



Matteo Velicogna
Maurizio Ponton
Davide Lenaz

DEPOSITI DI RIEMPIMENTO DI CAVITÀ PRESSO SELLA PREVALA (MONTE CANIN, ALPI GIULIE, NE ITALIA)

CAVITY-FILLING DEPOSITS IN THE SELLA PREVALA AREA
(MT. CANIN, JULIAN ALPS, NE ITALY)

Riassunto breve - Sono stati analizzati campioni di sedimenti semiconsolidati raccolti all'interno di alcune cavità di piccole dimensioni nel massiccio carsico del Monte Canin (Alpi Giulie, Udine). Le analisi hanno evidenziato la presenza di depositi ben classati prevalentemente carbonatici ma con presenza di granuli di quarzo, miche e alcuni minerali pesanti quali anfiboli ferro-magnesiaci, epidoti e tormaline. Dalla natura del sedimento e dalla paragenesi dei minerali si può ipotizzare un'origine eolica dei granuli di alcuni di questi depositi. La provenienza possibile è dalle zone delle Alpi orientali, ove affiorano rocce metamorfiche in facies di scisti verdi.

Parole chiave: Depositi eolici, Alpi Giulie, Italia, Carsismo di alta montagna.

Abstract - *Several more or less consolidated sediment samples found in small cavities within the Canin Massif (Julian Alps, Udine) have been studied in their grain-size and mineralogy. These analyses evidenced that they are well sorted, mainly constituted by carbonate (calcite and dolomite), but quartz, micas, clay and heavy minerals are also present. In the heavy mineral paragenesis Fe-Mg amphiboles, epidotes and tourmalines are present. The grain-size and the mineralogy suggest that their origin, for at least one of these deposit, is possibly aeolian. Their provenance is supposed to be from green-schist facies metamorphic rocks of the Eastern Alps.*

Key words: Aeolian deposits, Julian Alps, Italy, High Mountain Karst.

Introduzione

Sul Massiccio del Monte Canin presso Sella Prevala (Chiusaforte), durante i lavori di escavazione eseguiti nel 2007 per l'ampliamento delle piste da sci e la realizzazione di un collegamento fra gli impianti sloveni e italiani, all'interno di dolomie e calcari triassici affiorarono delle nicchie di forma irregolare o allungate lungo fratture sviluppatesi come condotti carsici con riempimenti non ancora intaccati dal dilavamento. Il materiale era semiconsolidato con i sedimenti più fini appartenenti alle classi granulometriche comprese fra il silt e la sabbia fine e con percentuali variabili di argilla. In alcune di queste cavità sono stati raccolti sei campioni.

Lo studio aveva come fine l'individuazione della mineralogia di tali sedimenti, inclusa la paragenesi degli eventuali minerali pesanti presenti.

In base alla mineralogia trovata, si è operata una distinzione sulla natura composizionale e sono state elaborate delle ipotesi sulla possibile origine dei diversi materiali di riempimento e su una possibile area sorgente dei materiali stessi, tenendo conto del particolare

ambiente di alta montagna entro cui si sono formati tali depositi (fig. 1).

Attualmente (2012), dopo il completamento dei lavori ed il totale sbancamento di vaste aree carsiche di alta montagna uniche al mondo, in corrispondenza di Sella Prevala, l'affioramento descritto non esiste più, essendo stata abbassata e rimodellata la sella stessa.

Inquadramento geologico

Il Monte Canin si trova nella parte nord orientale della Regione Friuli Venezia Giulia al confine con la Slovenia e nel settore più occidentale delle Alpi Giulie. Esso è quasi interamente costituito da litologie calcaree e dolomitiche ed è stato studiato approfonditamente dal punto di vista geomorfologico (TELBIŠZ et al. 2011) e in particolare del carsismo, soprattutto per quello ipogeo. L'area, infatti, presenta numerose cavità carsiche con sviluppo orizzontale anche di parecchi chilometri e, caratteristica principale, inghiottitoi prevalentemente verticali o sub-verticali che possono essere profondi anche centinaia di metri. Si ritiene che i fenomeni carsici siano in atto da



Fig. 1 - Sella Prevala (q. 2067) nel settembre 2007: sulla destra il filone arrossato sede dei primi sedimenti campionati. Sullo sfondo le pendici del Monte Leupa.
 - Sella Prevala (q. 2067), September 2007: on the right, the reddish dike where first samples have been collected. On the background, Mt. Leupa slopes can be observed.

Fig. 2 - Ciclo peritidale regressivo completo entro la formazione del Calcare del Dachstein: al centro, entro la facies subtidale, alcuni esemplari di Megalodontidi.
 - A complete peritidal regressive cycle inside the Dachstein Limestone Fm.; some specimens of Megalodontids bivalves are recognizable inside the subtidal facies, in the middle of the cycle.

ben prima dei 116.000 anni, età più antica misurata dei depositi di riempimento (CUCCHI et al. 2002), analogamente a quanto misurato in altri massicci carsici delle Alpi Orientali (SPOTL & MANGINI 2010).

Stratigrafia

La successione stratigrafica della zona è dominata dalle rocce carbonatiche del Triassico superiore.

La Dolomia Principale è l'unità litostratigrafica che costituisce la base affiorante del massiccio montuoso su cui poggiano i calcari che vanno a costituire l'altipiano carsico e la zona più elevata del Monte Canin. Essa è potente circa 800 m ed è costituita da banchi di uno o più metri caratterizzati da ciclicità di facies di ambiente



di piattaforma carbonatica peritidale (Cozzi 2000). Il tetto della formazione è poco definito, in quanto litologicamente parlando è graduale, caratterizzato da una fascia di transizione potente generalmente alcune decine di metri, costituita da dolomie calcaree e calcari dolomitici che però generalmente vengono riferiti già al Calcare del Dachstein; il limite cronologico con questi ultimi si trova fra il Norico medio e il Norico superiore (Triassico superiore).

Il passaggio fra le due formazioni si mantiene in generale attorno ai 1000-1200 m di quota (ad esempio presso Sella Nevea, cfr fig. 3) a ma in virtù delle dislocazioni tettoniche può innalzarsi fino a 2000 m, come avviene attorno a Sella Prevala.

Il Calcare del Dachstein è l'unità che più caratterizza le zone in quota nelle Alpi Giulie. In particolare sul Monte Canin la formazione presenta uno spessore di circa 700-

800 metri ed è costituita anch'essa da tipici cicli peritidali regressivi, simili a quelli della Dolomia Principale; le facies sono però più evidenti per la natura calcarea e quindi meno diagenizzata della formazione. In generale un ciclo è formato da una brecciolina basale costituita da frammenti tabulari centimetrici seguita da sedimenti granulari con peloidi, bioclasti, intraclasti e foraminiferi bentonici e con abbondanti gusci di Megalodontacei, si passa verticalmente a fanghi peloidali con fenestrate tabulari e irregolari che al top del ciclo passano a laminati algali planari e ondulate ricche di strutture da disseccamento. Queste facies sedimentarie vengono interpretate come il risultato dell'accumulo di fanghi carbonatici in ambienti deposizionali di piana di marea con frequenti emersioni perlopiù di breve durata (fig. 2).

La formazione può essere suddivisa in due parti che si differenziano per le diverse caratteristiche e organiz-

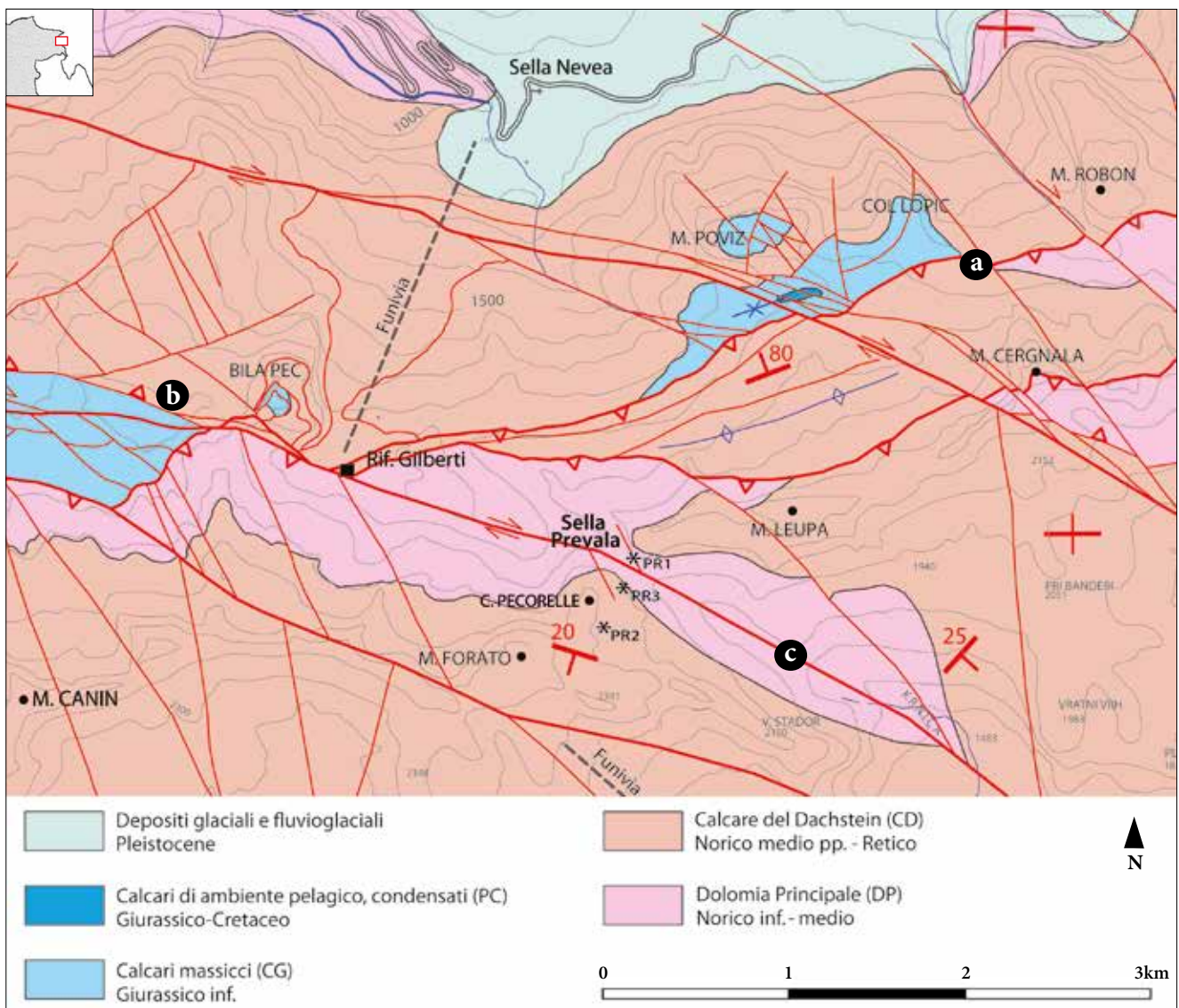


Fig. 3 - Carta geologica dell'area di Sella Prevala con indicati i punti di campionamento (da PONTON 2011, modif.): a) linea Val Resia-Val Coritenza; b) linea Cuel Sclaf-M. Bila Pec; c) linea di Sella Prevala.

- Geological map of the Sella Prevala area with indication of the sampling points (from PONTON 2011, modif.): a) "Val Resia-Val Coritenza" line; b) "Cuel Sclaf-M. Bila Pec" line; c) "Sella Prevala" line.

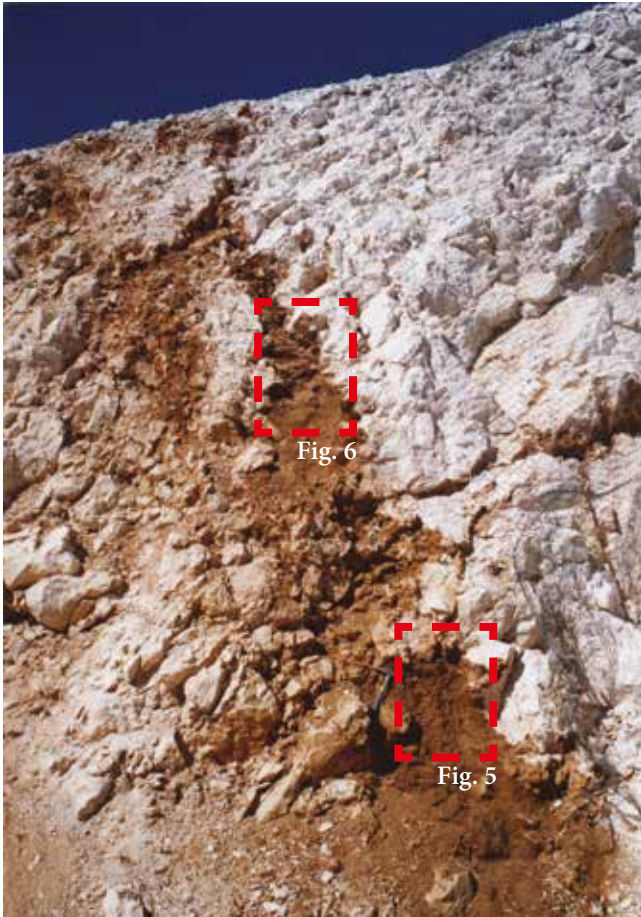


Fig. 4 - Il filone di Sella Prevala con evidenziati i punti di campionamento illustrati in figg. 5 e 6. Si osservi l'estrema fratturazione della roccia a prevalente composizione dolomitica.

- Sella Prevala dike, with indications of the sampling points of figs 5 and 6. The intense fracturation of the prevailing dolomitic rock is easily recognizable.

Fig. 5 - Dettaglio di fig. 4 con i campioni PR1A e B: si noti inoltre la laminazione delle siltiti del campione PR1B.

- Detail of fig. 4 with PR1A and B samples: besides, lamination of silts in PR1B is evident.

Fig. 6 - Dettaglio di fig. 4: si noti la laminazione delle siltiti del campione PR1C.

- Detail of fig. 4: lamination of silts in PR1C sample is evident.



zazione dei cicli sedimentari (Cozzi 2000; Cozzi et al. 2005; PONTON 2011). Il membro inferiore presenta le facies più tipiche mentre quello superiore, spesso 400-500 metri, è caratterizzato da cicli peritidali simili a quelli del membro inferiore ma con una maggiore evidenza degli episodi di emersione testimoniate da marcate superfici di dissoluzione irregolari e paleosuoli a tetto-ciclo con marne calcaree verdastre contenenti clasti arrotondati o spigolosi neri.

Le strutture paleocarsiche con i loro riempimenti sono cavità generalmente irregolari che ricordano sezioni di vaschette e colatoi carsici che possono penetrare in profondità nei sedimenti del ciclo fino a 1-2 metri. Sono numerosi anche i filoni sedimentari verticali ad andamento rettilineo con orientazione preferenziale N-S. Essi possono essere anche spiegati come fratture tensionali dovute a tettonica sin sedimentaria, in quanto riempiti generalmente da materiale sin- o immediatamente post-deposizionale (CASALE & VAIA 1972; PONTON 2006, 2011).

Sul massiccio del Monte Canin affiorano, in lembi talora ampi, isolati dall'erosione, calcari giurassico-cretacei per uno spessore massimo di 140 m dei quali oltre 130 sono stati attribuiti al Giurassico inferiore (PERNARCIC 2000, 2001; PONTON 2011)(fig. 3).

Gran parte di questa successione è anch'essa ampiamente carsificata a parte gli ultimi termini costituiti da Scaglia Rossa del Cretaceo superiore che è più marnosa. Si rinvengono, inoltre, sporadici ciottoli di areniti quarzose testimonianti probabilmente una presenza di Flysch simile a quello affiorante a Bovec (Slovenia), o di altri depositi terrigeni.

Sistema deformativo

Dal punto di vista strutturale il Monte Canin è caratterizzato dalla presenza di un importante sovrascorrimiento: la "linea Val Resia-Val Coritenza". È un piano che sul Monte Canin ha un andamento OSO-ENE, immerge mediamente a Sud con inclinazioni comprese tra i 10° e i 45° e porta le unità del Triassico superiore su quelle del Cretaceo (fig. 3: a).

Il piano, ben visibile nella vicina Val Resia, taglia il massiccio in quota da Sella Grubia fino a Sella Robon e si può seguire verso Est in Slovenia lungo la Val Coritenza. Il piano di scollamento principale è in corrispondenza dei terreni del Carnico (gessi, dolomie cariate e marne) e il rigetto verticale è valutabile attorno ai 850 metri con una traslazione verso Nord di circa 2500 metri. La faglia divide il gruppo montuoso in due unità strutturali ben distinte: quella meridionale costituita da una monoclinale immergente a Sud con inclinazione media di 15°-20° e quella a Nord costituita da un insieme di sottounità derivanti dall'azione di faglie perlopiù trascorrenti destre e di un piano di faglia inversa Sud-vergente, la "linea Cuel Sclaf-M. Bila Pec" (fig. 3: b).



Fig. 7 - La cavità del campione PR2, entro calcari dolomitici, con riempimenti argillosi e siltosi grigio-verdastri.
- Cavity with sample PR2, inside dolomitic limestones, filled by clay and grey-green silt.

Il fitto sistema di trascorrenti destre con andamento generale ONO-ESE, spesso anastomizzato e al quale è connesso un sistema di faglie destre sintetiche, ritaglia tutte le altre strutture essendo il più recente e in parte ancora attivo; queste faglie confluiscono verso Sud-Est nella zona di Bovec dove si innestano nel sistema sismicamente attivo della Slovenia occidentale (KASTELIC et al. 2008; POLI & RENNER 2004; ZUPANCIC et al. 2001). Una di esse passa per la sella sede dei campionamenti e da essa prende il nome di "linea di Sella Prevala", orientata circa ONO-ESE (fig. 3: c). Qui la roccia, prevalentemente dolomitica, risulta estremamente fratturata ed interessata da piani di taglio subverticali sia destri (sintetici con quello principale) che sinistri (antitetici) e da fratture beanti disposte obliquamente (NNO-SSE) spesso incarsite e riempite di sedimenti rossastri o giallastri di varia granulometria. Esse vanno distinte da quelle originatesi ben prima, descritte precedentemente.

Le deformazioni che hanno portato a questo complesso sistema strutturale si sono esplicitate durante vari momenti o fasi alpine cominciate alla fine del Cretaceo (PONTON 2002, 2010, 2011).

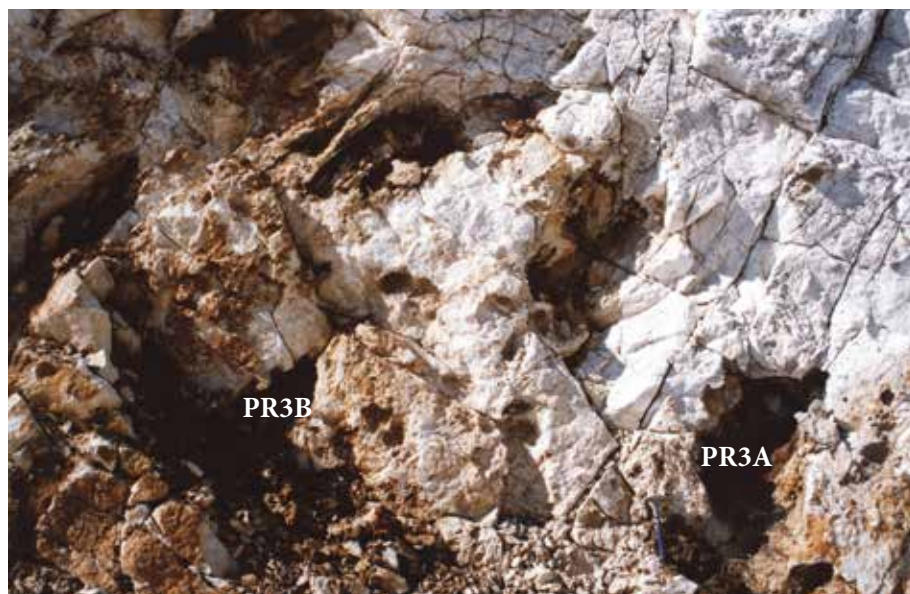


Fig. 8 - Le cavità dei campioni PR3A e PR3B entro dolomie calcaree fratturate.
- Cavities with samples PR3A and PR3B, inside fractured calcareous dolostones.

Campionatura

Presso Sella Prevala e nelle immediate vicinanze lungo la pista da sci in fase di realizzazione nel versante Sud del Monte Forato (Prestreljenik) e di Cime Pecorelle (Prestrvsic), sono stati prelevati (settembre 2007) sei campioni di materiale semiconsolidato entro alcune cavità (fig. 3).

A Sella Prevala (q. 2067 m) affiorava in sezione un filone profondo circa 8 m ad andamento verticale con pareti molto irregolari ma allineato lungo una frattura aperta orientata circa NO-SE entro dolomie calcaree (Dolomia Principale) bianche (fig. 4); la cavità principale presentava allargamenti ampi fino a 30-60 cm con le pareti intaccate da dissoluzione, con la frazione dolomitica insolubile che formava una crosta saccaroide incoerente di cristalli bianchi. Il riempimento era costituito in gran parte da argille e siltiti giallo-rossastre e da clasti carbonatici locali; a 8 m di profondità si osservavano areniti fini poco coerenti, giallo-verdastre, laminate (campione PR1A) che passavano in alto (circa 40 cm) a siltiti argillose ocra fittamente laminate obliquamente (lamine millimetriche) a riempire una cavità laterale del filone (campione PR1B) (fig. 5). A circa 3 m di profondità la cavità, ampia circa 30 cm, era riempita da siltiti ocra chiaro, laminate millimetricamente (campione PR1C) (fig. 6).

A SO di Sella Prevala (circa 250 m dalla sella nel versante Sud) a quota 2120 m entro calcari dolomitici (parte basale del Calcare del Dachstein) debolmente immergenti a SO una cavità irregolare di circa 30 cm di diametro (fig. 7) era completamente riempita di argille siltose grigio-verdastre (campione PR2).

A SO di Sella Prevala (circa 100 m dalla sella nel versante Sud) lungo la pista a quota 2085 entro dolomie calcaree saccaroidi si evidenziavano varie cavità di 20-30 cm di diametro (fig. 8) con riempimenti bruno-rossastri argillosi (PR3A, PR3B).

Metodi sperimentali

Sono stati quindi analizzati tutti i 6 campioni: PR1A, PR1B, PR1C, PR2, PR3A e PR3B.

Per le analisi mineralogiche si è proceduto in due diversi modi. Si è innanzitutto effettuata un'analisi mineralogica sui campioni tal quali dopo la loro polverizzazione. Tale analisi è stata effettuata utilizzando il diffrattometro SIEMENS (goniometro STOE D500) con radiazione $\text{CuK}\alpha$ monocromatizzata con un cristallo piatto di grafite posto sul ricevitore. Il range di indagine è stato impostato tra i 2° e i 50° di 2θ con un intervallo di 0.01° .

Per lo studio della componente fine, invece, i campioni sono stati prima centrifugati in modo da separare la componente inferiore ai $4\ \mu\text{m}$, e successivamente posti su un vetrino. Questi preparati sono stati quindi analizzati come tal quale orientato, sottoposti a trattamento con glicole etilenico e riscaldati in forno a temperatura controllata (700°C). Tali trattamenti permettono infatti di definire meglio tramite la differenza di intensità e posizione dei picchi il tipo o i tipi di argille presenti nei campioni. Questa volta il range di indagine è stato impostato dai 2° a 20° di 2θ con un intervallo di 0.01° .

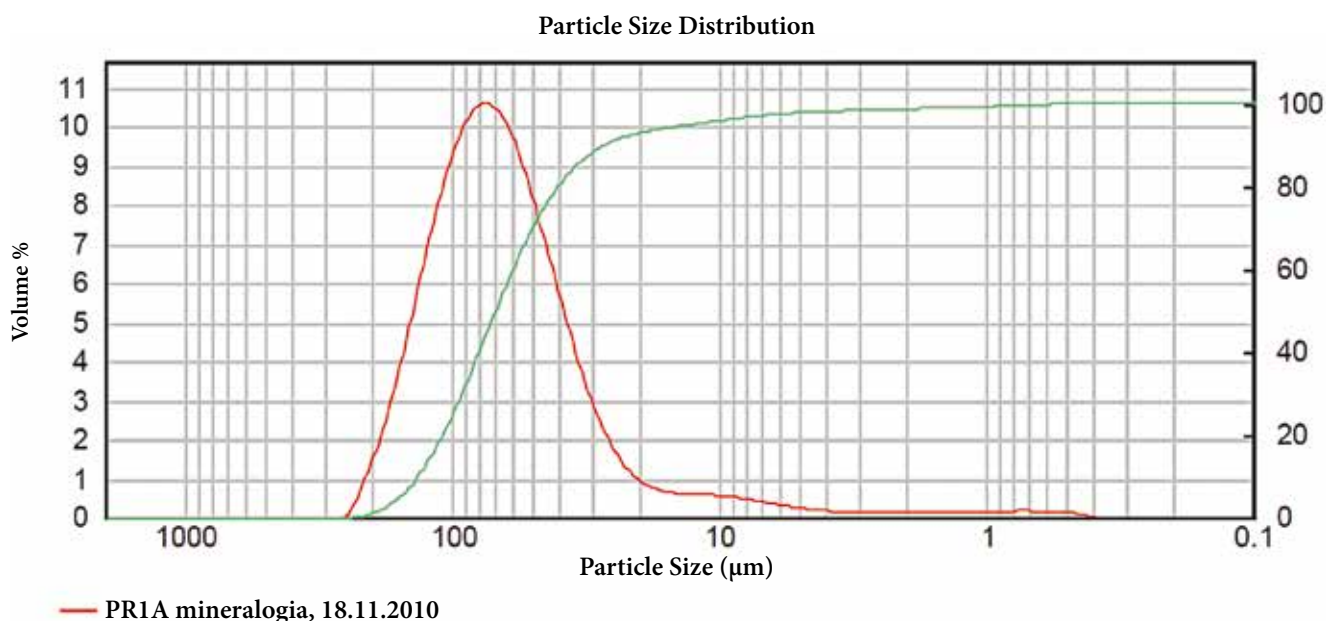
Poiché il campione PR1A mostrava una granulometria maggiore rispetto agli altri campioni, allo scopo di individuare la paragenesi dei minerali pesanti eventualmente presenti, si è proceduto alla concentrazione dei minerali pesanti tramite separatore magnetico Frantz e per densità con tetrabromoetano ($2,96\ \text{g}/\text{cm}^3$). La frazione a densità maggiore è stata poi analizzata tramite microscopio ottico per il riconoscimento della paragenesi mineralogica.

Infine per il campione PR1A è stata effettuata un'analisi granulometrica con un analizzatore di diametro delle particelle Malvern Mastersizer 2000 equipaggiato con

Size μm	volume in %	Size μm	volume in %
0.010	0.10	31.250	11.38
0.488	0.35	44.194	19.59
0.691	0.38	62.500	23.70
0.977	0.30	88.388	19.72
1.381	0.26	125.000	10.37
1.953	0.28	176.777	2.46
2.762	0.33	250.000	0.00
3.906	0.51	353.553	0.00
5.524	0.87	500.000	0.00
7.813	1.22	707.107	0.00
11.049	1.38	1000.000	0.00
15.625	1.96	1414.214	0.00
22.097	4.82	2000.000	0.00
31.250		4000.000	0.00

Tab. I - Risultati dell'analisi granulometrica del campione PR1A (argilla: $<4 \mu\text{m}$; limo: $4-62.5 \mu\text{m}$; sabbia $62.5 \mu\text{m}-2 \text{mm}$).
- Grain-size analysis on PR1A sample (clay: $<4 \mu\text{m}$; silt: $4-62.5 \mu\text{m}$; sand $62.5 \mu\text{m}-2 \text{mm}$).

Fig. 9 - Curva cumulativa (in verde) e di frequenza (in rosso) del campione PR1A.
- Cumulative (green) and frequency (red) curve for PR1A sample.



Hydro2000S che sfrutta la proprietà della diffrazione di un raggio laser per analizzare la granulometria di un determinato sedimento posto in sospensione all'interno di una soluzione.

Per le immagini e le analisi al SEM è stato utilizzato un microscopio a sistema integrato LEICA STEREO-SCAN 430i per microscopia elettronica a scansione con microanalisi a raggi X a dispersione di energia.

Risultati

Il campione PR1 sembra un aggregato mineralogicamente meno omogeneo degli altri campioni selezionati, è ben classato e piuttosto friabile; PR1B e PR1C hanno un colore chiaro, sono ben litificati e omogenei, con

una granulometria fine, il primo più friabile dei due; il campione PR2 è ben litificato (anche se meno di PR1C), ha un aspetto piuttosto omogeneo a grana fine con un colore che tende al verdastro; i campioni PR3A e PR3B macroscopicamente sono molto simili, hanno un colore marrone, sono poco litificati e molto friabili.

L'analisi granulometrica del campione PR1A (tab. I; fig. 9) ha mostrato come il sedimento sia effettivamente un'arenaria fine con circa il 56 % del materiale compreso tra 63 e 250 μm , il 41.73 % compreso tra 4 e 63 μm e il restante materiale sotto i 4 μm . È da notare comunque che, all'interno della classe del silt, buona parte del materiale ha una granulometria tra i 31 e i 63 μm . In fig. 9 sono riportate la curva di frequenza, che mostra un andamento quasi unimodale con una leggera coda verso la frazione fine e la curva cumulativa.

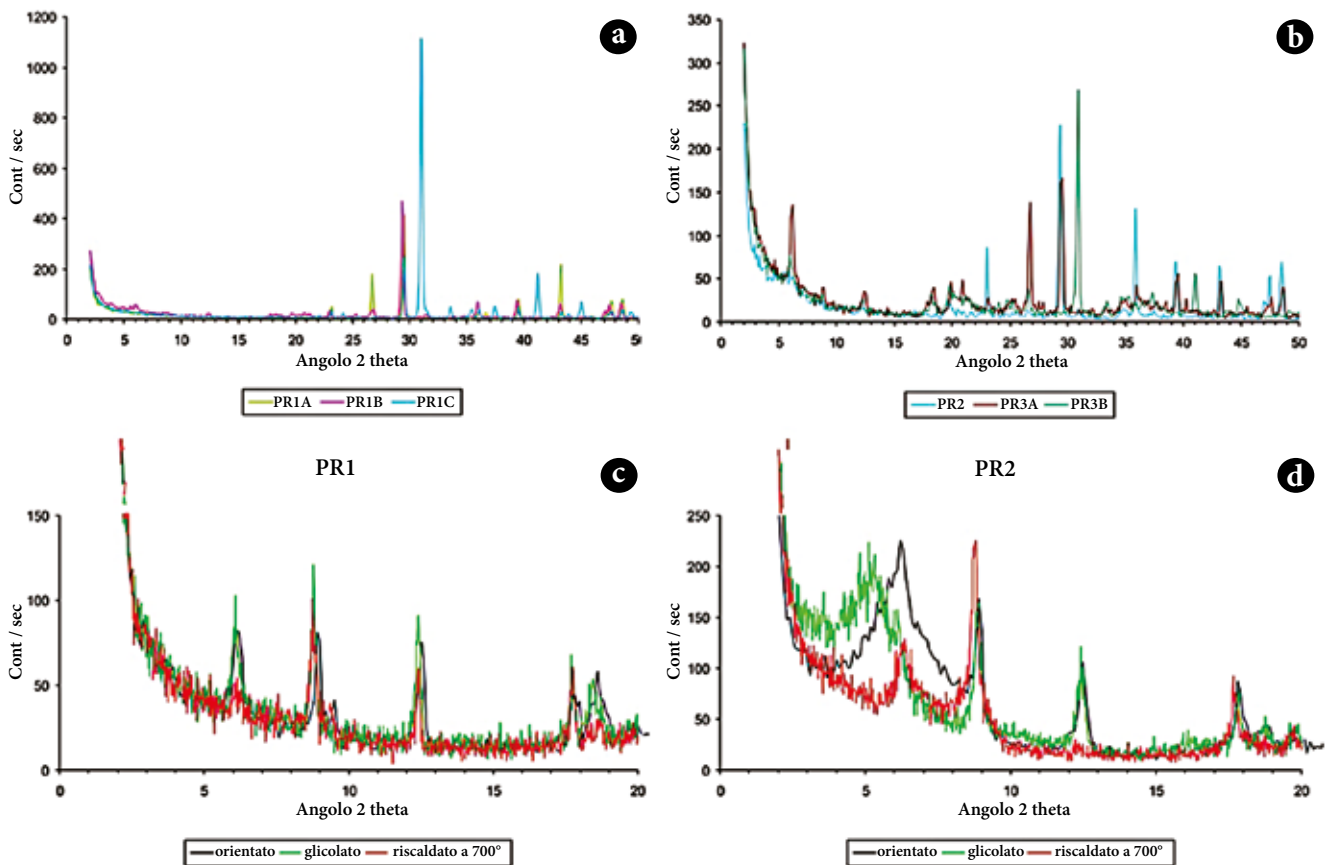


Fig. 10- Diffattogrammi a raggi X: a) tal quale dei campioni PR1A, PR1B e PR1C; b) campioni PR2A, PR3A e PR3B; c) argille nel campione PR1A orientato; d) argille nel campione PR2 orientato.

- X-ray diffractogram: a) bulk of the PR1A, PR1B and PR1C samples; b) samples PR2A, PR3A e PR3B; c) clay in oriented PR1A sample; d) clay the oriented PR2 sample.

Campione	Contenuto
PR1A	Calcite e Quarzo
PR1B	Calcite, Quarzo e Minerali argillosi
PR1C	Dolomite e Calcite
PR2	Calcite e Minerali argillosi
PR3A	Calcite, Quarzo e Minerali argillosi
PR3B	Dolomite, Quarzo e Minerali argillosi

Tab. II - Mineralogia dei campioni tal quale analizzati in diffrattometria ai raggi X.

- Mineralogy of the bulk samples, analyzed by X-ray diffractometry.

I diversi diffrattogrammi effettuati hanno permesso di riconoscere una paragenesi essenzialmente carbonatica in cui sono comunque presenti talvolta dei minerali come il quarzo e le argille (tab. II). In particolare, per quanto riguarda la parte carbonatica, la calcite è presente in tutti i campioni (PR1A, PR1B, PR1C, PR2, PR3A) ad eccezione del campione PR3B; la dolomite è presente nei campioni PR1C e PR3B dove risulta essere il minerale principale (fig. 10a e b). Per quanto riguarda i silicati, il quarzo è presente in discrete quantità in PR1A e in PR3A mentre è scarso in PR1B e PR3B, le argille sono presenti in discrete quantità in PR3A e PR3B mentre sono scarse in PR1B. Data la sensibilità del diffrattometro a polveri i diffrattogrammi sul tal quale non hanno permesso di riconoscere la presenza di argille negli altri campioni.

Poiché le analisi granulometriche sul campione PR1A hanno dimostrato la presenza di circa 2 % di materiale inferiore ai 4 μm sono state fatte delle analisi diffrattometriche anche sul materiale inferiore ai 4 μm di alcuni campioni selezionati.

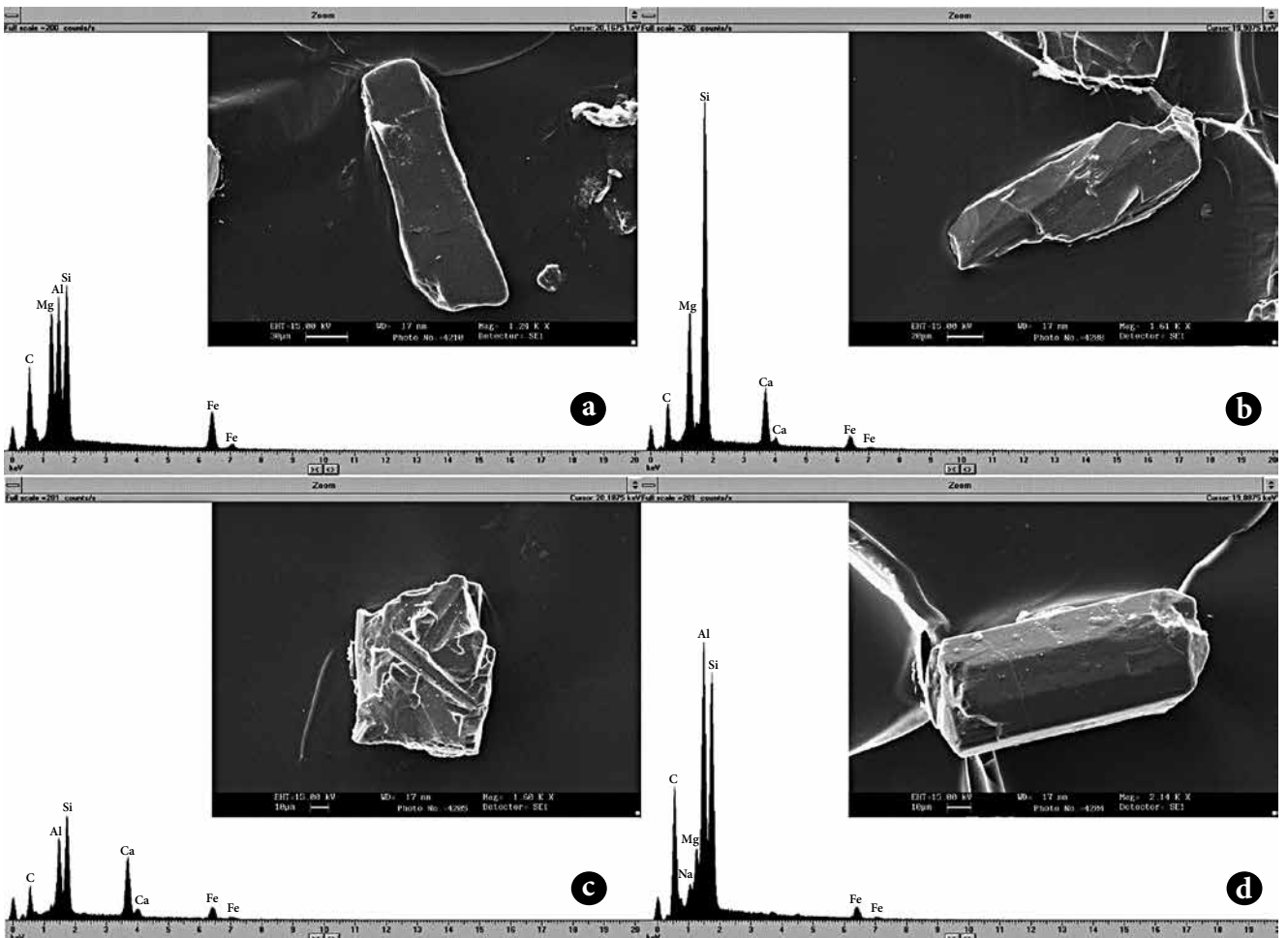
Il diffrattogramma del campione PR1A dopo il ciclo di trattamenti e le corrispettive analisi mostra 3 picchi principali rispettivamente a 6.12°, 8.78° e 12.42° di 2θ , e due minori a 17.7° e 18.6° (fig. 10c). Ne risulta che la frazione argillosa di tali sedimenti è composta da clorite e illite/muscovite. Risultato analogo è anche quello dei campioni PR3A e PR3B in cui variano solamente le proporzioni relative tra le due fasi.

Il risultato del ciclo di analisi sul campione PR2 invece è leggermente diverso in quanto l'analisi a raggi X sul campione glicolato mostra uno spostamento del picco



Fig. 11 - Immagine al microscopio stereoscopico di alcuni minerali pesanti individuati nel campione PR1A.
 - *Microscope photo of some heavy minerals identified in the PR1A sample.*

Fig. 12 - Immagini al microscopio elettronico e spettri dell'indagine chimica qualitativa di: a) anfibolo a composizione Mg-Al-Si-Fe; b) anfibolo a composizione Mg-Al-Si-Ca-Fe; c) epidoto a composizione Al-Si-Ca-Fe; d) tourmalina a composizione Na-Mg-Al-Si-Fe.
 - *SEM pictures and spectra of the qualitative chemical analyses of: a) amphibole with Mg-Al-Si-Fe composition; b) amphibole with Mg-Al-Si-Ca-Fe composition; c) epidote with Al-Si-Ca-Fe composition; d) tourmaline with Na-Mg-Al-Si-Fe composition.*



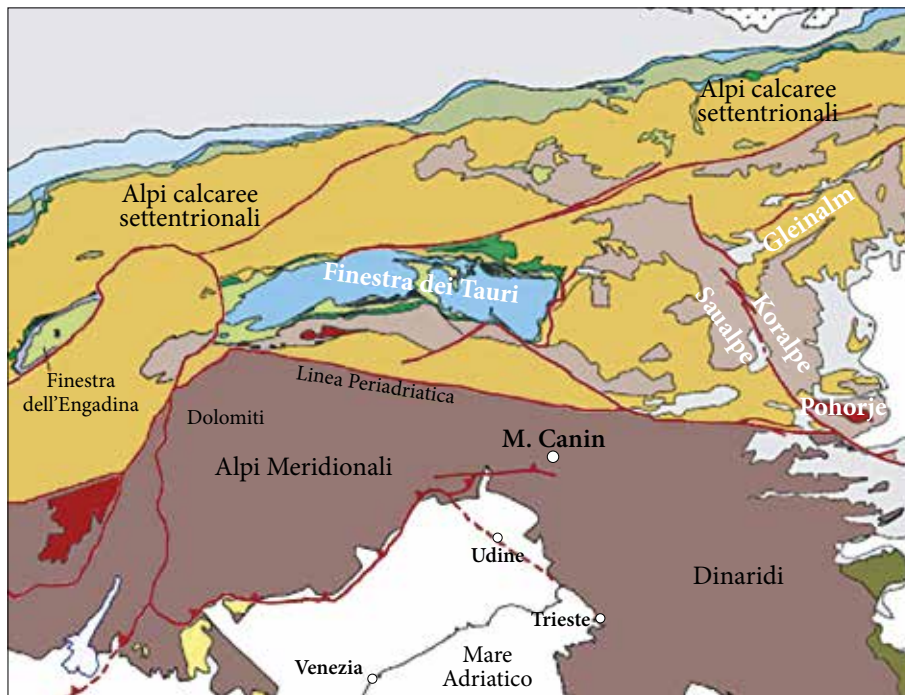


Fig. 13 - Schema delle Alpi: prevalenza di unità della Crosta Superiore Adriatica in marrone e giallo; in verde le unità oceaniche penniniche; in celeste la crosta europea; in rosso le unità intrusive terziarie. Indicazione delle possibili aree (scritte in bianco) di provenienza dei sedimenti eolici presenti nelle cavità oggetto del presente studio (da HANDY et al. 2010, modif).

- Geological sketch map of the Alps. Brown and yellow: Adriatic Upper Crust prevailing; Green: Penninic Oceanic Units; Blue: European Crust; Red: tertiary Intrusive Units. Possible provenance areas of the here studied sediments are evidenced with words written in white color (from HANDY et al. 2010, modif).

a $6.2^\circ \theta$ verso angoli più bassi suggerendo la presenza di un'argilla espandibile. Anche il campione riscaldato mostra una differenza in quanto il picco a $12.4^\circ \theta$ dopo riscaldamento collassa. Conseguentemente il campione risulta essere composto da montmorillonite, caolinite, illite/muscovite e soil clorite (fig. 10d). Tale campione risulta essere molto simile ai sedimenti pelitici a illite, montmorillonite, clorite e/o caolinite presenti nelle grotte del Monte Canin (CANCIAN & PRINCIVALLE 2011) derivanti da fenomeni dissoltivi dei carbonati ivi presenti.

L'analisi al microscopio dei minerali pesanti presenti nel campione PR1A (l'unico ad avere un aspetto granulare e quello con il maggiore contenuto di quarzo a suggerire un possibile contributo esterno ad una sedimentazione prettamente carbonatica) ha permesso di notare la granulometria simile e molto minuta dei granuli e quindi di ipotizzare che il sedimento costituente la roccia sia stato ben selezionato prima di essere depositato. Al microscopio stereoscopico si riconoscono ossidi, idrossidi e mica muscovite oltre ai componenti principali (calcite e quarzo).

Come detto precedentemente in questo campione si è anche proceduto alla concentrazione di minerali pesanti. Si è potuto così osservare la presenza di alcuni minerali con forma da prismatica a tozza, variamente fratturati dal trasparente al giallo chiaro, altri prismatici a base ditrigonale di colore verde-nero mostranti un buon pleocroismo e altri ancora prismatici allungati, in taluni casi molto appiattiti di colore dal trasparente all'azzurro più o meno intenso (fig. 11). Questi minerali sono stati poi osservati al microscopio a scansione elettronica e analizzati tramite analisi chimiche qualitative. In tale modo si sono riconosciuti degli anfibioli ferro-magne-

siaci (azzurri al microscopio stereoscopico; fig. 12a e b), degli epidoti (gialli al microscopio stereoscopico; fig. 12c) e tormaline (verde-nero al microscopio stereoscopico; fig. 12b).

Conclusioni

I dati ricavati tramite diffrazione a raggi X mettono in risalto tre situazioni ben differenti:

- la prima, che comprende il maggior numero di campioni, dove i componenti principali che costituiscono questi depositi sono minerali argillosi e carbonati, la granulometria non è omogenea e, già ad occhio nudo, si possono riconoscere granuli con una spiccata differenza di dimensione, anche millimetrica. Questo gruppo è composto dai campioni PR1B, PR1C, PR3A e PR3B;
- la seconda invece è rappresentata dal campione PR1A, dove, oltre alla calcite, è presente una buona percentuale di quarzo e di argille;
- PR2 invece mostra una terza situazione, dove a una componente spiccatamente carbonatica si affianca una grossa quantità di argille e una granulometria molto fine e omogenea.

Data la principale componente carbonatica e la granulometria non omogenea del campione PR1C si può ipotizzare che questi sedimenti siano il riempimento di un ex condotto carsico ipogeo da parte di detriti risultanti dall'erosione superficiale e dalla dissoluzione operata dall'acqua sulla parte calcarea della roccia incassante, prevalentemente dolomitica a tessitura cristallina.

Per quanto riguarda il terzo caso (PR2) la presenza di carbonati e argille di tipo espandibile fa supporre che ci

si trovi in presenza di una sacca di dissoluzione di materiale carbonatico e che, di conseguenza, l'argilla presente sia quello che viene solitamente definito come residuo insolubile, derivante forse da depositi paleocarsici del tetto dei cicli peritidali regressivi.

Per il campione PR1A, le analisi mostrano che oltre ai carbonati e alle argille vi è una cospicua parte quarzosa in cui sono presenti dei minerali pesanti come epidoto, anfibolo e tormalina. Quale potrebbe essere la loro origine? Nell'area circostante il Monte Canin le successioni nelle quali trovare tali minerali potrebbero essere le vicine arenarie cretache del flysch del Bacino Giulio, ma studi precedenti (LENAZ et al. 2000) hanno mostrato come queste fasi non siano presenti in tali rocce. Inoltre il sedimento flyschoidale, anche disgregato e fluitato, non ha una classazione comparabile con quella presentata da questo sedimento. Un'alternativa, peraltro improbabile, potrebbe essere quella di un sedimento di origine glaciale, ma anche in questo caso la classazione sarebbe ben diversa. Una possibilità è quella che ci si trovi davanti a del possibile loess, ma sebbene i minerali pesanti presenti nel campione analizzato siano presenti anche nei loess di altre zone dell'Italia settentrionale (CREMASCHI 1990), della Croazia (BOGNAR 1979) o nelle Alpi Calcaree Settentrionali austriache (KÜFMANN 2003) bisogna notare che:

- 1 - questi loess hanno generalmente una dimensione dei granuli minore;
- 2 - in questi loess è sempre presente il feldspato tra i minerali principali;
- 3 - tra i minerali pesanti accessori una parte molto importante percentualmente è rappresentata dal granato.

Di conseguenza, considerando la classazione del materiale e la sua composizione si potrebbe comunque supporre un possibile trasporto eolico. Questo può aver operato sia direttamente da un'area sorgente costituita da rocce metamorfiche, sia da un residuo di ablazione di un ghiacciaio poggiante su un substrato metamorfico da cui poi il vento avrebbe asportato parte del materiale. In ogni caso, una paragenesi con anfiboli ferro-magnesiaci e epidoti potrebbe trovare riscontro in una zona metamorfica in facies di scisti verdi come quelli presenti nei settori orientali dell'Australpino (fig. 13) ovvero, ad esempio, nella finestra dei Tauri, nel Gleinalm Dome, nelle zone della Saualpe e Koralpe oltre che nel massiccio del Pohorje (BICKLE & PEARCE 1975; HINTERLECHNER-RAVNIK et al. 1991; NEUBAUER et al. 1995). Per quanto riguarda la tormalina, essa può essere relazionata a una componente metapelitica associabile alle stesse formazioni.

Inoltre dal punto di vista geomorfologico la Sella Prevala è la soglia più bassa della lunga cresta orientata OSO-ENE del massiccio del Monte Canin in posizione quindi particolarmente favorevole ad incanalare venti dei quadranti settentrionali; durante una fase di ritiro

dei ghiacci le cavità carsiche da poco generatesi potevano accogliere e conservare in alcune tasche integre le fini e selezionate particelle trasportate dai venti, opportunamente convogliate dalle acque. In altre cavità tali particelle si sarebbero invece mescolate in varie percentuali con i sedimenti residuali del processo erosivo e carsico locale.

Manoscritto pervenuto il 10.X.2012 e approvato il 28.X.2012.

Ringraziamenti

Si ringraziano la dott.ssa Francesca Vita per l'aiuto e la disponibilità nell'effettuazione delle foto e microanalisi al microscopio elettronico a scansione e il sig. Mauro Bussi per l'analisi granulometrica.

Un particolare ringraziamento al prof. Giovan Battista Carulli ed al dott. Giovanni Monegato per le revisione del manoscritto e gli utili suggerimenti.

Bibliografia

- BICKLE, M.J., & J.A. PEARCE. 1975. Oceanic mafic rocks in the eastern Alps. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 49: 177-89.
- BOGNAR, A. 1979. Distribution, properties and types of loess and loess-like sediments in Croatia. *Acta Geologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 22: 267-86.
- CANCIAN, G., & F. PRINCIVALLE, 2011. Mineralogia dei sedimenti pelitici delle grotte del massiccio del Monte Canin. In *Il fenomeno carsico delle Alpi Giulie*, cur. G. MUSCIO, G. CASAGRANDE & F. CUCCHI, 93-8. Mem. Ist. It. di Spel. s. 2, 24.
- CASALE, A., & VAIA F. 1972. Prima segnalazione della presenza del Giurassico superiore e del Cretacico superiore nel gruppo del Monte Canin (Alpi Giulie). *St. Trent. Sci. Nat., Acta Geol.* 49, n. 1: 14-26.
- COZZI, A. 2000. Sosta 3.1.3 - La successione norico-retica. In *Guida escursioni 80° Riunione Estiva Soc. Geol. It.: Alpi, Dinaridi e Adriatico, Trieste settembre 2000*, cur. G.B. CARULLI et al., 76-82.
- COZZI, A., L.A. HINNOV & L.A. HARDIE. 2005. Orbitally forced Lofler cycles in the Dachstein Limestone of the Julian Alps (Northeastern Italy). *Geology* 33, n. 10: 789-92.
- CREMASCHI, M. 1990. The loess in Northern and Central Italy. A Loess basin between the Alps and the Mediterranean Region. *Quaderni di Geodinamica Alpina e Quaternaria* 1: 15-9.
- CUCCHI, F., G. CASAGRANDE & P. MANCA. 2002. Il contributo della speleologia alle conoscenze geologiche ed idrogeologiche del Massiccio del M. Canin (Alpi Giulie, ITA-SLO). In *Atti 80° Riunione Estiva Società Geologica Italiana: Alpi, Dinaridi e Adriatico, Trieste settembre 2000*, 471-80. Mem. Soc. Geol. It. 57.
- HANDY, M.R., M. SCHMID, R. BOUSQUET, E. KISSLING & D. BERNOULLI. 2010. Reconciling plate-tectonic reconstructions of Alpine Tethys with the geological-geophysical record of spreading and subduction in the Alps. *Earth-Science Review* 102, n. 3-4: 121-58.

- HINTERLECHNER-RAVNIK, A., F.P. SASSI & D. VISONÀ. 1991. The Austridic eclogites, metabasites and ultrabasites from the Pohorje area (Eastern Alps, Yugoslavia): 2. The metabasites and ultrabasites and concluding considerations. *Rendiconti Lincei* 2: 175-90.
- KASTELICH, V., M. VRABEK, D. CUNNINGNAM & A. GOSAR. 2008. Neo-alpine Structural Evolution and present-day Tectonic activity of the Eastern Southern Alps: the case of the Ravne Fault, NW Slovenia. *J. Struct. Geol.* 30: 963-975.
- KÜFMANN, C. 2003. Soil types and eolian dust in high-mountainous karst of the Northern Calcareous Alps (Zug-Spitzplatt, Wetterstein Mountains, Germany). *Catena* 53: 211-27.
- LENAZ, D., V.S. KAMENETSKY, A.J. CRAWFORD & F. PRINCIVALLE. 2000. Melt inclusions in detrital spinels from the SE Alps (Italy-Slovenia): A new approach to provenance studies of sedimentary basins. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 139: 748-58.
- NEUBAUER, F., R.D. DALLMEYER, I. DUNKL & D. SCHIRNIK. 1995. Late Cretaceous exhumation of the metamorphic Gleinalm dome, Eastern Alps: kinematics, cooling history and sedimentary response in a sinistral wrench corridor. *Tectonophysics* 242: 79-98.
- PERNARCIC, E. 2000. Le rocce dolomitiche al tetto della Dolomia Principale: evidenze di tettonica sinsedimentaria intrapiattaforma. In *Guida escursioni 80° Riunione Estiva Società Geologica Italiana: Alpi, Dinaridi e Adriatico, Trieste settembre 2000*, cur. G.B. CARULLI et al., 128-30.
- PERNARCIC, E. 2001. Evoluzione giurassica del margine settentrionale della Piattaforma del Friuli. Università degli Studi di Trieste, Tesi di Dottorato di ricerca in "Geofisica della Litosfera e Geodinamica".
- POLI, M.E. & G. RENNER. 2004. Normal focal mechanisms in the Julian Alps and Prealps: seismotectonic. *Boll. Geof. Teor. Appl.*: 51-69.
- PONTON, M. 2002. La tettonica del gruppo del M. Canin e la linea Val Resia-Val Coritena (Alpi Giulie occidentali). In *Atti 80° Riunione Estiva Società Geologica Italiana: Alpi, Dinaridi e Adriatico, Trieste settembre 2000*, 283-91. Mem. Soc. Geol. It. 57.
- PONTON, M. 2006. Tettonica estensionale nel gruppo del Montasio (Alpi Meridionali orientali). *Gortania, Atti Mus. Friul. St. Nat.* 27: 7-15
- PONTON, M. 2010. *Architettura delle Alpi Friulane*. Udine: Pubblicazioni del Museo Friulano di Storia Naturale, 52.
- PONTON, M. 2011. Note geologiche sulle Alpi Giulie occidentali. In *Il fenomeno carsico delle Alpi Giulie*, cur. G. MUSCIO, G. CASAGRANDE & F. CUCCHI, 57-79. Mem. Ist. It. di Spel. s. 2, 24.
- SPOTL, C., & A. MANGINI. 2010. Paleohydrology of a high-elevation, glacier influenced Karst system in the Central Alps (Austria). *Austrian Journal of Earth Science* 103, n. 2: 93-105.
- TELBISZ, T., L. MARI & L. SZABO. 2011. Geomorphological characteristics of the Italian side of Canin massif (Julian Alps) using digital terrain analysis and field observations. *Acta Carsologica* 40, n. 2: 255-66.
- ZUPANCIC, P., I. CECIC, A. GOSAR, L. PLACER, M. POLJAK & M. ŽIVCIC. 2001. The earthquake of 12 April 1998 in the Krn Mountains (Upper Soca Valley, Slovenia) and its seismotectonic characteristics. *Geologija* 44, n. 1: 169-92.

Indirizzi degli Autori - Authors' addresses:

- Matteo VELICOGNA
Dipartimento di Matematica e Geoscienze
Università degli Studi di Trieste
Via Weiss 8, I-34127 TRIESTE
e-mail: velicogna@libero.it
- Maurizio PONTON
Dipartimento di Matematica e Geoscienze
Università degli Studi di Trieste
Via Weiss 2, I-34127 TRIESTE
e-mail: ponton@units.it
- Davide LENAZ
Dipartimento di Matematica e Geoscienze
Università degli Studi di Trieste
Via Weiss 8, I-34127 TRIESTE
e-mail: lenaz@units.it