Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 50 (1957)
Heft: 1

Artikel: La Geologica della bassa valle die Fraele (Alpi Retiche)
Autor: Pozzi, Renato
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-162208

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: 11.12.2025

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

La Geologia della bassa valle di Fraele (Alpi Retiche)

di **Renato Pozzi**, Milano

Con 5 figure, 1 tabella e 2 tavole (I e II)

INDICE

Pagina

Introduzione – Studi precedenti 100

Parte prima: Stratigrafia 104

1° La serie stratigrafica 104

2° Cristallino 104

3° Permico: Verrucano 105

4° Trias 106

– Carnico 106

– Norico 111

a) Il Norico della struttura inferiore 112

– La serie norica dell'Ortles-Cristallo 112

– La serie norica dell'Elemento Mediano 116

– La serie norica della falda di Quatervals 118

– Le dolomie della scaglia dello Stelvio 119

b) Il Norico della struttura superiore 120

– Le dolomie della scaglia del Solena 120

– La serie norica del monte Sumbraida 120

– Le dolomie delle scaglie superiori 122

– Retico 122

5° Quaternario 127

Parte seconda: Tettonica 128

a) Generalità 128

b) Il versante meridionale del M. Cornaccia 129

c) La Val Cancano 130

d) Il M. Sumbraida e l'alta Val Forcola 131

e) Il M. Solena e la media Val Forcola 131

f) Il Monte delle Scale 134

g) Meccanismo dei movimenti tettonici 136

Bibliografia sommaria 137

Carte geologiche 140

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit den sedimentären Schichtreihen, die in der unteren Valle di Fraele und dem anschliessenden Gebiet anstehen, und die gegen Süden zu durch das Kristallin der Campo-Decke begrenzt werden.

Die Arbeit setzt sich zusammen aus einem ersten Teil, der die stratigraphischen Verhältnisse der Schichtreihe beschreibt, und einem zweiten Teil, der den lokalen tektonischen Verhältnissen gewidmet ist – mit einigen Hinweisen auf die regionalen strukturellen Zusammenhänge.

Im Speziellen sei darauf hingewiesen, dass im stratigraphischen Teil zum ersten Mal eine Unterteilung des Norien der Ortler-Cristallo-Zone vorgeschlagen wird. Eine Reihe von Beobachtungen befasst sich ferner mit dem fraglichen Rhät der Zebrù-Schuppe. Zu eingehender Behandlung gelangen weiterhin die Resultate, die sich aus dem Studium des Norien des Monte Sumbraida und der höheren Schuppen ergeben haben. Sodann bildet auch das Rhät in der Fraele-Fazies Studienobjekt spezieller Untersuchungen.

Im zweiten Teil werden die verschiedenen tektonischen Einheiten und ihre gegenseitigen Beziehungen näher behandelt, und zwar in erster Linie die Schuppen des Umbrail-Systems. Abschliessend enthält die Arbeit einige Hinweise auf den Bewegungsmechanismus.

Introduzione - Studi precedenti

La regione studiate si trova a NO di Bormio, nella parte orientale delle Alpi Retiche; essa è compresa in un rettangolo i cui vertici settentrionali sono rappresentati dalla q. 3043 della cresta ovest del M. Cornaccia e dalla q. 2797 della cresta est del M. Sumbraida; i vertici meridionali dall'abitato di Isolaccia e dalla confluenza Torrente Viola – Fiume Adda.

Il rilevamento è stato compiuto alla scala 1:10.000 durante le estati degli anni 1952 e 1953; nel 1956 ho eseguito una serie di escursioni di controllo. Il lavoro di laboratorio e di rielaborazione dei dati è stato eseguito nell'Istituto di Geologia dell'Università di Milano, sotto la guida del Prof. A. Desio[1]).

Per inquadrare il lavoro nel complesso di studi riguardanti le Alpi Centrali, credo opportuno riassumere le opere precedenti così da mettere in evidenza la complessità dei problemi che interessano questa piccola porzione della Catena Alpina.

Nel 1857–58 Theobald insieme a Weilemann pose le basi della geologia della regione. Per primo riconobbe l'età triassica delle formazioni dolomitiche e costruì numerosi profili che ne interpretavano la complicata tettonica.

Nel 1864 pubblicò il foglio XV della Carta Geologica della Svizzera alla scala 1:100.000 e nel 1865 il foglio XX che comprende anche la parte italiana di quelle che sono chiamate le Dolomiti dell'Engadina inferiore.

Negli anni 1902 e 1907 lo sviluppo della teoria delle falde diede inizio ad una nuova fase di studi, che pose in primo piano soprattutto i grandi problemi di tettonica regionale. I primi che applicarono la nuova teoria alle Alpi Centrali e Orientali furono Termier (1904) e Rothpletz le cui opere furono pubblicate nel 1905.

Nella regione compresa fra il Brennero e la Valtellina Termier supponeva l'esistenza di sei falde, spinte le une sulle altre da forze agenti da sud verso nord.

[1]) Insieme al Prof. Desio ringrazio la Prof. Carla Rossi Ronchetti ed il Prof. Enrico Di Napoli Alliata che mi hanno aiutato nelle determinazioni paleontologiche e nell'esame delle serie stratigrafiche. Un particolare ringraziamento al Dr. Nabholz redattore delle Eclogae.

In particolare nella nostra regione sarebbero presenti – dal basso verso l'alto – la falda quattro (dell'Ortles), la falda cinque (dell'Umbrail), la falda sei (del Piz Chazfora).

ROTHPLETZ invece, individuava nelle Alpi Orientali una direzione principale di spinta da est verso ovest. Anche la tettonica della regione dell'Ortles sarebbe stata determinata da spinte provenienti da oriente.

Nel 1908 SCHLAGINTWEIT pubblicò una monografia riguardante la regione compresa fra Livigno, Bormio e S. Maria in Münstertal. La carta geologica al 100.000 che l'accompagna può essere considerata il primo rilievo di un certo dettaglio eseguito nella regione; tutta l'opera, del resto, è un serio e coscienzioso tentativo di rappresentare in un quadro unitario i numerosi e spesso contrastanti quesiti stratigrafici e tettonici. La stratigrafia di SCHLAGINTWEIT comprendeva: il Cristallino, considerando come tale tutto ciò che è anteriore al «Verrucano», le dolomie del Trias inferiore e superiore, i calcari e le marne del Retico ed infine i calcari selciferi, la breccia a Crinoidi e gli strati di Algäu riferiti al Lias.

Tettonicamente egli divideva il territorio in tre parti:

1) Zona fra Livigno e l'Ortles, chiamata «zolla dell'Adda», composta quasi completamente di dolomie del Trias superiore.
2) Zona a sud della sopraddetta, costituita da una scaglia formata in parte da dolomie del Trias inferiore ed in parte da Verrucano. È denominata «resti del sovrascorrimento da sud».
3) Zona a nord della zolla dell'Adda, detta «zolla di copertura del nord» composta da due zolle sovrapposte: la zolla del Braulio e quella di Chazfora.

In complesso secondo SCHLAGINTWEIT si tratterebbe della zolla dell'Adda e di altre due sovrascorse, da sud verso nord, sulla prima.

Questa interpretazione non ha resistito alla critica degli autori successivi.

Dal 1902 al 1931 vennero pubblicati gli studi fondamentali di HAMMER sulla zona dell'Ortles. HAMMER riprese le ipotesi di ROTHPLETZ le completò e le approfondì riconoscendo nella struttura geologica della zona una sinclinale chiusa a settentrione con il nucleo formato dalla fascia Retico-Liassica della valle di Fraele.

A nord dell'Ortles starebbero i ricoprimenti del Quatervals–Umbrail e dell'Oetztal provocati da spinta dirette in prevalenza da est verso ovest e con componenti secondarie e locali verso sud. Il fianco settentrionale della grande sinclinale mesozoica sarebbe costituita dal Cristallino del Braulio e dell'Umbrail; il fianco meridionale dal Cristallino del Confinale separato questo ultimo, dalla piattaforma sedimentaria dell'Ortles, per mezzo di una linea di scorrimento che egli chiama «linea dello Zebrù».

Secondo questo schema si svolsero i rilevamenti e gli studi di due altri geologi austriaci: SPITZ e DYHRENFURTH che sono illustrati in una «Monografia delle Dolomiti dell'Engadina», del 1915, corredata da una carta geologica nella scala 1:50.000.

È questo il primo studio veramente di dettaglio sulla regione che ha posto le basi di tutti i lavori successivi, con una visione completa dei molteplici problemi relativi alle Dolomiti della bassa Engadina.

Mediante i fossili, SPITZ e DYHRENFURTH individuarono vari livelli del Trias: Buntsandstein, Muschelkalk e Keuper. Il Buntsandstein sarebbe rappresentato

dal livello di Campil; nel Muschelkalk si distinguerebbero sia L'Anisico (nelle tre facies calcarea o di Scarl; dolomitica o del Piz Lad e dolomitica o di Schliding) che il Ladinico, caratterizzato nella parte inferiore da dolomie grigie, nella media di una «dolomia a chiazze» e nella superiore da un banco di gasteropodi. Il Trias superiore infine comprenderebbe:

Retico: rappresentato da tre facies: facies di Kössen con calcari neri, marne e scisti argillosi; facies di Quatervals con calcari nerissimi in alternanza con scisti calcarei, pure neri, finemente stratificati; facies di Fraele con calcari rosso-grigiastri e scisti calcarei color «fronde d'autunno».

Grenzniveau Norico–Retico: livello costituito da elementi norici e retici non separabili e composto litologicamente da alternanze di calcari e dolomie.

Norico: essenzialmente Dolomia Principale.

Carnico: costituito da dolomie e scisti, da calcari fossiliferi, da dolomie cariate, gesso e brecce primarie.

Finalmente il Giura sarebbe rappresentato dal Lias con brecce di trasgressione, calcari da grigi a neri, scisti argillosi, calcari marnosi, e da calcari selciferi.

L'edificio tettonico, secondo l'A. comprenderebbe un complesso sistema di anticlinali e sinclinali, quasi sempre schiacciate e talvolta laminate, con gli assi diretti est-ovest. Ad essi vennero attribuiti i nomi di sinclinale di Fraele, anticlinale di Diavel, sinclinale di Mürter-Mora, anticlinale di Braulio, ecc.

La monografia termina con queste parole: «... noi rifiutiamo decisamente un qualsiasi tentativo di interpretare la tettonica delle Dolomiti dell'Engadina con l'ausilio di una spinta sud–nord nel senso della teoria delle falde, come inconciliabile con le constatazioni fondamentali della costruzione tettonica.

Questi fatti non si possono interpretare senza la supposizione di una spinta da est verso ovest».

Nel 1907 e nel 1911 la regione fu a più riprese visitata dal Franchi attratto dallo studio delle formazioni calcaree mesozoiche dell'Alta Valtellina, al fine di porle a confronto con quelle delle Alpi Marittime da lui già studiate.

Frutto delle ricognizioni eseguite furono due pubblicazioni a carattere preliminare con poche notizie di dettaglio sui terrazzi del Monte delle Scala, sulla Valle di Fraele e sulla Val Cancano. L'Autore sembra propenso ad accettare le ipotesi espresse da Hammer (1908).

Staub nei suoi studi sulle Alpi assegnò la zona di Fraele all'Austro-alpino medio in quanto appartenente alla Falda di Campo s. l. La parte superiore di questa falda sarebbe formata dal ricoprimento di Umbrail soprastante quello dell'Ortles; la base invece sarebbe costituita dal Cristallino della falda di Campo s. str.

Il ricoprimento dell'Umbrail venne poi suddiviso in scaglie e zolle locali, così come quello dell'Ortles, formato dalle scaglie del Cristallo e dello Zebrù. Il ricoprimento di Campo s. str. comprenderebbe nella parte superiore il Cristallino di Campo-Livigno e del Sobretta e nella parte inferiore le formazioni della zona di Sassalbo.

Secondo Staub le falde presenti nella zona Ortles–Umbrail sarebbero migrate dal luogo delle loro radici, secondo una direzione di spinta SE–NO. A sostegno della propria ipotesi portò il decorso NE–SO di una parte della fronte della falda di Umbrail.

Negli anni intorno al 1930 furono eseguiti, a cura dell'Istituto di Geologia dell'Università di Zurigo, diretto appunto dal Prof. STAUB, nuovi studi sulle Dolomiti dell'Engadina onde raccogliere altri dati a sostegno delle ipotesi formulate, come si è visto, da TERNIER (1905) e da STAUB stesso (1924), che aveva successivamente pubblicato (1937) un lavoro riguardante specificatamente i problemi geologici della zona compresa tra l'Engadina e l'Ortles.

Furono così date alle stampe la monografia di BÜRGI (1934) concernente la stratigrafia del Trias delle valli di Scarl, quella di BOESCH (1937) sulla geologia della parte centrale delle Dolomiti della bassa Engadina e quella di KAPPELER (1938) sulla geologia del gruppo dell'Ortles.

KAPPELER eseguì un lavoro accurato di analisi e di sintesi dei problemi stratigrafici e tettonici della regione limitata ad ovest dalle valli dell'Adda e del Braulio, a nord dalla strada dello Stelvio, ad est dalla Val Solda e a sud dalla Val Zebrù.

Egli si propose di verificare le ipotesi di TERMIER, dello stesso STAUB e di HAMMER relative alla struttura dell'Ortles, nonchè di constatare se il cristallino del Braulio fosse stato spinto sull'Ortles da nord oppure da sud. A proposito della stratigrafia, KAPPELER affermò che la formazione triassica dell'Ortles mostrava forti analogie con quella delle unità alpine inferiori Err e Bernina, mentre presentava una facies nettamente diversa da quella delle unità est-alpine, superiori e sud-alpine.

Nel gruppo dell'Ortles vennero distinte, dal basso in alto:

1) La serie della Tabaretta, sovrascorsa sullo zoccolo cristallino e assottiglientesi a cuneo verso NO; talora con scaglie tettoniche alla base e con il lembo retico Cima Tabaretta-Gran Zebrù.
2) Serie dello Zebrù con il Retico di Bocche d'Adda–Campo–Thurwieser–Giogo alto ecc. e con il nucleo sinclinale del Gran Zebrù.
3) Serie del Cristallo con il Retico di Fraele.
4) Zona di scaglie sopra il Retico di Fraele, Val Vitelli, Cima Vitelli, Monte Livrio, Madaccio.
5) Scaglia dello Stelvio.
6) Cristallino del Braulio sovrascorso (in ricoprimento sul Trias).

Tuttavia l'autore stesso riconobbe che questa suddivisione tettonica presentava varie incertezze in quanto l'età retica degli scisti calcarei di Bocca d'Adda non era stata dimostrata con fossili. D'altra parte egli confermò le vedute di TERMIER e di STAUB secondo cui il Trias dell'Ortles costituirebbe una sinclinale aperta verso mezzogiorno, già totalmente ricoperta dalla grande falda Quatervals–Umbrail proveniente da sud.

Alla fine del 1938 venne pubblicata da Gb. DAL PIAZ una recensione critica di questo lavoro; DAL PIAZ ritenne che il Cristallino di base dell'Ortles dovesse fondersi verso oriente, in Val Venosta, con il Cristallino antico del ricoprimento dell'Umbrail e con quello dello stesso ricoprimento dell'Oetztal, in modo da formare una massa unica indivisibile. Questi ed altri fatti spinsero DAL PIAZ a mantenersi fedele alla concezione di HAMMER di una sinclinale chiusa a settentrione.

Dopo la guerra furono assegnate dall'Istituto di Geologia dell'Università di Zurigo altre tre tesi di laurea, ora tutte pubblicate. Soprattutto interessante per noi è il lavoro di HESS (1953) che riguarda la parte sud della valle di Münster e

la valle di Fraele (vedi specialmente la tav. VI di HESS nella quale è contenuta la regione della nostra fig. 3). È questo il secondo studio di dettaglio riguardante la zona da me studiata e che, indubbiamente, ha portato un contributo molto importante alle conoscenze geologiche della regione.

HESS descrisse una nuova serie stratigrafica del Norico che comprendeva formazioni ritenute retiche da SPITZ e DYHRENFURTH ed il «Grenzniveau». Per quanto riguarda la tettonica si avrebbe, alla base, la falda di Campo (Cristallino) e quindi la falda dell'Ortles divisa nelle sue scaglie, dello Zebrù e del Cristallino nel senso di KAPPELER. Sulla falda dell'Ortles poggerebbero la falda di Quatervals sino al Monte Solena, dove subentrerebbe la scaglia dello Stelvio unitamente a una complicata zona di scaglie superiori. Sopra la falda di Quatervals starebbe una struttura superiore, sovrascorsa, comprendente le scaglie del Murtaröl. Il Monte Sumbraida, apparterrebbe invece, all'estremità occidentale della falda di Umbrail.

Di questo, come degli altri studi più importanti, non dò per ora particolari illustrazioni, in quanto saranno discussi via via che la trattazione lo renderà necessario.

Nel 1955 infine, è stata pubblicata una «Nota preliminare sul rilevamento delle tavolette «Bornio» e «Giogo di S. Maria» del Prof. S. CONTI.

Parte prima: Stratigrafia

1° La serie stratigrafica

Nella regione studiata la serie stratigrafica comprende per la massima parte sedimenti del Trias superiore; qualche lembo isolato potrebbe anche essere riferito al Trias medio, pure mancando qualsiasi documentazione paleontologica. È pure presente un modesto affioramento di «Verrucano» riferito al Permico. I sedimenti poggiano su di un basamento cristallino pre-permico e piccole scaglie cristalline sono incuneate nel complesso sedimentario.

2° Il Cristallino

Sotto questo nome generico ho compreso, come è nell'uso, tutti i terreni più antichi del «Verrucano». Gli affioramenti, molto limitati nella zona rilevata, non permettono uno studio sistematico; d'altra parte però essi costituiscono importanti elementi della complessa struttura regionale. Il Cristallino si può ascrivere a due diverse serie metamorfiche:

- Il Cristallino della struttura inferiore o Cristallino di base dell'Ortles, appartenente alla falda di Campo s. str.
- Il Cristallino delle strutture superiori o Cristallino del Braulio, posto alla base della falda dell'Umbrail.

Fra le due serie sovrapposte, vi è il potente pacco sedimentario dell'Ortles. Il Cristallino della falda di Campo affiora presso Premadio, sui terrazzi del Monte delle Scale e nei dintorni di Pedenosso. Si tratta di gneiss filladici verde-bluastri, lucenti, untuosi al tatto, con micropieghe poco evidenti e con rari cristalli microscopici di pirite. La superficie di alterazione è grigio-verdastra, argillosa. In sezione sottile l'associazione mineralogica che compone gli gneiss mostra quasi sempre un quadro uniforme: abbondante muscovite in lamine da grossolane ad esili, in grosse bande racchiuse fra gli elementi quarzoso-feldispatici, in genere

isorientate e compenetrate con clorite di tipo pennina, caratteristica per i colori di interferenza anomali. Si notano inoltre quarzo, in granuli elissoidici o tondeggianti con tipica struttura pavimentosa, ed ortoclasio. Sulla terrazza inferiore del Monte delle Scale, a q. 1675, affiora uno scisto filladico bruno a spalmature sericitiche, lucenti, che in sezione sottile risulta composto da quarzo, in granuli di varie dimensioni, da grossi individui feldspatici in concrescimenti pertitici e da sericite di alterazione dei precedenti.

Presso Sasso di Prada si osserva invece una intercalazione di filladi quarzifere, dolomia e calcare saccaroide. Quest'ultimo si presenta compatto, bianco o grigio; altre volte invece mostra delle venature di un verde più o meno intenso.

Il Cristallino delle strutture superiori è il «Cristallino del Braulio» degli Autori precedenti. Appartengono a questa serie: il Cristallino affiorante sulle pendici orientali del Monte Solena e le piccole lenti delle creste dei Monti Cornaccia e Sumbraida. Il Cristallino del Solena affiora in una vasta lente a 2500 m di quota; sembra immerso verso nord, con forte pendenza (75°). È strettamente connesso a dolomie carniche e corrisponde a quello presente nella parte più alta del Monte Pedenolo, insieme al quale forma la «Scaglia del Pedenolo».

Si tratta di uno gneiss grigio-verdastro con vene di quarzo e frequenti tracce di alterazione ferruginosa. Al microscopio si osserva una struttura cristalloblastica con abbondante quarzo, ortoclasio e sericite in piccole lamine; rari epidoti in granuli allungati e prismatici, e lamine più o meno grosse di clorite.

Sulle pendici settentrionali del Monte Solena, a q. 2670, affiorano due piccole lenti di uno gneiss identico a quello sopra descritto; soltanto la grana, in sezione sottile, si rivela più fine e la mica più abbondante. I lembi cristallini delle creste dei Monti Cornaccia e Sumbraida appaiono molto schiacciati e profondamente alterati, così da riuscire con difficoltà a riconoscerne la natura.

Il primo affioramento della cresta ovest del Cornaccia compare a q. 2900 ed è rappresentato da gneiss verdastri; la lente è lunga circa 20 m. Proseguendo verso la vetta si incontra una seconda lenticella a 2957 m, poi un'altra a 3043 m. Si tratta sembre dello stesso gneiss, molto simile a quello di q. 2670 del Monte Solena. Un poco più ad est fra gli gneiss vi è una piccola lente di calcare saccaroide grigio e proseguendo si osserva infine il contatto fra il Cristallino e la dolomia, quest'ultima in banchi molto brecciati immersi a SO.

Per ciò che riguarda la composizione degli gneiss, sono visibili al microscopio quarzo, plagioclasio (oligoclasio), abbondante sericite e clorite; fra i componenti accessori epidoto e tormalina, presente anche il granato, che a volte diviene frequente, e l'apatite.

Tutti questi terreni formano una delle scaglie del Cristallino del Braulio e precisamente quella superiore, comprendente le masse di spinta più elevate (Cima la Casina, Monte Cornaccia, Monte Forcola) cioè quel complesso cristallino-sedimentario che forma la «Struttura superiore».

3° Il Permico

Verrucano

L'unico affioramento di «Verrucano» – che come è noto viene comunemente riferito al Permico – presente nella zona studiata, è costituito da una grossa lente

posta sulle pendici del Monte delle Scale, fra i 1830 ed i 1975 m, in corrispondenza del terrazzo più alto. Si tratta di un conglomerato molto micaceo, da grigio-chiaro a verde pallido, untuoso al tatto e debolmente scistoso, intercalato a fillidi quarzifere e a dolomie brune. I ciottoli di quarzo sono piuttosto piccoli; rari quelli di 3–4 cm. La potenza del «Verrucano» va progressivamente diminuendo da ovest verso est. All'Alpe Trela (MARTINA, 1954) si aggira intorno ai 200 m mentre più ad oriente si riduce sino a scomparire. Nella stessa direzione si nota anche una variazione nel colore che da rossastro (Alpe Trela) diventa man mano più verde per aumento della sericite.

Il «Verrucano» del terrazzo di Premadio era già stato ricordato da tutti gli Autori precedenti, ma veniva attribuito ad unità tettoniche diverse. Così SCHLAGINTWEIT lo poneva alla base della «Scaglia del Braulio» collegandolo, insieme alla dolomia bruna che l'accompagna (attribuita al Trias inferiore), con altri affioramenti del Monte Solena.

Al riguardo si deve però ricordare che al Monte Solena, nella località indicata da SCHLAGINTWEIT, non si trova «Verrucano», ma gneiss e che le dolomie del Solena non sono correlabili – come vedremo – con quelle del Monte delle Scale.

SPITZ e DYHRENFURTH invece collegavano il Cristallino ed il «Verrucano» del Monte delle Scale con il Cristallino di base della falda di Campo mediante una piega ad «S» rovesciata. A questa interpretazione si atteneva anche KAPPELER.

L'esame dello scavo di una condotta forzata, che dal terrazzo superiore scende a Premadio, mi ha permesso di riconoscere che il Cristallino ed il «Verrucano» non continuano in profondità, ma galleggiano sulle dolomie. In galleria si osserva infatti come, poco a monte di Premadio, a q. 1325, si passi dalle filladi quarzifere della falda di Campo ad una dolomia bruna, cristallina, molto fratturata, che continua sino a q. 2025. Più oltre una breccia di notevole potenza segna il passaggio ad una dolomia grigia nettamente diversa. Cristallino e «Verrucano» formano quindi una lente e si possono effettivamente collegare con la falda basale di Campo secondo lo schema di SPITZ e DYHRENFURTH (si vedano le fotografie 3 e 4).

4° Il Trias

Carnico

Sia nella parte settentrionale, sia in quella meridionale della zona studiata si trovano affioramenti di dolomie cristalline brune, grigie o nere, a volte accompagnate da gesso, oppure da dolomie cariate giallastre e brecce primarie[2]) riferite, da tutti gli Autori precedenti, al Carnico. Questa attribuzione, che non è appoggiata a reperti paleontologici, deriva da confronti stratigrafici con serie tipiche presenti in zone più lontane, fra le quali la serie triassica delle Val Corta (Alpe Trela).

Gli affioramenti settentrionali (alta Val Forcola e Monte Solena) presentano serie abbastanza estese; quelli della zona meridionale (Premadio, Sasso di Prada, Isolaccia, ecc.) appaiono invece molto limitati e le serie discontinue; la loro scarsa potenza ed i non sempre chiari rapporti con i termini inferiori e superiori rendono difficile un riferimento sicuro.

---

[2]) Per breccia primaria intendo una breccia formatasi durante la sedimentazione.

Nell'incisione poco sopra Baita Forcola, ho potuto rilevare la serie che qui riporto:

31 – breccia primaria grigiastra, ad elementi calcarei e dolomitici, con frequenti, piccoli, cristalli di pirite, qualche granulo di quarzo e grossi cristalli di calcite; m 7
30 – calcare dolomitico arenaceo, grigio, con inclusi numerosi cristalli di pirite e di quarzo a spigoli arrotondati; m 0,50
29 – dolomia brecciata grigiastra a grana fine, con reticolato di vene di calcite; m 2
28 – dolomia bruna, brecciata, con superfici di alterazione grigio-brune; m 4
27 – breccia dolomitica grigiastra ad elementi grossolani cementati da calcite; m 4
26 – dolomia grigia, finemente brecciata, con venette di calcite e qualche piccolo granulo di ematite. In superficie rugosa ed alterata in bianco-giallastro. In straterelli di 15–20 cm alternati con altri di 1–2 cm; m 6
25 – dolomia grigio chiara, microcristallina, con piccole vene di dolomite; m 6
24 – dolomia bruna, a grana molto fine, ruvida in superficie ed alterata in grigio-bruno. In banchi abbastanza potenti; m 20
23 – dolomia scistosa rosso – giallastra con vene di calcite, a superfici argillose brune; m 0,30
22 – dolomia bruna, microcristallina, profondamente alterata in giallastro, con reticolato di vene di calcite. In tre straterelli di 10 cm; m 0,30
21 – dolomia grigia finemente brecciata, con venette di calcite e qualche piccolo granulo di ematite. In superficie rugosa ed alterata in bianco giallastro. In straterelli di 15–20 cm alternati con altri di 1–2 cm; m 2
20 – dolomia bruna microcristallina, profondamente alterata in giallastro, con reticolato di piccole vene di calcite. In tre strati di 10 cm; m 0,30
19 – dolomia grigia, finemente brecciate, con venette di calcite e qualche piccolo granulo di emettite. In superficie rugosa e alterata in bianco giallastro. In straterelli di 15–20 cm alternati con altri di 1–2 cm; m 4
18 – dolomia bruna, microcristallina, molto alterata in giallastro, con reticolato di piccole vene di calcite. In tre strati di 10 cm; m 0,30
17 – dolomia grigio-cenere, cristallina, in superficie grigiastra; m 16
16 – dolomia bruna, microcristallina, molto alterata in giallastro, con reticolato di piccole vene di calcite. In tre strati di 10 cm; m 0,30
15 – dolomia grigia finemente brecciata con venette di calcite e qualche piccolo granulo di ematite. In superficie rugosa ed alterata in bianco giallastro. In straterelli di 15–20 cm alternati con altri di 1–2 cm; m 4
14 – dolomia cariata rosso-giallastra, «Rauhwacke», profondamente alterata; m 0,30
13 – dolomia grigia, finemente brecciata con venette di calcite e qualche granulo di ematite. In superficie rugosa ed alterata in bianco giallastro. In straterelli di 15–20 cm alternati con altri di 1–2 cm; m 3
12 – dolomia scistosa rosso-giallastra con vene di calcite e superficio argillose brune; m 1
11 – dolomia grigio-cenere, cristallina, in superficie grigiastra; m 1
10 – dolomia bruna, microcristallina, profondamente alterata in giallastro, con reticolato di piccole vene di calcite. In tre straterelli di 10 cm; 0,30
9 – dolomia grigia, finemente brecciata, con venette di calcite e qualche piccolo granulo di ematite. In superficie rugosa ed alterata in bianco giallastro. In straterelli di 15–20 cm alternati con altri di 1–2 cm; m 2
8 – dolomia cariata giallastra e rossiccia, «Rauhwacke», cristallina, cementata da silice amorfa; m 2
7 – dolomia bruna, cristallina, con reticolato di piccole vene di calcite. Alterata in bruno rossastro; m 0,50
6 – dolomia grigia, finemente brecciata, con venette di calcite e qualche granulo di ematite. In superficie rugosa ed alterata in bianco giallastro. In straterelli di 15–20 cm alternati con altri di 1–2 cm; m 3
5 – scisti argillosi verde-grigiastri, alterati in giallastro e rossiccio; m 2
4 – dolomia cariata giallastra e rossiccia, «Rauwacke», cristallina, cementata, da silice amorfa; m 1

3 – dolomia grigia, finemente brecciata, con venette di calcite e qualche granulo di ematite. In superficie rugosa ed alterata in bianco giallastro; in straterelli di 15–20 cm alternati con altri di 1–2 cm; m 4
2 – dolomia grigia, microcristallina, compatta; m 2
1 – dolomia grigia, finemente brecciata, con venette di calcite e qualche granulo di ematite. In superficie rugosa ed alterata in bianco giallastro; in straterelli di 15–20 cm alternati con altri di 1–2 cm; m 30

La serie ha una potenza di circa 120 m e benchè manchino elementi paleontologici la facies litologica caratterizza abbastanza bene il complesso carnico di questa zona rispetto a quelli norico e retico. Si possono infatti considerare elementi distintivi:
- le dolomie cariate («Rauwacke»)
- i calcari dolomitici arenacei
- le brecce primarie
- gli scisti argillosi verde-grigiastri
- il colore bianco-giallastro o bruno-rossiccio della superficie di alterazione.

Tutta la serie è stata esaminata con sezioni sottili e «dry peels». Non sono state osservate microfaune; i livelli 4–8–14 hanno la struttura tipica della facies di scogliera. La struttura cristalloclastica notata nei livelli 29–30–31 indica una intensa azione dinamica; molto frequente nei granuli di calcite è la struttura cristalloblastica, prodotta dal metamorfismo.

Diversi autori suddividono il Carnico dell'Engadina in superiore, medio ed inferiore.

Per Leupold (1934) le dolomie cariate debbono essere poste nella parte media della serie carnica, indicando un ulteriore aumento della regressione iniziatasi alla fine del Ladinico. Questa ipotesi è accettata anche da Inhelder. Secondo questo concetto la serie sopra descritta rappresenterebbe, in gran parte, il Carnico medio.

Boesch (1937) attribuisce le dolomie cariate al Carnico inferiore, mentre Hess (1953), riprendendo in parte le ipotesi di Boesch, propone una suddivisione del Carnico basata su di una sedimentazione ciclica. Un primo ciclo sedimentatio rappresenterebbe una accentuazione della regressione ladinica che avrebbe determinato il depositarsi dei gessi e delle dolomie cariate del Carnico inferiore. Il secondo ciclo inizierebbe con una nuova sedimentazione dolomitica che subendo man mano l'apporto di materiale argilloso terminerebbe con una breccia gigante; in questo modo si sarebbero formati gli «strati di Torer» del Carnico superiore.

Spitz e Dyhrenfurth (1914) distinguono nel Carnico quattro diverse serie:
- Serie dolomie-scisti. Ad esse apparterrebbero, insieme ad altri membri carnici, le dolomie nere, argillose e molto brecciate della base del Piz Umbrail e del versante sud del M. Saliente.
- Serie di calcari fossiliferi (M. Pedenolo).
- Serie delle rauhwacke e dei gessi
- Serie delle brecce primarie: considerata come membro importante della stratigrafia locale. Spesso alterate in bruno rossastro per ossido di ferro. Localmente con giacimenti di ematite (versante sud-est dell'Umbrail).

In accordo con Boesch ed Hess ritengo che la serie carnica di Baita Forcola debba essere attribuita al Carnico inferiore per la presenza delle dolomie cariate e delle brecce primarie. Più ad est, verso l'Umbrail, si trovano anche i gessi.

Nella parte settentrionale della zona studiata esiste una particolare formazione che nella media Val Forcola sottostà al Norico della scaglia dello Stelvio. Su entrambi i versanti della valle, sotto la dolomia grigia dello Stelvio, si osservano dolomie nere e dolomie brune, dal tipico colore di alterazione giallognolo del Carnico. Queste dolomie sono molto simili a quelle di Giogo dello Stelvio e Sotto-

stelvio, appartenenti alla medesima unità tettonica, che sono state attribuite da KAPPELER (1938) al Carnico. Potrebbe trattarsi della successione normale Norico–Carnico della scaglia dello Stelvio. Il passaggio è comunque più chiaro sul versante destro della valle che sul sinistro.

Sulle pendici meridionali del M. Solena sono da attribuire al Carnico gli affioramenti della località i Alt (q. 2500) e quelli di q. 2725, appena sotto la vetta.

Nella località i Alt si hanno soprattutto dolomie cariate giallastre e brecce dolomitiche nere; sotto la vetta del Solena si osservano, oltre le brecce e le dolomie cariate, anche dolomie nere alterate superficialmente in giallastro. Quest'ultima formazione si abbassa progressivamente verso l'alta valle Forcola, affiorando qua e là dai detriti, sino a congiungersi con quella, molto più estesa, di Baita Forcola.

La fascia carnica Solena-Baita Forcola viene attribuita da HESS ad una delle scaglie basali del Cristallino del Braulio, soprastante alla scaglia del Pedenolo cui appartengono invece gli affioramenti della località i Alt.

Altri piccoli lembi carnici spuntano dai detriti di Val Cancano, a q. 2400, e sulla cresta est del Solena a 2450 m. Si tratta sempre di dolomie cariate che l'erosione ha quasi completamente distrutto.

Passando alla parte meridionale della zona studiata, ho già ricordato la difficoltà di attribuire con sicurezza a questo o ad altri piani le formazioni di Premadio, Sasso di Prada, Isolaccia, Gola dell'Adda, ecc. In questo caso i confronti con le serie tipiche servono poco in quanto si tratta di lembi isolati e di modeste dimensioni che emergono appena dai terreni di copertura.

Sopra Premadio, lungo le pendici meridionale del Monte delle Scale, si osservano due caratteristici terrazzi le cui scarpate sono composte da dolomia bruna alterata in bruno-rossastro.

Dalla cima del Monte (quota 2315) all'abitato (quota 1280) si rileva, dall'alto in basso, la seguente successione litologica:

m 2250: dolomia cristallina grigia, alterata in grigio scuro (Norico)
- dolomia cristallina grigio-bruna alterata in bruno rosssatro; m 25
- conglomerato tipo Verrucano più o meno intensamente metamorfosato, in una vasta lente; m 145
- dolomia cristallina grigio-bruna alterata in bruno rossastro, molto brecciata; m 155
- gneiss quarzoso bruno con spalmature sericitiche lucenti; m 50
- scisto filladico-quarzoso verde-nerastro, lucente, untuoso al tatto. Molto laminato, con superfici di alterazione argillose grigio biancastre; m 10
- dolomia cristallina grigio-bruna, alterata in bruno rossastro, con lenti di gesso; m 145
- dolomia bruno-scura, alterata in rossastro, con *Dasycladaceae;* m 145
- detrito di falda; m 30

m 1280: scisto filladico-quarzoso verde bluastro, lucente, untuoso, con qualche granulo di pirite; con alterazione argillosa grigio-verdastra.

L'unico elemento che suggerisce il riferimento al Carnico delle dolomie brune è la presenza del gesso al quale sono strettamente connesse. L'identificazione in sezione sottile di resti di alghe (*Dasycladaceae*), benchè rappresenti una novità rispetto agli studi precedenti, non ha portato alcun contributo decisivo alla soluzione del problema, poichè non è stato possibile arrivare a determinazioni specifiche. A tale proposito devo ricordare che KAPPELER segnalò la presenza di Diplopore nel Ladinico della serie della Val Corta (Alpe Trela) e riferì a questo piano

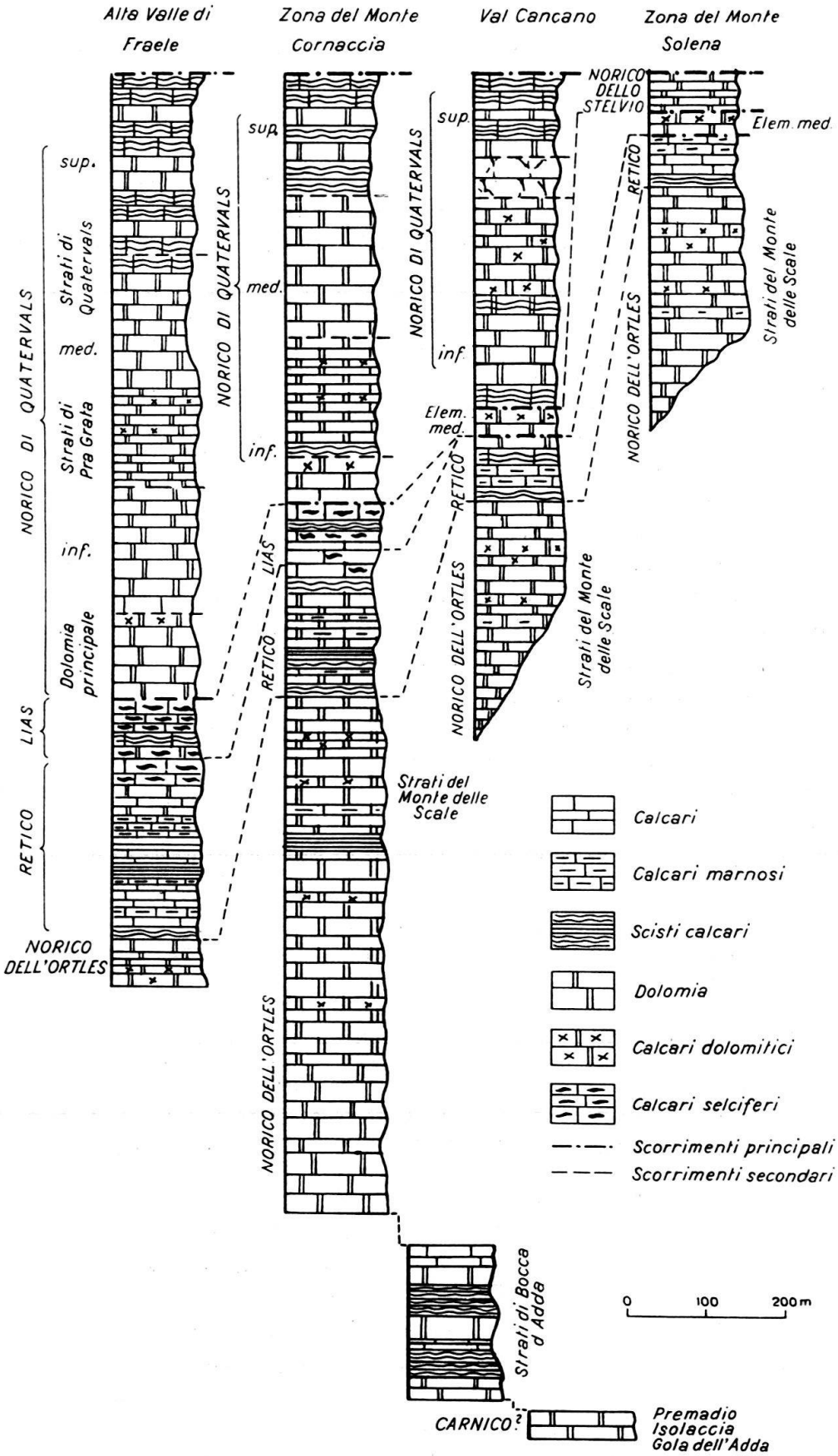


Fig. 1. Correlazioni stratigrafiche nella Zona della Valle di Fraele.

gli scisti argillosi e i sottili strati di dolomia chiara che affiorebbero sopra Premadio, sul terrazzo più alto. Lo stesso Autore attribuì all'Anisico le dolomie e i gessi che affiorano sul terrazzo inferiore.

Le alghe di cui ho dato notizia, provengono dalle dolomie del terrazzo inferiore ove non è mai stato segnalato il Ladinico e dove, d'altra parte, la presenza dei gessi esclude una tale attribuzione.

È da supporre che, sotto il sicuro Norico del Monte delle Scale, stia il Carnico in serie normale.

Questa attribuzione può trovare parziale conferma nella Gola dell'Adda, ai piedi del Monte delle Scale, ove le dolomie brune di q. 1425 si immergono a reggipoggio e concordano con le soprastanti dolomie grigie del Norico. Percorrendo l'incisione stessa ho infatti rilevato immersioni nord e pendenza 25-30° come più in alto nelle formazioni noriche.

Le dolomie brune continuano lungo tutta la gola e soltanto sotto Tettoia del Palone si nota il passaggio a dolomie cristalline grigio-chiare che con varie alternanze, portano agli scisti calcarei di Bocca d'Adda.

Il modesto affioramento di Sasso di Prada si trova circa tre km ad ovest di quelli di Premadio, a 1630 m d'altezza. Seguendo la strada che da Premadio porta alle Scale di Fraele si incontra dapprima (1460 m) uno spuntone di dolomia grigio-bruna alterata in bruno-rossastro, successivamente (1620 m) una lente di marmo bianco e verde ed infine (1650 m) l'affioramento vero e proprio in località Sasso di Prada. Tutti questi affioramenti sono circondati dagli imponenti detriti che ricoprono le pendici meridionali del Monte delle Scale e le rocce si presentano intensamente brecciate. Sotto l'affioramento di Sasso di Prada, di una incisione che scende fino a Pedenosso, si riconoscono le filladi quarzifere verdastre della falda di Campo. Sopra i detriti, a quota 1800, affiora invece il Norico dell'Ortles-Cristallo immerso a NNE. La roccia sembra uguale a quella di Premadio, ed infatti in sezione sottile la struttura e la tessitura appaiono identiche.

Il cuneo dolomitico di Isolaccia, che emerge dagli scisti metamorfici, non offre elementi per una attribuzione sicura. Si può solo dire che non sembra Ladinico, come vorrebbe KAPPELER, poichè in Val Corta quest'ultimo piano mostra caratteristiche diverse. Il Ladinico della Val Corta infatti, presenta una facies a dolomie grigio-cenere ora più ora meno scure, generalmente in grossi banchi.

Nelle dolomie grigie sono presenti un grosso banco a lamellibranchi indeterminabili e banchi con alghe e gasteropodi pure indeterminabili (MARTINA, 1954).

La potenza di tale complesso dovrebbe essere vicina ai 200 m.

Le dolomie brune di Isolaccia in sezione sottile sono uguali a quelle di Sasso di Prada, di Premadio e delle Gole di Adda per cui penso siano da riferire al Carnico.

NORICO

I terreni del Norico sono di gran lunga i più sviluppati fra tutti quelli presenti nella regione. Formano infatti quasi per intero grandi unità tettoniche come le falde dell'Ortles, di Quatervals e di Umbrail. Una distinzione fra le varie falde è resa difficile dalla uniforme composizione litologica e dalla mancanza di documenti paleontologici.

Le montagne sono tutte ugualmente aride, coperte da imponenti detriti e se a volte, da lontano, sembra di vedere qualche notevole differenza di colore e di struttura, appena ci si avvicina alla roccia ogni differenza scompare e si rimane perplessi davanti ad una serie monotona di dolomie grigie «che paiono irridere qualsiasi classificazione scientifica». Questo scrive HESS (1953) riferendo anche i risultati dell'analisi chimica effettuata su di una serie di 90 campioni di dolomie triassiche, in prevalenza però raccolti nel Norico. Tutte le dolomie sono costituite da dolomite, calcite, argilla, pigmento organico e da minerali di apporto quali il quarzo, il feldspato ed i minerali pesanti, cosicchè non si raggiunge quella desiderata univocità che avrebbe permesso una suddivisione sicura.

Per analizzare un pacco di sedimenti così uniformi, HESS si affidò allora a caratteri desumibili dell'osservazione diretta quali:
- il colore caratteristico di ciascuna dolomia
- il colore del detrito di falda
- la stratificazione
- la zonatura chiaro-scura presentata da molti banchi
- le inclusioni di calcari e scisti calcarei.
- la potenza delle serie.

Questo metodo è naturalmente adatto solo per un rilievo locale, poichè in una stessa falda si possono verificare cambiamenti di facies notevoli.

Seguendo i criteri proposti da HESS ho constatato che i diversi caratteri della massa sedimentaria in esame si inquadrano in una classificazione empirica abbastanza soddisfacente. In questo modo è possibile distinguere sette serie noriche appartenenti ad altrettante unità tettoniche, e cioè:

- *Struttura inferiore:*

I)	Serie norica dell'Ortles-Cristallo	SISTEMA DELL'ORTLES S. l.
II)	Serie norica «dell'elemento mediano»	
III)	Serie norica della falda di Quatervals	
IV)	Dolomie della scaglia dello Stelvio	

- *Struttura superiore:*

V)	Dolomie della scaglia del Solema	SISTEMA DELL'UMBRAIL S. l.
VI)	Serie norica del M. Sumbraida	
VII)	Dolomie delle scaglie superiori	

a) IL NORICO DELLA STRUTTURA INFERIORE

La serie norica dell'Ortles-Cristallo

La serie che riporto è stata rilevata lungo le pendici del Monte delle Scale, dalla sponda meridionale del Lago di Cancano (limite con il Retico) sino alla copertura detrica che a quota 1730 sovrasta gli affioramenti di Sasso di Prada. La potenza complessiva, di 740 m, permette un buon esame di tutto il piano:

32 – dolomia cristallina grigia, ora più ora meno scura, in grossi banchi di 40–90 cm alternati con strati sottili di dolomia microcristallina nera, con minuti cristalli di quarzo a spigoli vivi; m 41

31 – dolomia cristallina nera in grossi banchi; m 50

30 – dolomia microcristallina grigio-chiara in banchi di 30–60 cm; m 4

29 – dolomia microcristallina nera in banchi di 30–50 cm con intercalazioni di argilla fogliettata grigiastra. Nelle dolomie si notano abbondanti concrezioni di pirite; m 10

28 – dolomia cristallina grigia, con vene di dolomite, in strati di 20–30 cm; m 20

27 – dolomia microcristallina nera in banchi di 30–50 cm alternati con sottili straterelli della medesima dolomia; m 44
26 – alternanze di dolomia criptocristallina nera in straterelli con banchi di dolomia cristallina grigia con vene di dolomite; m 30
25 – dolomia microcristallina grigia, fetida alla percussione, con abbondante residuo siltoso, in superficie zonata, in strati di 10–20 cm; m 70
24 – calcari marnosi neri, straterellati, finissimi, con venette di calcite, alternati a calcari neri microcristallini, con aree di calcite irregolarmente diffuse, in strati di 5–10 cm; in superficie si notano tracce di fossili indeterminabili; m 20
23 – dolomia microcristallina grigia, zonata, alternativamente più e meno scura, in strati di 10 cm; m 45
22 – dolomia microcristallina nera, a volte dalla superficie di alterazione rossastra; m 4
21 – dolomia cristallina grigio-chiara, zonata, fetida alla percussione, in strati di 10–20 cm; m 16
20 – dolomia microcristallina grigia, dalla superficie di alterazione grigio-bruna, in strati di 10 cm; m 35
19 – breccia dolomitica nerastra, con reticolato di vene di calcite, ed abbondanti concrezioni di ossidi di ferro; m 2
18 – dolomia microcristallina grigia, con vene di dolomite, in superficie alterata in grigio-chiaro, zonata, con *tracce di fossili* non meglio identificabili; in strati di 20 cm. In queste dolomie è intercalato un banco di calcare microcristallino nero, compatto, con piccoli *Gasteropodi* dolomitizzati; m 70
17 – dolomia cristallina grigia, mista a materiale siltoso nero; dalla superficie di alterazione giallastra, in strati di 2–10 cm; m 20
16 – dolomia cristallina nera, con molte vene di dolomite dalla superficie di alterazione nera e rugosa, in strati di 2–10 cm; m 20
15 – dolomia microcristallina grigio-scura, con reticolato di piccole vene di calcite; con *radioli di Echini* indeterminabili; m 1
14 – dolomia cristallina nera, con vene di dolomite, brecciata, fetida alla percussione, in strati di 10–15 cm; m 20
13 – dolomia cristallina grigia in strati di 20 cm; m 15
12 – dolomia criptocristallina grigia, zonata, dalla alterazione superficiale più chiara, in straterelli sottili; m 2
11 – dolomia criptocristallina nera, dalla superficie di alterazione grigiastra, in strati di 1–5 cm; m 2
10 – dolomia cristallina grigia, liscia in superficie, in strati di 5–10 cm; m 6
9 – dolomia microcristallina bruna, dalla superficie di alterazione grigio-bruna, in strati di 10–15 cm; m 65
8 – dolomia criptocristallina grigia, dalla superficie di alterazione grigio-chiara, in strati di 2–10 cm; m 7
7 – dolomia microcristallina grigio-scura, in strati di 10–20 cm con superfici di alterazione grigie, rugose; fetida alla percusione; m 15
6 – dolomia microcristallina nerissima, zonata, in straterelli sottili; m 6
5 – dolomia microcristallina grigio-chiara, in strati di 10–5 cm; m 10
4 – dolomia cristallina grigio-bruna, alterata in grigio-scuro, in banconi brecciati; m 45
3 – dolomia cristallina bruna, in strati di 20–25 cm; m 10
2 – dolomia nera, microcristallina, in straterelli sottili; m 2
1 – dolomia bruna, microcristallina, con un reticolato di vene di dolomite, alterata in rossastro, in banchi brecciati di 40 cm; m 2

Sulla serie esposta si possono fare le seguenti osservazioni:

a) – La parte superiore (livelli dal 35 al 25 – potenza 289 m) è formata da banchi sempre piuttosto potenti (da 50 cm ad 1 m) di dolomia. Alla base di questi si trovano calcari marnosi in sottili straterelli (livello 24) preceduti da intercalazioni di argille fogliettate (livello 29).

b) – La parte media della serie (livelli dal 24 al 4 – potenza 375 m) è composta da dolomie in genere zonate, in strati di 10–20 cm. In questa parte sono stati trovati i fossili meglio conservati (radioli di Echini nel livello 15).

c) – La parte inferiore (livelli dal 4 all'1 – potenza 59 m) presenta un nuovo aumento nella potenza dei banchi di dolomia, piccoli strati di dolomie nere ed infine dolomie brune alterate in rossastro.

d) – Le sezioni sottili e le «dry peel» non hanno mostrato sostanziali variazioni nella composizione, nella struttura e nella tessitura dei vari livelli; scarsi sono anche i materiali di apporto secondario. In alcune sezioni è stata osservata una tessitura «rubannè» con elementi disposti in lunghe strisce, ondulate.

e) – La deposizione sembra essersi effettuata in un bacino chiuso, con sedimentazione di materiale organico (colore scuro); la pirite (livello 29) conferma un simile ambiente.

Va notato che la parte inferiore del Norico non è osservabile lungo il versante merisionale del M. delle Scale a causa della copertura detritica; essa è invece ben scoperta nella Gola dell'Adda. Infatti poco a monte della fonte Pliniana si può osservare il passaggio dalla dolomia bruna, probabilmente carnica, che forma il terrazzo inferiore di Premadio (q. 1425), ad una dolomia grigia, cristallina, alterata in grigio scuro. Oltre Tettoia del Palone, la roccia tende a diventare più scura, poi alterna sottili strati calcarei e scisti neri pure calcarei, chiaramente visibili a Bocca dell'Adda e presso Casina Boscopiano. Tutti questi strati hanno giacitura concordante con quelli norici che formano la serie del Monte delle Scale e sottostanno alla serie stessa. La località scelta per il rilevamento della serie che ora riporto dista circa 3 km da quella precedentemente ricordata:

7 – calcare nero, microcristallino, sottilmente straterellato, in alternanza con strati di 10–20 cm di calcare compatto più chiaro del precedente; m 30

6 – dolomia grigia, cristallina, dalla superficie di alterazione spesso rossastra, in banchi di 30–50 cm; 20 m

5 – calcare compatto nero in strati di 10–20 cm; m 10

4 – calcare microcristallino nero, in superficie spesso alterato in rossastro, in fogli sottili alternati con strati non molto potenti dello stesso calcare; m 3

3 – dolomia nerastra, cristallina, compatta, dalla superficie di alterazione grigio-bruna; in strati di 1–3 cm alternati con strati di 30–40 cm; m 2

2 – dolomia grigio-scura, cristallina, compatta, dalla superficie di alterazione nerastra; in strati e banchi alternati con altri di dolomia grigia più chiara della precedente, con vene di dolomite; m 40

1 – dolomia cristallina grigia, con vene di dolomite, della superficie di alterazione grigio-scura e ruvida; in strati e banchi di 15–50 cm; m 60.

Si può subito notare che sotto le dolomie dei livelli inferiori della serie del Monte delle Scale si trovano orizzonti calcarei, i quali sembrano indicare un ambiente di sedimentazione analogo a quello riscontrato nella parte superiore della serie suddetta. Infatti anche nella parte superiore del Norico del M. delle Scale compaiono nelle dolomie intercalazioni calceree.

Tuttavia prima di procedere ad una correlazione fra le due serie è necessario esporre riassuntivamente le interpretazioni degli autori precedenti sui livelli calcarei interposti fra le dolomie.

Nel 1908 HAMMER constatò l'esistenza nel Trias dell'Ortles di tre orizzonti scistoso-calcarei intercalati nella grande massa delle dolomie e dei calcari dolomitici.

Il primo di questi orizzonti si trova alla base del Trias, immediatamente sopra la dolomia cariata («Rauhwacke») ed è sviluppato nella parte settentrionale dell'Ortles (Val Solda). Si tratta di calcari neri in fogli sottili, alterati in grigio chiaro, sui quali giacciono dolomie bruno-scure o nerastre, seguite da scisti argillosi chiari con intercalazioni di arenarie grigio-verdastre ed infine da calcari dolomitici e calcescisti scuri. La potenza di questi strati sarebbe di 50–60 cm.

Data la mancanza di fossili, l'età non potè essere definita con sicurezza, ma comunque essi sono più antichi del Retico e più recenti del Permico. HAMMER rinunciò esplicitamente a datarli e si limitò a chiamarli «strati di base».

Il secondo orizzonte è quello formato da calcescisti neri in sottili piastre, alternati con banchi dolomitici a volte particolarmente chiari. Connessi a questo orizzonte si presentano in molti luoghi dei banchi di calcare a *Lithodendron*.

Secondo HAMMER questi calcescisti sono normalmente intercalati nella dolomia e poichè sono privi di fossili non furono datati.

Il terzo orizzonte scistoso è quello legato sia alla formazione di Fraele (sicuramente retica) sia ad un caratteristico banco a *Rissoa alpina* chiaramente individuabile dal Monte Solena e alla Naglerspitz. Questa duplice connessione lascia collocare con sicurezza, a detta di HAMMER, questo orizzonte nel Retico, formando un livello guida nella serie triassica dell'Ortles. Nel 1908 SCHLAGINTWEIT descrisse come «particolarmente notevole» un orizzonte di scisti calcarei vivamente effervescenti all'acido cloridrico alternati alle dolomie». Egli li osservò sia sul Monte delle Scale, sia alla confluenza Braulio-Adda. I calcari di quest'ultima località vennero ritenuti «normalmente deposti» fra le dolomie. SCHLAGINTWEIT è piuttosto incerto, per ciò che riguarda la loro attribuzione. Pur ammettendo infatti che «parte di questi scisti calcarei» possa appartenere al Retico, avverte che non è il caso di separarli dalla Dolomia principale norica.

Nel 1938 KAPPELER trattò a fondo la questione delle intercalazioni calcaree nella dolomia portando tutta una serie di argomenti in favore della loro attribuzione al Retico.

Egli rilevò come fra i calcari e le dolomie vi siano spesso delle superfici di frizione ed inoltre come la potenza dei livelli calcarei sia troppo rilevante (200 m alle Cime di Campo ed alla Thurwieser) per ritenerle semplici intercalazioni nella dolomia. Egli ricordò che anche nella regione alpina retica orientale non si trovano altenanze altrettanti potenti, per cui li attribuì al Retico, collocandoli sopra il Norico della sua Scaglia dello Zebrù.

A me non sembra che l'esigua formazione calcarea di Bocca d'Adda possa corrispondere a quella delle Cime di Campo e della Thurwieser, formandone la «naturale continuazione»; ma è soprattutto il confronto con il Retico di Quatervals che mi rende perplesso circa l'appartenenza al Retico di questi scisti calcarei. Per il Retico di Bocche d'Adda KAPPELER infatti parla di «facies simile a quella di Quatervals», ma non bisogna dimenticare che nei calcari di Quatervals già a SPITZ e DYHRENFURTH parve «strano e notevole» (pag. 67 op. cit.) il ritrovamento di fossili norici. La questione del presunto Retico in facies di Quatervals venne presa in esame da HESS (1953), il quale giunse alla conclusione che si tratta di Norico superiore. Tale conclusione fu del resto ribadita da un importante rinvenimento paleontologico effettuato da MARTINA (1954), che nel 1953 trovò nei calcari e la *Perna exilis* (STOPPANI) e la *Trachynerita* cf. *quadrata* (STOPPANI)[3]).

La trattazione di HESS sui calcari del Norico di Quatervals verrà ripresa più avanti. Qui occorreva rilevare come la comparsa di orizzonti calcarei nella dolomia non implichi necessariamente un cambiamento di età.

Gli scisti calcarei di Bocca d'Adda sono a mio avviso, da mettere in rapporto con i calcari trovati nella parte superiore del Norico del Monte delle Scale; essi sembrano indicare un periodico mutamento delle condizioni ambientali.

---

[3]) Ringrazio l'amico Dr. MARTINA che negli anni 1952–1953 rilevò la regione dell'Alta Valle di Fraele e che mi fu compagno di studi, di avermi permesso di anticipare qualche notizia del suo lavoro in corso di pubblicazione.

In conclusione proporrei la seguente suddivisione del Norico dell'Ortles-Cristallo:

Norico superiore:
(strati del Monte delle Scale)

c) dolomie cristalline grigie in banchi sempre piuttosto potenti, con intercalazioni di argille fogliettate con pirite diffusa e straterelli dolomitici neri spesso alterati in rossastro e rinsaldati; alla base, calcari marnosi neri in piccoli strati, anche rinsaldati, con tracce di fossili indeterminabili. Circa 300 m.

Norico medio:

b) dolomie microcristalline grigie, quasi sempre zonate, in strati di 10–20 cm con radioli di Echini e piccoli Gasteropodi indeterminabili. Circa 350 m.

Norico inferiore:
(strati di Bocca d'Adda)

a) dolomie cristalline grigie, brune e nere in banchi e strati alternati con straterelli di dolomie nere, spesso alterate in rossastro e con straterelli e fogli calcarei neri. 300–400 m.

La serie norica dell'Elemento Mediano.

Alle dolomie noriche dell'Ortles-Cristallo seguono, in successione normale, i calcari ed i calcari marnosi del Retico sviluppato in facies di Fraele. Questo Retico forma il nucleo di una grande sinclinale, aperta e coricata verso sud, che occupa tutta la valle di Fraele da ovest a est. Il Retico affiora sul versante sinistro sino ad una quota media di 2250 m oltre la quale compare il Norico della falda di Quatervals sovrascorso, appunto, sul Retico di Fraele. Tuttavia fra il Retico ed il Norico, nel tratto compreso fra il Lago Cornaccia, il Monte Solena, le Corna di Pedenolo e Bocca del Braulio, si interpone un pacco di strati calcarei e calcareo-dolomitici assai pieghettati, il cui significato stratigrafico è stato per lungo tempo incerto.

La serie che qui riporto, rilevata in Val Cancano, potrà servire a metterne in evidenza le caratteristiche:

– calcari bluastri in straterelli (Retico)
8 – calcare dolomitico grigiastro, compatto, con zone di silice amorfa, in due grossi banchi molto brecciati discordanti rispetto al complesso retico; 3 m
7 – calcare cristallino nero, con vene di calcite e piccoli cristalli di quarzo; in grossi banchi; 5 m
6 – calcare grigio, dalla superficie di alterazione più scura e ruvida, in straterelli di 2–3 cm; 2 m
5 – calcare grigio-scuro, a grana fine, compatto, con aree irregolari di silice amorfa, in strati di 10–20 cm alternati con altri meno potenti di calcare nerastro microcristallino. Si notano *tracce di fossili* (forse *Ostracodi*) nel calcare grigio e gusci di *lamellibranchi* e *brachiopodi* male conservati, nel calcare nero; 3 m
4 – calcare dolomitico grigio, con piccoli cristalli di quarzo, in strati di 10–15 cm alternati con altri di calcare dolomitico più scuro del precedente; 8 m
3 – calcare nerastro, a grana finissima, compatto, in piccoli strati di 2–3 cm; si notano ancora gusci di *lamellibranchi* e di *brachiopodi* male conservati; 1 m
2 – calcare dolomitico grigio, microcristallino, in strati di 5–10 cm; 14 m
1 – calcare grigio scuro, dalla superficie di alterazione più chiara, in sottili piastre di 1–5 cm; si notano spesso sezioni di *Gasteropodi* non bene determinabili: *Naticopsis sp.* (?)
– dolomia grigia, microcristallina, in strati e banchi (Norico di Quatervals).

La potenza totale di questa serie non dovrebbe superare i 60–70 m; localmente essa può apparire maggiore, ma ciò è sempre dovuto a cause tettoniche, ossia a ripetizioni della serie, come si può osservare sul Monte Solena. Analogamente, i motivi tettonici riducono la serie verso est, sino a scomparire poco oltre Bocca del Braulio.

Circa l'età, i fossili trovati non bastano, da soli, per una attribuzione sicura, per cui è necessario rifarsi a considerazioni più generali.

Ho già accennato alla sinclinale retica di Fraele; l'orizzonte in esame ne rappresenta il fianco settentrionale e sembra pertanto logico riferirlo al Norico superiore. La sua facies è tuttavia alquanto diversa da quella descritta nella serie norica del Monte delle Scale così come, del resto, è nettamente diversa da quella del Retico inferiore, che presenta calcari e calcari marnosi grigiastri o neri, in piccoli strati o in fogli sottili, spesso alterati in giallastro. I due grossi banchi di calcare dolomitico discordante sul Retico di Fraele – che in Val Cancano (q. 2300) segnano l'inizio della serie – sono chiaramente osservabili sia ad ovest (pendici meridionali del Monte Cornaccia) sia ad est. Se si interpretasse come retica tutta la serie dovrebbe essere stato completamente distrutto il fianco settentrionale (Norico) della sinclinale di Fraele.

Sul terreno però non si notano fatti tettonici tali da giustificare una simile ipotesi e proprio la regolarità della struttura fa pensare che sopra il Retico di Fraele stia il Norico dell'Ortles-Cristallo, anche se in facies diversa. Del resto una delle caratteristiche del Norico superiore del Monte delle Scale la si riscontra anche qui, cioè la intercalazione di straterelli calcarei. Il Norico superiore di quello che è stato chiamato «elemento mediano» non esce perciò dall'ambito della falda dell'Ortles-Cristallo, anzi ne può costituire una caratteristica locale.

Il nome col quale si è distino questo orizzonte (traduzione di quello tedesco proposto da HESS) ricorda la sua particolare posizione tra due unità tettoniche: la falda di Quatervals e quella dell'Ortles-Cristallo. SPITZ e DYHRENFURTH, avendo trovato difficoltà a separare il Retico di Fraele dal Norico di Quatervals, avevano riunito gli strati testè descritti in un livello limite («Grenzniveau») Norico–Retico. A loro giudizio infatti la formazione avrebbe dovuto comprendere termini norici e retici non separabili nettamente fra loro; questi ultimi costituiti da intercalazioni calcaree. I due geologi austriaci avevano attribuito al Retico i calcari e al Norico le dolomie. Il riferimento al Norico–Retico del pacco di sedimenti soprastanti il Retico di Fraele, ove compaiono le prime intercalazioni calcaree nella dolomia, portava SPITZ e DYHRENFURTH a ritenere retiche altre due fascie calcaree che effettivamente compaiono a q. 2850 e q. 2925 entro le dolomie del Monte Cornaccia, sotto la Cima La Casina e nel Monte Sumbraida. Ne risultava una complicata struttura a pieghe e scaglie in constrasto con la regolare giacitura degli strati.

Fu proprio nelle intercalazioni calcaree che SPITZ e DYHRENFURTH ritrovano la *Worthenia solitaria* segnalando come «importante e notevole la comparsa di questa forma norica nel Retico». A loro giudizio infatti i calcari avrebbero dovuto costituire un particolare Retico in «facies di Quatervals».

In conclusione la successione secondo i suddetti geologi sarebbe stata:

a) Dolomia principale con fossili norici
b) livello limite Norico–Retico con fauna mista norica e retica
c) Retico in facies di Quatervals con fossili retici.

Tuttavia, prima ancora di HESS, HEGWEIN aveva notato che tutti i fossili citati da SPITZ erano norici e di conseguenza aveva attribuito al Norico superiore il «Grenzniveau». Più tardi HESS avendo preso in esame tutto il Norico di Quatervals, aveva svolto una serrata critica alla ricostruzione stratigrafica sopra riportata, rilevando la mancanza di fossili tipici del Retico e, al contrario, sempre nuovi ritrovamenti di fossili norici.

In particolare HESS fece rilevare che tra i fossili citati da SPITZ e DYHRENFURTH come retici, vi è la *Perna exilis* STOPP. che deve ritenersi esclusivamente norica; nel lavoro di DESIO (1927) citato in proposito si legge infatti che si tratta di una «specie tipica della Dolomia Principale».

La stratigrafia proposta da HESS per la falda di Quatervals non chiarisce però la posizione «dell'Elemento Mediano» malgrado egli lo abbia distinto sulla sua carta geologica.

La serie norica della falda di Quatervals

Sopra gli orizzonti calcareo-dolomitici dell'«Elemento mediano» giace una massiccia formazione dolomitica che verso l'alto mostra intercalazioni di calcari neri in strati sottili. Si tratta dei sedimenti norici della falda di Quatervals. Ad occidente (alta valle di Fraele, Valle Alpisella, Pizzo del Ferro, ecc.) poggiano direttamente sulle formazioni retiche e liassiche della sinclinale di Fraele, ad oriente invece, come si è già ricordato, fra il Retico di Fraele ed il Norico di Quatervals è interposto il Norico superiore dell'«Elemento Mediano» (bassa valle di Fraele, Monte Pedenolo, ecc.). Salendo la Valle Cancano verso l'omonima bocchetta, si può riconoscere la seguente successione:

4 – q. 2600: calcare grigio, a grana fine, con piccoli granuli di quarzo e calcare marnoso nero in straterelli di 1–5 cm alternati con dolomie grigio-chiare in banchi di 20–30 cm. Nei calcari di q. 2950 (versante italiano) ho trovato esemplari mal conservati e sezioni di *Worthenia solitaria* BEN. sp.; 250 m circa.

3 – breccia dolomitica grigiastra localmente molto limonitizzata, alternata con modesti spessori di calcare nero in fogli sottili. Tutta la zona fra quota 2550 e quota 2600 appare molto disturbata ed interessata da superfici di scorrimento suborizzontali o poco immerse verso NNE; 50–80 m circa.

2 – dolomia microcristallina grigio-cenere, più o meno scura, in strati e banchi di 10–30 cm. Alla base di pile di strati regolarmente disposti si notano spesso brecce dolomitiche alterate in rossastro; 150 m circa.

1 – q. 2350: calcare grigio scuro, dalla superficie di alterazione più chiara, in strati ora più ora meno potenti (livello 1 della serie dell'«Elemento Mediano»).

Come ho già accennato nel paragrafo dedicato al Norico dell'Ortles-Cristallo, la stratigrafia della falda di Quatervals è stata studiata da HESS (1953) e può essere così riassunta:

Norico superiore:
(Strati di Quatervals)

Potente successione di scisti calcarei neri, ora teneri ora più duri, alterati in chiaro, che in molte località (ad es. sulla Cima de Serraglio) a causa della alterazione e dell'erosione, assumono un aspetto caratteristico a sottili gradini. In questi strati si trovano *Worthenia solitaria* ed *Ostracodi* indeterminabili. SPITZ e DYHRENFURTH consideravano questi strati come Retico sviluppato in facies di Quatervals. Potenza massima: 400 m circa.

Norico medio:
(Strati di Prà Grata)

Dolomie e calcari, spesso alterati in grigio-chiaro, alternati con calcari e scisti calcarei neri. Negli strati di Prà Grata si trovano *Myophoria voltzii*, *Perna exilis* e *Trachynerita cf. quadrata*. Questo orizzonte corrisponde al livello limite Norico–Retico di SPITZ; non è però da porre al limite fra il Norico e il Retico, ed infatti viene considerato Norico medio. Potenza: 200–300 m circa.

Norico inferiore:

Dolomie cineree ben stratificate con rare intercalazioni calcaree (solo nella Valle dello Spöl). Potenza: 300–400 m circa.

Sopra il Norico di Quatervals, al Pitz del Diavel e forse anche più ad est, compare il Retico in facies di Kössen, come è indicato da HEGWEIN nella carta geologica.

Come risulta dalla suddivisione sopra riportata, vi è una sostanziale differenza fra la stratigrafia di SPITZ e quella di HESS, soprattutto per la diversa attribuzione delle due serie di «Plattenkalke» intercalati nella dolomia.

La suddivisione stratigrafica proposta da HESS, è ben riconoscibile anche nella zona da me studiata; in Val Cancano ho attribuito al Norico inferiore gli orizzonti dolomitici sino a 2550 m circa e al Norico superiore i calcari marnosi trovati oltre i 2600 m. Manca a mio avviso il Norico medio (strati di Prà Grata), ma la zona disturbata, bene osservabile fra i 2550 e 2600 m fa supporre che esso sia stato laminato. Non ho trovato infatti i fossili del Norico medio degli strati di Prà Grata che già ho indicato, mentre ho rinvenuto sul versante italiano della stessa valle fossili del Norico Superiore.

D'altra parte si può rilevare, con HESS, come la potenza della falda di Quatervals vada progressivamente diminuendo, da ovest ed est; cosicchè dagli 800 m visibili lungo le pendici meridionali di Punta La Monata e Cima la Casina, si passa a 500 m delle pendici sud del Monte Cornaccia per arrivare ai 400–450 m della Val Cancano, ove alla falda di Quatervals si innestano le scaglie dello Stelvio e tutta una serie di piccole scaglie del sistema dell'Umbrail.

A questo punto va notata la somiglianza fra il Norico di Quatervals e quello dell'Ortles-Cristallo.

Particolarmente caratteristici appaiono i livelli calcarei e calcareo-marnosi che si trovano nella parte superiore delle serie noriche di entrambe le unità tettoniche. Tuttavia anche nella parte inferiore tali livelli sono localmente presenti. Nella falda di Quatervals infatti vengono citati da HESS quelli della valle dello Spöl e da parte mia considero Norico inferiore dell'Ortles quelli di Bocca d'Adda.

Le dolomie della Scaglia della Stelvio.

Sulle pendici meridionali del Monte Solena, oltre i 2500 m, sopra le alternanze calcareo-dolomitiche dell'Elemento Mediano, si osserva una massiccia formazione dolomitica che abbassandosi verso la valle Forcola ne occupa un tratto e continua poi verso est sulle pendici occidentali del Monte Pedenolo.

Si tratta di dolomie grigio-azzurre, criptocristalline, con fitte venette di calcite, alterate in grigio-cenere o in grigio-giallastro, rugose al tatto. Si distinguono abbastanza bene dalle dolomie soprastanti, nerastre ed in superficie liscie, che formano la scaglia del Solena e sono ugualmente diverse da quelle della falda di Quatervals, grigie e più compatte.

Il limite inferiore è sempre bene individuabile essendo costituito, come ho già ricordato, dagli orizzonti stratificati dell'Elemento Mediano. La potenza di questa formazione, già attribuita da HESS al Norico della Scaglia dello Stelvio, non è valutabile con esattezza.

Al monte Solena comunque non dovrebbe superare i 50 m; verso est al contrario aumenta notevolmente così da raggiungere i 150–200 m sulle pendici meridionali del Pedenolo. Ancora più ad oriente, sotto il Filone del Mot, diminuisce

di nuovo aggirandosi sui 75 m. Questa scaglia norica dello Stelvio va considerata, a mio avviso, una variazione laterale di facies del Norico della falda di Quatervals. Le due unità tettoniche si innestano nella zona del monte Solena compenetrandosi disordinatamente con altre piccole scaglie della falda di Umbrail.

NORICO DELLA STRUTTURA SUPERIORE

Le dolomie della scaglia del Solena.

Nel paragrafo precedente ho già accennato che sul monte Solena, sopra le dolomie grigio-azzurre della Scaglia dello Stelvio, affiorano dolomie cristalline nerastre dall'alterazione grigio-scura. Queste dolomie presentano giacitura irregolare; sembrano comunque immerse prevalentemente verso NNO con una pendenza variabile dai 20° ai 30°. Questo orizzonte dolomitico non è riferibile ad alcuna delle serie noriche della struttura inferiore (sistema dell'Ortles s. l.) i cui caratteri sono stati precedentemente descritti, così come appare diverso dai livelli carnici della serie di Baita Forcola (cfr. pag. 106). D'altra parte alla base del complesso, oltre alle dolomie noriche dello Stelvio, troviano le «Rauwacke» carniche e gli gneiss della Scaglia del Pedenolo (una delle scaglie di base della falda di Umbrail s. l.). Il piano di scorrimento di Trafoi infatti continua a mio avviso oltre Baita Forcola, interessando la zona del Solena ed è accompagnata da tutta una serie di faglie e scorrimenti secondari che complicano notevolmente la tettonica di questo monte. Senza entrare per ora in dettagli tettonici, si può dire che le dolomie nere del Solena affioranti oltre i 2600 m non sembrano più riferibili al sistema dell'Ortles (struttura inferiore), ma al sistema dell'Umbrail (struttura superiore). In accordo con Hess ho perciò compreso queste dolomie in una nuova unità tettonica, la Scaglia del Solena, che, come quella del Pedenolo, è una delle scaglie di base della falda di Umbrail s. l.

La Scaglia del Solena appare divisa in due parti da una fascia di dolomie cariate e dolomie nere, dalla tipica alterazione giallastra del Carnico, che a q. 2725 si incuneano entro le dolomie precedentemente descritte. Questa fascia, potente non più di 50 m non è che la continuazione ad ovest degli affioramenti carnici di Baita Forcola.

Le dolomie della vetta del Solena, appaiono inoltre chiaramente discordanti rispetto alle dolomie grigie della cresta del M. Sumbraida.

La serie norica del Monte Sumbraida.

Il Monte Sumbraida è formato prevalentemente da dolomie grigie con intercalazioni di sottili strati calcarei. Non è stato possibile rilevare con dettaglio una serie continua a causa delle estese zone di copertura e soprattutto per l'asprezza dei luoghi e la ripidità delle pareti. La serie sommaria che qui sotto riporto è stata rilevata parte in Val Forcola e parte in val Cancano:

Quota 3124

8 – dolomie cristalline grigie, a volte con striature più chiare, ruvide al tatto. in banchi; da q. 2960. 160 m ca.

7 – calcari neri dalla superficie di alterazione rosso-bruna e rossastra, in sottili straterelli intercalati nelle dolomie grigie. 150 m ca.

6 – dolomie cristalline grigio-chiare in strati e banchi; 145 m ca.

5 – calcari arenacei neri dall'alterazione rossastra, in straterelli di 1–3 cm, alternati con strati di dolomie grigio-chiare; 30 m ca.

Quota 2600
(in Val Cancano)

4 – brecce dolomitiche grigie, alternate con dolomie grigio-chiare in banchi non molto potenti e più o meno fratturati; 100 m circa.

3 – brecce dolomitiche primarie grigie e dolomie cristalline grigie in banchi molto fratturati; 100 m circa.

2 – dolomie grigio scure sino a nerastre, dalla alterazione più chiara, ruvide al tatto, grossolanamente stratificate, alternate con le brecce dolomitiche del livello 3; m 100 circa.

Quota 2300
(in Val Forcola)

1 – dolomie cristalline grigio-azzurre e grigie in banchi molto fratturati (Norico della scaglia dello Stelvio).

Esaminando la serie si notano nel Sumbraida tre complessi sedimentari:

a) – quello di base, sino a 2775 m, formato da dolomie grigio-scure e brecce primarie.

b) – quello mediano dai 2775 ai 2960 m, formato da dolomie grigie con alternanze di calcari a piastre neri dalla superficie di alterazione rossastra.

c) – quello di vetta dai 2960 ai 3124 m, formato da dolomie grigio-chiare e dolomie striate («Streifendolomite»).

Va rilevato qui il ritrovamento delle intercalzioni calcaree nelle dolomie. HESS (1953) le considera come «probilmente mancanti» nella falda di Umbrail, ma nella sua carta tettonica destingue con un tratteggio diverso la massa del Sumbraida (che viene attribuita alla falda di Umbrail s. str.) e le creste di NO e NE che si dipartono dalla vetta. Queste ultime, formate interamente da calcari neri a piastre vengono ritenuti «elementi laminati della falda di Quatervals».

Per cercare di stabilire a quale unità tettonica sia da riferire il Sumbraida esaminiamo la composizione dell'Umbrail.

Secondo HAMMER (1908) l'Umbrail sarebbe diviso in due parti da un piano di scorrimento: la parte inferiore comprenderebbe cristallino, brecce dolomitiche primarie e dolomie; la parte superiore inizierebbe con una potente zona di dolomie cariate, calcari e scisti calcareo-argillosi simili a qualli riscontrati nell'alta Val Forcola, da SPITZ. DYHRENFURTH e SCHLAGINTWEIT. Sopra le «Rauhwacke» e gli scisti si troverebbe un pacco di dolomie intensamente brecciate.

Nell'Umbrail non si trovano dunque intercalazioni calcaree nella dolomia e gli unici livelli calcarei sono legati o alle «Rauwacke» o ai gessi (Punta di Rims), per cui sono da ritenersi di età diversa (Carnico a detta degli autori precedenti).

Nel corso di escursioni nella zona dell'Umbrail e del Pitz da Rims non ho avuto modo di osservare calcari a piastre, mentre frequentemente ho notato brecce primarie varicolori, dolomie a bande grigio-chiare e scure e dolomie nerastre.

Mancano perciò nella falda di Umbrail i «Plattenkalk» mentre esistono nelle dolomie del Sumbraida. Questi calcari, nel colore d'alterazione, mi sono apparsi sostanzialmente uguali a quelli osservati sulla cresta di NE e specialmente a quelli della cresta di NO, che HESS attribuisce alla falda di Quatervals. Potrebbe perciò sorgere il dubbio che tutta la massa sedimentaria del Sumbraida appartenga a questa unità tettonica.

Contro tale interpretazione sta il fatto che la piramide sommitale del Sumbraida (oltre i 2960 m) è formata da un tipo di dolomia diversa da quella di Quatervals, che si avvicina molto a quella del Cucler da Jon dad'Onsch. Si può allora avanzare l'ipotesi che la vetta del Sumbraida costituisca un «Klippe» di dolomia di Umbrail, mentre tutto il resto del Sumbraida appartenga alla falda di Quatervals, anche se presenta qualche variazione di facies.

Ritornerò sull'argomento nella parte dedicata alla tettonica: comunque l'esame stratigrafico lascia in dubbio che tutto il Norico del Sumbraida appartenga alla falda di Umbrail s. str.

Le Dolomie delle Scaglie Superiori.

Sulle pendici meridionali del Monte Cornaccia si può osservare il passaggio dagli orizzonti calcareo-dolomitici del Norico superiore della falda di Quatervals ad una nuova formazione costituita da dolomie nerastre, ruvide al tatto, grossolanamente stratificate, che a volte presentano striature più chiare. Queste dolomie, immerse a SO con 25°–30° di pendenza, formano la piramide sommitale del Cornaccia e sono nettamente discordanti sulla base calcareo-dolomitica, i cui banchi sono immersi a nord con debole pendenza. Litologicamente sono molto simili a quelle della vetta del Sumbraida, a quelle del Cucler e del Murtaröl, cioè alle dolomie tipiche della falda di Umbrail s. l., per cui sembra logico attribuirle ad una delle scaglie superiori della falda di Umbrail. Non ho trovato i *Megalodon* che sono stati segnalati da Hess sul Cucler da Jon dad'Onsch nello stesso orizzonte.

Riassumo in tabella le caratteristiche litologiche del complesso di scaglie compreso sotto il nome di «sistema dell'Umbrail s. l.».

RETICO

In diverse parti di questo lavoro ho accennato che in Val di Fraele, sopra la potente formazione norica dell'Ortles-Cristallo, si trovano degli scisti calcareo-marnosi e dei calcari bluastri che formano il nucleo, allungato da est ad ovest, di una grande sinclinale che prende il nome della valle che attraversa. I terreni suddetti sono stati attribuiti da tutti gli Autori precedenti al Retico, anzi ne costituiscono una facies particolare, detta facies di Fraele. Questo orizzonte retico è uno dei più caratteristici livelli di riferimento stratigrafico della Bassa Engadina e della zona dell'Ortles poichè si estende da Livigno al passo dello Stelvio.

Nel 1908 Schlagintweit distinse nel Retico di Fraele un livello inferiore prevalentente marnoso ed uno superiore calcareo. Questa suddivisione fu, in seguito, in parte confermata e in parte ampliata da Franchi (1911).

Spitz e Dyhrenfurth distinsero nel Retico della nostra regione tre facies:

- Facies di Kössen: alternanza di calcari neri, marne e scisti argillosi dalla alterazione giallo-bruna con abbondanti fossili.
- Facies di Quatervals: ripetute alternanze di banchi dolomitici e strati calcarei alterati in superficie in grigio-chiaro così da essere scambiati per dolomia. In questi strati i due geologi autriaci rinvennero dei fossili che furono ritenuti retici. Si è già detto in proposito (pag. 118) che questo supposto Retico non è che Norico superiore.
- Facies di Fraele: scisti calcareo-marnosi color «fronde d'autunno» e calcari nerastri o grigi in strati e banchi. Questa facies del Retico sarebbe la più povera di fossili.

Tabella 1, Caratteristiche litologiche del sistema dell'Umbrail.

Tipo litologico	Località	Unità tettoniche
Dolomia nerastra, ruvida al tatto, grossolanamente stratificata; a volte con striature più chiare (Norico). Piccoli lembi di Cristallino lungo i piani di scorrimento.	Monti Cornaccia, La Casina, Forcola, Cucler da Jon (vetta)	Scaglie superiori o scaglie del Murtaröl, del sistema dell'Umbrail s.l.
Dolomia grigia in banchi lisci, alterata superficialmente in grigio-nerastro; dolomie striate in alternanza con dolomie scure con caratteristica alterazione pulverulenta grigio-chiara. *Megalodon* sp. nelle dolomie scure del Cucler (Norico)	Cucler da Jon dad'Onsch (sotto la vetta). La Monata e P. Pala Gronda	Scaglie medie e inferiori del sistema dell'Umbrail s.l.
Dolomie cristalline grigie a volte con striature più chiare; alterazione grigio-chiara (Norico)	Monte Sumbraida	Scaglia inferiore del sistema dell'Umbrail s.l. o Falda di Umbrail s. str.
Dolomia grigia con intercalazioni di calcari a piastre neri dalla superficie di alterazione rossastra (Norico) Dolomia grigio-scura, quasi nera, ruvida al tatto, grossolanamente stratificata e brecce dolomitiche grigie (Norico)		Falda di Quatervals con elementi della falda di Umbrail s. str.
Dolomia cristallina nera con tipica alterazione giallastra e dolomia cariata molto alterata (Carnico di Val Forcola)	Monte Solena q. 2725	Scaglie di base della falda di Umbrail s.l.
Dolomia cristallina nera, compatta, superficialmente alterata in grigio-nerastro (Norico della scaglia del Solena)	Monte Solena	
Brecce dolomitiche nerastre, dolomie cariate e dolomie nere alterate in giallastro (Carnico) e lenti più o meno estese di Cristallino (gneiss). Continuazione ad ovest della scaglia di Pedenolo	Monte Solena località i Alt.	

La serie più completa rilevabile nell'ambito di zona studiata, è quella della Valle di Fraele che ha inizio sulla sponda meridionale del Lago di Cancano (limite con il Norico), è tagliata dalla strada che porta alla centrale elettrica e continua nella vallecola parallela alla nuova diga di S. Giacomo, terminando presso lo sbocco del canale di gronda Braulio-Digapoli ove scompare sotto ai detriti. Essa risulta quindi mancante di parte del Retico superiore, che tuttavia è osservabile molto bene lungo la cresta occidentale del Monte Pettini, ove termina a contatto con il Lias. Il Retico inferiore mostra notevoli variazioni laterali di facies nella zona

del Monte Solena ove, fra l'altro, compare un caratteristico banco calcareo a *Rissoa alpina* GÜMB. che segna il limite con il Norico. Questo banco costituisce un riferimento stratigrafico sicuro ed importante perchè continua ininterrotto verso est sin sotto la Cima dei Vitelli.

Ecco la serie che ho rilevato in Val di Fraele:

28 – calcare marnoso grigio-scuro, con vene di calcite in parte parallele, in parte normali, alla stratificazione; in strati di 10–15 cm. In superficie si notano nastri di selce spugnosa; 20 m

27 – calcare nerastro finemente zonato; in strati di 10 cm con selci nastriformi; 10 m

26 – calcare compatto, grigio-scuro, molto fine, con vene e zone di calcite. In strati di cm 10–15; 10 m

25 – calcare compatto a grana molto fine, con minuti cristalli di quarzo e vene di calcite; in banchi da 30 a 60 cm; 20 m

24 – calcare compatto, molto fine, con vene di calcite irregolari; in strati di 5–10 cm con poche selci; 8 m

23 – calcare compatto grigio-scuro, a grana molto fine, con minuti cristalli di quarzo e vene di calcite; in strati da 10 a 30 cm; 10 m

22 – calcare compatto nero, marnoso, con vene di calcite, in straterelli di 1–2 cm; 1 m

21 – calcare marnoso grigio-nerastro con vene di calcite, alterato in superficie in nerastro; in straterelli di 1 cm; 1,30 m

20 – calcare marnoso grigio con vene di calcite, alterato in superficie in grigio nerastro; in straterelli di 1 cm; m 1,30

19 – calcare marnoso nero con vene di calcite, alterato in superficie in grigio-nerastro, in straterelli di 1 cm; 0,40 m

18 – calcare marnoso, grigio-scuro, molto fine, con aree di calcite; straterellato; 1 m

17 – calcare compatto, in frattura grigio-scuro, più chiaro in alterazione, con sottili vene di calcite e minuti cristalli di quarzo; in straterelli compatti; 12 m

16 – calcare nero, cristallino, in strati di 5–10 cm; 7 m

15 – calcare compatto grigio a grana molto fine con minuti cristalli di quarzo e vene di calcite. In straterelli di 5–10 cm. Ricompaiono le selci nastriformi ma in quantità minori che non nel campione n. 28; 28 m

14 – calcare compatto grigio-scuro a grana molto fine, con cristallini di quarzo e vene di calcite. In strati di 2–5 cm; 5 m

13 – calcare compatto grigio-scuro a grana molto fine in straterelli più sottili dei precedenti; 4 m

12 – calcare compatto grigio come sopra, in alternanza con argillo-scisti neri, a grana molto fine, con vene di silice amorfa e calcite; 7 m

11 – calcare compatto grigio, microcristallino, con sottili straterelli di materiale limoso e vene di calcite cristallina. Sembrano esservi anche minuti cristallini di quarzo; 5 m

10 – calcare compatto grigio-scuro in straterelli alternati con scisti calcarei grigio-chiari. Vene di calcite per la maggior parte parallele alla stratificazione; 4 m

9 – calcare compatto microcristallino, grigio, con vene di calcite e cristallini di quarzo, in alternanza con argilloscisti grigi, con vene di dolomite, alterati in giallo-verdastro; 30 m

8 – calcare compatto microcristallino grigio, con vene di calcite cristallina e minuti cristalli di quarzo; 15 m

7 – fitte alternanze di:

a) calcare finissimo, straterellato, con vene di calcite e materiale siltoso finemente stratificato;

b) calcare grigio, misto ad argilla fogliettata, con cristalli di pirite;

c) calcare brecciato grigio, con grossi cristalli di calcite che presentano tracce di metamorfismo; aree di silice amorfa; 10 m

6 – calcare come sopra, in alternanza, senza argille fogliettate; 7 m

5 – copertura detritica; 10 m

4 – calcare compatto, microcristallino, grigio, con vene di calcite, alterato in superficie in grigio e giallastro; in strati di 10–20 cm; 15 m

3 – calcare cristallino nero, in straterelli; 1 m
2 – calcare marnoso, grigio, in straterelli sottili alterati in rosso-ruggine («fronde d'autunno»); 1 m
1 – calcare marnoso compatto, grigio, con vene di calcite; 3 m
Dolomia cristallina grigia (Norico).

Le caratteristiche di queste serie, potente 228 m, possono essere così riassunte:

a) – nella parte superiore esistono nei calcari intercalazioni di selce con un aumento progressivo verso il limite con il Lias (livelli dal 28 al 24; potenza m 68).
b) – nella parte media si hanno prevalentemente calcari e calcari marnosi grigio-scuri in straterelli sottili, potenti non più di 10 cm (livelli dal 23 al 13; potenza m 62).
c) – nella parte inferiore i calcari presentano fitte alternanze di scisti argillosi e scisti calcareo-marnosi dalla superficie di alterazione a colori vivaci e caratteristici (livelli dal n° 12 al n° 1; potenza m 98).
d) – al limite con il Norico compaiono in valle Pettini e nell'alta valle di Fraele scisti calcareo-marnosi la cui caratteristica superficie di alterazione è stata da PAULCKE definita color «fronde autunnali».
e) – comparsa di calcari brecciati (livello n° 7)

Poichè la parte superiore del Retico, meglio che in valle di Fraele, è osservabile lungo la cresta occcidentale del Monte Pettini, riporto qui riassuntivamente una serie colà rilevata:

Lias: calcari siliciferi grigiastri, dalla superficie di alterazione grigio chiara, ben stratificati.
Quale limite convenzionale con il Retico ho assunto il grosso banco di calcare grigio-bruno dalla superficie di alterazione giallastra, che affiora poco sotto la vetta del Pettini. Questo banco fu notato anche da SCHLAGINTWEIT che lo pose al limite fra Retico e Lias.

Retico: (parte superiore) calcari microcristallini grigio-nerastri con intercalazioni di selci in progressivo aumento verso l'alto : 70 m.
(parte media) calcari e calcari marnosi nerastri, con intercalazioni di scisti argilloso-marnosi, ben stratificati. In val Pila vi è un banco di calcare a *Terebratula gregaria* SÜESS. e sotto la vetta del Pettini un banco a coralli riferibili probabilmente a *Thecosmilia clathrata* EMMR.; 120 m
(parte inferiore) scisti calcareo-marnosi con strati piuttosto potenti di calcari neri. Al limite con il Norico si ritrovano gli scisti calcareo-marnosi alterati in rosso-ruggine (color «fronde d'autunno») dell'alta valle di Fraele; 40 m.

Se si confronta la serie retica della valle di Fraele con quella del Monte Pettini, si trova una sostanziale identità e si possono riconoscere sia il Retico superiore, sia il Retico medio.

Il Retico superiore infatti mostra in entrambe le serie calcari compatti grigio-scuri con liste e noduli di selce nera che indicano il passaggio graduale al Lias. La presenza delle selci nel Retico superiore non è una novità ed ultimamente è stata riscontrata anche da POLLINI (1955) nella Lombardia centrale ove offre un carattere di distinzione fra questo complesso (Retico superiore) ed i depositi sottostanti del Retico medio.

Benchè questi confronti a grandi distanze impongano molta cautela, si può notare, come nelle linee generali essi risultino concordanti.

Anche il Retico medio si caratterizza abbastanza bene con i calcari marnosi a *Terebratula gregaria* SÜESS, e «*a coralli*» e con le intercalazioni di scisti argilloso-marnosi. La *Terebratula gregaria* SÜESS è infatti ritenuta da diversi Autori[4]) esclusiva del Retico medio ed i banchi «a coralli» sono sempre ben localizzabili in questo medesimo sottopiano.

La potenza del Retico medio sul monte Pettini è di circa 120 m; nella valle di Fraele invece non supera i 70 m.

Si osserva infatti che mentre a occidente (zona del Monte Pettine) è presente il nucleo liassico della sinclinale ed il suo fianco meridionale con i tre livelli del Retico, procedendo verso oriente scompare il Lias e quasi tutto il Retico superiore e si sviluppa il fianco settentrionale formato dal Retico medio e dall'inferiore. Nella bassa valle di Fraele, non ho più trovato selci e le successioni litologiche riscontrate mi fanno ritenere che i due livelli del Retico non siano separabili.

Tutto ciò è messo in evidenza dalla serie che riporto, rilevata in Val Cancano, sotto il Norico superiore dell'Elemento Mediano:

- calcare compatto grigio, con vene di calcite, in strati e straterelli, rappresentante la facies normale della parte media del Retico di Fraele;

5 - calcare microcristallino grigio, con tracce di fossili in parte Brachiopodi, in parte forse Modiole. In strati da la 5 cm; 1 m

4 - calcare compatto grigio, dalla superficie di alterazione grigio-chiara in strati e banchi. In sezione si osservano numerosi gasteropodi con grossi prismi di calcite nella conchiglia. Forse sono presenti anche Foraminiferi (*Ammodiscus* sp. ?); 5 m

3 - calcare marnoso nerastro, finemente fogliettato, dalla superficie di alterazione lucente, nerastra o rosso-ruggine («color fronde d'autunno».): 2 m

2 - calcare compatto nero, con sottili vene di calcite, in grossi banchi; uno di questi è una lumachella ad Aviculidi; 50 m

1 - calcare compatto nero, dalla superficie di alterazione grigio-giallastra, in strati e straterelli a volte intercalati da letti argillosi e da scisti calcarei; 100 m circa.

- calcare compatto in due grossi banchi discordanti sul Retico; è il limite con il Norico superiore (Elemento mediano).

I livelli scistosi sono poco rappresentati e i calcari marnosi sono ugualmente assai meno potenti che nella serie di Fraele. Gli strati calcarei a grana fine sopra descritti sembrano essersi depositati in una zona completamente diversa dalle altre e possono essere propri di un ambiente di acque poco profonde e tranquille della fascia costiera del bacino di sedimentazione. Mancano inoltre quei caratteri distintivi propri del Retico inferiore della Lombardia centrale che erano abbastanza ben riconoscibili delle prime due serie. Ad esempio gli scisti calcareo-marnosi color rosso-ruggine al limite con il Norico, i calcari brecciati (livello 7 della serie di Fraele) e soprattutto le fitte alternanze di scisti marnosi e calcari marnosi straterellati che fanno della parte inferiore del Retico una «zona prevalentemente scistosa».

Come ho già accennato all'inizio, un poco più ad est della Val Cancano, lungo le pendici del Monte Solena, il passaggio dal Norico al Retico è segnato da un banco calcareo a *Rissoa alpina* GÜMB. che si spinge ininterrotto verso oriente sino a Cima dei Vitelli. In dettaglio si nota:

---

[4]) Si vedano in particolare le descrizioni delle serie retiche della regione dell'Albenza del Prof. DESIO (1929).

4 – calcare grigio-chiaro, liscio, in uno strato di 16 cm: Retico.
3 – calcare nerastro, in un banco di 1 m zeppo di *bivalvi* e *gasteropodi* indeterminabili;
2 – calcare grigio, in uno strato di 10–15 cm con numerosissimi e caratteristici gusci di piccoli gasteropodi in risulto: *Rissoa alpina* Gümb.;
1 – calcare dolomitico grigio, con molte vene di calcite, in bei banchi dalla superficie ruvida; Norico.

Questo banco a *Rissoa alpina* fu descritto da HAMMER (1909) e successivamente da KAPPELER (1938). HAMMER lo ritenne «l'unica guida sicura fra i sedimenti dell'Ortles» e oltre alla *Rissoa* rinvenne anche *Actaeonina* (*Cylindrobullina*) *elongata* che io non sono riuscito ad osservare.

A questo punto sarà opportuno riassumere brevemente le variazioni laterali di facies che il Retico inferiore presenta nella regione compresa fra Livigno e l'Ortles.

Nel livignasco (SCHLAGINTWEIT, 1908) il Retico inferiore è rappresentato da marne fossilifere; nella zona del monte Pettini da scisti calcareo-marnosi color «fronde d'autunno» completamente sterili; nella zona del Monte Solena infine da calcari fossiliferi e dal banco a *Rissoa alpina*.

D'altre parte tutto il piano, e non solo la sua parte inferiore, mostra un graduale cambiamento di facies da ovest ad est. Questo cambiamento è osservabile soprattutto nella composizione mineralogica delle rocce con un progressivo aumento dei minerali di origine metamorfica, quali ad esempio la sericite. In tal modo buona parte del Retico di Fraele, che nella sua facies normale è rappresentato da calcari e calcari-marnosi, passa per gradi, a calcefiri e calcescisti, che nella zona di Cima Vitelli costituiscono la quasi totalità della serie. Si può quindi pensare che i cambiamenti di facies siano dovuti ad aumento del metamorfismo verso oriente[5]).

5° Quaternario

I terreni attribuibili a questa era sono rappresentati da morene, depositi alluvionali recenti, frane e detriti.

Le morene non si presentano in genere alterate e la loro modesta estesione è dovuto alla forte pendenza dei versanti, al rapido ritito dei ghiacci e all'opera dilavante delle acque. Molte morene sono anche ricoperte dalle frane, numerose ed imponenti in tutta la regione.

Nella media Val Forcola, in località Fornelle, si nota un piccolo terrazzo, in gran parte ricoperto dal detrito, che forse è composto da una morena di fondo. Il terrazzo della Caserma degli Alpini invece (pendici meridionali del Monte Solena) rappresenta una morena laterale, come quello di Casina del Lago (pendici settentrionali del Monte delle Scale). Si tratta probabilmente dei resti delle morene laterali del ghiacciaio della Valle di Fraele.

Piccoli depositi morenici sono presenti a Sasso di Prada e sopra Isolaccia (pendici meridionali delle Cime di Plator): sono le morene laterali del ghiacciaio della Val Viola.

[5]) Al riguardo mi sono valso anche dello studio del Dr. GIORCELLI (1955) che ha rilevato una zona più orientale rispetto alla valle di Fraele e che cordialmente ringrazio per la collaborazione.

In tutto il territorio esaminato le alluvioni recenti ed attuali occupano zone molto estese e specie le falde di detrito ricoprono sino ad altezze notevoli le pendici dei monti. Le falde di detrito delle Cime di Plator, ad esempio, arrivano sino a 2000 m; quelle del Monte delle Scale a quote poco inferiori. Una striscia di alluvioni recenti segue il corso del torrente Viola, che presso Torripiano si apre la strada fra le falde di detrito del Monte delle Scale che un tempo ne causarono anche lo sbarramento.

Numerosi sono, i coni di deiezione sparsi un poco ovunque in tutta la regione; fra i più notevoli a ricordo quello della Val Cancano, quello della Val Pozzaglie e quello della media Val Forcola (località Fornelle). Ugualmente numerosi sono i coni di detrito (Val Forcola e Val Cancano).

Parte seconda: Tettonica

a) Generalità

Nella prima parte, dedicata alla stratigrafia, ho accennato più volte alla struttura del territorio esaminato e all'ordine di sovrapposizione delle varie unità tettoniche, ricordando una struttura inferiore o sistema dell'Ortles s. l. ed una struttura superiore o sistema dell'Umbrail s. l. Alla base di tutto l'edificio tettonico si trova la falda di Campo, mentre a nord le numerose scaglie e le falde comprese nel sistema dell'Umbrail ed in quello dell'Ortles si serrano contro la falda di Scarl. In breve si hanno le seguenti unità tettoniche:

Falda di Scarl (Cristallino e Trias)

Sistema dell'Umbrail s. l.

Scaglie superiori del Murtaröl (Norico e Cristallino)
Scaglie medie ed inferiori (Norico e Cristallino)
Falda di Umbrail s. str. (Norico).
Scaglie di base (Carnico e Cristallino)
Scaglia del Braulio («Cristallino del Braulio»)

Sistema dell'Ortles s. l.

Scaglia del Serraglio (Trias superiore)
Falda di Quatervals e scaglia dello Stelvio (Trias)
Falda dell'Ortles-Cristallo (Lias, Trias superiore e «serie sedimentaria basale»)

Falda di Campo s. stx. («Cristallino di base»)

Anzichè descrivere singolarmente le varie unità tettoniche, ho pensato fosse preferibile descrivere la struttura tettonica dei singoli elementi orografici della regione, illustrando la struttura di quelli principali con schizzi prospettici. In questo modo ognuno potrà ritrovare sul luogo le varie falde e scaglie che compongono l'edificio tettonico.

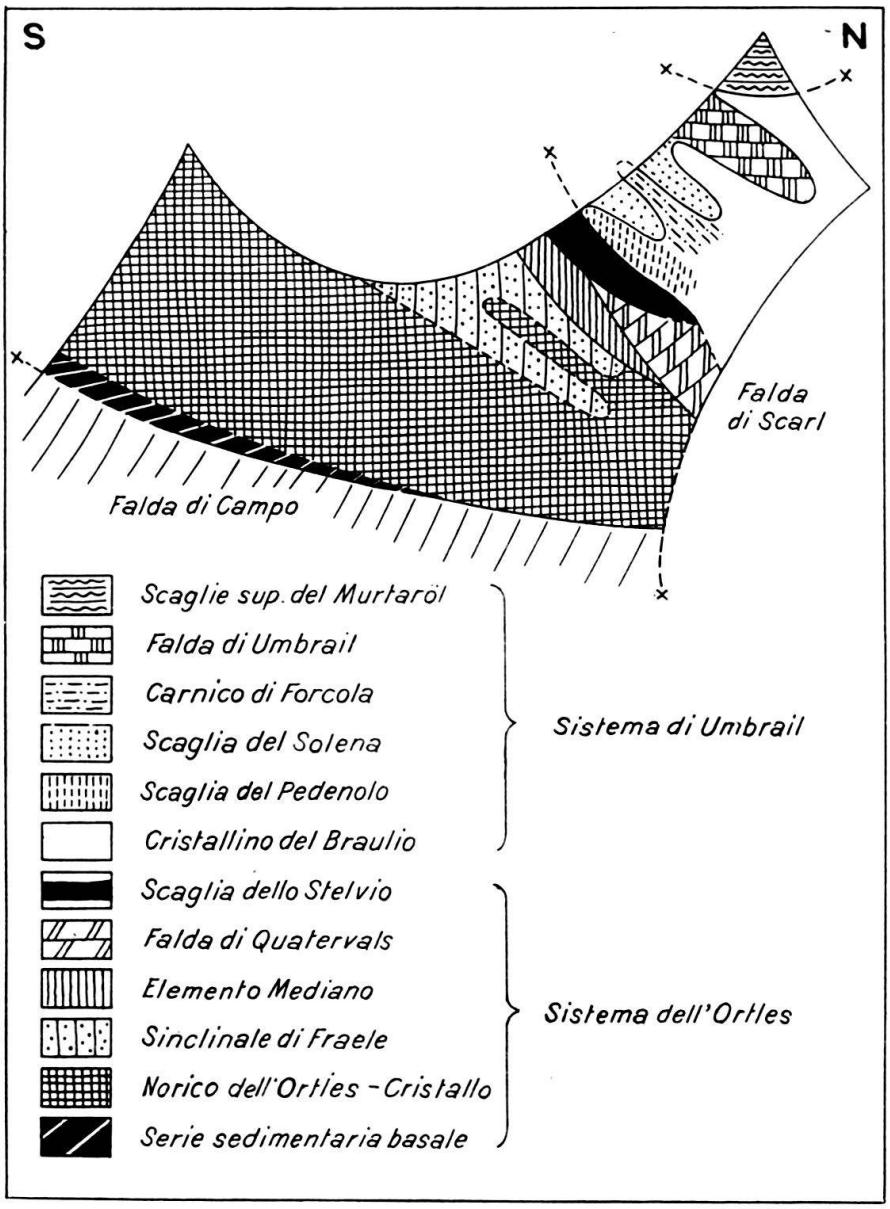


Fig. 2. Schema tettonico della zona studiata.

b) Il versante meridionale del Monte Cornaccia (Tav. I)

L'estremità occidentale della regione studiata è dominata dal Monte Cornaccia, le cui pendici meridionali scendono sino al Lago di Cancano; esso è costituito da tre unità tettoniche diverse e cioè, dall'alto verso il basso:

3 – scaglia del Cornaccia (piramide sommitale del monte oltre i 3060 m)
2 – falda di Quatervals (sino a q. 3060)
1 – falda dell'Ortles-Cristallo (sino a q. 2350 circa).

La presenza della fascia calcarea dell'Elemento mediano segna il passaggio alla falda di Quatervals, mentre i lembi cristallini presenti sulle creste, le brecce e la evidente discordanza angolare, rengono manifesta la presenza di una scaglia della struttura superiore. La dolomia della vetta del Cornaccia (immersa a SSO) è infatti nettamente discordante sulle formazioni dolomitiche di base, che sino

ai 2800 m si immergono regolarmente verso NNE e poco più in alto diventano suborizzontali. Il piano di scorrimento segue all'incirca l'isoipsa 3010 e prosegue, ad ovest, sino alla Cima La Monata attraverso q. 3083 (Punta Magliavaches delle carte tipografiche svizzere) e Cima La Casina; ad est invece corre sotto un piccolo cocuzzolo, coperto di Cristallino, nelle immediate vicinanze del Cornaccia stesso.

A proposito delle Cime ad ovest del Cornaccia si può ricordare che vi si trovano anche i resti delle scaglie medie ed inferiori del sistema genericamente chiamato da HESS «Scaglie del Murtaröl».

Questi resti sono tuttavia visibili solo sul versante svizzero, poichè quello italiano è tutto ricoperto dal detrito.

Immediatamente sottostanti al piano di scorrimento, troviamo nella dolomia delle fascie calcaree sulla cui datazione ho parlato nella prima parte (pag. 117). A detta di SPITZ e DYHRENFURTH esse reppresenterebbero il nucleo (Retico) della sinclinale di Quatervals, compressa contro quella di Fraele. Gli studi geologici successivi, dimostrando l'età norica di questi calcari, hanno cambiato l'interpretazione tettonica. Il pacco di sedimenti norici della falda di Quatervals si immerge regolarmente sotto le scaglie della Struttura Superiore da una quota intorno ai 3000 m sino a 2350 m circa. Questa serie è stata suddivisa in Norico superiore, medio e inferiore, cosichè ne è risultata una successione regolare, laddove SPITZ e DYHRENFURTH immaginarono un complicato sistema di pieghe e pieghe-faglie in contrasto con l'andamento tranquillo degli strati.

A proposito del Norico di Quatervals, si può ancora ricordare la presenza di due superfici di scorrimento secondarie che da ovest ad est tendono ad avvicinarsi.

Il Norico medio, compreso fra i piani suddetti, diminuisce progressivamente di potenza sino a scomparire in Val Cancano, ove il Norico superiore si sovrappone direttamente al Norico inferiore.

e) **La Val Cancano** (Tav. I)

Questa valle incide perpendicolarmente il proseguimento verso est di tutte le unità tettoniche osservate lungo le pendici meridionali del Cornaccia.

Il Norico superiore di Quatervals forma sia la quota 2049, sia quella compresa fra la Bocchetta di Cancano e la sella 2810, sia infine la cresta occidentale del Monte Sumbraida. La struttura superiore invece è rappresentata soltanto da una piccola scaglia di Cristallino incuneata nelle dolomie di quota 2940, sotto la vetta del Sumbraida.

A proposito dei calcari a piastre presenti sulla quota immediatamente ad est della Bocchetta di Cancano e di quelli che formano la cresta occidentale del Sumbraida, HESS (1953) li considera elementi laminati della falda di Quatervals, mentre io li attribuisco al Norico superiore (pag. 121). Un piano di scorrimento sub-orizzontale passa al piede della quota suddetta e continua verso oriente oltre la sella 2810; è stato probabilmente prodotto da spinte da est, o da ENE, dell'avanzante falda di Umbrail. Le medesime spinte hanno inoltre dato origine alle superfici di scorrimento secondarie della Val Cancano ove si ha uno notevole riduzione nella potenza della falda di Quatervals (pag. 119). Sul fianco sinistro della valle si direbbe che la falda di Quatervals continui verso est nel Sumbraida.

I rapporti fra la fronte della falda di Umbrail e il margine orientale di quella di Quatervals sono però poco chiari e celati da estese coperture detritiche.

Sotto il Norico inferiore di Quatervals si osservano gli stessi complessi sedimentari della falda dell'Ortles-Cristallo segnalati ai piedi del Monte Cornaccia: il Norico superiore dell'Elemento Mediano ed il Retico di Fraele.

d) Il Monte Sumbraida e l'Alta Val Forcola (Tav. II)

Secondo Hess la falda di Quatervals si immergerebbe sino a scomparire in Val Cancano, sotto le pareti occidentali del Sumbraida ove sarebbe ricoperta dalle dolomie dell'Umbrail.

La presenza di orizzonti calcarei mi ha fatto pensare (cfr. pag. 121) che il Sumbraida sia in massima parte costituito da Norico di Quatervals e che soltando le dolomie della vetta (dai 2900 ai 3214 m) formino un «Klippe» di dolomie del l'Umbrail. Questa interpretazione basata su considerazioni stratigrafiche, sembra corretta se si guarda il Sumbraida da ovest, cioè dalla Val Cancano, ma appare alquanto dubbia se lo si guarda da est, vale a dire dalla Val Forcola. Il Sumbraida infatti appare diviso in tre parti: la parte inferiore, soprastante alla dolomia dello Stelvio, è formata da brecce e dolomie scure che potrebbero appartenere sia alla falda di Umbrail, sia a quella di Quatervals. Il pacco di strati della parte di mezzo è costituito da alternanze di dolomie grigie e di calcari a piastre che senza dubbio si avvicianno molto ai tipi litologici del Norico superiore di Quatervals. Nella parte superiore infine si hanno dolomie grigio-chiare molto simili a quelle del Cucler da Jon dad'Onsch (falda di Umbrail s. l.). Sopra le dolomie dello Stelvio perciò si trovano degli orizzonti che non è possibile attribuire con sicurezza ad una delle due unità tettoniche in questione. Tuttavia l'insieme delle successioni litologiche mi fa ritenere, in accordo con Franchi, Spitz e Staub, che la falda di Quatervals continui verso est nelle dolomie del Sumbraida collegandosi direttamente con quella dell'Umbrail. A quest'ultima invece potrebbe essere attribuita la piramide sommitale del Sumbraida.

Passando all'alta Val Forcola, troviamo che il monte Forcola è costituito da dolomia e Cristallino del sistema di scaglie del «Murtaröl» così come la sua cresta orientale, ove però si nota la presenza di un elemento inferiore: la scaglia cristallina dell'Umbrail-Costains composta da ortogneiss, «scisti del Braulio» e diorite. La testata della valle è invece formata dalle dolomie dell'Umbrail e dalla fascia carnica di Forcola che più ad est sottostà al «Cristallino del Braulio» (anticlinale del Braulio). Dal Monte Forcola al monte Pedenolo, Hess segna una faglia a direzione NNO-SSE che io ho rilevato anche nella estremità orientale della cresta est (quota 2797) del Sumbraida. Questa faglia determina lo spostamento del Cristallino di Forcola Sumbraida (quota 2739 della Carta Topografica Italiana) abbassandolo di circa 70 m.

e) Il Monte Solena e la media Val Forcola (Tav. I e II, fig. 3)

Il Monte Solena rivela una struttura particolarmente complessa e anche agli autori precedenti non è sfuggita la confusa zona di schiacciamento presente lungo le sue pendici meridionali.

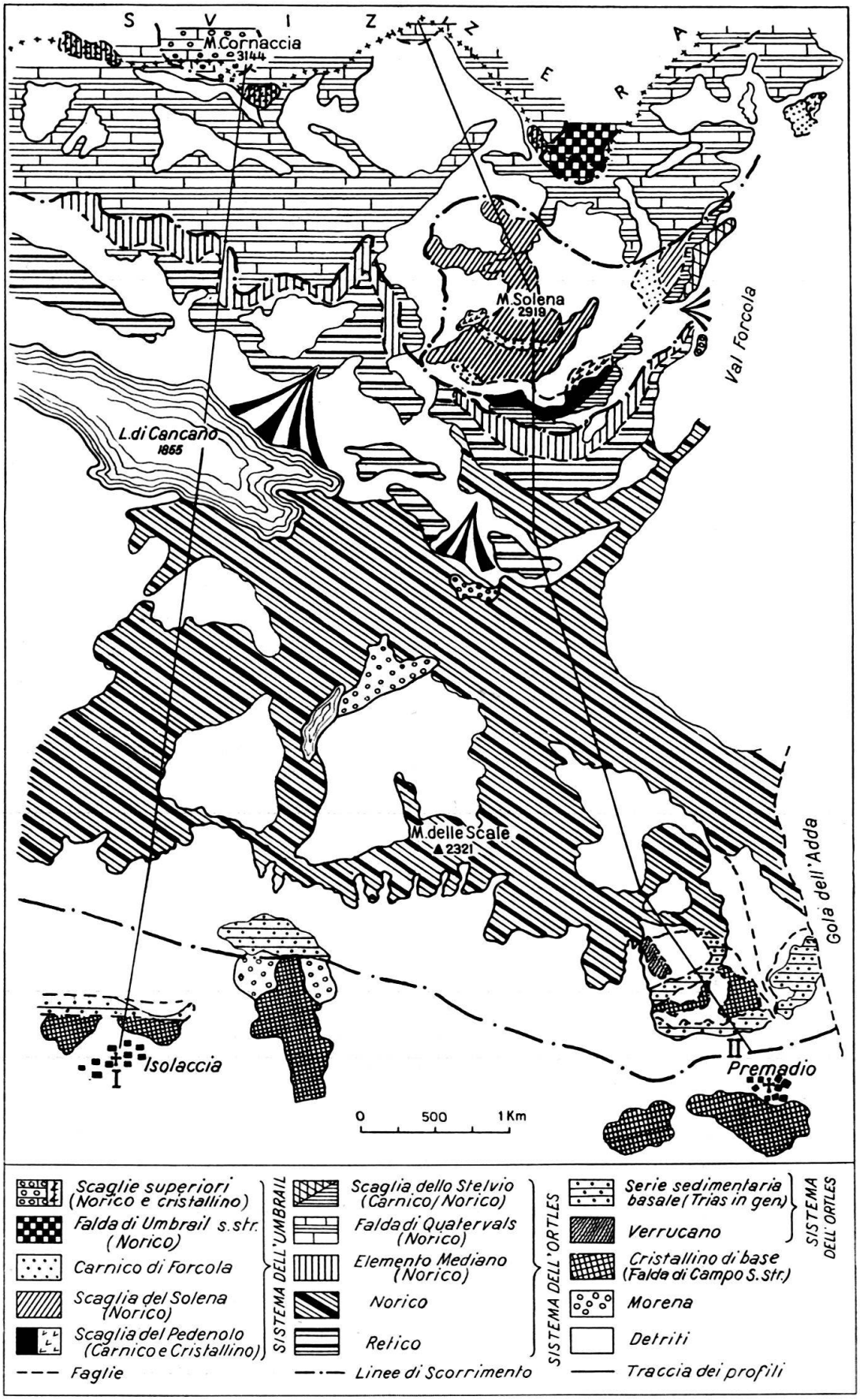


Fig. 3. Carta geologica della bassa Valle di Fraele, 1:50000

Presso la Caserma degli Alpini (quota 2008) è ancora presente il Retico dell'Ortles-Cristallo, ma pochi metri più in alto compare il banco di calcare a *Rissoa alpina* che segna il passaggio al Norico. Il nucleo (Retico) della sinclinale di Fraele si assottiglia qui sino a scomparire, come già aveva riconosciuto SCHLAGINTWEIT.

Sopra il Retico ci si aspetterebbe di trovare le alternanze calcareo-dolomitiche dell'Elemento Mediano; compaiono invece dolomie noriche e calcari dolomitici che si immergono indisturbati nell'interno del monte. Più oltre si trovano calcari con facies simile a quelli Retico di Fraele. Essi formano una fascia attorno al monte Solena e continuano sulla scarpata dell'altipiano di Pedenolo, sotto le Corna di Pedenolo. Sopra i calcari retici appare finalmente l'Elemento Mediano (Norico) in continuità con gli affioramenti di Val Cancano.

Le alternanze di Norico e Retico nella sinclinale di Fraele dipendono dal fatto che questa è divisa in due parti da una piccola anticlinale di dolomia norica. Il nucleo della sinclinale di Fraele s. str. termina presso Grasso di Solena; verso i 2300 m compare il nucleo della seconda sinclinale che continua verso est sino al Madaccio.

Non ho quindi che da confermare le ipotesi di SCHLAGINTWEIT sullo sdoppiamento e sul proseguimento ad oriente della sinclinale di Fraele.

Sopra i calcari della falda dell'Ortles-Cristallo, si trovano le dolomie grigie della scaglia dello Stelvio, che rappresenta la continuazione ad est della falda di Quatervals. Queste dolomie si possono riconoscere anche al Pedenolo dove anzi, il loro sviluppo è maggiore. Entro le dolomie dello Stelvio, presso la località i Alt (M. Solena) si riconosce il tipico complesso Carnico-Cristallino delle scaglie della struttura superiore, che qui, in particolare, è quello della scaglia basale del Pedenolo.

Sopra le due unità testè descritte si trovano infine le dolomie nere della Scaglia del Solena separate dal Carnico di Forcola. Riassumendo, la successione delle unità tettoniche lungo le pendici meridionali del Solena risulta:

a) – Scaglia superiore del Solena (Norico)
b) – Carnico di Forcola
c) – Scaglia inferiore del Solena e scaglia del Pedenolo
d) – Scaglia dello Stelvio
e) – Falda dell'Ortles-Cristallo (Norico dell'Elemento Mediano)
f) – Sinclinale di Fraele s. l. (Retico)
g) – Anticlinale del Solena (Norico)
h) – Sinclinale di Fraele s. str. (Retico di Grasso di Solena)
i) – Norico dell'Ortles-Cristallo dalla base del Solena sino a q. 2000 circa.

Il rilevamento di un canale di gronda dell'Azienda Elettrica Municipale di Milano dalla località Fornelle (media Val Forcola) sino alla finestra di Cancano non mi ha fornito elementi che illustrassero meglio la tettonica della regione. La galleria percorre interamente i termini superiori della sinclinale di Fraele (Ortles-Cristallo) che presentano una disposizione relativamente tranquilla.

Prima di chiudere questo paragrafo riporterò qualche notizia sulla struttura del M. Pedenolo.

Nel versante occidentale si ha la successione normale Carnico-Norico delle scaglia dello Stelvio (il Carnico mi è parso presente anche sul versante destro della Val Forcola e, come tale, l'ho segnalato sulla carta allegata). Superiormente si trovano Cristallino e Carnico, strettamente connessi, costituenti la Scaglia basale del Pedenolo. Si è visto che questa scaglia continua sul Monte Solena.

La vetta del Pedenolo è formata da un «Klippe» di Cristallino della scaglia del Braulio.

Nella zona del Pedenolo, inoltre, più chiaramente che altrove, si possono osservare i rapporti fra la Scaglia dello Stelvio e le unità tettoniche soprastanti. Le dolomie dello Stelvio sottostanno alle masse cristalline del Braulio e fra i due termini corre il piano di scorrimento di Trafoi che dal passo dello Stelvio attraverso il passo delle Platigliole, Bocca del Braulio e Monte Pedenolo, arriva a Baita Forcola. Oltre questa località il piano di scorrimento di Trafoi continua a mio avviso entro il Monte Solena suddividendo però due complessi sedimentari: quello dell'Ortles e quello dell'Umbrail.

Sul Pedenolo HESS segnalò solo il Norico dello Stelvio e superiormente il Carnico ed il Cristallino (in anticlinale) di questa scaglia basale, oltre al «Klippe» ricordato.

La scaglia del Pedenolo si estende quasi su tutto l'altipiano ed in un certo punto interrompe anche la continuità della scaglia dello Stelvio. Però sulle creste meridionali delle Corna di Pedenolo sono presenti tre altri «Klippen» di Cristallino del Braulio, simili a quelli della vetta del Pedenolo.

f) Il Monte delle Scale (figg. 3 e 4)

La struttura di questo monte dalla forma così caratteristica è assai semplice sulle pendici settentrionali, più complicata invece sulle pendici meridionali ed orientali. Sul versante settentrionale troviamo la continuazione del Norico dell'Ortles-Cristallo già descritto alla base del Solena; gli strati a franapoggio s'immergono verso NNE senza traccia di disturbi importanti. Soltanto nella valle dell'Adda presentano grosse diaclasi dovute a spostamenti relativi fra banco e banco.

Sul versante meridionale sono da ricordare i calcari di Bocca d'Adda e gli affioramenti di Isolaccia, Sasso di Prada e di Premadio. Questi ultimi, che dubitativamente ho attribuito al Carnico, dovrebbero appartenere secondo HESS e KAPPELER, alle cosidette «scaglie basali dell'Ortles», unità separate dalle soprastanti scaglie dello Zebrù e del Cristallo. Io sarei più propenso a considerarli in successione stratigrafica normale sotto il Norico della falda dell'Ortles-Cristallo. Questa falda comprenderebbe perciò il Carnico (di Isolaccia, Sasso di Prada e Premadio) il Norico inferiore (di Bocche d'Adda), il medio ed il superiore (del Monte delle Scale) ed infine il Retico ed il Lias della Valle di Fraele.

Sul versante meridionale del M. delle Scale, poco a nord di Premadio è ben visibile (fig. 4) una piega sinclinale degli strati di dolomia triassica, che era gia stata notata da SPITZ e DYHRENFURTH.

Dalla strada dello Stelvio, poco dopo i Bagni vecchi, si osserva come gli strati siano interessati anche da numerose fratture e da piccole faglie.

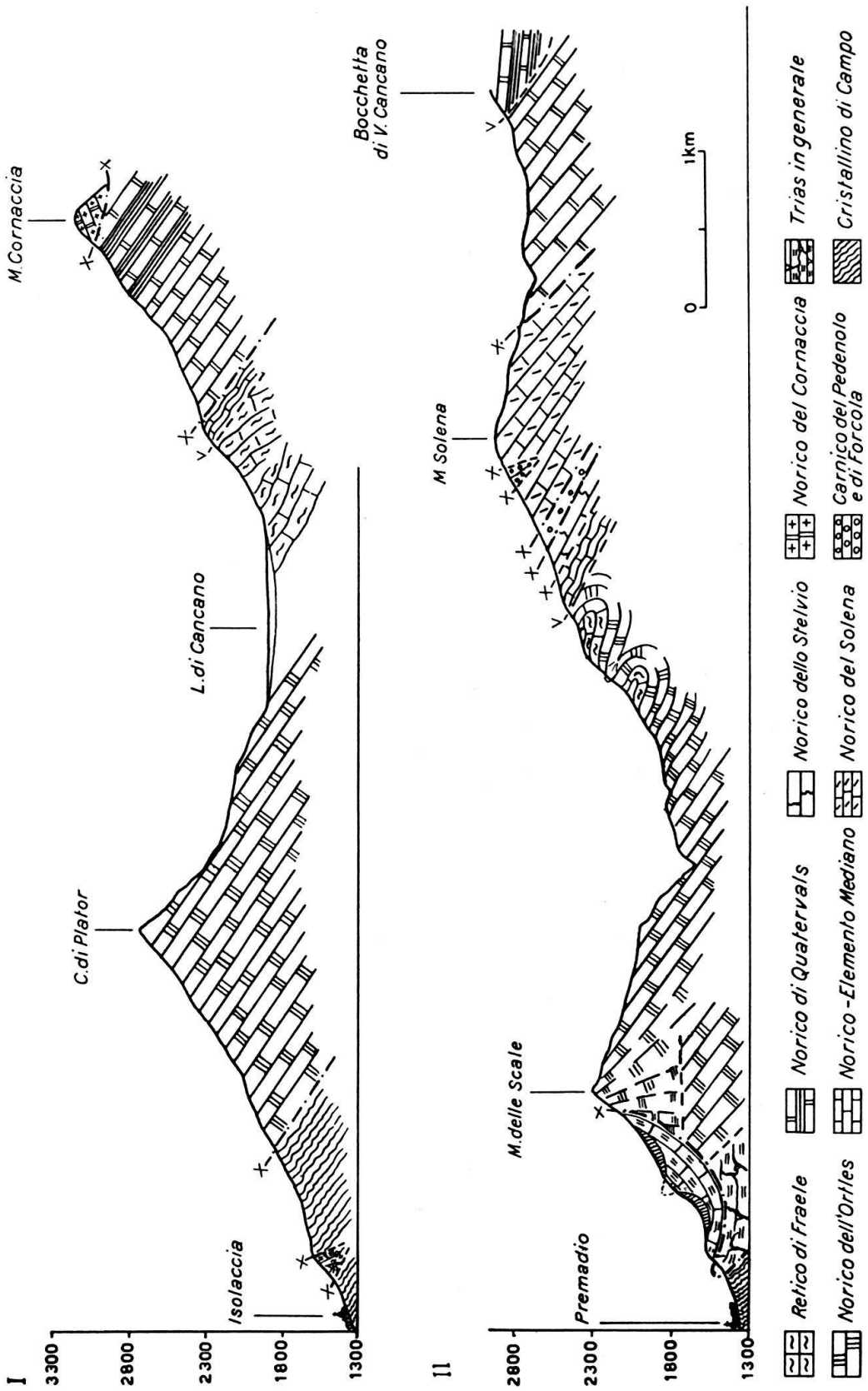


Fig. 4. Profili geologici attraverso la bassa Valle di Fraele, 1:50000.

g) Meccanismo dei movimenti tettonici

Secondo STAUB, EUGSTER, HEGWEIN e BOESCH il meccanismo di movimento delle strutture superiori[6]) delle Dolomiti della Bassa Engadina, non è spiegabile con un'unica spinta orogenetica. Questi studiosi ammettono che esso sia il risultato di due spinte successive provenienti da direzioni diverse e cioè di una principale da SE e di un'altra da SSO («fase di Umbrail» secondo BOESCH).

STAUB ed EUGSTER ritengono che le spinte da SSO siano più recenti di quelle da SE; queste ultime infatti interesserebbero solo le strutture a direzione NO sottostanti a quelle con direzione NNE. A sostegno di tale ipotesi gli studiosi prima citati affermano che il «Cristallino del Braulio» ha la propria zona di radici a sud, precisamente nella zona del Tonale, fatto che di per sè parla a favore di un trasporto da sud verso nord.

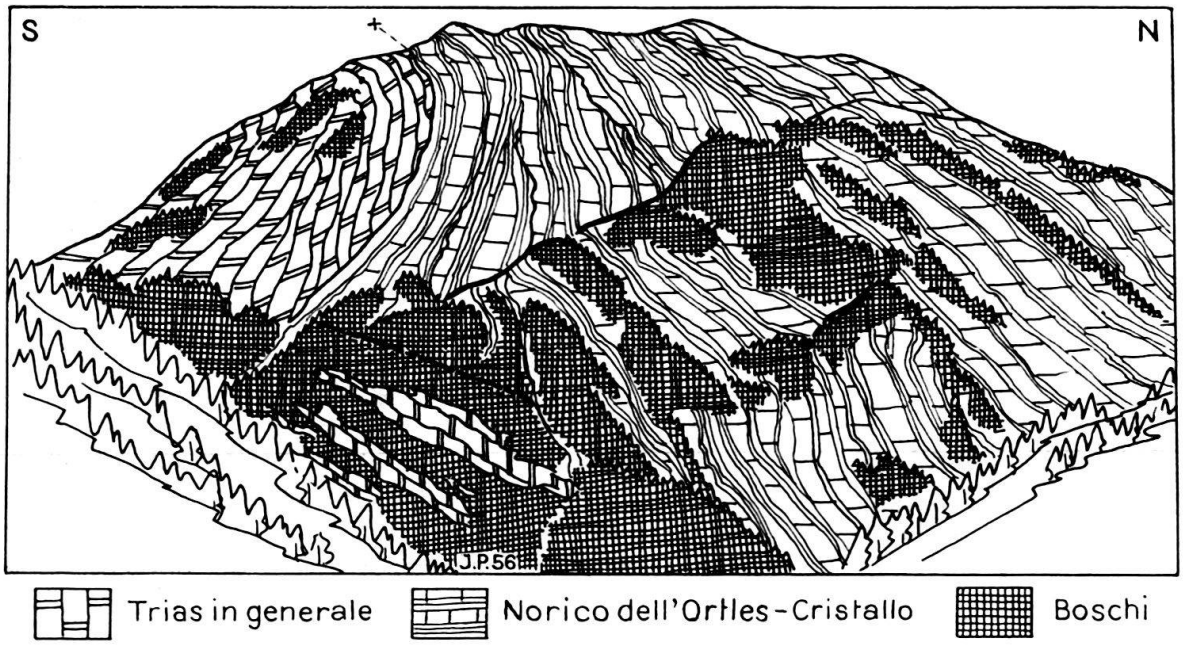


Fig. 5. Il versante orientale del M. della Scale visto dalla strada dello Stelvio.

HAMMER, al contrario, nega una simile correlazione a ritiene che il Cristallino di base dell'Ortles si fonda verso oriente, in Val Venosta, con il Cristallino antico del ricoprimento di Umbrail; in tal modo le strutture superiori non si potrebbero interpretare senza suppore spinte da est. Anche SPITZ, DYHRENFURTH e DAL PIAZ si esprimono a favore di spinte da est; in particolare DAL PIAZ ritiene che durante una fase relativamente precoce dell'orogenesi alpina vi siano state delle spinte da sud (ad esempio quelle che interessano la regione dell'Ortles) seguite, in una fase successiva, da spinte da est. I ricoprimenti di Umbrail, Quatervals e di Oetztal sarebbero dovuti a spinte da est con componenti locali e secondarie da nord.

[6]) Sotto questo nome sono raggruppate le unità tettoniche soprastanti la falda dell'Ortles.

L'ipotesi di spinte da nord è sostenuta anche da CORNELIUS-FURLANI che naturalmente esclude che la regione scistoso-cristallina della catena Orobica sia la «radice» del Cristallino della struttura superiore (in generale delle falde Austroalpine superiori).

HESS, riprendendo le ipotesi di STAUB, afferma che il Cristallino del Braulio (base della falda di Umbrail e nello stesso tempo nucleo cristallino della falda di Quatervals) ha la proprie radici subito a nord della linea di Pejo. Invece il Cristallino della serie del Passo dei Pastori e quello della Cima di Pedenolo sarebbero da correlare con la serie del Monte Alto (Hochalt), in Val Venosta, oppure con le serie metamorfiche della zona del Tonale.

HESS interpreta le strutture superiori come prodotte da spinte provenienti da SE e da spinte più recenti da SO. Questo Autore spiega il meccanismo di scivolamento riprendendo, in parte, le ipotesi di AMPFERER: le masse dolomitiche della struttura superiore sarebbero scivolate fra una culminazione, a sud, del Cristallino della falda di Campo ed il Cristallino della falda di Scarl a nord. Secondo Hess, tuttavia, queste masse sarebbero state sollecitate, oltre che dalla gravità, anche da spinte orogenetiche provenienti da SE. Si sarebbero in questo modo formate le superfici di scorrimento secondarie e le scaglie della struttura superiore. Essa infatti, oltre che dalle dolomie della falda di Umbrail s. str. – che nella struttura occupano una posizione intermedia – è formata da una serie di scaglie inferiori (Braulio, Pastori, Pedenolo, Solena, Forcola, ecc.) e di scaglie superiori (Murtaröl, Corniaccia, Cucler da Jon dad'Onsch, La Monata, ecc.).

Da parte mia posso aggiungere che l'esame delle serie stratigrafiche delle varie unità tettoniche non ha mostrato sostanziali diversità fra l'una e l'altra. Struttura, tessitura e composizione dei vari tipi di rocce, si sono dimostrate relativamente uniformi.

Viene allora fatto di pensare che tutte queste rocce si siano depositate in un unico grande bacino di sedimentazione locale non molto profondo. Le spinte orogenetiche non fecero che spezzettare i sedimenti in molteplici «masse di spinta» che si sono sovrapposte sino a disporsi come appare nella struttura attuale. Questa ipotesi potrebbe spiegare la relativa compostezza della struttura inferiore in contrapposto al disordine della struttura superiore.

A questo punto devo far notare che la ristrettezza della zona da me studiata non permette la valutazione completa dei problemi cui ho accenato. Mi propongo perciò di inquadrare i dati raccolti nella mia zona in studio riguardante una parte più vasta della regione dell'Ortles.

Bibliografia Sommaria

ANDREATTA, C. (1942): *Successioni nelle manifestazioni magmatiche nel massiccio Ortles–Cevedale.* Studi Trentini di Sci. natur. *23*/3 (Trento).

– (1948): *La tettonica «a vortici» nei Monti della Val di Sole.* Rend. Acc. Naz. Lincei 5 *1*/2, 60 (Roma).

– (1948): *La «Linea di Peio» nel massiccio dello Ortles e le sue miloniti.* Acta Geol. alpina *1* (Bologna).

– (1951): *Il metamorfismo delle formazioni del Gruppo dell'Ortles.* Ric. Sci. *21*/2 (Roma).

ARGAND, E. (1911): *Les nappes de recouvrement des Alpes Pennines et leurs prolongements structureaux*. Mat. carte géol. Suisse (NS), *31* (Bern).

– (1916): *Sur l'arc des Alpes Occidentales*. Eclogae geol. Helv. *14*/1, 145–191 (Lausanne).

BOESCH, H. (1937): *Geologie der zentralen Unterengadiner Dolomiten zwischen Ofenpass und Val Laschadura (Graubünden)*. Inaug. Diss. Univ. Zurich.

BORGONOVO, G. (1955): *Geologia della Valle del Gallo e dell'alto bacino di Fraele*. Tesi di laurea inedita, Ist. Geol. Univ. (Milano).

CADISCH, J. (1953): *Geologie der Schweizeralpen* (Wepf & Co, Basel).

CONTI, S. (1955): *Nota preliminare sul rilevamento delle tavolette Bormio e Giogo di S. Maria*. Boll. Serv. Geol. ital. *77*/2 (Roma).

CORNELIUS, & FURLANI, MARTHA (1930): *Die insubrische Linie vom Tessin bis zum Tonalepass*. Denkschr. Akad. Wiss. *102* (Wien).

DAL PIAZ, GB. (1936): *La struttura geologica delle Austridi*.

– (1936a): *Nota I. Il sistema austroalpino lungo il bordo occidentale della «finestra dei Tauri»*. Atti R. Ist. Veneto sci. lettere ecc. *95*/2, 353–367 (Venezia).

– (1936b): *Nota II. Il sistema austroalpino a sud della finestra tettonica degli Alti Tauri*. Rend. R. Accad. Lincei, *23*, 269–274 (Roma).

– (1936c): *Nota III. Il sistema austroalpino nelle Alpi Breonie e Venoste e nel massiccio dell'Ortles. Nuovo schema tettonico delle Austridi della Venezia Tridentina e del Tirolo orientale*. Atti R. Accad. Sci. Torino, *71*, 3–29.

– (1936d): *Nota IV. Sui rapporti tettonici che intercorrono fra gli elementi austroalpini dei Grigioni e della Valtellina e quelli delle Alpi orientali*. Studi Trentini Sci. natur. *17*/3 (Trento).

– (1938): *Recensione critica del lavoro di Kappeler. Zur Geologie der Ortlergruppe und zur Stratigraphie ecc.* Studi Trentini Sci. natur. *19*/2 (Trento).

DESIO, A. (1927): *Faune triassiche e giurassiche delle Alpi Giulie*. G. Geol. *2* (Bologna).

– (1929): *Studi geologici sulla regione dell'Albenza (Prealpi bergamasche)*. Mem. Soc. ital. Sci. natur. *10*/1 (Milano).

DITTMAR, A., Von (1864): *Die Contorta-Zone* (München).

DYHRENFURTH, G., & SPITZ, A. (1914): *Monographie der Engadiner Dolomiten zwischen Schuls Scanfs und dem Stilfserjoch*. Beitr. Geol. Karte Schweiz (NF) *44* (Benr).

FRANCHI, S. (1907): *Relazione al R. Comitato Geologico sul lavoro per la Carta Geologica nel 1906*. Boll. Com. Geol. *8*, 29–33 (Roma).

– (1911): *Notizie preliminari sulla Geologia dell'alta Valtellina*. Boll. Soc. geol. ital *30*, 497 al 517 (Roma).

GIORCELLI, A. (1955): *Studio geologico della zona fra la quarta Cantoniera dello Stelvio e S. Antonio Valfurva*. Tesi di laurea inedita, Ist. Geol. Univ. (Milano).

GÜMBEL, W., Von (1891): *Geologische Bemerkungen über die Thermen von Bormio und das Ortler-Gebirge*. Sitz. Ber. k. Bayr. Akad. Wiss. *21*, 79 (München).

HAMMER, W. (1905): *Geologische Aufnahme des Blattes Bormio-Tonale*. Jb. k.k. geol. R.A. *55*/1, 1–26 (Wien).

HAMMER, W. & TRENER G. B. (1908b): *Erläuterungen zur Geologischen Karte etc., Nr. 78, Bormio und Passo del Tonale*. K.k. geol. R.-A. (Wien).

HAMMER, W. (1908c): *Die Ortlergruppe und der Ciavalatschkamm*. Jb. k.k. geol. R.-A. *58*/1, 79–196 (Wien).

– (1909): *Erläuterungen zur Geologischen Karte etc.* Nr. 66 Glurns und Ortler k.k. geol. R.-A. (Wien).

HEGWEIN W. (1927): *Beitrag zur Geologie der Quatervalsgruppe im Schweizerischen Nationalpark*. Inaug.-Diss. Univ. Bern.

HEIM A. (1922): *Geologie der Schweiz*, *2*/2 (Leipzig).

HESS, W. (1953): *Geologische Untersuchungen in den westlichen Münstertaler Alpen zwischen Ofenpass und Valle di Fraele*. Eclogae Geol. Helv. *46*/1, 39 (Basel).

KAPPELER, U. (1938): *Zur Geologie der Ortlergruppe und Stratigraphie der Ortlerzone zwischen Sulden und dem Engadin*. Inaug.-Diss. Univ. Zürich.

LEUPOLD, W. (1934): *Exkursion 93; S. Maria–Umbrailpass–Stilfserjoch.* Geol. Führer der Schweiz *14* (Basel).

LIGASACCHI, A. (1954): *La geologia della zona a NE di Livigno.* Tesi di laurea inedita, Ist. Geol. Univ. (Milano).

MARTINA, E. (1954): *La geologia dell'Alta Valle di Fraele.* Tesi di laurea inedita, Ist. Geol. Univ. (Milano).

PAPADIA, C. (1956): *Studio geologico delle Creste di Reit e zone limitrofe.* Tesi di laurea inedita, Ist. Geol. Univ. (Milano).

PIETRACAPRINA, T. (1956): *La geologia del M. Pedenolo a zone limitrofe.* Tesi di laurea inedita Ist. Geol. Univ. (Milano).

POZZI R. (1954): *La geologia della bassa Valle die Fraele.* Tesi di laurea inedita. Ist, Geol. Univ. (Milano).

POLLINI, A. (1955): *La serie stratigrafica del Retico di Monte Castello* (Zogno–Val Brembana). Atti Soc. it. Sci. natur. *94*/3, 4 (Milano).

SCHLAGINTWEIT, O. (1908): *Geologische Untersuchungen in den Bergen zwischen Livigno, Bormio und S. Maria im Münstertal.* Z. dtsch. geol. Ges. *60*/2–3, 198–272 (München).

SPITZ, A. (1911): *Gedanken über tektonische Lücken.* Verh. k.k. Geol. R.-A. 285–303 (Wien).

SPITZ, E. & DYHRENFURTH, G. (1914): *Monographie der Engadiner Dolomiten zwischen Schuls, Scanfs und dem Stilfserjoch.* Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) *44* (Bern).

SPITZ, A. (1919a): *Eine Querstörung bei Meran.* Verh. Geol. R.-A. 62–66 (Wien).

– (1919b): *Fragmente zur Tektonik der Westalpen und des Engadins (Aus dem Nachlasse).* I. und II. Teil. Verh. geol. R.-A. 104–122 (Wien). III. und IV Teil. 2g3–275.

STAUB, R. (1915) *Petrographische Untersuchungen im westlichen Bernina-Gebirge.* Vjschr. naturf. Ges. (Zürich).

– (1911): *Zur Tektonik der südöstlichen Schweizeralpen.* Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) *46*/1 (Bern).

– (1917): *Über Faziesverteiling und Orogenese in den südöstlichen Schweizeralpen.* Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) *46*/3 (Bern).

– (1920): *Über Wesen, Alter und Ursachen der Gesteinsmetamorphosen in Graubünden.* Zschr. naturf. Ges. Zürich, *65*.

STAUB, R. & CADISCH, J. (1921): *Zur Tektonik des Unterengadiner Fensters.* Eclogae geol. Helv. *16*/2, 223–285 (Lausanne).

STAUB, R. (1924): *Der Bau der Alpen.* Beitr. geol. Karte Schweiz (NF) *52* (Bern).

– (1934): *Übersicht über die Geologie Graubündens.* Geol. Führer Schweiz, *3* (Basel).

– (1937a): *Geologische Probleme um die Gebirge Graubündens.* Geol. Führer Schweiz, *3* (Basel).

STUDER, B. (1851): *Geologie der Schweiz,* 1 (Bern).

TERMIER, P. (1903): *Les schistes cristallins des Alpes occidentales.* Conférence faite devant le 9e Congr. geol. int. à Vienne (Paris).

– (1904): *Les nappes des Alpes orientales et la synthèse des Alpes.* Bull. Soc. géol. France (4) *3*, 711–785 (Paris).

– (1905): *Les Alpes entre le Brenner et la Valtelline.* Bull. soc. gèol. France (4) *5*, 209–289 (Paris).

– (1922): *Sur la structure des Alpes orientales. I–III;* C. r. Séanc. Acad. Sci. Paris, 175–924, 1173 et 1366.

THEOBALD, G. (1863): *Geologische Beschreibung der nordöstlichen Gebirge von Graubünden* (Blatt X und XV der Dufour-Karte). Marlof, Neuenburg.

TREVISAN, L. (1938): *Il fascia di fratture tra l'Adige e la «Linea delle Guidicarie» e i suoi rapporti col massiccio intrusivo dell'Adamello.* Studi Trentini Sci. natur. *19*/2, 1–13 (Trento).

VECCHIA, O. (1952): *Sui principali caratteri strutturali della Italia settentrionale dedotti dalle misure gravimetriche.* Riv. Geof. Appl. *13*/1 (Milano).

ZOEPPRITZ, K. (1906): *Geologische Untersuchungen im Oberengadin zwischen Albulapass und Livigno.* Ber. naturf. Ges. Freiburg i. Br. *16*, 164–231.

CARTE GEOLOGICHE

Geologische Karte der Schweiz: 1:100000. Blatt XV (G. THEOBALD, 1864), Blatt XX (G. THEOBALD, 1865).

Nr. 72 Engadiner Dolomiten 1:50000 (A. SPITZ & G. DYHRENFURTH, 1915).

Nr. 78 Tektonische Karte der südöstlichen Schweizeralpen 1:250000 (R. STAUB, 1921).

Nr. 105a und b, Tektonische Karte der Alpen mit Profilen 1:1000000 (R. STAUB, 1924).

Nr. 20 Blatt Zernez (J. CADISCH, H. H. BOESCH, W. HEGWEIN, F. SPAENHAUER, E. WENK,1948).

Nr. 78 Bormio und Passo del Tonale (W. HAMMER & G. B. TRENNER, 1908).

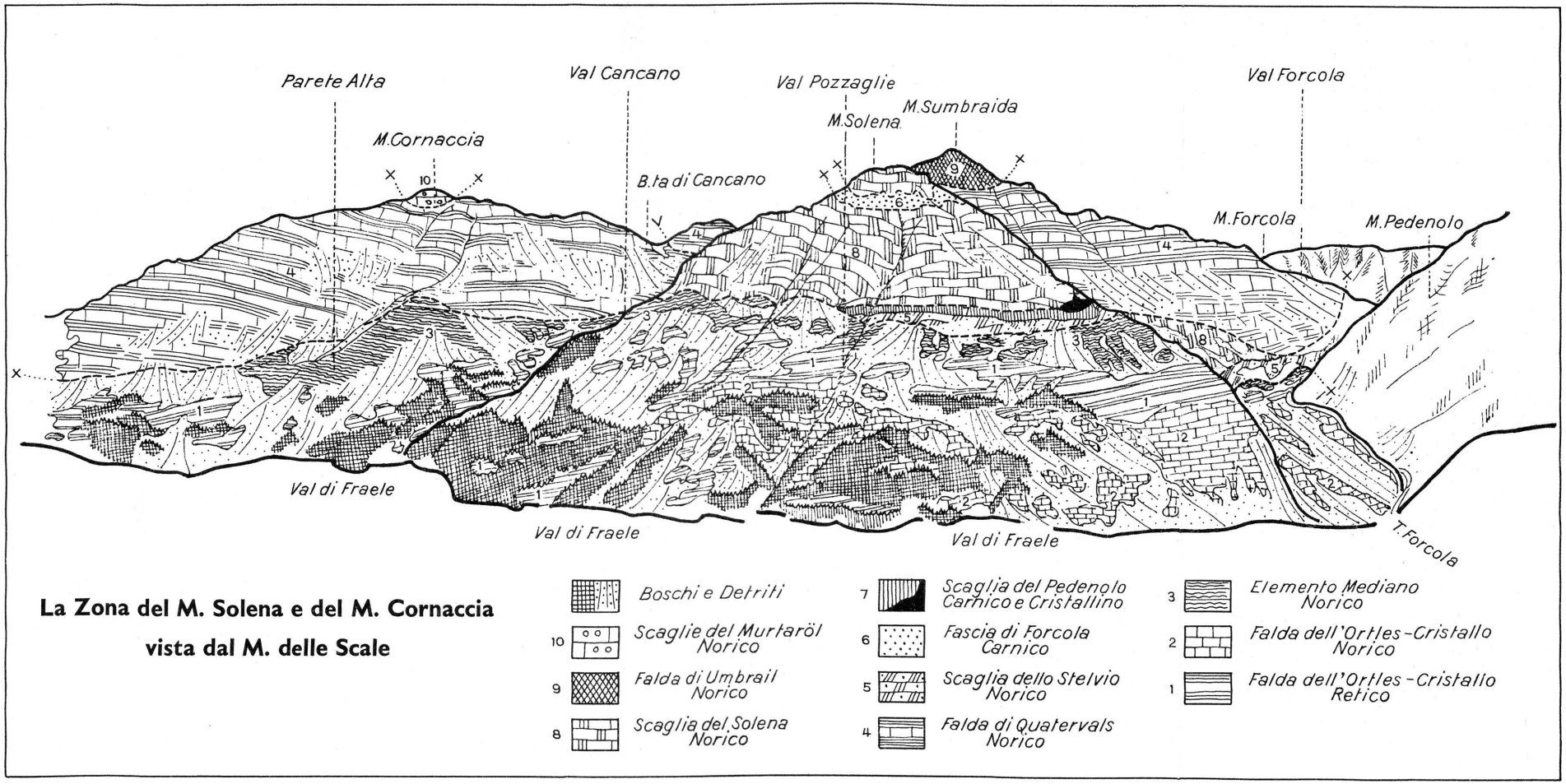
Nr. 66 Giarus und Ortler (W. HAMMER, 1912).

Carte geologica delle tre Venezie. Foglio Monte Cevedale (C. ANDREATTA, 1952).

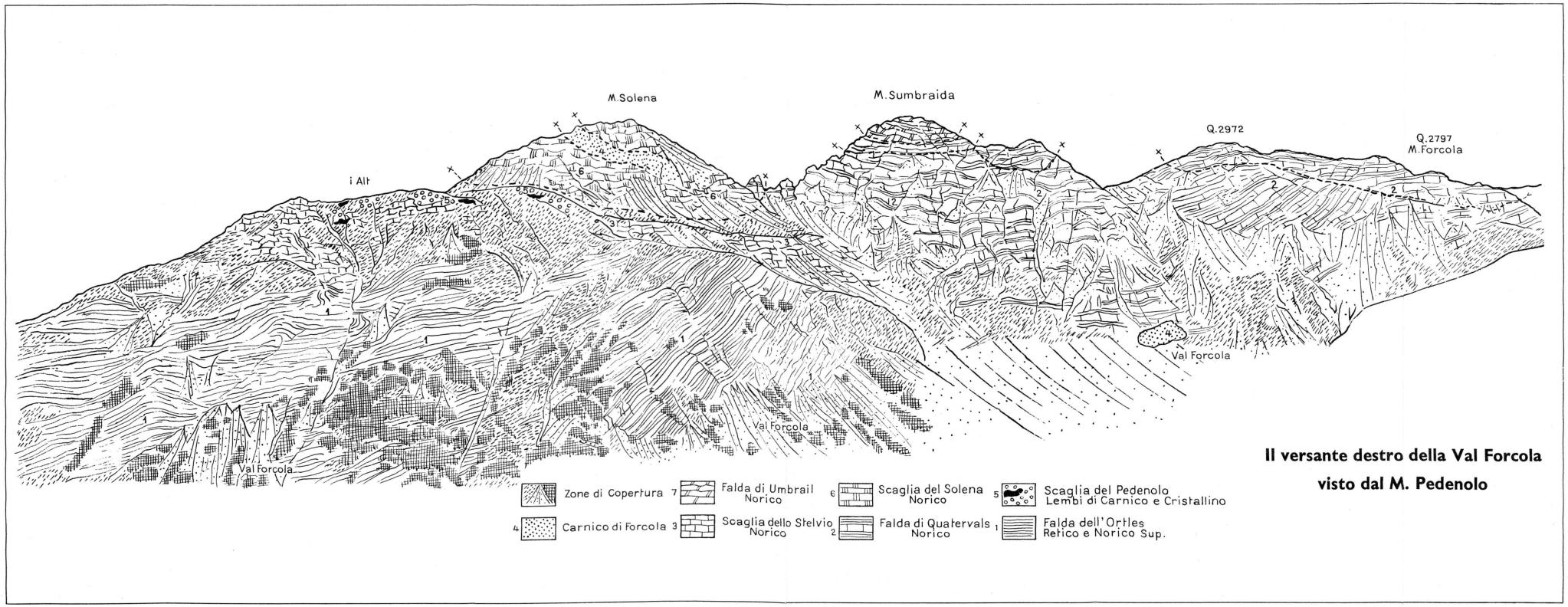
Geologische Karte der Gebirge zwischen Albulapass und Livigno 1:50000 (in lit. K. ZOEPPRITZ, 1906).

Geologische Übersicht des Gebietes zwischen Livigno und Santa Maria im Münstertal 1:100000 in lit. O. SCHLAGINTWEIT, 1908).

Geologische Karte der Quatervalsgruppe im schweiz. Nationalpark (W. HEGWEIN, herausgegeben von der Kommission der Schweiz. Natf. Ges. zur wissenschaftlichen Erforschung des schweiz. Nationalparks, 1934).



La Zona del M. Solena e del M. Cornaccia vista dal M. delle Scale



Il versante destro della Val Forcola visto dal M. Pedenolo