



Maurizio Ponton

DOLOMIE BITUMINOSE NELLA DOLOMIA PRINCIPALE: LA MINIERA DEL RIO RESARTICO (PREALPI GIULIE - ITALIA)

BITUMINOUS DOLOSTONES IN THE MAIN DOLOMITE: THE RIO RESARTICO MINE (JULIAN PRE-ALPS - NE ITALY)

Riassunto breve - La Miniera del Rio Resartico ha rappresentato un'importante risorsa del territorio friulano, dalla fine dell'Ottocento e per tutta la prima metà del Novecento. Viene qui proposto l'inquadramento geologico dell'area e vengono illustrate le caratteristiche geochimiche del giacimento, sfruttato per i livelli bituminosi presenti all'interno della Dolomia Principale. Vengono inoltre descritte la storia della miniera e delle esplorazioni condotte dopo cinquant'anni dalla sua chiusura.

Parole chiave: Dolomia Principale, Livelli bituminosi, Miniera del Rio Resartico, Prealpi Giulie, Triassico superiore.

Abstract - *The Rio Resartico Mine was an important resource for Friuli since the end of the nineteenth century and throughout the first half of the twentieth century. Geological as well as geochemical characteristics of the deposit - exploited for the bituminous levels which lie within the Dolomia Principale (Main Dolomite) - are proposed here. The history of the mine and the exploration carried on fifty years after its closing are also described.*

Key words: *Main Dolomite, Bituminous levels, Rio Resartico Mine, Julian Pre-Alps, Upper Triassic.*

1. Introduzione

Durante tutto il 1800 e fino a metà del '900 venne dato ovunque grande impulso alla ricerca di giacimenti di combustibili fossili. Era una ricerca volta allo sfruttamento di quelle risorse energetiche indispensabili al funzionamento di macchine a vapore e fonderie durante gli anni della seconda rivoluzione industriale. Si svilupparono così miniere di carbone ovunque affiorassero livelli carboniosi anche minimi: nelle regioni montane esse garantivano anche lavoro sul posto per intere vallate. Ciò è avvenuto anche nel nostro territorio: si veda l'epopea della Valle di Gorto in Carnia con le miniere di litantrace di Cludinico (Ovaro) entro livelli del Carnico (Triassico superiore) che diedero lavoro agli abitanti della vallata per più di cento anni e carbone per le industrie della pianura e per le locomotive a vapore (DELL'OSTE et al. 2012; RABER 1997, 2005).

Altre miniere fornivano sul posto materiali fossili quali i bitumi ricchi di materia organica utile alla produzione di idrocarburi gassosi per illuminazione e liquidi per i primi carburanti o per la chimica. Una di queste era la Miniera del Rio Resartico in Val Resia entro livelli bituminosi intercalati nella Dolomia Principale (Norico - Triassico superiore).

Questa attività estrattiva si protrasse fino alla Seconda Guerra Mondiale, ma un rinnovato interesse verso

questi giacimenti è coinciso con il culmine dello sviluppo economico legato agli idrocarburi. Così, anche se tardivamente, dagli anni '70 del secolo scorso in poi anche nelle montagne friulane si è tornati questa volta per studiare le cosiddette "rocce madri": queste rocce, con alti contenuti di sostanza organica, sono potenzialmente generatrici di idrocarburi, siano essi liquidi (petrolio) che gassosi (metano e altri gas).

Questi studi vengono spesso condotti in zone montane per poter meglio comprendere le caratteristiche e le potenzialità di tali rocce e quindi per arrivare a modellizzazioni utili per la ricerca di petrolio o gas in altre aree da quelle di origine e dove potrebbero essere migrati e concentrati nel tempo e oggi ancora intrappolati in attesa di essere estratti, come per esempio nel sottosuolo della Pianura Friulana. In montagna infatti è oggi impossibile estrarre idrocarburi in quantità economicamente utili. In passato venivano estratti per distillazione alcuni idrocarburi dalle rocce della Miniera del Rio Resartico ma in quantità che al giorno d'oggi sarebbero improponibili dal punto di vista del ritorno economico. Sui livelli bituminosi vi è stato un interesse esclusivamente conoscitivo da parte dell'industria petrolifera e in particolare dell'ENI - divisione AGIP.

La Val Resia, ubicata nel settore nord-orientale della Regione Friuli Venezia Giulia, è un'ampia valle che si sviluppa in direzione WNW-ESE fra la valle del Fiume

Fella e il confine con la Slovenia. È caratterizzata dalla presenza di due gruppi montuosi principali: all'estremo SW il gruppo del Monte Plauris e all'estremo NE il gruppo del Monte Canin, che domina imponente alla testata della valle. Il Torrente Resia raccoglie le acque di vari affluenti i principali dei quali si sviluppano in sinistra idrografica: Rio Barman, Rio Nero, Rio Resartico, Rio Serai.

La Val Resia geologicamente è caratterizzata dalla presenza di rocce dolomitiche e calcaree interessate da varie strutture tettoniche la principale delle quali è la Linea della Val Resia (SELLI 1963; FRASCARI et al. 1981), sovrascorrimento o faglia inversa a basso angolo di importanza regionale che interessa tutto il fondo valle fino alla base del Monte Canin, dove risale fino a Sella Grubia e continua in Slovenia (cfr. Linea Val Resia-Val Coritenza in PONTON 2002a).

L'area oggetto dello studio si trova nel versante meridionale della Val Resia, in prossimità della sua confluenza con la valle del Fiume Fella, sulle pendici settentrionali dei Monti Plauris e Lavara e comprende i bacini del Rio Resartico e del Rio Serai.

La presente trattazione è la sintesi di dati in parte derivanti da precedenti lavori pubblicati e in parte raccolti dall'autore in rilevamenti sul terreno dal 1996 fino al

2002 e trattati nella relazione geologica elaborata, nell'ambito di una ricerca coordinata dal Museo Friulano di Storia Naturale, per il Ente Parco Naturale delle Prealpi Giulie (PONTON 2002c) al fine di caratterizzare il sito della Miniera per una sua valorizzazione turistica, come effettivamente avvenuto negli anni successivi. Parte dei dati sono stati poi consegnati per la redazione del Foglio Geologico 1:50.000 "Gemona del Friuli" dove sono stati integrati con nuovi dati e con quelli delle zone confinanti (ZANFERRARI coord. 2013; ZANFERRARI et al. 2013).

La relazione, corredata da una carta geologica con la relativa sezione geologica, viene qui pubblicata, con alcune revisioni e integrazioni, per gentile concessione da parte dell'Amministrazione del Parco. I dati sulla Miniera sono anche il frutto di ricerche condotte dal Circolo Speleologico e Idrologico Friulano negli anni 2002-2003.

L'area è caratterizzata dallo sviluppo circa N-S dei Rii Resartico e Serai, affluenti di sinistra idrografica del Torrente Resia; esistono anche numerosi tratti idrici con direzione WNW-ESE a indicare come la morfologia sia fortemente influenzata dall'assetto tettonico. La zona è infatti interessata da varie faglie che sono anche la causa principale della produzione di materiale detritico per fratturazione delle rocce.



Fig. 1 - Panoramica da Nord dell'area studiata con lo sbocco in Val Resia delle valli del Rio Resartico e Rio Serai. Al centro in primo piano il M. Uarchèc, sullo sfondo la cima del M. Plauris; in basso a destra le rocce cataclaste lungo la Linea della Val Resia.
- Overview from North of the examined area within the embouchure of both Rio Resartico and Rio Serai in Val Resia. Mt. Uarchèc lies in the centre of the foreground. On the background lies the top of Mt. Plauris. At the bottom of the right side are the cataclastic rocks along the Val Resia Line.

I corsi d'acqua incidono profonde valli entro terreni carbonatici per lo più dolomitici in massima parte di età triassica superiore

La successione dei terreni affioranti lungo gli impluvi e alla testata delle due valli presenta una discreta esposizione a partire da quelli del Triassico superiore del fondo valle fino alle unità del Giurassico inferiore delle zone più alte (CERETTI 1965; CARULLI et al. 1998; FANTONI et al. 1998; PONTON 2008; ZANFERRARI et al. 2013).

Scopo di questo lavoro è la descrizione geologica completa dell'area attorno alla Miniera del Rio Resartico, descrizione che comprende gli aspetti geomorfologici, strutturali, stratigrafici, geochimici e minerari. Vengono qui riportati, seppure in estrema sintesi, anche i dati geochimici gentilmente forniti dall'ENI - divisione AGIP e già a suo tempo pubblicati (FANTONI et al. 1998; SCOTTI et al. 2002), utili al calcolo del potenziale petrolifero delle rocce bituminose che sono state analizzate.

2. Cenni geomorfologici

Le valli, ben incise, sono di origine fluviale e presentano notevoli depositi sciolti sia sotto forma di falde di detrito alla base delle pareti rocciose sia come conoidi



Fig. 2 - Sullo sfondo la Linea della Val Resia lungo il Rio Putto; in basso il membro del Monticello (Dolomia Principale).
- On the background lies the Val Resia Line along Rio Putto; on the foreground lies the "membro del Monticello" (Main Dolomite).

che vanno ad alimentare i depositi alluvionali. Lungo il Rio Resartico vi sono alcuni grossi blocchi dolomitici o calcarei che possono raggiungere le dimensioni di 200-250 m³, come ad esempio il cosiddetto "Sasso del Diavolo", sul quale si appoggia una delle briglie (q. 478).

I corsi d'acqua principali, pur con bacini relativamente limitati, mostrano un regime idrico costante anche in periodi prolungati di assenza di precipitazioni, considerando anche la presenza degli impianti di captazione nella parte medio-alta della valle del Rio Resartico. In regime di piena essi hanno una capacità di trasporto imponente come testimoniato dal volume dei depositi alluvionali delle piene di alcuni anni fa ora in parte erosi dalle acque degli stessi rii. Per la regimazione delle piene del Rio furono in passato costruite varie briglie che sono state di recente rinforzate. L'alta capacità erosiva e di trasporto solido del Rio richiede del resto continui lavori di manutenzione sia delle briglie sia della strada che risale la valle fino alle prese d'acqua a q. 580.

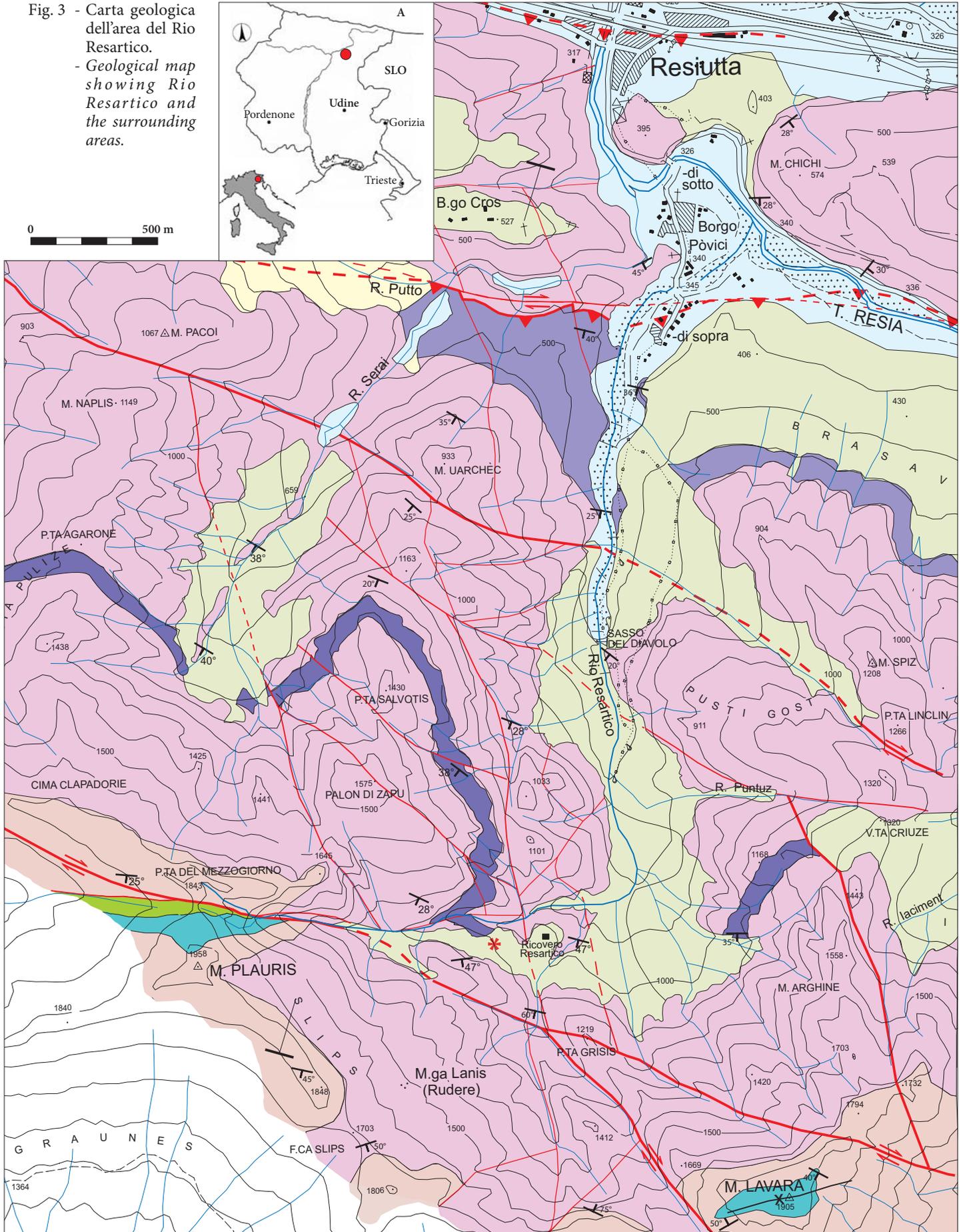
Da Borgo Povici, frazione in sinistra idrografica del Torrente Resia, ubicata subito a Sud di Resiutta, si possono facilmente risalire sia il Rio Resartico che il Rio Serai e raggiungere così le testate delle due valli caratterizzate da un severo ambiente montano chiuso verso Sud da alte pareti rocciose che fanno capo per il Rio Resartico al Monte Lavara (m 1906) e per il Rio Serai al Monte Plauris (m 1958), cima principale del gruppo montuoso. Le valli sono serrate ai fianchi da lunghi costoni digradanti verso Nord: Costa Pulize-Punta Agarone; Punta Salvotis-Monte Uarchè; Monte Arghine-Monte Spiz (Fig. 1).

3. Tettonica

Dal punto di vista strutturale questa porzione delle Prealpi Giulie è caratterizzata da alcune strutture tettoniche di importanza regionale, da una fitta rete di faglie trascorrenti e dalla conseguente intensa fratturazione che va a costituire delle vere e proprie fasce cataclastiche specie in vicinanza di faglie. Un elemento strutturale importante dell'area è la Linea della Val Resia (FRASCARI et al. 1981) o Linea Val Resia-Val Coritenza (MERLINI et al. 2002; PONTON 2002a, 2002c, 2010, 2011; GALADINI et al. 2005)⁽¹⁾. È un sovrascorrimento il cui piano, ad andamento circa E-W, immerge verso S con angoli d'inclinazione compresi fra i 20° e i 40°. Esso corre lungo tutta la Val Resia essenzialmente sul fondo valle o in sinistra idrografica come presso Borgo Povici dove,

1) Nel Foglio geologico "Gemona del Friuli" (ZANFERRARI coord. 2013; ZANFERRARI et al. 2013) per questo settore viene indicata unicamente, sulla base delle geometrie della zona di faglia, degli indicatori cinematici e della tipologia delle rocce di faglia descritte nelle note illustrative, una faglia trascorrente destra (indicata come Faglia Resiutta-Ponte Avons, appartenente al sistema Idrija-Ampezzo).

Fig. 3 - Carta geologica dell'area del Rio Resartico.
 - Geological map showing Rio Resartico and the surrounding areas.



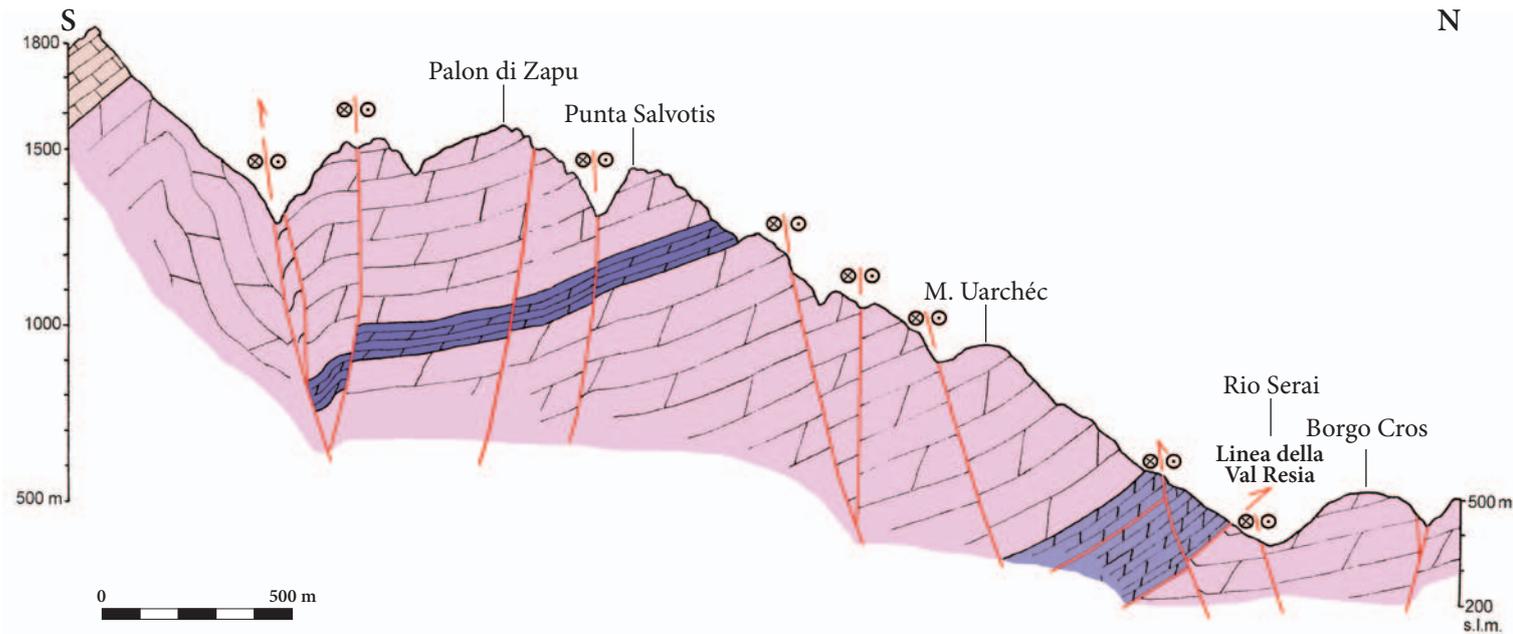


Fig. 4 - Sezione geologica del versante Nord del Monte Plauris; la legenda (sotto) vale anche per la carta geologica (Fig. 3) e le sezioni stratigrafiche (Fig. 5).

- Geological section of the northern flank of Mt. Plauris. The legend below refers to both the geological map (Fig. 3) and the stratigraphic sections (Fig. 5).



verso W prosegue lungo il basso Rio Serai e lungo il Rio Putto (Fig. 2). Raddoppia la successione del Triassico superiore, utilizzando come livelli di scorrimento le peliti, i gessi e le dolomie del Carnico (Formazione di Travenanzes): poco più a Est, ampie fasce di rocce di faglia intessano queste litologie, in particolare le dolomie; in zona mette a contatto il membro del Monticello al tetto della faglia, con la parte alta della Dolomia Principale al letto. Il sovrascorrimento è accompagnato da una fascia cataclastica di dolomie, potente alcune decine di metri, molto evidente e che caratterizza la zona. È il risultato del movimento lungo il piano a basso angolo di sovrascorrimento sommato all'attivazione di una fascia di taglio con movimento trascorrente destro.

In zona esistono, infatti, numerose ed evidenti faglie subverticali trascorrenti, con movimento destro e con direzioni WNW-ESE, NW-SE e NNW-SSE, altre meno frequenti con movimento sinistro e con direzione NNE-SSW. Esse interessano tutta la massa carbonatica e morfologicamente sono evidenziate da profondi canali e marcate forcelle lungo i crinali. Costituiscono un fitto reticolo che suddivide la massa rocciosa in numerosi blocchi in movimento relativo fra loro: sono faglie attivate nel passato e, attualmente, potenzialmente attive. L'attività sismica recente della zona è dovuta in gran parte al movimento di segmenti di strutture profonde che interessano l'area delle Prealpi Giulie.

Il sistema pervasivo di faglie trascorrenti è associato all'attività recente (dal Messiniano all'Attuale) della Faglia di Idria che dalla Valle dell'Isonzo continua nella Val Resia ritagliando le precedenti strutture tettoniche (PONTON 2010, 2015; POLI & ZANFERRARI 2011; ZANFERRARI coord. 2013; ZANFERRARI et al. 2013).

Nella carta geologica (Fig. 3) con annessa sezione geologica (Fig. 4) sono evidenziate le principali strutture tettoniche e il loro movimento all'interno della massa rocciosa, dedotto dal tipo di deformazioni e da alcuni indicatori cinematici, quali strie e scalini osservabili in corrispondenza delle strutture stesse.

In generale si può dire che l'area oggetto di studio è caratterizzata da un assetto monoclinale immergente verso Sud, tagliato da un fitto sistema di faglie trascorrenti destre. Il settore meridionale evidenzia un sistema di piani di faglia verticali trascorrenti e una piega anticlinale molto accentuata in corrispondenza della cresta del Monte Plauris⁽²⁾, mentre il Monte Lavara presenta una doppia piega a "chevron". In questo contesto tale situazione è determinata da un importante taglio destro con componente compressiva che ha agito su un sistema a sovrascorrimenti e macropieghe preesistenti o in fase di evoluzione, legate a prevalente compressione.

4. Unità litostratigrafiche

La successione stratigrafica affiorante nell'area dei Rii Resartico e Serai è costituita in gran parte da Dolomia Principale e Calcarea del Dachstein del Triassico superiore. La parte inferiore della successione (passaggio stratigrafico fra le dolomie cariate della Formazione di Travenanzes, ex Formazione di Raibl, e la Dolomia Principale), assente nella sezione del Rio Resartico per elisione tettonica lungo la Linea della Val Resia, affiora invece poco più a oriente, in corrispondenza del Rio Barman presso l'abitato di Lischiazze, ove la Linea della Val Resia intercetta termini stratigrafici più bassi (Fig. 5).

4.1 Dolomia Principale

Questa formazione è costituita da una successione dolomitica con uno spessore complessivo che in queste zone delle Prealpi è di oltre 1900 m di piattaforma carbonatica prevalentemente peritidale ma caratterizzata anche da episodi subtidali anche prolungati di rampa carbonatica e di laguna a circolazione ristretta e anossica che verranno descritti in dettaglio più avanti.

Possiamo distinguere infatti una prima successione grigio scura con facies di ambiente subtidale di circa 300 m seguita da una peritidale potente fino a 800 m cui seguono facies prevalentemente subtidali per 70-114 m con alternanze di dolomie chiare, dolomie laminate e "scisti bituminosi" ricchissimi in materia organica, infine fino ad altri 800 m circa di dolomie in facies peritidale (Fig. 5).

Si profila quindi una ripartizione della formazione in più parti come in passato segnalato in altre aree delle Alpi Meridionali (BOSELLINI & HARDIE 1988; BERRA et al. 2007) e secondo lo schema proposto in MASETTI et al. (2013), dove vengono distinti, al suo interno, due membri oltre alle normali sequenze peritidali.

Più di ogni altra questa formazione caratterizza litologicamente e morfologicamente il paesaggio di vaste aree delle Prealpi Friulane e delle Alpi Giulie occidentali.

In zona costituisce l'ossatura principale del gruppo Monte Plauris-Monte Lavara compresi i lunghi costoni digradanti dalle cime principali verso Nord.

4.1.1 Membro del Monticello

Prende il nome dal Monte Monticello nella vicina Val d'Aupa (CARULLI et al. 1987) ed è costituito da una successione di dolomie e marne, compresa tra le dolomie cariate della Formazione di Travenanzes (Carnico) alla base e la dolomia chiara del membro peritidale della Dolomia Principale al tetto. Nel vicino Rio Barman l'unità affiora molto tettonizzata con uno spessore di circa 300 m mentre nella sezione del Rio Resartico, sopra il piano di sovrascorrimento, la stessa unità, in parte elisa per tettonica, presenta gli ultimi 117 m.

Questa unità è stata di recente incorporata nella Dolomia Principale come membro basale; precedentemente era classificata con rango di formazione come proposto da CARULLI et al. (1987, 1998) che ne studiarono analiticamente le caratteristiche. Sequenze simili affiorano ovunque in regione, sia alla base della Dolomia Principale che alla base della Dolomia di Forni (CARULLI et al. 1994; CARULLI et al. 1997; FANTONI et al. 1998; CARULLI et al. 1998, 2000; PONTON 2000a, 2000b, 2001, 2002b). Nelle Alpi e Prealpi Giulie, compresa la Val Resia, l'unità corrisponde anche a:

- Calcari marnosi dolomitici e dolomie cariate (Dolomia marnosa) p.p. di GORTANI & DESIO (1925);
- Calcari marnosi dolomitici grigio bruni o neri, dolomie bianche friabili, dolomie chiare cariate in GORTANI & DESIO (1927);
- Dolomia scura bituminosa di CERETTI (1965);
- Dolomia scura di CERETTI (1965) in carta;
- Dolomia raibliana nelle sezioni geologiche di CERETTI (1965);
- Unità Aupa di PISA (1974);
- Unità Dogna di JADOUL & NICORA (1979).

Il membro è costituito da cicli asimmetrici tendenti ad inspessirsi verso l'alto (*thickening-upward*) potenti da 120-150 cm fino a 7-8 m (Fig. 6). Si possono descrivere due tipologie principali di cicli. Il primo tipo è costituito, dal basso verso l'alto, da: alternanze di marne e dolomicriti nere a lamine parallele dovute a decantazione di fanghi e ricche in materia organica; dolomicriti massicce scure, in strati di spessore decimetrico; dolomie stromatolitiche scure a lamine piano-parallele e/o crenulate in strati dello spessore di 20-30 cm, che rappresentano

2) Nel Foglio geologico "Gemona del Friuli" (ZANFERRARI coord. 2013; ZANFERRARI et al. 2013) il settore sommitale del Monte Plauris viene, sulla base delle geometrie e delle rocce di faglia, indicato come un lembo di ricoprimento.

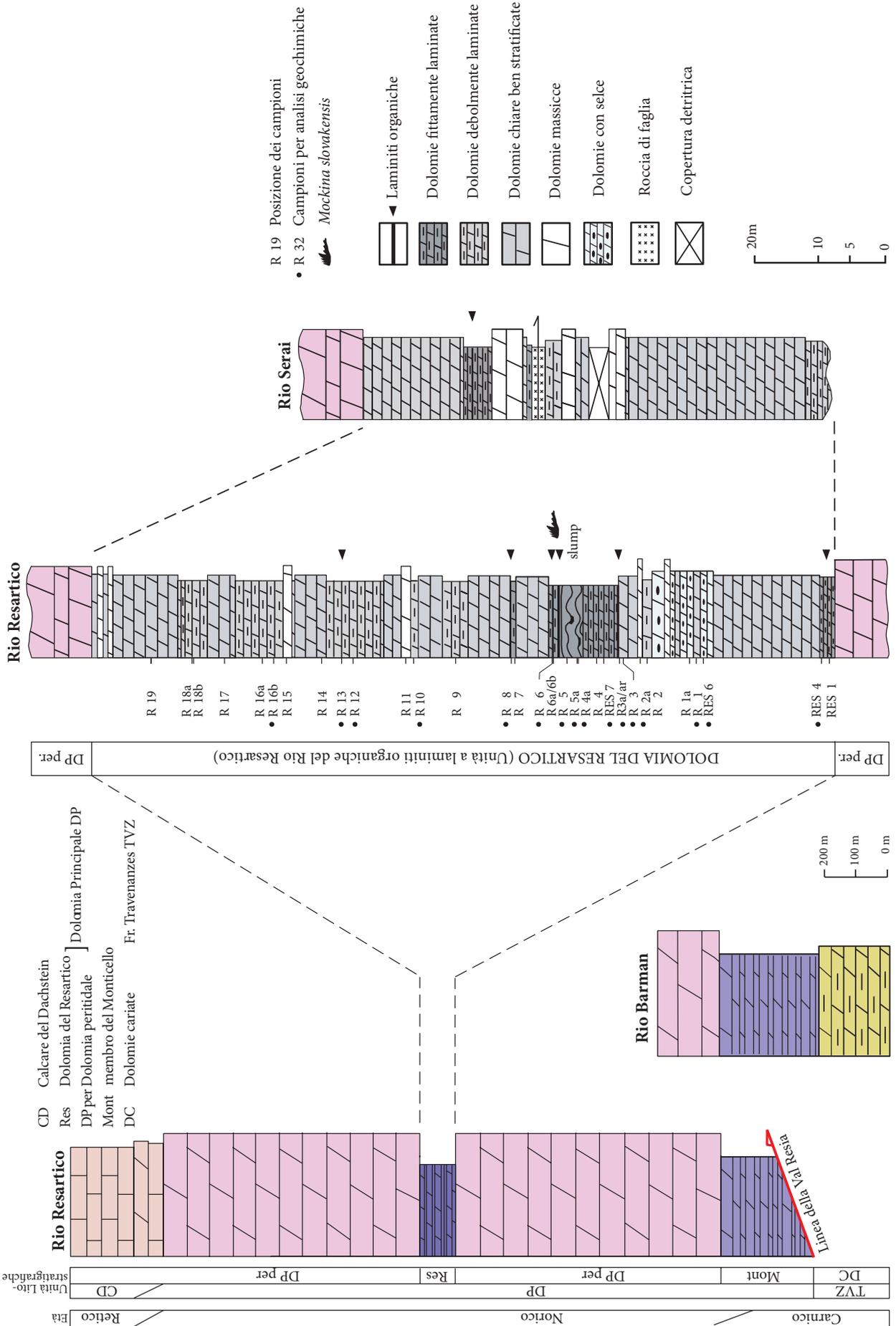


Fig. 5 - Successioni stratigrafiche sintetiche (a sinistra) e di dettaglio (a destra) dell'area studiata (da SCORTI et al. 2002, mod.).
 - Synthetic (on the left) and detailed (on the right) stratigraphic successions of the studied area (from SCORTI et al. 2002, mod.).

il tetto del ciclo in questione, riconducibili all'azione di intrappolamento del fango da parte di mucillagini ciano-batteriche. Un secondo tipo di ciclo, visibile nella parte medio-superiore dell'unità, è caratterizzato da: dolomie laminare con esili interstrati marnosi; dolomicriti massicce scure; doloareniti a lamine di colore chiaro, dovute a correnti trattive che denotano un progressivo aumento dell'energia dell'ambiente di sedimentazione.

L'organizzazione verticale delle facies all'interno delle singole sequenze suggerisce una loro evoluzione via via da un mare poco profondo di ambiente di rampa carbonatica e prevalentemente in condizioni subtidali (al di sotto del livello minimo di marea) poco ossigenate fino (*shallowing*) all'instaurazione delle condizioni peritidali (cioè condizionate dalle maree) più tipiche del membro sovrastante. Esistono variazioni locali rappresentate o da facies di laguna ristretta, cioè più chiusa, con faune oligotipiche cioè povere di varietà, ad ostracodi e buona preservazione della materia organica. In generale su tutta la successione si osserva una riduzione della frazione terrigena argillosa rispetto alle dolomie cariate e ai primi metri basali.

Nella parte inferiore dell'unità nella vicina Val d'Aupa sono stati ritrovati pollini che ne consentono una attribuzione al Carnico superiore, mentre il tetto è datato al Norico (CARULLI et al. 1997; ROGHI & DALLA VECCHIA

1997; CARULLI et al. 1998). All'interno dei livelli più scuri sono stati rinvenuti frammenti di vegetali con una straordinaria conservazione come nel Rio Serai. Si tratta di coniferali che rientrano nell'accezione più ampia del genere *Voltzia* (com. pers. di L. Simonetto).

Caratteristiche naftogeniche. Nel Rio Resartico, al tetto della Linea della Val Resia, ove affiora la parte superiore della formazione, sono stati raccolti alcuni campioni.

I dati analitici descrivono le proprietà naftogeniche dei vari litotipi che caratterizzano l'unità (Tab. I) e forniscono informazioni sulla quantità/qualità della materia organica (o meglio del suo prodotto di diagenesi denominato kerogene) contenuta nelle rocce e sul suo grado di maturazione termica.

Il litotipo prevalente è costituito da dolomie chiare sterili di materia organica (DC), però non mancano livelli di dolomie scure (DS) e nere (DN), dolomie argillose scure (DAS) con contenuti anche notevoli di materia organica, che in virtù di un ambiente di sedimentazione anossico (cioè con scarsa presenza di ossigeno) ha dato origine ad un kerogene di buona/ottima qualità. Purtroppo l'incidenza percentuale di tali livelli sullo spessore totale dell'unità è scarsa, quindi come roccia madre utile per la generazione di idrocarburi in quantità discrete, il membro del Monticello non risulta particolarmente interessante (SCOTTI & FANTONI 2000a).



Fig. 6 - Cicli nel Membro del Monticello nel basso Rio Resartico.
- Cycles in "Membro del Monticello" along the lower course of Rio Resartico.

Nel Rio Resartico, nei pressi della briglia più a valle, si possono notare alcuni saggi di scavo effettuati per la ricerca di livelli bituminosi. A detta di alcuni abitanti della zona pare che anche da questa unità si estraesse in passato del materiale utile per l'utilizzo come combustibile.

I valori di Tmax (media pari a 427 °C) e quelli di TAI (1,6) indicano che il kerogene possiede un basso livello di maturità, simile a quello osservato per la soprastante

unità a laminiti organiche del Rio Resartico. Per il significato dei vari parametri e sulle procedure analitiche si veda in Appendice.

4.1.2 Successioni peritidali della Dolomia Principale

Al di sopra del membro del Monticello seguono generalmente le facies più tipiche della Dolomia Principale, note in tutte le Alpi Meridionali. Il passaggio è convenzionalmente fissato alla scomparsa delle dolomie

Campione	Litofacies	MINERALOGIA						TOC	S1	S2	S3	HI	OI	Tmax	PI	AOM	MPH	CHF	CWF	TAI	FLU	Ro%
		Q	Kf	P	Ca	Do	AM															
AV/F01	DC	0	0	0	0	98	2	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AV/F02	DC	0	0	1	1	96	2	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AV/F04	DCL	0	0	1	0	97	2	0,38	0,11	2,00	N.D.	526	N.D.	426	0,05	80	0	15	5	1,7	Y	V.A.
AV/F05	DASL	0	1	1	0	87	11	0,98	0,22	4,90	N.D.	500	N.D.	429	0,04	-	-	-	-	-	-	-
AV/F06	DS	0	0	1	0	97	2	18,95	6,00	85,70	N.D.	452	N.D.	425	0,07	-	-	-	-	-	-	-
AV/F07	DS	0	1	1	0	96	2	1,36	0,34	6,73	N.D.	495	N.D.	428	0,05	-	-	-	-	-	-	-
AV/F10	DC	0	0	0	0	98	2	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AV/F11	DAS	0	0	0	0	90	10	2,87	0,50	18,53	N.D.	646	N.D.	431	0,03	70	0	5	25	1,5	Y	V.A.
AV/F13	DAC	0	0	0	0	84	16	0,28	0,13	0,33	N.D.	118	N.D.	416	0,28	-	-	-	-	-	-	-
AV/F14	LOA	0	3	0	0	12	85	12,39	1,68	57,90	N.D.	467	N.D.	422	0,03	-	-	-	-	-	-	-

Tab. I - Dati geochemici del membro del Monticello nella, Valle del Rio Resartico. (Per la legenda si veda Tab. II; da SCOTTI & FANTONI 2000).

- Geochemical data from the "membro del Monticello" in the Rio Resartico Valley. (As to the legend, see Tab. II; from SCOTTI & FANTONI 2000).

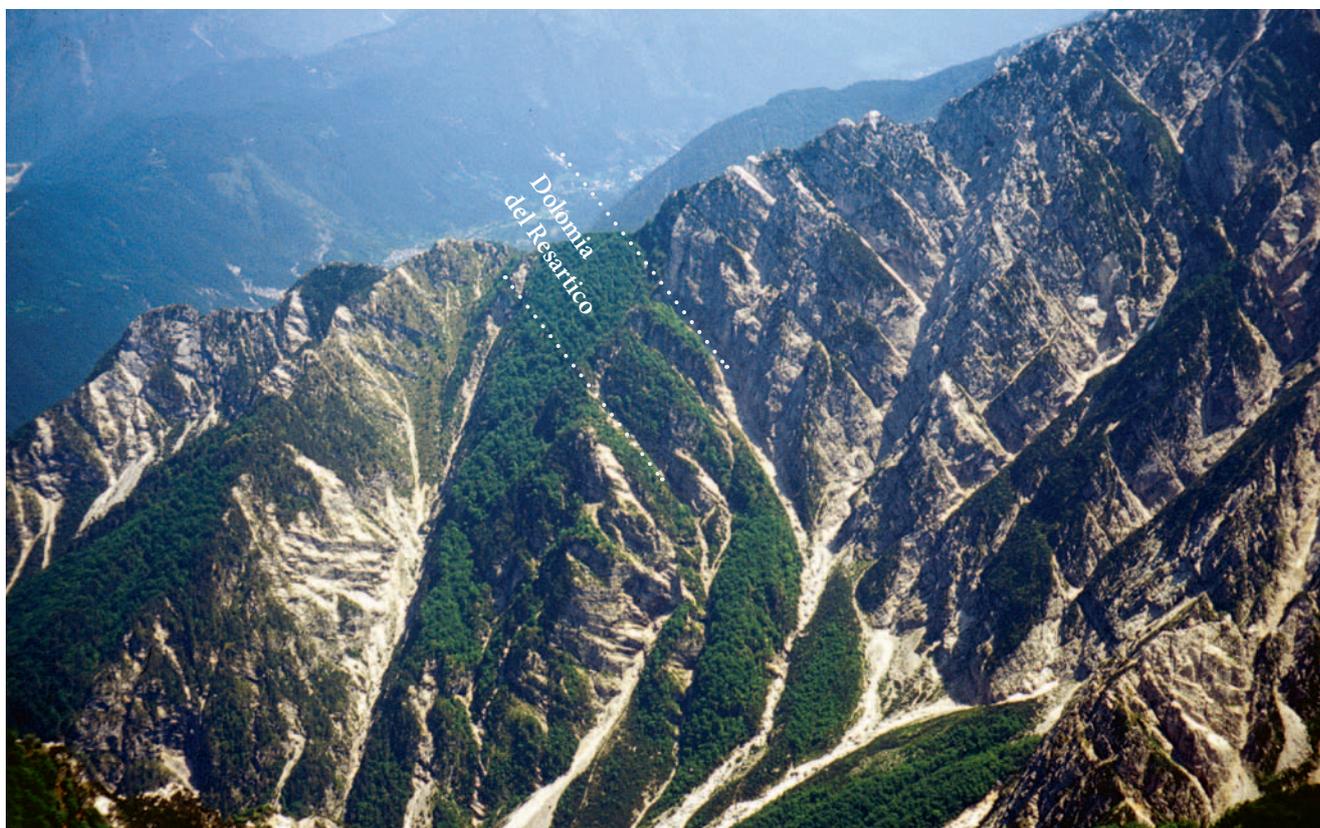


Fig. 7 - Versante destro dell'alta Valle del Rio Resartico. Al centro le dolomie scure con l'intercalazione delle laminiti organiche entro le dolomie prevalentemente peritidali della Dolomia Principale.

- The right flank of the higher part of the Rio Resartico Valley. In the middle, there are dark dolostones with organic laminites intercalation within the mainly peritidal dolostones of Dolomia Principale (Main Dolomite).

scure laminate del Membro del Monticello e all'inizio di banchi dolomitici chiari, potenti da 1 a 5 m. I banchi sono costituiti da cicli esclusivamente peritidali, formati cioè in vaste piattaforme carbonatiche dominate da acque basse ossigenate, profonde da 0 a circa 10 m e regolate da maree. Un ciclo peritidale completo è costituito alla base da breccie cui seguono dolomie compatte e a tetto livelletti millimetrici o centimetrici di stromatoliti o meglio di microbialiti molto evidenti. Sono frequenti anche facies inter-sopratidali, cioè regolate dalla bassa-alta marea ma con frequenti strutture di disseccamento. Questa sequenza, che precede la Dolomia del Resartico, è potente circa 800 m.

Queste facies si ripresentano con le stesse caratteristiche anche al di sopra dell'orizzonte scuro della Dolomia del Resartico a costituire l'ultima successione peritidale della Dolomia Principale, potente circa 800 m. Questa situazione è peculiare di questa zona delle Prealpi Giulie e nelle Prealpi Carniche mentre altrove si trovano facies peritidali continue.

4.1.3 Membro della Dolomia del Resartico. L'unità a laminiti organiche del Rio Resartico

Alla testata della valle del Rio Resartico, nella porzione intermedia della Dolomia Principale, sono presenti 114 m di alternanze di dolomie chiare, dolomie scure e livelli ricchissimi in materia organica (*oil shale*) (Fig. 5). La

stratificazione è molto fitta (1-10 cm) quando si è in presenza di lamine millimetriche ad alto contenuto in materia organica fino a giungere a 20 cm nelle dolomie chiare che sono prive di strutture sedimentarie o che possono presentare noduli di selce. A circa 40 m dalla base è presente uno *slump* entro le dolomie laminate scure in corrispondenza delle gallerie di coltivazione della miniera (Fig. 10).

Questa successione offre buone condizioni di affioramento lungo l'incisione principale, in sinistra idrografica, tra quota 930 e quota 1040 s.l.m. e può essere assunta come successione tipo, cioè caratteristica di questo membro e dell'unità anossica al suo interno.

Alla testata del Rio Serai affiora lo stesso orizzonte che quindi risulta continuo lungo le falde di Punta Salvotis. Qui però si presenta con spessori totali di circa 70 m (Fig. 5), quindi decisamente inferiori e con intercalazioni bituminose molto più ridotte rispetto alla Miniera del Rio Resartico (Figg. 13 e 14).

Anche nel Rio Nero, parallelo al Resartico ma posto più ad Est, si rinviene una successione simile e un limitato orizzonte di dolomie scure, prosecuzione orientale della stessa unità che ragionevolmente e geometricamente passerebbe sotto i grandi depositi detritici delle falde settentrionali del Monte Lavara, subito a Sud di vetta Criuze e lungo il Rio Iaciment. Questa unità litostratigrafica è presente quasi ovunque nelle



Fig. 8 - Grande masso con megalodontidi nell'alveo del Rio Resartico.
- A large boulder with megalodontids in the Rio Resartico watercourse.



Fig. 9 - Dolomie chiare e scure alla base della Dolomia del Resartico.
- Light and dark dolostones at the the base of the Resartico Dolomite.



Fig. 10 - Parte centrale della successione, sede del livello a laminiti organiche sfruttato dalla miniera. Si osservino le pieghe dello slump.
- The central part of the succession, with the organic laminites exploited by the mine. The large slump is easily visible.

Prealpi Giulie e Carniche con caratteristiche variabili. Nella zona in oggetto è un orizzonte ben distinguibile all'interno della Dolomia Principale per cui in origine era stato proposto (FANTONI et al. 1998; SCOTTI et al. 2002) il termine informale di "unità a laminiti organiche del Rio Resartico" per tutta la successione di dolomie scure.

Nel recente Foglio Geologico 049 "Gemona del Friuli" (ZANFERRARI coord. 2013) viene proposto il termine formalmente più corretto di Dolomia del Resartico come membro intermedio della Dolomia Principale per tutta la successione di dolomicriti grigie e brunastre più o meno scure con spessori variabili e con, all'interno, l'unità a laminiti organiche del Rio Resartico, un orizzonte particolarmente più ricco di materia organica che però ha uno sviluppo lenticolare, in certi casi può infatti scomparire.

Anche il membro nel suo insieme, presente nelle Prealpi Giulie e Carniche, ha caratteristiche discontinue lateralmente in quanto varia sia come spessore totale (25-400 m) che, come detto, per il contenuto in orizzonti ricchi di materia organica. Questi ultimi (definibili come lenti ad *oil shale*) corrispondono

alle cosiddette lenti di *boghead* citate e cartografate da GORTANI & DESIO (1927) e da CERETTI (1965). Come lenti di *boghead* sono segnalati in letteratura altri affioramenti simili entro la Dolomia Principale, presenti nelle Prealpi Carniche e Giulie. Sul versante meridionale della catena dei Monte Musi erano già in passato segnalati da MARINELLI (1894) altri livelli di "scisti bituminosi". Successivamente FERUGLIO (1925a) parlando, nella stessa zona, di *intercalazioni di dolomie scure o nerastre bituminose racchiudenti sottili letti o lenti di scisti bituminosi di boghead* (depositi ad elevato contenuto in materia organica sapropelizzata, di probabile origine algale, n.d.a.) li collocava almeno 650 m sopra la base della Dolomia Principale, in posizione stratigrafica analoga a quella del Rio Resartico. Si possono infatti ritrovare di tali orizzonti nel versante meridionale dei Monti Musi come nel Rio Zeleni, nel Rio Miniera, presso Casera Navis e in fondo alla gola del Torrente Venzonassa.

Lo stesso MARINELLI (1894) segnala altri livelli anche più a Sud, presso Pradielis, cartografati come rdm - Carnico - Dolomie friabili ("Dolomia Marnosa") nel foglio geologico Udine (FERUGLIO 1925b, 1929).



Fig. 11 - Dolomie scure laminare nella porzione centrale della successione.
- Dark laminated dolostones in the central part of the succession.

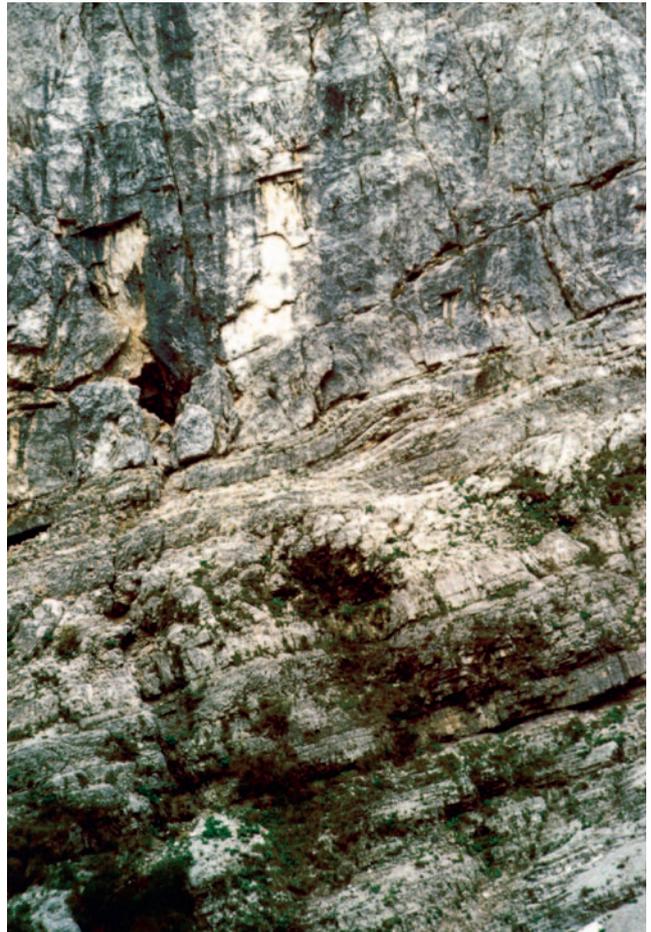


Fig. 12 - Affioramento della parte alta della successione studiata (alta Valle del Rio Resartico).
- The upper part of the examined sequence (higher part of the Rio Resartico Valley).

Anche in destra Tagliamento (Prealpi Tramontine e Val d'Arzino) sono presenti analoghi orizzonti, potenti anche centinaia di metri e con rari orizzonti bituminosi, intercalati all'interno della Dolomia Principale ma che presentano caratteristiche diverse legate essenzialmente alla maggiore diluizione della materia organica nella frazione carbonatica (CARULLI et al. 2000). Tutti questi livelli sono stati oggetto di recente di vari studi e pubblicazioni (FANTONI et al. 1998; SCOTTI et al. 2002; PONTON 2008).

Nei livelli bituminosi all'interno dell'unità, sono stati rinvenuti sporadici e frammentari resti di ittiofaune, in particolare denti, di pesci durofagi (cfr. *Paralepidodus*), scaglie appartenenti probabilmente a piccoli Pholdophoridae e a *Colobodus*. A *Saurichtys* (o ad altro predatore) potrebbero appartenere alcuni denti appuntiti. Questa fauna è tipica del Triassico superiore dell'area alpina centro-orientale.

Dal punto di vista cronostratigrafico è stato fondamentale il ritrovamento a metà successione di un'associazione esclusiva a *Mockina slovakensis* (KOZUR), conodont che data esattamente il livello al Sevatiano 1 del Norico superiore (RIGO et al. 2007).



Fig. 13 - Dolomie scure fittamente laminare della successione del Rio Serai.
- Dark, thickly laminated dolostones in the Rio Serai succession.

4.2 Calcare del Dachstein

Sopra alla Dolomia Principale segue una zona di transizione costituita da circa 100 m di alternanze di calcari e dolomie organizzati in cicli peritidali costituenti il membro inferiore del Calcare del Dachstein.

Seguono calcari micritici chiari a *Megalodon* in banchi di spessore metrico, a facies peritidale simile a quella della Dolomia Principale, ma con prevalenza della porzione subtidale e anche con frequenti fenomeni paleocarsici a tetto ciclo. Questi calcari corrisponderebbero al membro superiore del Calcare del Dachstein e sono osservabili sulla cresta del Monte Plauris e del Monte Lavara. Nel letto dei rii si rinvencono vari blocchi spesso ricchi di megalodontidi come quello ubicato nel Rio Resartico a q. 590 (Fig. 8) alla fine della strada di servizio e da dove prosegue il sentiero n. 702 per la miniera attraversando il rio (Fig 5).

La formazione affiora ampiamente nelle Alpi e Prealpi Giulie ed anche sul Monte Amariana e parzialmente nelle Prealpi Carniche (CIARAPICA & PASSERI 1990; COZZI 2000; PONTON 2008, 2011). È tradizionalmente attribuita al Retico per la presenza del foraminifero



Fig. 14 - Affioramento dell'unità a laminiti organiche nella Valle del Rio Serai.
- Outcrop of the organic laminite unity along Rio Serai Valley.

Triasina hantkeni (MAJZON) e del bivalve *Dimyodon intusstriatus* (EMMRICH). L'unità è caratteristica per la sua carsificabilità e quindi per la presenza di importanti fenomeni carsici epigei ed ipogei.

4.3 Calcari Grigi - Formazione del Monte Zugna

La successione prosegue a tetto con calcari prima micritici e poi oolitici del Giurassico inferiore. Essi rappresentano l'ultima testimonianza di esistenza di una piattaforma carbonatica di mare basso in queste zone prima che essa sprofondasse e venisse ricoperta da sedimenti di mare profondo. L'unità affiora sulla cima del Monte Lavara e sulle pendici settentrionali del Monte Plauris nello stretto canale che scende in direzione Est confluendo nell'alto Rio Resartico. Formalmente il termine tradizionale di formazione dei Calcari Grigi del Friuli (BOSELLINI & SARTI 1978) è stato di recente sostituito con Formazione di Monte Zugna e il termine Calcari Grigi innalzato a rango di gruppo, uniformandosi alla classificazione operata in Trentino (AVANZINI et al. 2007; MASETTI et al. 2013).

4.4 Unità bacinali del Giurassico

Nel canale che scende ad Est del Monte Plauris si possono osservare, in alto, serrate e dislocate dalla faglia transpressiva prima descritta, delle rocce fittamente stratificate grigie e rossastre. Per analogia con quanto si può più facilmente osservare nella vicina Val Lavaruzza esse potrebbero corrispondere ai calcari selciferi, ai calcari a crinoidi, ai calcari oolitici del Giurassico riconducibili alla Formazione di Soverzene, all'Encrinite di Fanes Piccola (ex encrinite del Monte Verzegnis), al Calcare del Vajont, alla Formazione di Fonzo e al Rosso Ammonitico superiore (PONTON 2008; MASETTI et al. 2013). Sono tutte unità bacinali, deposte in ambiente profondo successivamente allo sprofondamento della piattaforma carbonatica.

5. Caratteristiche delle dolomie bituminose

5.1 Coltivazione

PIRONA, nel 1861, fece le prime osservazioni su tali depositi segnalati da un tal Perissutti, il quale in seguito ne iniziò lo sfruttamento. I primi studi di TARAMELLI furono pubblicati nel 1867 sul Giornale di Udine, e poi, più completi, nel 1877 con un inquadramento geologico e con le prime analisi chimiche dei cosiddetti "piroschisti bituminosi".

Negli anni successivi, si sviluppò l'attività estrattiva fra l'alto Rio Resartico e Punta Salvotis e in parte anche nel vicino Rio Serai su iniziativa di varie società, anche straniere, che si susseguirono nel tempo. Agli

inizi il materiale veniva distillato per ricavarne gas per l'illuminazione cittadina (compresa quella di Udine). MARINONI nel 1881 infatti scriveva: "I lavori di coltivazione della miniera sono già sviluppati sufficientemente, impiegando 15 operai e 10 manovali, con un salario medio giornaliero di lire 2.25 al giorno, i quali lavorano nelle gallerie pressoché 240 giorni dell'anno. Il piroscisto costa ancora in oggi lire 100 alla tonnellata, caricato in stazione a Resiutta; ma in onta al suo prezzo davvero troppo elevato in confronto anche di quello dei carboni fossili esteri, comincia ad essere esportato ed utilizzato nella carburazione del gaz illuminante e per la estrazione di olii densi minerali, essendosene ormai valutata la qualità produttiva superiore sotto ogni riguardo".

Visto però l'alto contenuto in vapori solfidrici corrosivi per le tubature, si passò alla produzione di olii minerali a varia densità, ittiolo ed anche di ictiobenzina, quest'ultima utile alla produzione di un tipo di carburante, il benzene, peraltro di scarsa qualità e dai costi piuttosto elevati.

COSSETTINI nel 1925 descrive la storia dell'attività estrattiva e caratterizza il materiale bituminoso contenuto nel livello scistoso come segue dal basso verso l'alto: I. Boghead; II. Scisto povero; III. Scisto grasso; IV. Dolomia bituminosa. La quantità di materiale estraibile veniva calcolata intorno alle 500.000 tonnellate. L'attività estrattiva nel Novecento passa attraverso momenti alterni di abbandono e di forte ripresa. Nel 1942 erano ancora impiegati 227 operai e la produzione raggiunse le 42.852 tonnellate annue di materiale estratto. Nel 1943, perdurando gli eventi bellici, la miniera, assieme ai nuovi stabilimenti di distillazione situati a valle presso Resiutta, venne definitivamente chiusa.

5.2 Litofacies

Per la sua caratterizzazione sia sedimentologica che naftogenica, la successione è stata suddivisa in litofacies: dolomie chiare corrispondenti a litologie carbonatiche quasi pure (DC); dolomie chiare laminate (DCL); dolomie scure, debolmente argillose (DSL-DASL); dolomie argillose nere laminate (DANL); argilliti scure (AS); laminiti organiche - *oil shale* - marnoso-argillose ricche in materia organica (LOA-LOM) e combinazioni varie delle precedenti. L'unità a laminiti organiche del Resartico è un insieme di litofacies dove la prevalenza è in quelle con alti contenuti di materia organica (Tab. II).

Le dolomie chiare sono costituite da strati centimetrico-decimetrici di dolomie quasi pure, con tenore di frazione terrigena fine, essenzialmente argillosa, inferiore al 5%. La materia organica è presente in tenori molto bassi (TOC minore di 0.25%).

Costituiscono circa il 25% dell'unità, sono prevalenti nella porzione basale e sommitale della serie.

Le dolomie scure, caratterizzate da argillosità diffusa, non costituiscono mai singoli strati ma compaiono

spesso come frazione carbonatica delle dolomie laminate. Il contenuto di materia organica è superiore a quello della litofacies precedente.

Le laminiti organiche s.s. - *oil shale* - sono intercalate ai litotipi precedenti come livelli centimetrici o semplici lamine millimetriche. Sono costituite da argilliti/marne ricche in materia organica. I livelli più ricchi in materia organica sono concentrati nella prima metà dell'unità.

Le dolomie laminate (Figg. 15 e 16) sono il risultato della combinazione, all'interno dello strato ed in proporzione variabile, delle tre litofacies precedentemente trattate (dolomie chiare, dolomie scure e laminiti organiche).

Le singole lamine hanno spessore millimetrico; la frequenza di laminazione all'interno delle dolomie è estremamente variabile, da molto blanda a molto fitta, fino a costituire dei livelli quasi esclusivamente organici,



Fig. 15 - Dolomie laminate nel Rio Resartico.
- *Laminated dolostones in Rio Resartico.*

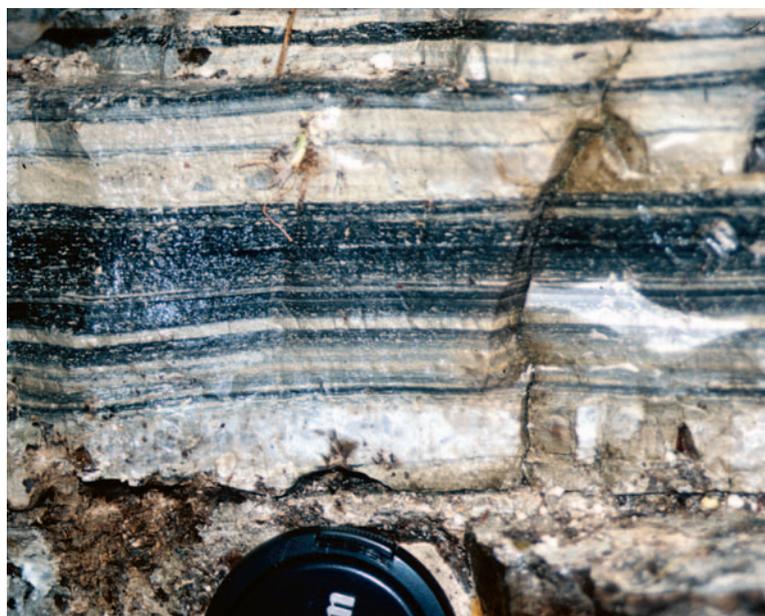


Fig. 16 - Particolare della Fig. 15: le laminazioni millimetriche ricche di materia organica.
- *Detail of Fig. 15: the millimetric laminations, rich in organic matter.*

descrizione dei campioni	campione	MINERALOGIA				TOC	PIROLISI ROCK-EVAL				ANALISI OTTICA DEL KEROGENE							
		Q	Kf	P	Ca		Do	A+M	HI	SI	S2	Tmax	AOM	MPH	CHF	CWF	Ro%	TAI
DC - dolomia chiara	R 19					95	5			0.02								
DC - dolomia nocciola	RES 6	2				97	1			0.20		425	0,06	0.9	426			
DC - dolomia bruno chiaro	R 1					97	3			0.27		415	0,10	1.1	431			
DC - dolomia grigio nocciola debolmente laminata (Fig. 17)	R 16B					97	3			0.19		395	0,06	0.7	427			
DC - dolomia bruno chiaro debolmente laminata	R 16A					98	2			0.33		394		1.3	430			
DC - dolomia bruno chiaro debolmente laminata	R 9					94	6			0.50		412		2.1	435			
DCL - dolomia bruno chiaro con bordi di strato laminati (Fig. 17)	R 10					97	3			0.47		430	0,06	2.0	430			
DASL - dolomia argillosa bruna deb. laminata (Fig. 17)	R 3	1				89	10			0.92		457	0,26	4.2	425			
DCL - dolomia bruna deb. laminata	R 5					96	4			1.02		494	0,22	5.0	431			
DCL - dolomia bruno chiaro laminata (Fig. 17)	R 13					98	2			1.07		595	0,20	6.4	429			
DCL - dolomia bruno chiaro laminata	R 2					96	4			1.08		594		6.4	431			
DSL - dolomie bruno chiaro laminata (Fig. 17)	RES 4					96	4			1.39		592	0,33	8.2	426	95		5
DASL - dolomia argillosa bruno scuro laminata	R 3A	6				64	30			1.33		492		6.5	418			
CSL - calcare dolomitico bruno scuro laminato	R 6					65	27	8		2.04		593	0,21	12.1	430			
CSL - calcare dolomitico bruno scuro laminato	R bis	2				71	25	2		2.55		690		17.6	425			
DASL - dolomia argillosa bruno nerastra molto lam.	RES 7	3				86	11			2.50		664	0,53	16.6	430	100		
DANL - dolomia argillosa bruno nerastra intens. lam. (Fig. 17)	R 4A	8				62	30			12.7		846	0,95	108	433	95		5
AS - argillite grigio scuro	R 3AR	15	2			11	72			6.97		716	1,58	50	426			
LOM - marna argillosa organica (oil shale)	R 5A	15				38	47			26.1		768	2,79	201	434	70	10	10
LOA - argillite organica (oil shale)	R 8									33.0		619	5,09	204	431			
LOA - argillite organica (oil shale)	R 2A									41.7		659	11,08	274	431	70	15	10
LOM - marna dolomitica organica (oil shale)	R 12	8				67	25			42.1		590	10,73	249	427			5
LOM - marna argillosa organica (oil shale)	R 6A	15				26	59			45.8		870		398	446	100		

Tab. II - Analisi geochimiche per le laminitie organiche del Rio Resartico. Analisi mineralogica: Q=Quarzo; Kf=Kfeldspato; P=Plagioclasio; Ca=Calcite; Do=Dolomia; A+M=Argilla+Miche (la percentuale è chiusa a 100 fra i 6 componenti). TOC=carbonio organico totale. Piroli Rock-eval: HI %=kgHC/t roccia; mgHC/g.T.O.C.; S1=quantità di idrocarburi liberi; S2=potenziale petrolifero; Tmax= temperatura di piroli (maturità). Analisi ottica del kerogene AOM: materia organica amorfa; MPH=fitoplancton marino; CHF=frammenti erbacei; CWF=frammenti legnosi; ro%=riflettanza della vitritite (maturità); TAI=Indice di alterazione termica (da FANTONI et al. 1998; SCOTTI et al. 2002, mod.).
- *Geochemical analyses of the organic laminites of Rio Resartico. Mineralogical analyses: Q=Quartz; Kf=K feldspar; P=Plagioclase; Ca=Calcite; Do=dolomite; A+M=Clay+Micas (the percentage is close to 100 within the 6 components). TOC=Total organic carbon. Piroli Rock-eval: HI %=kgHC/t rock; mgHC/g.T.O.C.; S1= amount of free hydrocarbons; S2= petroleum potential; Tmax= pyrolysis temperature (maturity). Optical analysis of kerogene: AOM=amorphous organic matter; MPH=marine phytoplankton; CHF: Herbal fragments; CWF=woody fragments; ro%= vitrinite reflection (maturity); TAI=Heat alteration index (from FANTONI et al. 1998; SCOTTI et al. 2002, mod.).*

con una crescita proporzionale del contenuto in materia organica e dell'argillosità, cioè maggiore quantità di argilla, maggiore quantità di materia organica.

Le dolomie laminare sono la componente principale dell'unità (60%) e sono prevalentemente presenti nella parte centrale della serie.

Dal punto di vista paleoambientale, nell'unità del Rio Resartico, la presenza di lamine ed il livello di preservazione della materia organica sono chiari indicatori di un ambiente deposizionale caratterizzato da fondali anossici ove era impedita la vita e lo sviluppo di faune bentoniche cioè viventi sul fondo e conseguentemente della bioturbazione del fondo fangoso.

La scarsa presenza sia di componente terrigena che di materia organica di origine continentale (almeno riguardo al CWF, frammenti fossili di piante superiori) indica la distanza di questo bacino dalle aree emerse, ammesso che fossero vegetate.

Infine c'è da ricordare che le dolomie chiare a strati decimetrici e le dolomie con selce testimoniano momentanei ritorni a condizioni mediamente più ossigenate.

5.3 Caratteristiche naftogeniche

I dati analitici di una parte dei campioni esaminati sono riportati in Tab. II. Per la posizione dei campioni nella successione si veda Fig. 5.

Dai dati che emergono da tale serie di campioni sono ben riconoscibili le caratteristiche salienti dell'unità sia in termini di tipo di materia organica sia di maturità del kerogene sia in termini di proprietà naftogeniche delle litofacies che la caratterizzano (FANTONI et al. 1998; SCOTTI et al. 2002). In genere la differenziazione in litofacies (geochimiche) è basata sulla litologia, la presenza o meno di laminazioni (con eventuale indicazione della frequenza), ed il colore, controllando per via analitica che per ogni litofacies così definita il contenuto di materia organica si collochi in un campo ben definito. Caratteristica principale della unità è quella di presentare frequenti intercalazioni di laminiti a litologia marnosa e forte pigmentazione bruno-nerastra, ricchissimi di kerogene di eccellente qualità, e quindi con elevato potenziale petrolifero (Fig. 17).

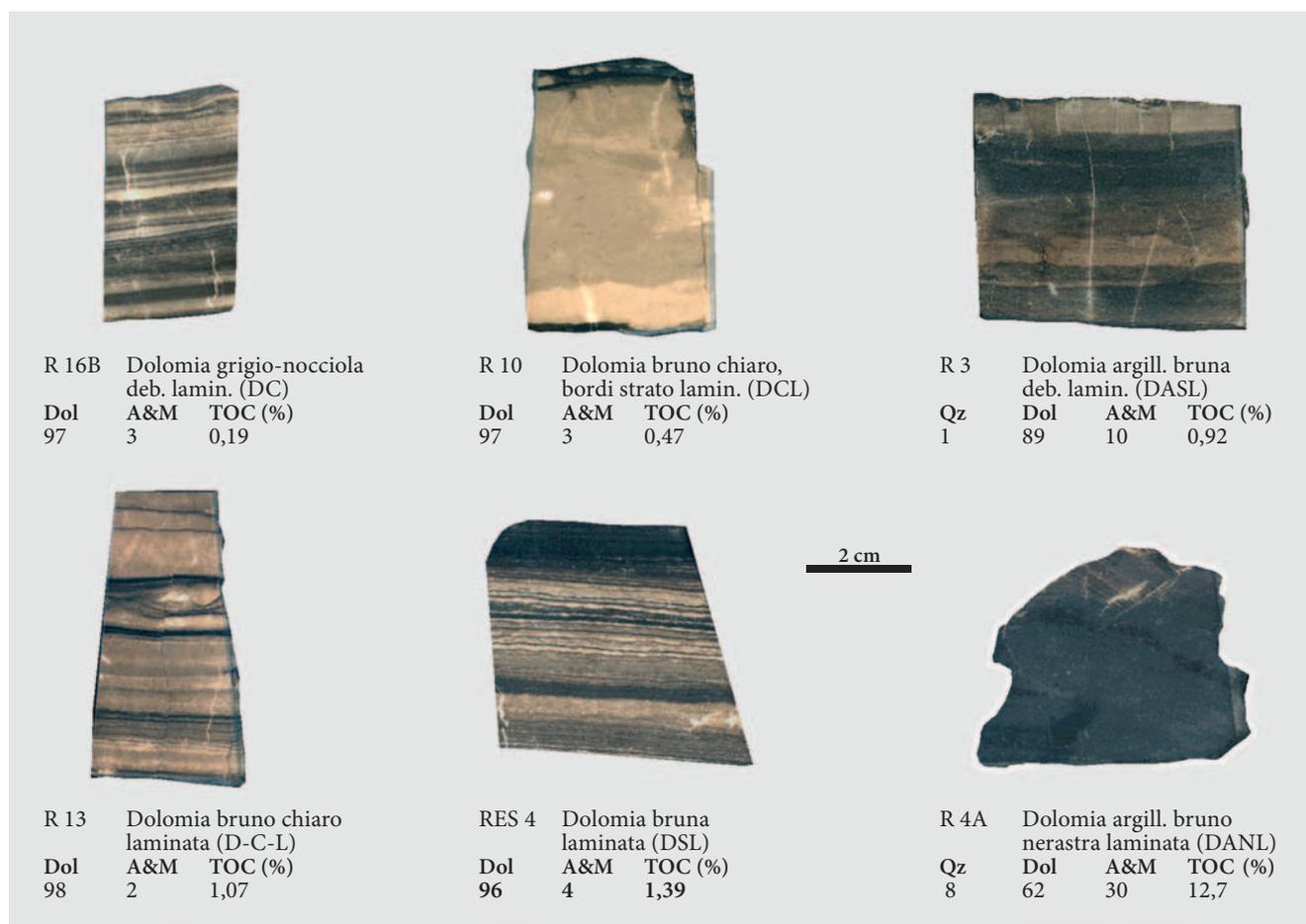


Fig. 17 -Sezioni lucide di alcuni campioni significativi dell'unità con i relativi valori geochimici. Analisi diffrattometrica limitata ai sei componenti: quarzo, K-feldspato, plagioclasio, calcite, dolomite, argille+miche. Tutti i campioni rappresentati sono privi di K- feldspato, plagioclasio e calcite (da FANTONI et al. 1998).

- Polished sections of some significant samples of the unit with its geochemical values. Diffractometric analysis limited to the six components: Quartz, K-feldspar, Plagioclase, Calcite, Dolomite, Clay+Micas. All the samples represented are free of K-feldspar, Plagioclase, and Calcite (from FANTONI et al. 1998).

S.I.S.M.

SOC. IT. STUDI MINERARI

MINIERA DI

RESIUTTA

Aggiornata in data 19 Marzo 1963-1961 *Gianni Basso*

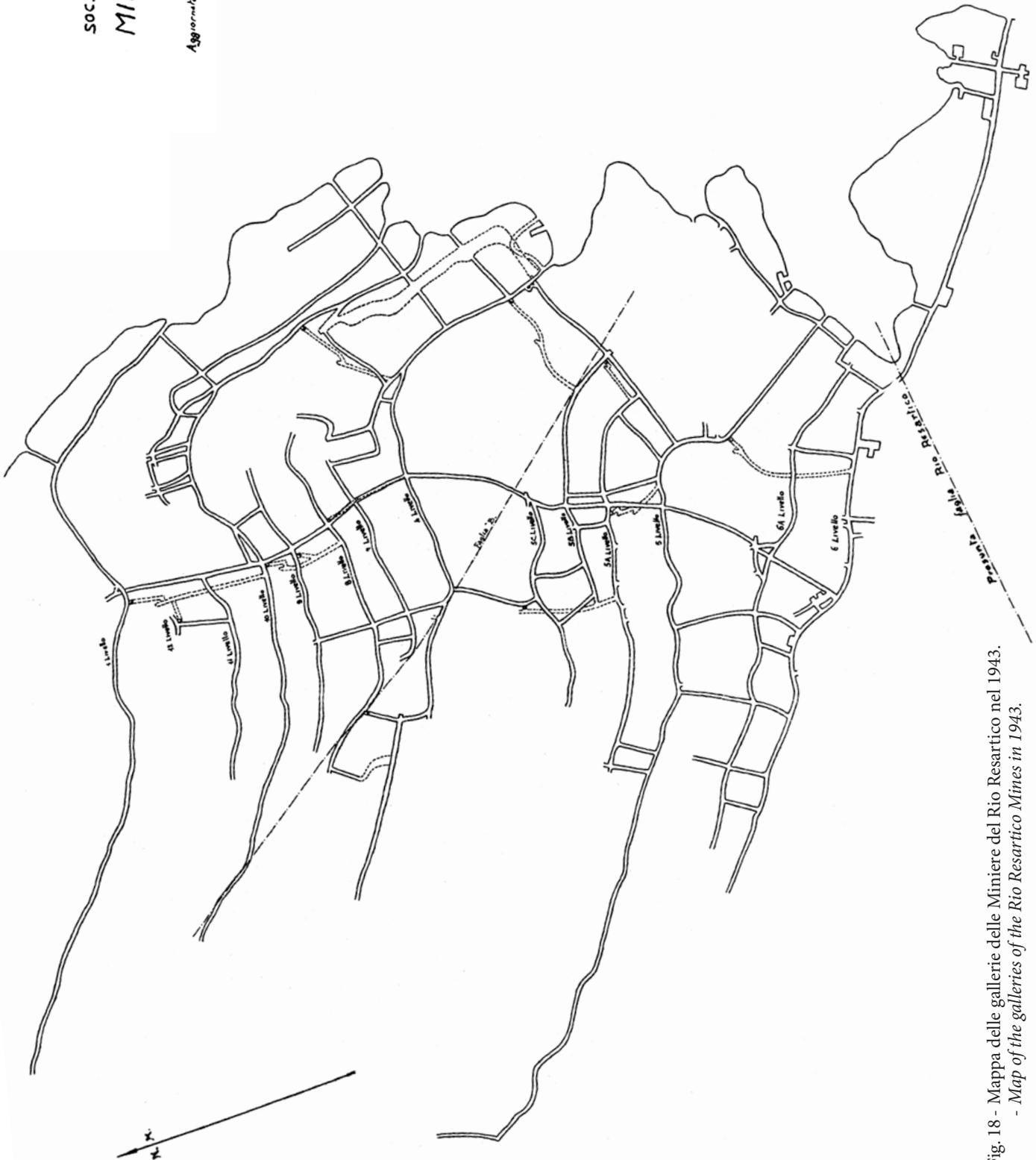


Fig. 18 - Mappa delle gallerie delle Miniere del Rio Resartico nel 1943.
- Map of the galleries of the Rio Resartico Mines in 1943.

Per l'analisi di maturità del kerogene sono disponibili i valori di Tmax ricavati dall'analisi di pirolisi Rock-eval; dalla lettura della tabella dati (Tab. II), si può osservare che i valori più ricorrenti sono compresi fra 425 e 430 °C (media pari a circa 430°C). Tali valori indicano un blando livello di maturità; ciò significa che l'unità rocciosa, nella sua storia di seppellimento, non ha mai subito, per tempi più o meno prolungati, riscaldamenti superiori a 80-100 °C. Si può notare, in definitiva, come le laminiti organiche del Rio Resartico contengano un kerogene immaturo/poco maturo.

Riguardo al tipo di materia organica deposta originariamente nel bacino, è stata probabilmente di origine algale, con un significativo contributo di materia organica "erbacea" (spore/pollini).

I costituenti più "nobili" (quelli con maggior contenuto di idrogeno, in virtù del notevole apporto di lipidi e proteine), rappresentati, appunto, dalla materia organica algale ed "erbacea", per effetto dell'ambiente fortemente anossico hanno subito un processo di sapropelizzazione, con formazione di materia organica di tipo "fioccoso", ove le strutture organogene non sono più riconoscibili (AOM). Il kerogene risulta quindi di ottima qualità, con elevate potenzialità di generare idrocarburi liquidi. Molto ridotto risulta il contributo

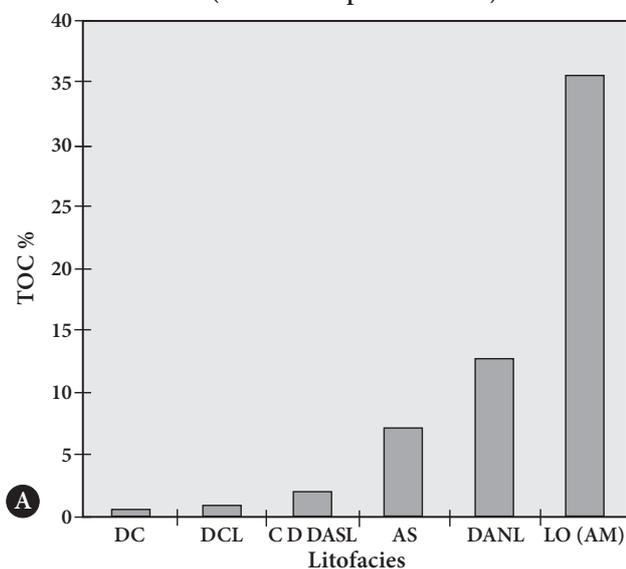
di materia organica terrestre di scadente qualità (CWF della Tab. II).

Il blando livello di maturità del kerogene, sta a significare che i processi di generazione/espulsione non sono ancora avvenuti in modo significativo. È evidente lo scarso TOC relativo alle dolomie chiare (DC) con valori intorno allo 0,2 %, e quindi da considerare naftogenicamente di scarso/nulla interesse. Le litofacies più significative sono rappresentate da dolomie, da chiare a scure a nerastre, variamente laminate, con TOC variabile in un ampio intervallo di valori fra 0,5 e 15 %, proporzionalmente alla frequenza di laminazione ed alla argillosità. Frequenti, anche se con spessore limitato, sono i livelli di composizione mediamente marnosa ad alto contenuto di carbonio organico (30-35 %); tali livelli, anche in virtù dell'elevato Indice di Idrogeno (HI), risultano essere delle eccellenti *oil shale*, con Potenziale Petrolifero (PP) superiore a 200 kg HC/t roccia.

Considerando l'incidenza percentuale delle diverse litofacies sullo spessore totale della serie, il Potenziale Petrolifero risultante, coniugato allo spessore totale della serie (circa 110 m), ha permesso di riconoscere che l'unità può avere potenzialità naftogeniche di interesse minerario (Fig. 19a).

Laminiti organiche del Rio Resartico - (Serie Rio Resartico)

TOC (valori medi per Litofacies)



Sedimenti anossici norici. Maturità e qualità del Kerogene

(valori medi per Unità/Local.)

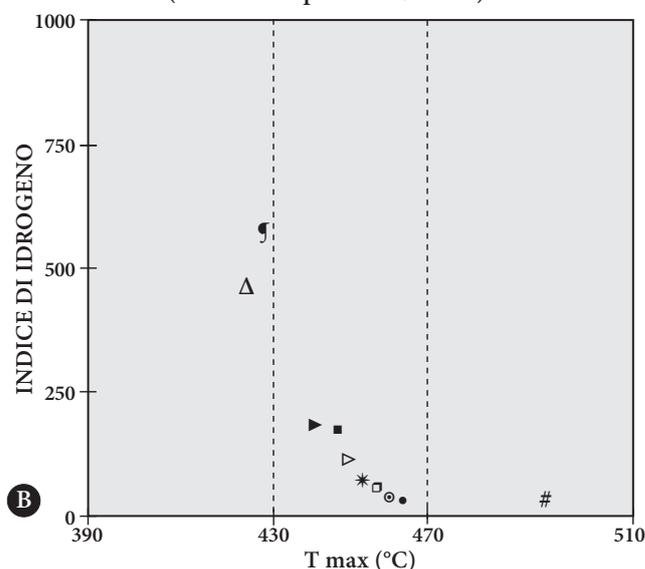


Fig. 19 - Parametri geochimici dei sedimenti anossici norici delle Prealpi Friulane, con particolare riguardo alle laminiti organiche del Rio Resartico (Serie Rio Resartico, Resiutta). DC = Dolomie Chiare; DCL = Dolomie Chiare Lamine; C&D&DASL = Calcari, Dolomie, Dolomie Argillose, Scure, Lamine; AS = Argilliti Scure; DANL = Dolomie Argillose Nere Lamine LO (AM) = Laminiti organiche (Argillose e Marnose) (brune/nere). Dati medi di T.O.C. calcolati con i valori delle Tab. I e II. Località della Dolomia di Forni (Norico): ► = Forni di Sotto (Torrente Poschiedea); ▷ = Socchieve (Caprizzi); • = Socchieve (Rio Negro); • = Forni di Sotto (Rio Rovadia); ■ = Socchieve (Rio Garbon - Pezzeit); • = Forni di Sotto (Rio Cont); • = Socchieve (Rio Molino); # = Preone (Rio Seazza - M. Verzegnis). Località delle laminiti organiche del Rio Resartico e livelli equivalenti (Norico): ¶ = Resiutta (Rio Resartico); Δ = Lusevera (Casera Navis - Rio Miniera) (da SCOTTI et al. 2002, mod.). - Geochemical parameters of the Norian anoxic sediments of the Friulian Pre-Alps with particular reference to the organic laminites of Rio Resartico (Rio Resartico Series, Resiutta). DC = Light dolostones; DCL = Light laminated dolostones; C & D & DASL = Limestone, Dolostone, dark laminated clayey Dolostones; AS = Dark shales; DANL = Clayey, dark laminated dolostones; LO (AM) = Organic laminites (clayey and marl) (brown/black). Average data for T.O.C. calculated by using both the Tab. I and Tab. II values. Localities listed above (from SCOTTI et al. 2002, mod.).



Fig. 20 - Mappa delle gallerie della Miniera del Rio Resartico nel 1906.
- Map of the galleries of the Rio Resartico Mine in 1906.

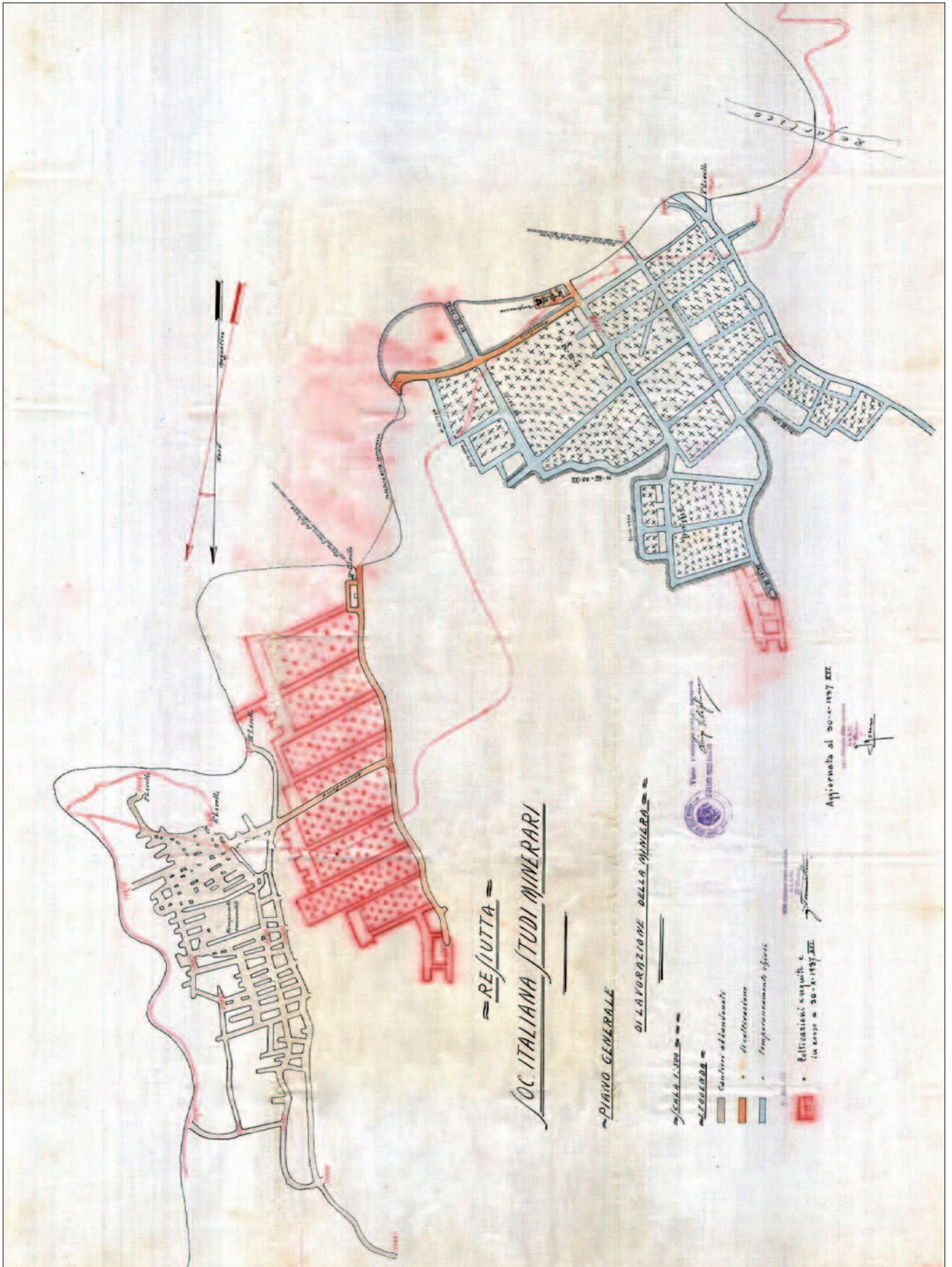


Fig. 21 - Mappa delle gallerie della Miniera del Rio Resartico nel 1937.
- Map of the galleries of the Rio Resartico Mine in 1937.



Fig. 22 - La parte centrale della successione della Dolomia del Resartico. Si notano alcuni imbocchi laterali delle miniere.
 - *The central part of the Resartico Dolomite succession. Some lateral accesses to the mine can be observed.*

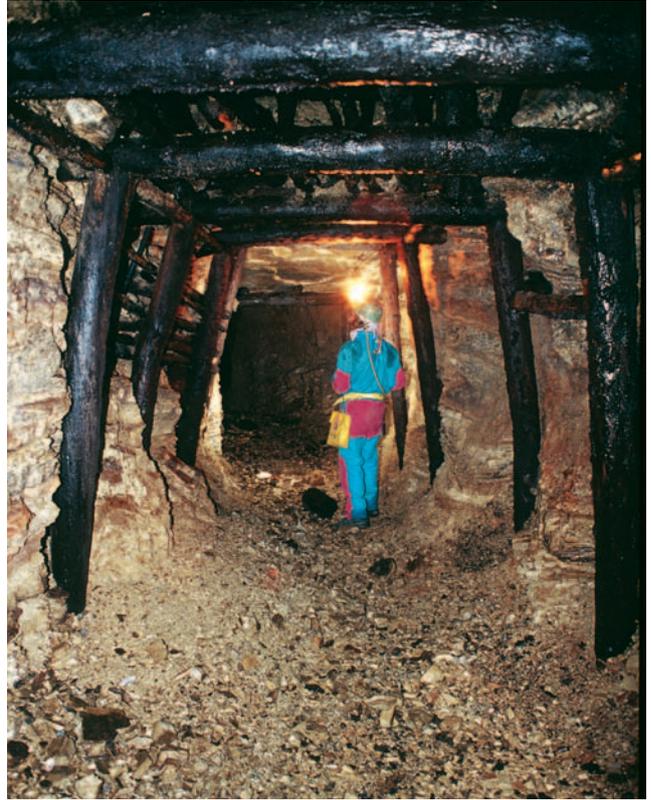


Fig. 23 - Uno dei pochi tratti di galleria mineraria ove è conservata la travatura in legno.
 - *One of the few stretches of the mine gallery where original wooden beams still exist.*



Fig. 24 - Livelli di dolomie laminate brune in miniera.
 - *Layers of brown laminated dolostones inside the mine.*



Fig. 25 - Un esempio dei cedimenti a carico dei pilastri.
 - *One of the typical pillar collapse inside the mine.*



Fig. 26 - Galleria con travature: a sinistra si nota l'alternanza fra dolomie chiare e dolomie laminare scure.
- A gallery with beams. On the left side alternation between light dolostones and dark laminated dolostones.

In particolari condizioni geologiche, rocce come quelle che costituiscono il membro del Monticello, la Dolomia del Resartico con l'unità a laminite organiche o anche la Dolomia di Forni (presente nelle Prealpi Carniche, vedi: MATTAVELLI & RIZZINI 1974; CARULLI et al. 1997, 2000; FANTONI et al. 1998; SCOTTI et al. 2002), possono costituire la roccia madre degli idrocarburi liquidi (petrolio) e gassosi (metano ed altri gas). In Fig. 19b sono messi a confronto i parametri geochemici di sedimenti anossici di varie località del Friuli. Questi, una volta generati possono migrare, cioè scorrere per tempi lunghissimi attraverso altre rocce permeabili e infine accumularsi in rocce porose che fanno da serbatoio e quindi vanno a costituire un giacimento. Queste rocce serbatoio possono quindi risultare distanti chilometri dalla roccia madre. Attualmente gli ipotetici giacimenti vanno cercati sotto l'alta pianura o sotto i primi rilievi, ma finora le prospezioni condotte non hanno rilevato le condizioni ottimali per la presenza di accumuli di idrocarburi (Fig. 19).

5.4 Le gallerie minerarie

Esistono vari documenti, mappe e pubblicazioni che riguardano la storia e lo sviluppo della miniera; da alcuni documenti e dalle interviste fatte agli ultimi minatori si evincono anche le condizioni di estremo

disagio e pericolo del lavoro di estrazione. Qui viene riportata la mappa, eseguita nel 1943, della miniera alla sua massima espansione (Fig. 18) da confrontarsi con quelle relative al 1906 (Fig. 20) e 1937 (Fig. 21) per meglio comprendere lo sviluppo dell'attività mineraria.

Dopo la chiusura la zona venne completamente abbandonata. Fino al 2002 la miniera, il villaggio minerario e la zona circostante versavano in condizioni di estremo degrado.

Studi condotti, dapprima per conto dell'ENI, rinnovarono l'interesse per questa miniera e, successivamente, le esplorazioni da parte degli speleologi del Circolo Speleologico e Idrologico Friulano, effettuate per conto del Museo e del Parco delle Prealpi Giulie, portarono alla rivalutazione dell'area; nell'estate del 2009 è stato inaugurato il Ricovero Resartico presso i ruderi del villaggio minerario e ripulito e messo in sicurezza il vecchio ingresso principale e la galleria di accesso. Nel 2007 è stato allestito il Museo della Miniera, all'interno del Centro Viste del Parco Naturale delle Prealpi Giulie di Resiutta.

Le esplorazioni inizialmente condotte nei pressi dell'imbocco principale (galleria di carreggio) crollato e sepolto dopo alcune decine di metri in corrispondenza dell'attraversamento dell'alto Rio Resartico, portarono all'individuazione di imbocchi laterali attualmente troppo esposti. Successivamente, su indicazione di un



Fig. 27 - Piega che interessa le laminites organiche in una galleria mineraria.
- *A fold in the organic laminites in a mining gallery.*



Fig. 28 - Nonostante la presenza di alcuni sostegni in legno, vi sono continui crolli in alcuni tratti della miniera.
- *Despite the presence of some wooden supports, there are continuous collapses in some mine sections.*

cacciatore locale è stato possibile accedere alle gallerie da un imbocco superiore a quota 1100 m s.l.m.. Nel 2003 ebbi modo di esplorare parte delle tante gallerie in parte accessibili e in parte crollate e verificare lo sviluppo laterale dei livelli bituminosi con tutte le facies osservabili in estremo dettaglio (Fig. 24).

Gli strati di laminites organiche sono splendidamente esposti come non è possibile vedere in alcun punto all'esterno. Si notano pieghe sinsedimentarie, sacche di materiale organico, laminites con colori che vanno dal nocciola, al bruno, al nero (Fig. 27). Poche le faglie, tutte con rigetti modesti; la fratturazione è perpendicolare ai piani di stratificazione.

L'ingresso era un tempo utilizzato per lo scarico del materiale sterile lungo il pendio, da esso soffia una forte

corrente d'aria proveniente dall'interno, chiaro indice di connessione con gli altri ingressi franati. Le gallerie principali hanno, mediamente, una sezione di circa 2x2 m; sul fondo sono ancora visibili, a volte, le "impronte" delle traversine in legno per i binari utilizzati per lo scorrimento dei carrelli per il trasporto all'esterno del materiale. Gran parte delle gallerie sono prive di sostegni e il soffitto è costituito dalla piatta superficie di un piano di strato. Solo nei punti a maggiore instabilità sono presenti travature di sostegno in legname (Figg. 23 e 25). Oltre alle gallerie principali, denominate livelli e riconoscibili sul rilievo del 1943 (Fig. 19), sono presenti numerose gallerie secondarie e camere di coltivazione che presentano le più svariate forme e non sono mai sostenute da travatura.

In alcuni punti sono ancora oggi visibili i fornelli per lo scarico del minerale, sempre posti sul lato di valle delle gallerie.

La visita a queste gallerie è, comunque, oltremodo pericolosa: in più punti i sostegni sono marciti e, presso l'undicesimo livello, un grande salone è sostenuto da pilastri in pietra in evidente fase di collasso (Figg. 25 e 28). In alcuni tratti lungo le gallerie sono visibili i muri di tamponamento in pietrame a sostegno del materiale di risulta o di qualche tratto franato (Fig. 26; MOCCHIUTTI et al. 2008).

6. Considerazioni conclusive

L'unità a laminiti organiche, entro cui si sviluppano i livelli oggetto dello sfruttamento in passato, affiora a quote comprese fra i 945 m s.l.m. dell'alveo del Rio Resartico e i circa 1200 m della zona sotto Punta Salvotis. L'unità, dislocata solo localmente da faglie, in realtà si sviluppa lungo tutta una fascia continua attorno alla Punta Salvotis fino a quote attorno ai 1300 m per poi scendere a quota 950 m nel bacino del Rio Serai dove affiora in modo discontinuo a causa delle coperture detritiche. Risale quindi verso Punta Agarone riducendosi di spessore. Verso Est invece passa sotto le potenti coperture della testata del Rio Resartico per poi riaffiorare verso Vetta Criuze e ancora più ad Est nel bacino del Rio Nero, dove è stato rintracciato a quota 570 m s.l.m.: si ritiene che si sviluppi quindi lungo l'alveo del Rio Iaciment.

In definitiva il livello appare con i suoi massimi spessori e con le migliori caratteristiche naftogeniche nell'alto Rio Resartico, pur dislocato localmente da faglie verticali, mentre verso Est e verso Ovest si riduce notevolmente (vedi schema comparativo di Fig. 17).

Attualmente l'area della Miniera del Rio Resartico è raggiungibile solo seguendo il sentiero n. 702 che porta da Borgo Povici a Forca Slips; esso giunge nei pressi del Ricovero Resartico, del villaggio minerario e dell'imbocco visitabile della galleria di servizio della miniera. Per il resto, data l'estrema suddivisione della massa rocciosa a causa della fratturazione, specie in vicinanza di faglie, la zona dove sboccano le gallerie si trova in situazioni di pericolo costante di crollo di materiale roccioso dalle pareti sovrastanti. Anche all'interno delle gallerie stesse il pericolo di crollo è ovunque presente.

L'area rimane, in generale, di difficile accesso; esistono tracce di sentiero, resti dei vecchi percorsi seguiti dai minatori o dai cacciatori, ma che presentano passaggi disagiati o pericolosi. Una traccia di sentiero risale dai resti della vecchia fornace, lungo il basso Rio Resartico, circa a quota 510; un'altra, nell'alto Rio Resartico da quota 710. Altre tracce risalgono dal Rio Serai compiendo lunghi percorsi: o lungo il crinale del Monte Uarchèc o dalla testata della valle stessa, ma entrambi

questi ultimi non sono difficilmente percorribili per difficoltà di orientamento e perdita del tracciato.

L'escursione lungo il sentiero permette però di ammirare il severo ambiente montano e di cogliere l'atmosfera di fatica e pericolo imposte alle genti di queste valli dalle necessità di lavoro e di fonti energetiche.

Manoscritto pervenuto il 22.IX.2017 e approvato il 26.X.2017.

Ringraziamenti

Si ringraziano il dr. Paolo Scotti (ENI) per la revisione della parte geochimica e il prof. Paolo Mietto per gli utili consigli. Un ringraziamento particolare a Stefano Turco e agli altri soci del CSIF per le preziose attività esplorative.

Appendice: Analisi geochimiche di base e termini utilizzati nello studio delle rocce madri (da P. Scotti 2000, modificato)

Vengono di seguito brevemente illustrati il significato dei principali termini geochimici trattati e le relative unità di misura; viene inoltre fornita una breve descrizione dei più semplici metodi di analisi utilizzati nei laboratori ENI.

Componenti mineralogici principali (Diffrazione raggi X)

Tramite diffrattometria RX (ai raggi X) vengono determinate le proporzioni fra i 6 più comuni componenti mineralogici (con chiusura a 100%): Quarzo, K-feldspato, Plagioclasti, Calcite, Dolomite e Argille & Miche.

Carbonio Organico Totale (TOC %)

È il primo parametro da osservare per comprendere quanta materia organica è dispersa nella roccia.

La determinazione del contenuto in carbonio organico totale (TOC - Total Organic Carbon) è effettuata, nei laboratori ENI, con apparecchiatura LECO C-200.

Il principio di funzionamento è basato sul processo di combustione del carbonio organico impiegando campioni precedentemente decarbonatati, riscaldandoli fino a temperature superiori ai 1000 °C. L'anidride carbonica prodotta dalla combustione viene dosata mediante un rivelatore IR ed il carbonio organico viene espresso in percentuale sul peso iniziale del campione.

Analisi Rock-Eval

La pirolisi Rock-Eval è essenzialmente un processo di simulazione in laboratorio, operato in tempi brevi (circa 20 minuti), del processo di maturazione termica del kerogene che, in condizioni naturali, avviene in milioni di anni. Viene utilizzato per la caratterizzazione rapida delle potenziali rocce madri e la definizione del loro livello di maturità.

L'apparecchiatura impiegata nei Laboratori ENI è un pirolizzatore "Rock-Eval" del tipo messo a punto da IFP-FINA, composto da un piccolo forno in grado di riscaldare il campione di roccia (macinata) fino a 550 °C. Durante tale processo di riscaldamento vengono prima liberati gli

giudizio maturità => del kerogene	immaturo	maturato/moltomaturato	maturità elevata	sovrammaturo
parametri di maturità:				
Tmax (°C) ⁽¹⁾	< 430	430 - 465	465 - 510	non determinabile ⁽²⁾
Ro %	< 0,55	0,55 - 1,35	1,35 - 2	2 - 3
TAI	< 1,8	1,8 - 3,2	3,2 - 4	4 - 4,5
Indicazioni di massima sul tipo di HC (prevalenti) generati		oli	gas umidi e condensati	dry gas
Temperature (indicative) raggiunte (°C)	< 60 / 80 ⁽³⁾			> 180 - 200 ⁽³⁾

Tab. III - Maturità del kerogene. Soglie indicative.
- *Kerogene maturity. Indicative thresholds.*

(1): soglie valide, a rigore, solo per un kerogene di Tipo III.

(2): quantità S2 (potenziale petrolifero residuo) della pirolisi Rock-eval in via di totale depauperamento.

(3): temperature di soglia variabili in funzione del maggior o minor tempo di permanenza delle stesse.

giudizio qualità roccia madre =>	scarsa (sterile)	mediocre	discreta	buona	ottima
parametri quantità del kerogene					
TOC (originario) (%) (1)	< 0,2	0,2 - 0,5	0,5 - 1	1 - 2	> 2
Potenziale Petrolifero (originario) (kg HC/t roccia)	< 0,5	0,5 - 1	1 - 2	2 - 4	> 4

giudizio qualità del kerogene =>	pessima	mediocre	discreta	buona/ottima	eccellente
parametri qualità del kerogene:					
Tipo di kerogene	Tipo IV	Tipo III	Tipo III/II	Tipo II e IIS (2)	Tipo I
Indice di Idrogeno (originario) (mg HC/g TOC)	< 50	50 - 250	250 - 400	400 - 700	> 700

(1): valori molto indicativi, in quanto andrebbe sempre abbinata la qualità del kerogene.

(2): Tipo IIS = Tipo II ad alto contenuto in zolfo.

Tab. IV - Caratteristiche naftogeniche. Soglie indicative.

- *Naphthenic characteristics. Indicative thresholds.*

idrocarburi liberi presenti nel campione e, a temperature più elevate, vengono prodotti per craking del kerogene gli idrocarburi ancora producibili dal campione. Gli idrocarburi liberati/generati vengono quindi misurati tramite specifico detector.

I dati analitici finali costituiscono una serie di parametri di base e di parametri calcolati:

- T max:** temperatura di pirolisi raggiunta nel momento di massima generazione di HC (culmine del picco di S2) espressa in °C (da non confondersi con la massima temperatura, notevolmente più bassa, raggiunta dal campione durante la sua storia di seppellimento). Quanto più è alto il valore di Tmax, maggiore è la maturità del campione poiché col procedere della maturazione rimangono pirolizzabili le frazioni di kerogene a più alta energia di attivazione.
- S1:** quantità di idrocarburi liberi, cioè già prodotti dalla roccia, presenti nel campione espressa in mg HC/g roccia.
- S2:** quantità di idrocarburi (HC) ancora producibili per craking termico del kerogene (idrocarburi prodotti in seguito a pirolisi del kerogene) espressa in mg HC/g roccia. Per campioni immaturi o poco maturi la quantità S2 (eventualmente sommata a quella minima rappresentata da S1 e salvo impregnazioni per accumulo di HC migrati nel campione) rappresenta il Potenziale Petrolifero originario.

Per campioni maturi l'S2 corrisponde al potenziale petrolifero residuo, derivante da quella porzione di kerogene che non ha subito i naturali processi di degradazione termica.

Lo strumento utilizzato per l'analisi Rock-Eval fornisce anche i seguenti parametri derivati:

- PI:** Indice di Produzione (S1/S1+S2). Si può utilizzare come parametro di maturità; maggiore è il PI e tendenzialmente più elevata è la maturità del kerogene. Essendo però il campione un sistema aperto, vi può essere una sottostima del PI (effetto di espulsione degli HC generati) o una sovrastima (HC impregnanti migrati dall'esterno).
- HI:** Indice di Idrogeno (S2*100/TOC). È un parametro (per campioni immaturi o poco maturi) molto importante di qualità del kerogene essendo correlato positivamente al rapporto atomico H/C. Aumentando l'HI aumenta il contenuto di composti idrogenati del kerogene e quindi aumenta, a parità di TOC, la quantità di idrocarburi generabili. È espresso in mg HC/g TOC.

Analisi Ottiche del kerogene

6. Composizione del kerogene (osservazione in vetrino, a luce trasmessa).

Una porzione di kerogene separata dalla matrice inorganica, viene disposta su un vetrino, ed osservata al mi-

croscopio in luce trasmessa, allo scopo di determinare i valori percentuali relativi ai 4 gruppi principali di materia organica componenti il kerogene:

AOM: Amorphous Organic Matter (materia organica amorfa)

MPH: Marine Phytoplankton (fitoplancton marino)

CHF: Continental Herbaceous Fragments (frammenti erbacei continentali)

CWF: Continental Woody Fragments (frammenti legnosi continentali)

Una buona qualità del kerogene, oltre a partire dal presupposto che la materia organica si sedimenta in un ambiente disossico/anossico/euxinico che la conservi al meglio, si potrà avere quanto è maggiore la porzione di materia organica a maggior contenuto di idrogeno (quanto è maggiore il contenuto di lipidi e proteine, rispetto ai carboidrati ed alla lignina).

Un buon kerogene sarà quindi composto da una preponderanza di MPH e CHF, i quali, in un ambiente conservativo (anossico/euxinico), potranno subire il processo di sapropelizzazione, che non permetterà più il riconoscimento della struttura organogena (trasformazione in AOM), ma che consentirà di conservare gran parte del contenuto di idrogeno.

7. Indice di alterazione termica (TAI) (vetrino del punto precedente, osservazione a luce trasmessa).

È un parametro ottico qualitativo che esprime lo stato di conservazione della materia organica strutturata, considerando il progressivo cambiamento di colore e di struttura dei palinomorfi (spore e pollini, facenti quindi parte del gruppo CHF) al procedere della maturità. Una scala cromatica esprime, con valori di TAI da 1 a 5, il procedere della maturazione del kerogene.

8. Riflettanza della vitrinite (Ro%) (osservazione in cilindretto di plexiglas, a luce riflessa).

Una ulteriore porzione di kerogene separata dalla matrice inorganica, viene disposta insieme ad una speciale resina su una superficie concava di un cilindretto di plexiglas, e successivamente lucidata. La vitrinite è un gel consolidato proveniente dalla trasformazione della lignina e della cellulosa. All'aumentare della temperatura (con una durata opportuna) e quindi della maturità, si verifica un progressivo ordinamento della struttura molecolare della vitrinite. Ciò determina un incremento della capacità di riflessione della luce incidente.

La misura di questa capacità (Ro%), effettuata su un numero adeguato di frammenti di vitrinite, è quindi una stima della maturità raggiunta dalla materia organica. Rappresenta il metodo ottico più comune per la valutazione quantitativa del grado di maturità del kerogene.

Elaborazione dei dati naftogenici

Disponendo di adeguati dati analitici si può valutare il TOC ed il Potenziale Petrolifero medi originari delle Unità litografiche.

Considerando il Potenziale Petrolifero medio di una roccia madre (possibilmente immatura) ed il relativo spessore, si può elaborare un dato naftogenico di sintesi, molto in uso nel campo dell'esplorazione petrolifera, chiamato Source Potential Index (DEMAISON & HUIZINGA 1991), che esprime la quantità di idrocarburi generabile da una colonna di roccia madre con altezza pari allo spessore ed area unitaria:

$$SPI \text{ (t HC/m}^2\text{)} = PP \text{ (kg HC/t roccia)} * \text{spessore (m)} * \text{peso specifico roccia (t/m}^3\text{)} / 1000.$$

Nell'ambito di un bacino sedimentario tale valore (meglio se nell'espressione SPI originario), integrato con le altre informazioni di carattere naftogenico (entità della generazione degli HC, dei fenomeni di espulsione dalla roccia madre, e dei fenomeni di migrazione secondaria ed intrappolamento) concorre a definire il "rischio naftogenico", a sua volta elemento indispensabile per poter definire il "rischio minerario".

Nelle Tab. III e IV vengono sintetizzate le soglie indicanti: i livelli di maturità del kerogene, con alcune indicazioni di massima sulle temperature e sulla tipologia degli idrocarburi caratteristici di ogni intervallo di maturità; i giudizi di qualità di una roccia madre, in funzione del TOC e del Potenziale Petrolifero originari; i giudizi di qualità del kerogene.

Bibliografia

- AVANZINI, M., D. MASETTI, R. ROMANO, F. PODDA & M. PONTON. 2007. Calcari grigi. In *Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Catalogo delle Formazioni, Unità tradizionali*, cur. M.B. CITA, E. ABBATE, M. BALINI, M.A. CONTI, P. FALORNI, D. GERMANI, G. GROPELLI, P. MANETTI & F.M. PETTI, 125-35. Roma: APAT, Dipartimento Difesa del Suolo, Servizio Geologico d'Italia. Quaderni del Servizio Geologico d'Italia s. 3, 7 (6).
- BERRA, F., L. DELFRATI & M. PONTON. 2007. Dolomia Principale. In *Carta Geologica d'Italia 1:50.000. Catalogo delle Formazioni, Unità tradizionali*, cur. M.B. CITA, E. ABBATE, M. BALINI, M.A. CONTI, P. FALORNI, D. GERMANI, G. GROPELLI, P. MANETTI & F.M. PETTI, 63-72. Roma: APAT, Dipartimento Difesa del Suolo, Servizio Geologico d'Italia. Quaderni del Servizio Geologico d'Italia s. 3, 7 (6).
- BOSELLINI, A., & L.H. HARDIE. 1988. Facies e cicli della Dolomia Principale delle Alpi Venete. *Mem. Soc. Geol. It.* 30: 245-66.
- CARULLI, G.B., A. COZZI, G. LONGO SALVADOR, E. PERNARIC, F. PODDA & M. PONTON. 2000. *Geologia delle Prealpi Carniche (con Carta Geologica alla scala 1:50.000)*. Udine: Pubblicazioni del Museo Friulano di Storia Naturale 44.
- CARULLI, G.B., R. FANTONI, D. MASETTI, M. PONTON, E. TRINCIANTI, G.L. TROMBETTA & S. VENTURINI. 1998. Analisi di facies e proposta di revisione stratigrafica del Triassico superiore del Sudalpino orientale. *Atti Ticinensi Sc. Terra Serie Spec.*, 7: 159-83.
- CARULLI, G.B., P. FRIZZO, G. LONGO SALVADOR, E. SEMENZA, G. BIANCHIN, F. MANTOVANI & G. MEZZACASA. 1987. La geologia della zona tra il T. Chiarzò e il F. Fella (Alpi Carniche). *Giorn. Geologia* s. 3, 49 (1): 1-32.
- CARULLI, G.B., G. LONGO SALVADOR, F. PODDA & M. PONTON. 1994. Platform-Basins relationships in the Norian of the Carnia Region (NE Italy). *Géologie Méditerranéenne* 21 (3-4): 27-30.
- CARULLI, G.B., G. LONGO SALVADOR, M. PONTON & F. PODDA. 1997. La Dolomia di Forni: evoluzione di un bacino euxinico tardo-triassico nelle Prealpi Carniche. *Boll. Soc. Geol. It.* 116: 95-107.
- CERETTI, E. 1965. La geologia del gruppo del Monte Plauris (Carnia). *Giorn. Geologia* 33: 1-50.
- CIARAPICA, G., & L. PASSERI. 1990. The Dachstein limestone of the Mt. Canin (Julian Alps) and its paleogeographic meaning. *Boll. Soc. Geol. It.* 109: 239-47.

- COSSETTINI, G. 1925. Gli scisti bituminosi della miniera di Resiutta. *Giorn. Chim. ind. ed appl.* 7: 626-8.
- COUSIN, M. 1981. Les rapports Alpes-Dinarides. Les confins de l'Italie et de la Yougoslavie. *Soc. Géol. Nord* 5 (I-II): 1-521.
- COZZI, A. 2000. La successione norico-retica. In *Guida alle escursioni dell'80ª Riunione estiva Soc. Geol. It.*, cur. G.B. CARULLI, 76-82. Trieste: Università degli Studi.
- DALLA VECCHIA, F.M., G. MUSCIO & A. TINTORI. 1990. Le ittiofaune del Norico delle Prealpi Carniche. In *Pesci fossili italiani - scoperte e riscoperte* (catalogo della mostra), cur. A. TINTORI, G. MUSCIO & F. BIZZARINI, 49-61.
- DELL'OSTE, G., G. GEMO, N. TACUS, D. DELL'OSTE & S. TACUS. 2012. *Il carbone di Creta d'Oro. Storia della miniera di Cludinico*. Udine: Forum editrice.
- DEMAISON, G., & B.J. HUIZINGA 1991. Genetic classification of petroleum systems. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 75: 1626-43.
- FANTONI, R., G. LONGO SALVADOR, F. PODDA, M. PONTON & P. SCOTTI. 1998. L'unità a laminiti organiche nel Norico del Rio Resartico (Val Resia, Prealpi Giulie). *Atti Ticinesi Sc. Terra Serie Spec.*, 7: 109-23.
- FANTONI, R., F. PODDA, M. PONTON & P. SCOTTI. 2002. Maturità della materia organica e storia termica in alcune successioni del Triassico superiore (Friuli Venezia Giulia, Italia). In *Atti dell'80ª Riunione estiva Soc. Geol. It.*, 79-87. Memorie Soc. Geol. It. 57.
- FERUGLIO, E. 1925a. Le Prealpi fra l'Isonzo e l'Arzino (descrizione geologica). *Boll. Ass. Agraria Friulana* s. 7, 39: 1-96 e 40: 97-302.
- FERUGLIO, E. 1925b. *Carta geologica delle Tre Venezie. Foglio 25 Udine*. Uff. Idrogr. R. Magistr. Acque di Venezia.
- FERUGLIO, E. 1929. *Note illustrative della Carta geologica delle Tre Venezie. Foglio 25 Udine*. Uff. Idrogr. R. Magistr. Acque di Venezia.
- FRASCARI, F., C. SPALLETTA, G.B. VAI & C. VENTURINI. 1981. Foglio 14 Pontebba. In *Carta Tettonica delle Alpi Meridionali alla scala 1:200.000*. C.N.R. Progetto finalizzato Geodinamica 441: 23-30.
- GALADINI, F., M.E. POLI & A. ZANFERRARI. 2005. Seismogenic sources potentially responsible for earthquakes with M=6 in the eastern Southern Alps (Thiene - Udine sector, NE Italy). *Geoph. Journ. Int.* 161: 739-62.
- GNACCOLINI, M., & B. MARTINIS. 1974. Nuove ricerche sulle formazioni calcaree giurassico-cretaciche della regione compresa tra le valli del Natisone e del Piave. *Riv. It. Paleont. Strat.* 14: 5-109.
- GORTANI, M., & A. DESIO. 1925. *Carta geologica delle Tre Venezie. Foglio 14 Pontebba*. Uff. Idrogr. R. Magistr. Acque di Venezia.
- GORTANI, M., & A. DESIO. 1927. *Note illustrative della Carta geologica delle Tre Venezie. Foglio 14 Pontebba*. Uff. Idrogr. R. Magistr. Acque di Venezia.
- JADOUL, F., & A. NICORA. 1979. L'assetto stratigrafico-paleogeografico del Trias medio-superiore della Val d'Aupa (Carnia orientale). *Riv. Ital. Paleont. Strat.* 85 (1): 1-30.
- MARINELLI, O. 1894. Una visita ai giacimenti di boghead di Monte Musi. *In Alto* 5: 20-2.
- MARINONI, C. 1881. Sui minerali del Friuli. *Ann. Statist. Prov. Udine* 4: 143-7.
- MASETTI, D., M. PONTON & A. ZANFERRARI. 2013. Successione triassica. In *Note illustrative del Foglio 049 Gemona del Friuli*. A. ZANFERRARI, D. MASETTI, G. MONEGATO & M.E. POLI, 49-66. Roma: ISPRA-Servizio Geologico d'Italia e Regione A. Friuli Venezia Giulia. www.isprambiente.gov.it/Media/carg/friuli.html.
- MATTAVELLI, L., & A. RIZZINI. 1974 - Facies euxiniche nelle dolomie noriche dell'Ampezzano (Udine): petrografia e sedimentologia. *Memorie Riv. It. Paleont. Strat.* 14: 114-38.
- MERLINI, S., C. DOGLIONI, R. FANTONI & M. PONTON. 2002. Analisi strutturale lungo un profilo geologico fra la linea Fella-Sava e l'avampaese adriatico (Friuli Venezia Giulia - Italia). In *Atti dell'80ª Riunione estiva Soc. Geol. It.*, 293-300. Memorie Soc. Geol. It. 57.
- MOCCHIUTTI, A., G. MUSCIO & R. ZUCCHINI. 2008. La miniera di scisti bituminosi del Rio Resartico. In *Geosti del Friuli Venezia Giulia*, cur. F. CUCCHI, F. FINOCCHIARO & G. MUSCIO, 358-9. Udine: Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia.
- PIRONA, G.A. 1861. Cenni geognostici sul Friuli. *Ann. Assoc. Agr. Friul.* IV.
- PISA, G. 1974. Stratigraphische Tabelle der sudalpinen Trias. In *Die Stratigraphie der alpin-mediterranen Trias*, cur. H. ZAPFE, 1-160. *Oest. Ak. Wiss.* 2.
- PONTON, M. 2000a. La successione ladino-retica. In *Guida alle escursioni dell'80ª Riunione estiva Soc. Geol. It.*, cur. G.B. CARULLI, 18-21. Trieste: Università degli Studi.
- PONTON, M. 2000b. Escursione B1 (responsabile Ponton): rapporti fra piattaforme e bacini naftogenici: esempi del Triassico superiore. In *Guida alle escursioni dell'80ª Riunione estiva Soc. Geol. It.*, cur. G.B. CARULLI, 145-88. Trieste: Università degli Studi.
- PONTON, M. 2001. Note geologiche sulle Prealpi Carniche orientali. In *Il fenomeno carsico delle Prealpi Carniche orientali*, cur. G. MUSCIO, 39-57. Udine: Circolo Speleologico e Idrologico Friulano, Provincia di Udine, Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia s. 2, 12.
- PONTON, M. 2002a. La tettonica del gruppo del M. Canin e la Linea Val Resia-Val Coritenza (Alpi Giulie occidentali). *Atti dell'80ª Riunione estiva Soc. Geol. It., Memorie Soc. Geol. It.* 57: 283-92.
- PONTON, M. 2002b. La successione ladino-retica. In *Alpi e Prealpi Carniche e Giulie*, cur. G.B. VAI, C. VENTURINI, G.B. CARULLI & A. ZANFERRARI, 45-8. Milano; BeMa. Guide Geolog. Reg. SGI.
- PONTON, M. 2002c. Relazione geologica sull'area dei bacini del Rio Resartico e del Rio Serai a Sud di Resiutta. Relazione inedita. Museo Friulano di Storia Naturale e Parco Naturale delle Prealpi Giulie.
- PONTON, M. 2008. Note geologiche sulle Prealpi Giulie Nord-occidentali. In *Il fenomeno carsico delle Prealpi Giulie Settentrionali*, cur. G. MUSCIO, 53-71. Udine: Circolo Speleologico e Idrologico Friulano, Provincia di Udine. Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia s. 2, 20.
- PONTON, M. 2009. Analisi in profondità di strutture mesoalpine e neoalpine nelle Alpi Meridionali orientali. *Rendiconti online Soc. Geol. It.* 5: 179-82.
- PONTON, M. 2010. *Architettura delle Alpi Friulane (All.te n. 8 sezioni geologiche alla scala 1:100.000, n. 1 carta geologica alla scala 1:200.000)*. 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 (Friuli)*, cur. G. MUSCIO, G. CASAGRANDE, F. CUCCHI, 57-80. Udine: Circolo Speleologico e Idrologico Friulano, Provincia di Udine, Memorie dell'Istituto Italiano di Speleologia s. 2, 24.

- PONTON, M. 2015. Analisi strutturale profonda delle Dinaridi esterne fra Alpi e Prealpi Giulie (Italia e Slovenia). *Gortania. Geologia, Paleontologia, Paleontologia* 36: 23-34.
- RABER, R. 1997. *Miniera di Cludinico*. Comune di Ovaro, Arti Grafiche Friulane (Riedito nel 2005).
- RABER, R. 2005. *Carbon fossile delle Alpi orientali*. Comune di Ovaro, GarphicLinea.
- RIGO, M., M. PONTON & G. ROGHI. 2007. The coeval anoxic Basins with the Dolomia Principale in the eastern Southern Alps: what conodonts tell us about paleogeography (Poster presentato al Convegno FIST, Rimini 12-14 settembre 2007). *Epitome* 2: 168.
- ROGHI, G., & F.M. DALLA VECCHIA. 1997. The palynology and palaeoenvironment of the upper Triassic dolomitic-marly sequence of Dogna Valley (Udine, Friuli Venezia Giulia, Italy) with reptile trackways. *Riv. It. Paleont. Strat.* 103 (2): 183-92.
- SCOTTI, P. 2000. Analisi geochimiche di base per lo studio delle rocce madri. In *Guida alle escursioni dell'80° Riunione estiva Soc. Geol. It.*, cur. G.B. CARULLI, 184-86. Trieste: Università degli Studi.
- SCOTTI, P., & R. FANTONI. 2000. Caratteristiche naftogeniche. In *Facies naftogeniche delle Prealpi Carniche e Giulie. Guida alle escursioni dell'80° Riunione estiva Soc. Geol. It.*, cur. G.B. CARULLI. Trieste: Università degli Studi.
- SCOTTI, P., R. FANTONI, F. PODDA & M. PONTON. 2002. Depositi norici di ambiente anossico nelle Prealpi Friulane (Italia nord-orientale). In *Atti dell'80° Riunione estiva Soc. Geol. It.*, 65-78. Memorie Soc. Geol. It. 57.
- SELLI, R. 1953. La geologia dell'alto Bacino dell'Isonzo. *Giorn. Geologia s. 2*, 19: 1-153.
- SELLI, R. 1963. Schema geologico delle Alpi Carniche e Giulie occidentali. *Giorn. Geologia s. 2*, 30 (2): 1-136.
- SELLI, R. 1964. Cenni stratigrafici e tettonici delle Alpi Carniche e Giulie occidentali. *Boll. Soc. Geol. It.* 83: 1-18.
- TARAMELLI, T. 1877. Catalogo ragionato delle rocce del Friuli. *Atti Acc. dei Lincei s. V*, 1: 511-609.
- TINTORI, A., G. MUSCIO & S. NARDON. 1985. The Triassic fossil fishes localities in Italy. *Riv. It. Paleont. Strat.* 91 (2), 197-210.
- VIDUS, L., & R. ZUCCHINI. 2002. Relazione tecnica sulle attività minerarie ed estrattive della Miniera di scisti bituminosi di Resiutta. Relazione inedita. Museo Friulano di Storia Naturale e Parco Naturale delle Prealpi Giulie.
- ZANFERRARI, A., coord. 2013. *Foglio 049 Gemona del Friuli. Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*. Roma: ISPRA-Servizio Geologico d'Italia. www.isprambiente.gov.it/Media/carg/friuli.html.
- ZANFERRARI, A., & M.E. POLI. 2011. Sismotettonica della Carnia centrale (Friuli, Italia Nord-Orientale). *Atti del 30° Convegno Nazionale del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, Trieste*, 85-86.
- ZANFERRARI, A., D. MASETTI, G. MONEGATO & M.E. POLI. 2013. *Note illustrative del Foglio 049 Gemona del Friuli*. Roma: ISPRA-Servizio Geologico d'Italia e Regione A. Friuli Venezia Giulia. www.isprambiente.gov.it/Media/carg/friuli.html.

Author's address - Indirizzo dell'Autore:

- Maurizio PONTON
Dipartimento di Matematica e Geoscienze, Università degli Studi
via Weiss 2, I-34128 TRIESTE
e-mail: ponton@units.it