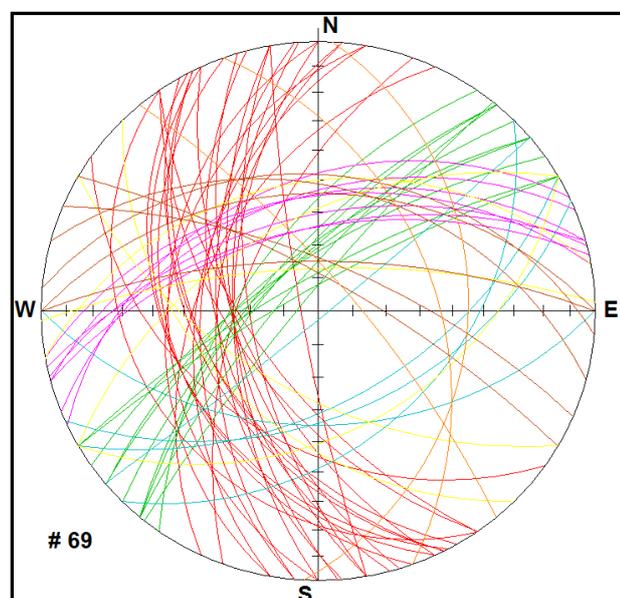


Fig. 7 Stereo-plot dell'affioramento principale

Come si può notare in figura le principali famiglie di discontinuità risultano già evidenti; notiamo come ci siano delle orientazioni preferenziali che vengono evidenziate tramite colori diversi. La famiglia di colore verde rappresenta l'orientazione di faglie parallele alla main fault (andamento Valsugana) mentre le linee con diversa colorazione sono associabili a tutte le faglie secondarie collegate alla prima.

Le famiglie fondamentali sono cinque:

- 1) Famiglia verde;
- 2) Famiglia rossa;
- 3) Famiglia viola;
- 4) Famiglia blu;
- 5) Famiglia arancione.

1) FAMIGLIA VERDE

Questa famiglia comprende la superficie di faglia principale e tutte le faglie secondarie minori parallele alla stessa. La lineazione generalmente presente sulle superfici di faglia è mediamente orientata secondo direzione e immergente di 30-40° verso SW (talora molto evidente); a volte sono ricoperte da patine di ossidi e spesso evidenziano fratture tensionali nella direzione del senso di taglio.

Dati di campagna:

- *Orientazione: 315°N/75*
- *Senso di taglio: destro*
- *Spaziatura: circa 50 +/- 20cm*

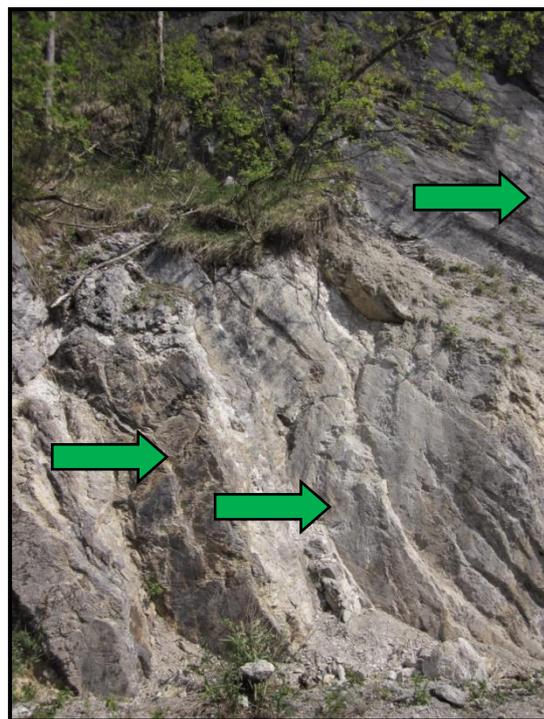


Fig. 8 Faglie con andamento Valsugana

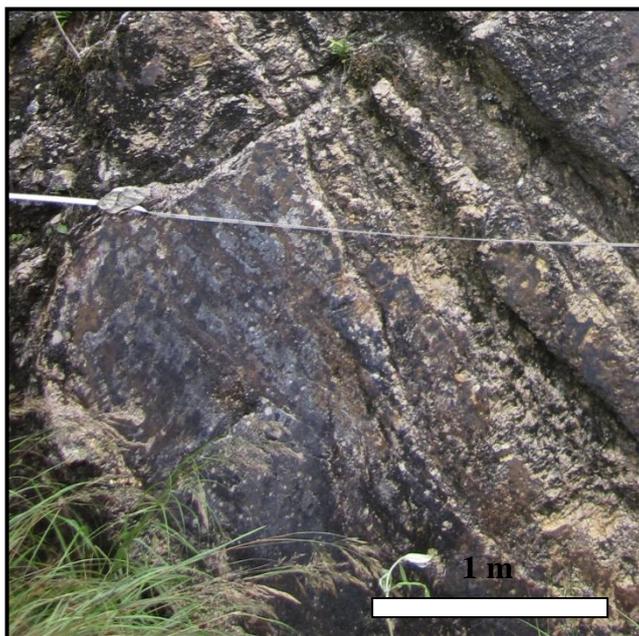


Fig. 9 Patine di ossidi

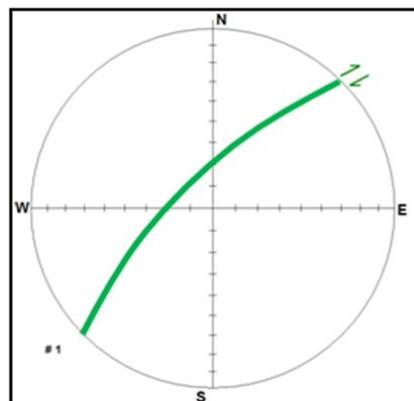


Fig. 10 Orientazione media famiglia verde

2) FAMIGLIA ROSSA

Le faglie che appartengono a questo gruppo rigettano le superfici della famiglia verde verso NW (senso di taglio sinistro) di circa 40-50 cm mediamente. Generalmente questa famiglia presenta sulle superfici di faglia una lineazione molto evidente con un' inclinazione media di circa 30-40° verso N.

Anche in questo caso riscontriamo la presenza di patine di ossidi legate allo scorrimento di fluidi.

Dati di campagna:

- *Orientazione: 250-260°N/60-70°*
- *Senso di taglio: sinistro*
- *Spaziatura: variabile da 50 cm a 3 m*

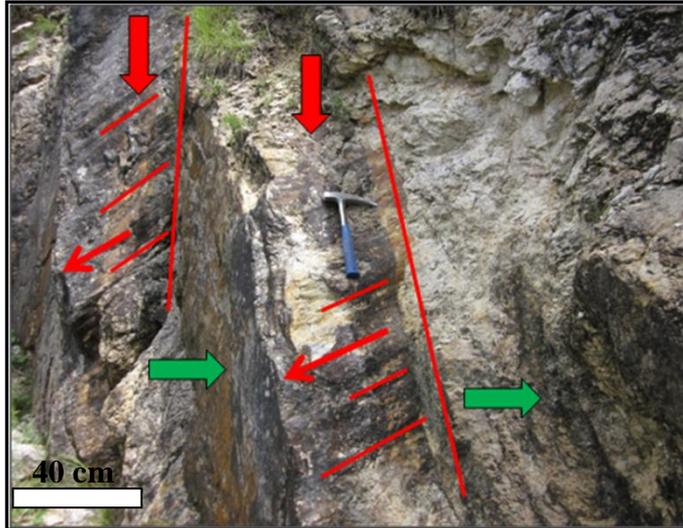


Fig.11 Faglie della famiglia rossa in affioramento



Fig. 12 Patine di ossidi

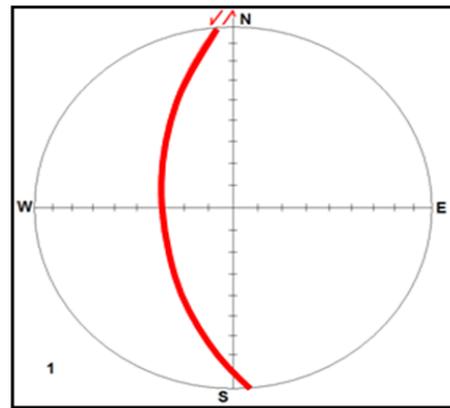


Fig. 13 Orientazione media famiglia rossa

3) FAMIGLIA VIOLA

La lineazione in questa famiglia è duplice: la prima è inclinata di 15-20° verso W e la seconda di 55° sempre verso W; questa variazione angolare è probabilmente dovuta alla rotazione dei blocchi durante l'evoluzione cinematica della faglia. Le superfici della famiglia rossa formano un angolo di circa 90° con le superfici della famiglia qui descritta. Notiamo come al solito patine di ossidi, comunque meno frequenti rispetto alle famiglie precedenti.

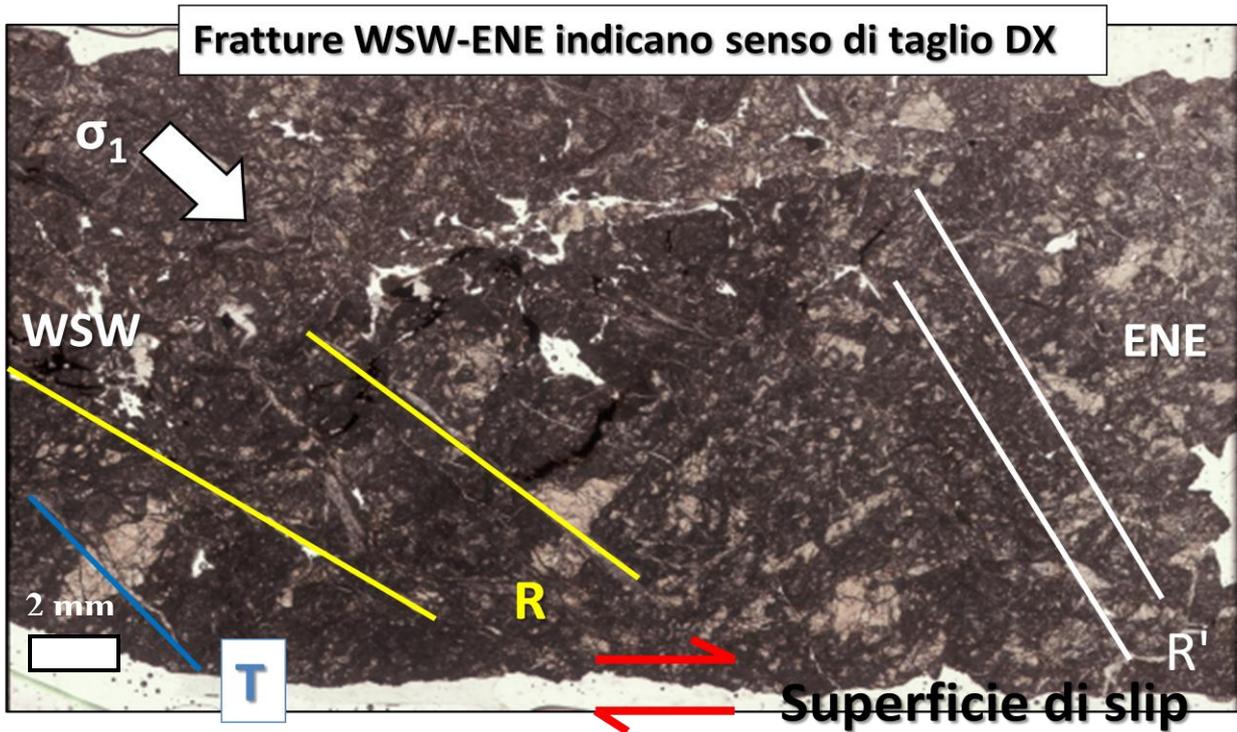


Fig. 14 Scansione della sezione sottile del campione AG 12

Dati di campagna:

- Orientazione: 250-260°N/60-70°
- Senso di taglio: DESTRO
- Spaziatura: 10-20 cm

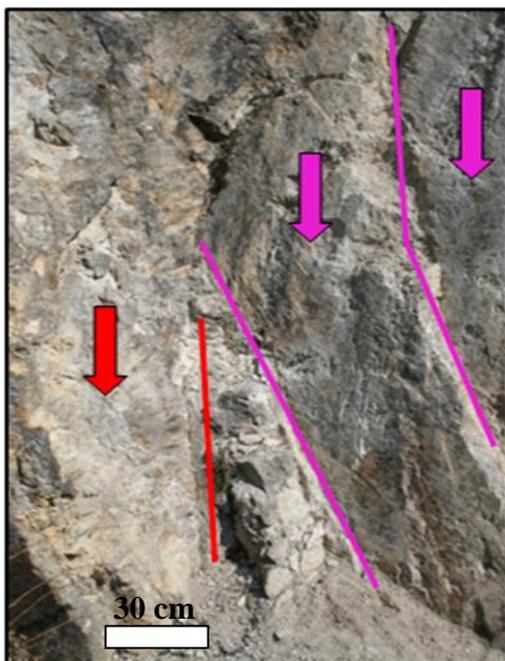


Fig. 14 Faglie relative alla famiglia viola

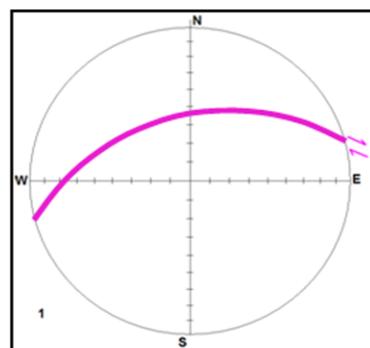


Fig.15 Orientazione media famiglia viola

4) FAMIGLIA BLU

Questa famiglia presenta una particolarità rispetto alle altre: sulle superfici di faglia sono ben visibili dei clasti spigolosi troncati immersi in una matrice carbonatica cementata. Queste caratteristiche sono tipiche di una cataclasite che deriva dalla frantumazione della roccia per frizione tra i blocchi.

La lineazione se pur poco evidente è inclinata di circa 25° in direzione W.

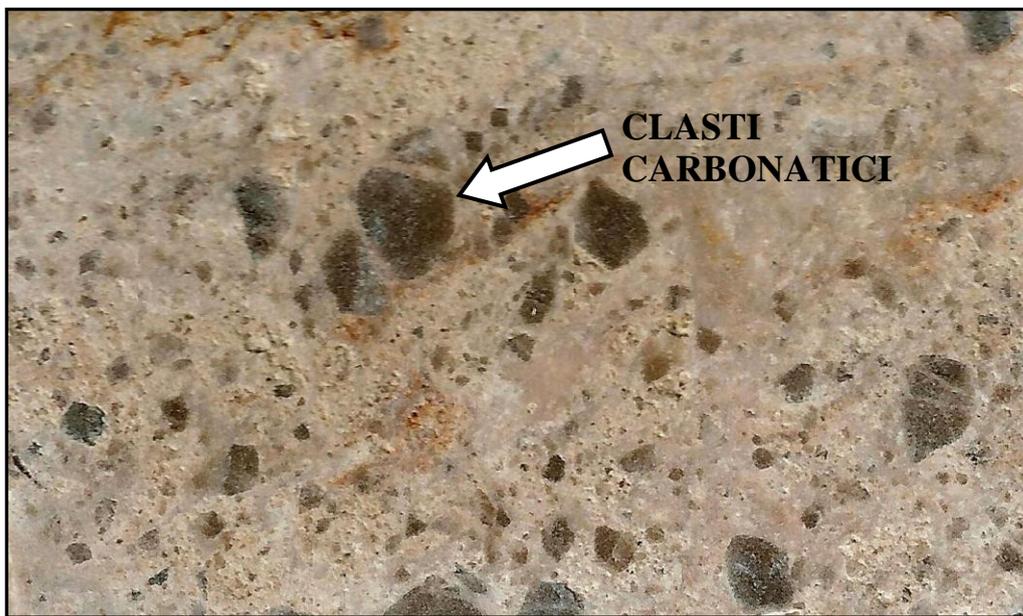


Fig. 16 Campione AG 14 in sezione



Fig. 17 Cataclasite (famiglia blu)

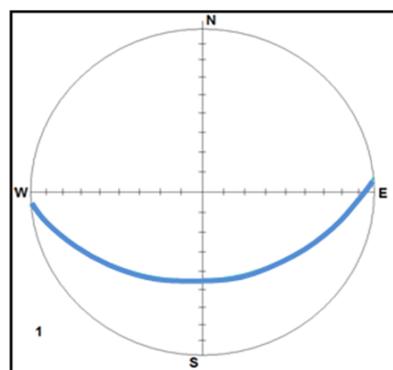


Fig. 18 Orientazione media famiglia blu

Dati di campagna:

- Orientazione: 150-180°N/50°
- Senso di taglio: non definibile
- Spaziatura: 20 cm

5) ARANCIONE

Superfici di faglia coniugate con le superfici della famiglia rossa. La lineazione risulta parallela alla direzione.

Dati di campagna:

- Orientazione: 70-80°N/80°
- Senso di taglio: indefinito
- Spaziatura: 20-30 cm

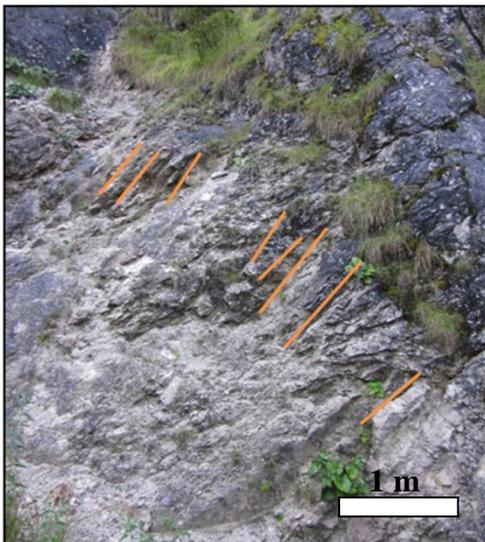


Fig. 19 Superficie della famiglia arancione in affioramento

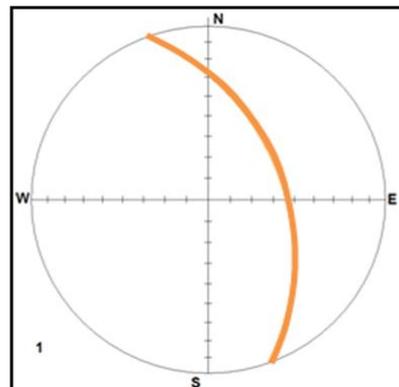


Fig. 20 Orientazione media famiglia arancione

In affioramento in aggiunta alle famiglie sopra descritte sono presenti fratture (generalmente tensionali) e altre discontinuità con orientazione non associabile a nessuno dei trend principali riscontrati.

3.2.2 Mappatura delle discontinuità mediante fotomosaico

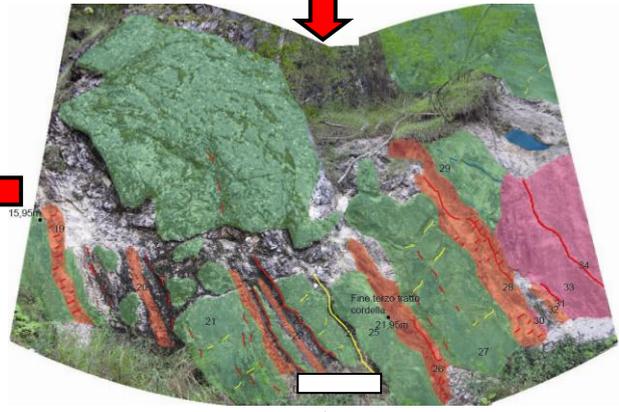
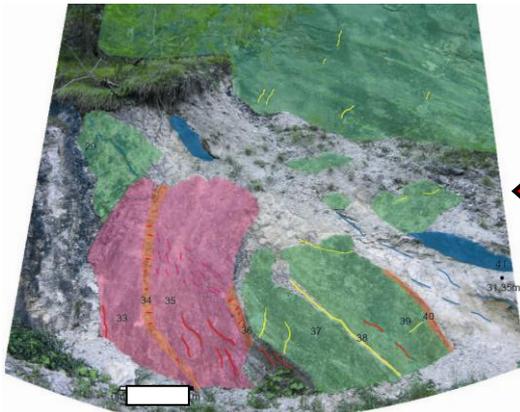
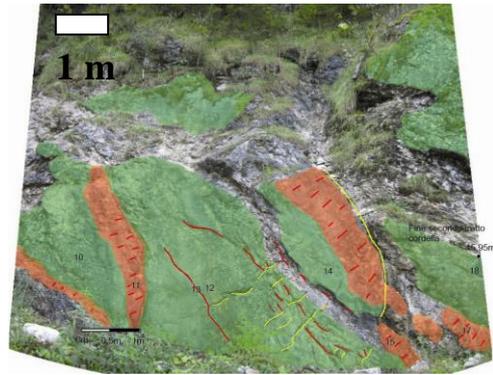
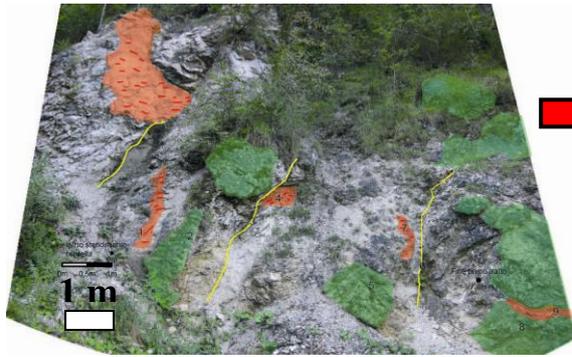
	IMMERSIONE(°N)	INCLINAZIONE(°)	LINEAZIONE(°)	SPAZIATURA(cm)	TAGLIO
VERDE	315	75	30-40 SW	50+/-20	destro
ROSSA	255	65	30-40 N	variabile	sinistro
VIOLA	350	60	15 W o 55 W	20+/-10	destro
BLU	165	60	25 W	20+/-10	/
ARANCIONE	75	50	// direzione	30+/-10	/

In tabella sono riassunte le principali famiglie che andremo poi a mappare tramite fotomosaico, ossia rappresentare tramite superfici o linee le faglie/fratture presenti in affioramento per comprendere meglio l'architettura della zona di faglia.

Nella pagina successiva (figura 21) è rappresentato in successione da NW verso SE l'affioramento principale per un'estensione di circa 60 m da noi rilevato con evidenziate, tramite colori diversi (quelli usati in precedenza per descriverle), le principali faglie/fratture.

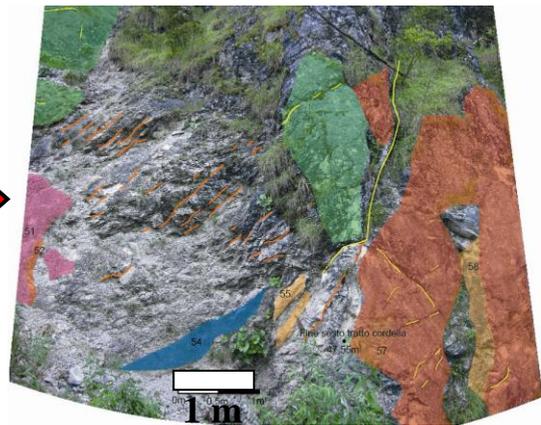
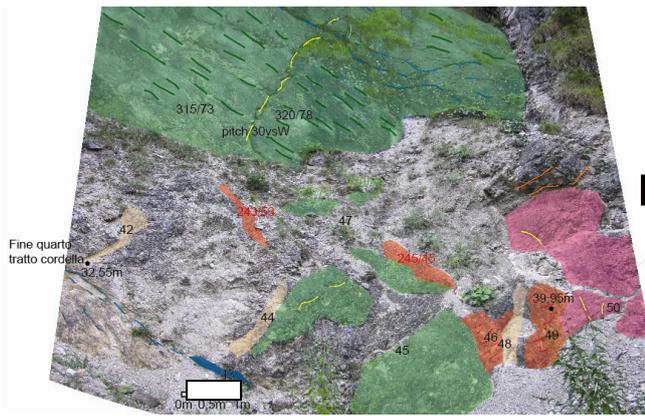
Il fotomosaico consente di comprendere meglio le relazioni che legano la faglia principale con i sistemi secondari ad essa geneticamente collegati.

NE



1 m

1 m

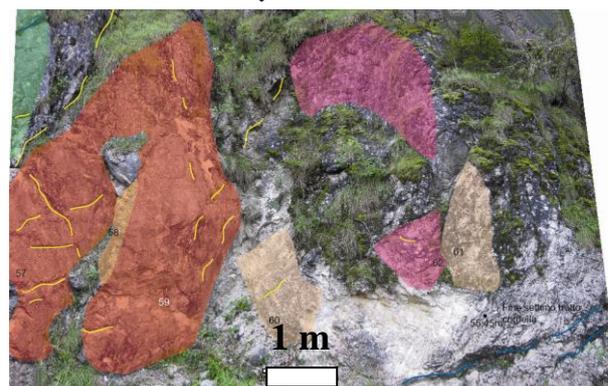


1 m

1 m



SW (60 m)



1 m

Fig. 21 Fotomosaico dell'affioramento principale in successione da NW verso SE

4- Vista in pianta e confronto con modello di associazione faglie/fratture

4.1 Vista in pianta schematica dell'affioramento principale

In figura vengono schematizzate le principali discontinuità presenti in affioramento tramite la vista in pianta. Vengono inoltre evidenziate le relazioni che intercorrono tra una famiglia e l'altra in termini di storia cinematica (quali sistemi vengono prima e quali dopo). E' evidente come ci sia un sistema di faglie parallele alla principale (andamento Valsugana) che vengono rigettate verso NNW dalle faglie della famiglia rossa. Un'altra famiglia che viene rigettata dalle faglie della famiglia rossa è la viola, anche se comunque risulta essere poco frequente rispetto alla precedente e caratterizza solo la parte centrale dell'affioramento.

Per quanto riguarda le altre due famiglie, blu e arancione, non è stato possibile individuare con certezza il senso di taglio.

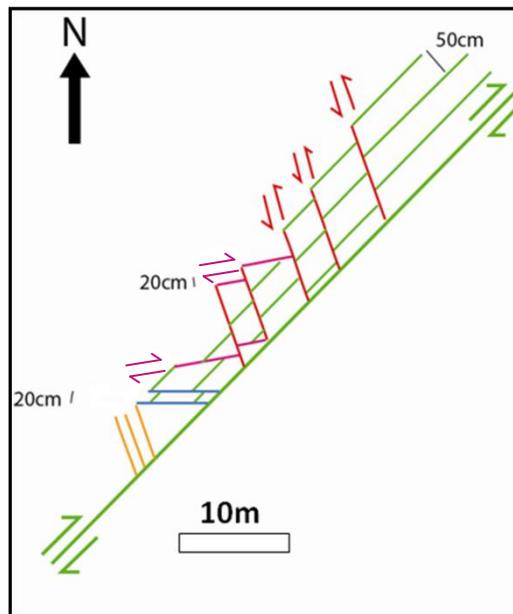


Fig. 22 Vista in pianta (spaziature esagerate in figura)

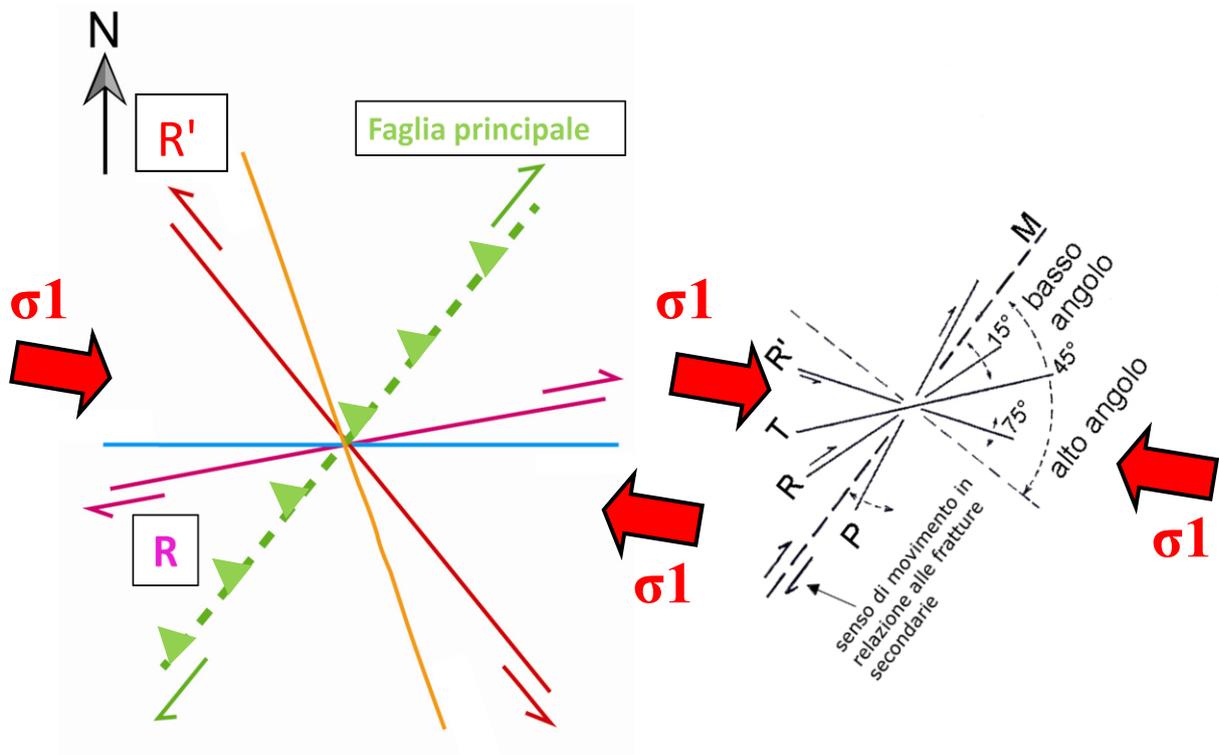


Fig. 23 Modello di associazione faglie/fratture personale confrontato con il modello proposto da Riedel (1929) per inferire la direzione dello sforzo orizzontale massimo

Dal confronto tra i due modelli, associamo le faglie della famiglia rossa a discontinuità di tipo R' mentre quelle della famiglia viola come discontinuità di tipo R. La famiglia verde con andamento Valsugana viene considerata, in termini di orientazione, come la *main fault*.

Per quanto riguarda le altre due famiglie non siamo riusciti ad avere un riscontro nel modello proposto da Riedel.

4.2 Problemi sulla meccanica della faglia

Fino adesso abbiamo parlato della faglia definendola come *thrust* (coiè una faglia inversa con inclinazione inferiore ai 30 gradi) ma effettivamente, data l'elevata inclinazione (ca. 70-80 gradi) della superficie di faglia, trattasi di una faglia inversa ad alto angolo. Come possiamo giustificare la giacitura osservata in affioramento non compatibile con modelli di fagliazione di tipo Andersoniano (Anderson, 1905)?

- 1- L'inclinazione della faglia è rimasta sempre la stessa dal momento della sua formazione. Possiamo giustificarlo tramite due ipotesi:
 - a- la faglia inversa nella zona di Valle Imperina, può essere considerata come una rampa laterale destra del thrust della Valsugana.
 - b- L'attrito della faglia è diminuito nel tempo consentendo l'attività della faglia in condizioni non Andersoniane.

- 2- La faglia ha aumentato l'inclinazione nel tempo. L'ipotesi fatta è una sola:
 - a- struttura tettonica tipo piggy-back e basculamento del thrust nel tempo

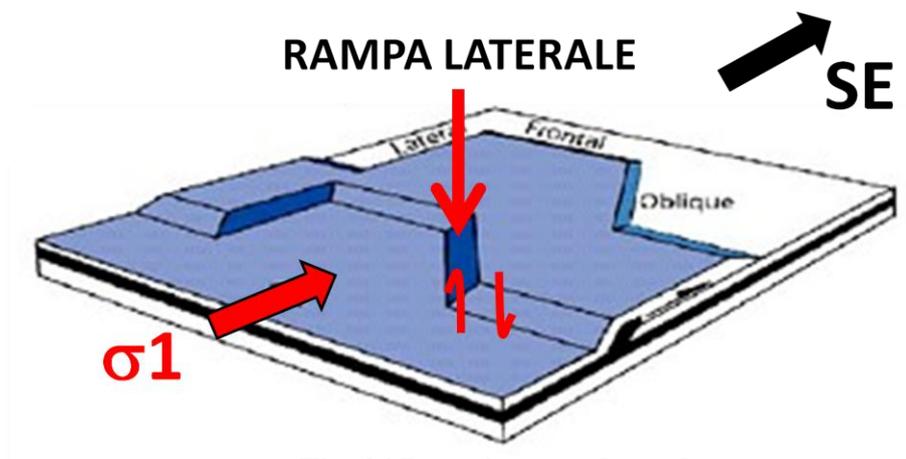


Fig. 24 Ipotesi rampa laterale

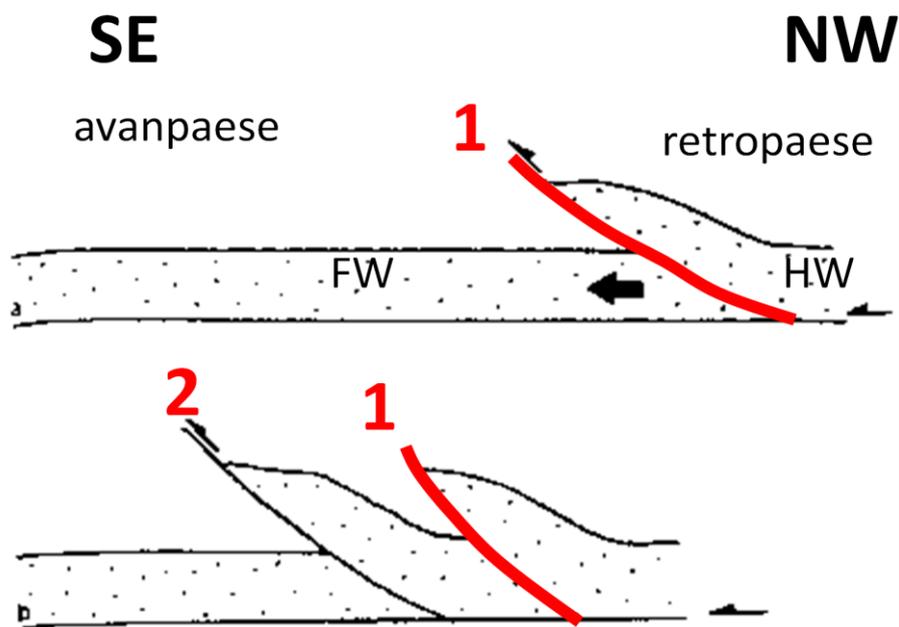


Fig.25 Ipotesi piggy-back

5- Conclusioni

A seguito dell'indagine strutturale alla mesoscala, della fase di rilevamento geologico e dell'elaborazione dei dati possiamo effettuare le seguenti conclusioni:

- i terremoti più potenti del Triveneto probabilmente nucleano e si propagano al contatto tra basamento cristallino e coperture sedimentarie. Il thrust della Valsugana in prossimità di Agordo ha orientamento NW-SE e mette a contatto filladi contro dolomia principale costituendo l'analogo esumato di probabili zone sismo-genetiche profonde nell'alta pianura Veneto-Friulana;
- dall'analisi di terreno e di sezioni sottili, si è riusciti ad individuare il senso di taglio delle principali famiglie di discontinuità;
- l'inclinazione della faglia è troppo elevata perché sia inversa (ca. 70-80°). Durante l'ultima fase deformativa la faglia ha agito da trascorrente pura a traspressiva destra;
- l'architettura della zona di faglia è molto complessa. Il sistema di fratture secondarie suggerisce uno sforzo principale orizzontale massimo con orientamento circa WNW-ESE.

Bibliografia

B. Castiglioni (1939). Il gruppo delle Pale di San Martino e valli limitrofe (ALPI DOLOMITICHE).

B.Castiglioni (1939). Carta geologica delle Pale di San Martino, scala 1:35000. Ministero dei lavori pubblici - magistrato delle acque - ufficio idrografico.

F.Galadini, M. E. Poli e A. Zanferrari (2004). Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with $M \geq 6$ in the eastern southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy).

Regione del Veneto, C.T.R., elemento 046093 Rivamonte Agordino, scala 1:5000.

Vergani R. - Valle Imperina - Otto secoli di attività mineraria e metallurgica, in "Rivista Bellunese" n°7, 1975.