

L. PANDOLFI (*)

LE ARENARIE DEL M. GOTTERO NELLA SEZIONE DI PUNTA MESCO (CAMPANIANO SUP.-PALEOCENE INF., APPENNINO SETTENTRIONALE): ANALISI STRATIGRAFICA E PETROGRAFICA DELLA PARTE PROSSIMALE DI UN SISTEMA TORBIDITICO (**)

Riassunto - È stata condotta una analisi stratigrafica e petrografica di dettaglio nelle Arenarie del M. Gottero affioranti nella sezione di P.ta Mesco (Appennino Settentrionale, Unità Gottero). Lo studio condotto sulla parte più prossimale del sistema torbiditico di età Cretaceo Superiore-Paleocene Inferiore affiorante nell'area di P.ta Mesco aveva lo scopo di definire la composizione litologica dell'area sorgente che alimentava le Arenarie del M. Gottero. Lo studio petrografico di questi depositi è stato realizzato mediante l'analisi modale della frazione arenitica e ruditica utilizzando le metodologie di conteggio note in letteratura come «metodo Gazzi-Dickinson».

L'analisi stratigrafica ha messo in evidenza la presenza di associazioni di facies (Facies F4->F8 di Mutti, 1992 e strutture di impatto) rappresentative di una zona di «transito» dei flussi torbiditici caratterizzata dalla presenza di facies grossolane e da condizioni di instabilità idraulica dei flussi gravitativi. L'analisi petrografica modale testimonia una composizione del detrito arenitico comparabile con quella già conosciuta in letteratura per le Arenarie del M. Gottero che risulta essere costituita da arkose ($Q_{50}F_{33}L_{17}$) derivate dallo smantellamento di uno zoccolo cristallino ed indicano un'area sorgente costituita da litosfera continentale caratterizzata principalmente dalla presenza di rocce granitoidi, metamorfiti di basso grado, vulcaniti acide e dalla completa assenza di «ofioliti». L'area sorgente che alimentava questo sistema deve essere ricercata all'interno del paleomargine europeo in un settore caratterizzato dalla diffusa presenza di rocce cristalline molto simile a quello che affiora oggi nel blocco Sardo-Corso.

Parole chiave - Arenarie del M. Gottero, Campaniano Superiore-Paleocene Inferiore, analisi modale, stratigrafia, Unità Liguri Interne, area sorgente.

Abstract - *The Mt. Gottero Sandstone of Punta Mesco area (Late Campanian-Early Paleocene, Northern Apennines): stratigraphic and petrographic analysis of the inner part of a deep sea fan.* The Mt. Gottero Sandstone (Late Campanian-Early Paleocene) is remnants of the sedimentary cover of the Ligure-Piemontese oceanic lithosphere consisting of a thick siliciclastic turbidite system interpreted as a deep sea fan. The Mt. Gottero sandstone that crops out in the Punta Mesco area (Eastern Liguria) represents the inner part of the turbidite system characterized by the presence of high density turbidity current derived deposits (F4 to F8 Mutti's 1992 facies) and impact features. The provenance of Gottero Sandstone from the Punta Mesco area has been investigated by petrographic modal analysis of arenites and conglomerates. A detailed analysis of conglomerate lithic fragments has also been performed.

According to previous works, arenites detrital mode of the Mt. Gottero Sandstone is quartz-feldspathic ($Q_{50}F_{33}L_{17}$). The lithic fragments are mainly derived by granitoids, low grade metamorphic rocks and acidic volcanics; minor calcareous extrabasinal clasts are also present. Ophiolite derived rock fragments are absent. The petrographic parameters indicate a continental basement terrain as probable source area characterized by the exposure of large crystalline massifs.

Key words - Mt. Gottero Sandstone, Late Campanian-Early Paleocene, modal analysis, stratigraphy, Internal Liguride Units, provenance.

INTRODUZIONE

Le Arenarie del M. Gottero (Campaniano Superiore-Paleocene Inferiore) costituiscono parte delle coperture torbiditiche che caratterizzano le successioni con ofioliti di tipo Ligure Interno.

Le Arenarie del M. Gottero sono considerate parte di un complesso sistema deposizionale, a composizione prevalentemente silicoclastica, costituito da differenti apparati che caratterizzava il margine europeo della Tetide Occidentale durante il Cretaceo Superiore (Cfr. Arenarie di Bordighera, Arenarie del Ghiaieto, Flysch di Novella, Abbate e Sagri, 1982, Gardin *et al.*, 1994). All'interno delle Arenarie del M. Gottero la sezione di P.ta Mesco (Fig. 1) è stata indicata come la porzione rappresentativa dell'apparato distributivo del sistema, caratterizzato da associazioni di facies di «canale» (Nilsen e Abbate, 1983). Questa interpretazione, unitamente alla presenza di depositi grossolani rende particolarmente interessante lo studio della sezione di P.ta Mesco soprattutto per quello che riguarda la caratterizzazione dell'area sorgente del sistema torbiditico delle Arenarie del M. Gottero.

A questo scopo è stato utilizzato lo studio petrografico di questi depositi, realizzato mediante l'analisi modale della frazione arenitica e ruditica. L'obiettivo finale di questo tipo di analisi e quello di fornire elementi essenziali nella correlazione di queste arenarie con gli analoghi depositi affioranti in Appennino Settentrionale, nelle Alpi Marittime e nella Corsica Alpina.

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Via S. Maria 53, 56126 Pisa.

(**) Ricerca finanziata con i contributi del Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino-CNR Pisa (Dir. A. Rau).

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Le successioni stratigrafiche con ofioliti di tipo Ligure Interno (Elter e Pertusati, 1973) sono rappresentative dell'evoluzione del Dominio oceanico Ligure-Piemontese appartenente alla Tetide occidentale (Decandia e Elter, 1972; Abbate *et al.*, 1980b). Mentre le sequenze ofiolitiche e le coperture pelagiche sono considerate rappresentative delle fasi di apertura oceanica (*rifting, spreading e drifting*) i depositi torbiditici delle successioni Liguri Interne sono stati messi in relazione con le fasi convergenti che hanno interessato il bacino oceanico Ligure-Piemontese nel Cretaceo Superiore e che porteranno poi il sistema alle fasi collisionali durante l'Eocene Medio (Elter, 1975).

Alcuni settori dell'Appennino ligure, come il Massiccio del Bracco, la Val Graveglia, e la Val Lavagna rappresentano le aree nelle quali è stata messa a punto la stratigrafia delle sequenze ofiolitiche (Decandia e Elter, 1972; Abbate *et al.*, 1980a; Cortesogno *et al.*, 1987) e delle coperture sedimentarie (Decandia e Elter, 1972; Casnedi, 1982; Marroni, 1990; Marini, 1992; Marroni *et al.*, 1992; Cobianchi *et al.*, 1994; Pandolfi, 1997). In particolare, la successione tipo delle Unità Liguri Interne (conosciuta anche come «Supergruppo della Val di Vara», Abbate *et al.*, 1970) è caratterizzata dalla presenza di una sequenza ofiolitica giurassica (ultramafiti e gabbri a cui si sovrappone in discordanza un complesso vulcano-sedimentario), da coperture pelagiche del Giurassico Superiore-Santoniano (Diaspri, Calcare a Calpionelle e Argille a Palombini), da una potente successione torbiditica del Campaniano-Paleocene Inferiore (Scisti di Val Lavagna e Arenarie del M. Gottero; Cfr. Arenarie Superiori, Arenarie del M. Zatta, Arenarie del Ramaceto) e da depositi di scarpata del Paleocene Inferiore (Argilliti di Giaiette; Cfr. Scisti del Bocco e Formazione di Colli/Tavarone).

Le Unità Liguri Interne sono costituite da un complesso impilamento di unità tettoniche geometricamente comprese fra l'Unità Antola e le Unità Liguri Esterne (Elter e Pertusati, 1973; Marroni e Pandolfi 1996; Pandolfi e Marroni, 1997). Fra queste l'Unità Gottero presenta il maggiore sviluppo di depositi torbiditici attribuiti alla successione Scisti di Val Lavagna-Arenarie del M. Gottero.

Nell'area studiata (Fig. 1) si può osservare la sovrapposizione tettonica fra Unità Liguri Interne ed Unità Subliguri e Toscane. All'interno delle Unità Liguri Interne è stata riconosciuta la sovrapposizione fra Unità Gottero e Unità Bracco/Val Graveglia (Fig. 2). Fra quest'ultima e le Unità Subliguri sono presenti elementi tettonici di dimensioni minori costituiti da depositi detritici grossolani con ofioliti attribuiti in parte all'Unità Colli/Tavarone (Cfr. Unità Lizza/Serò, Cortesogno *et al.*, 1987) ed in parte alle Unità Liguri Esterne (Abbate, 1969).

Nell'area di P.ta Mescio l'Unità Gottero rappresenta l'elemento geometricamente più elevato delle Unità Liguri Interne ed è caratterizzata da una successione a giacitura normale costituita dalla Formazione delle Argille a Palombini dagli Scisti di Val Lavagna e

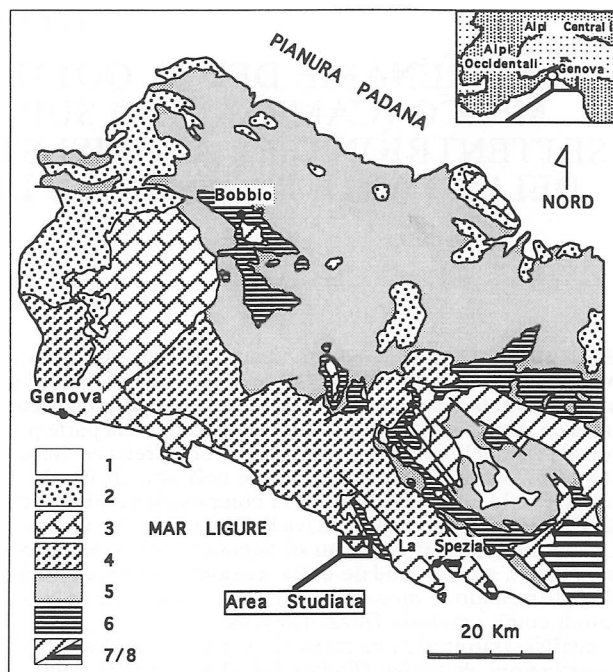


Fig. 1 - Schema tettonico dell'Appennino Settentrionale. Nel riquadro è indicata la localizzazione dell'area studiata. Legenda: 1 - Depositi Plio-quadernari. 2 - Bacino Terziario Piemontese e Successione Epiligure. 3 - Unità Antola. 4 - Unità Liguri Interne. 5 - Unità Liguri Esterne. 6 - Unità Subliguri. 7 - Falda Toscana. 8 - Unità Toscane metamorfiche.

dalle Arenarie del M. Gottero (Fig. 2). Il contatto fra Argille a Palombini e Scisti di Val Lavagna risulta tettonizzato, mentre la parte superiore della successione, costituita nei settori più settentrionali dalle Argilliti di Giaiette, non è visibile in quest'area, probabilmente a causa dell'erosione costiera.

Le Arenarie del M. Gottero

Le principali caratteristiche del sistema deposizionale costituito dalla successione Scisti di Val Lavagna-Arenarie del M. Gottero sono state analizzate in numerosi lavori (Parea, 1965; Mutti e Ricci Lucchi, 1972, Casnedi, 1982, Nilsen e Abbate, 1976, 1983; Abbate e Sagri, 1982; Marini, 1991, 1992, 1994) che mettono in evidenza gli aspetti stratigrafici e sedimentologici più importanti.

Tutti gli Autori interpretano la successione Scisti di Val Lavagna-Arenarie del M. Gottero come il prodotto di una conoide sottomarina sulla base dei modelli proposti da Mutti e Ricci Lucchi (1972). Alcuni autori (Nilsen e Abbate, 1983 e Marini, 1991; 1994) riconoscono all'interno delle Arenarie del M. Gottero le diverse associazioni di *facies* tipiche dei diversi settori della conoide e la presenza di cicli di progradazione e retrogradazione anche alla scala dell'intero sistema deposizionale (Marini, 1991). In particolare Nilsen e Abbate (1983) riconoscono nell'attuale di-

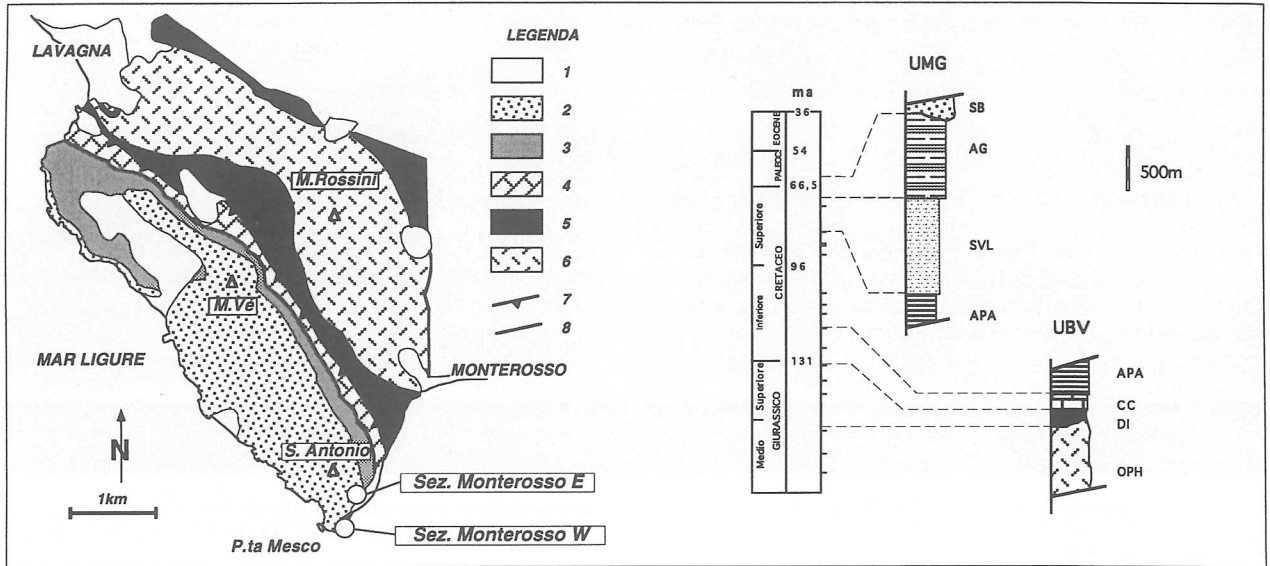


Fig. 2 - Schema geologico dell'area studiata e log schematico delle successioni stratigrafiche relative alle Unità Gottero (UMG) e Bracco/Val Graveglia (UBV). È indicata la localizzazione delle sezioni stratigrafiche di Fig. 4. Legenda: 1 - Frane, coperture e depositi di spiaggia attuali. Unità Gottero: 2 - Arenarie del M. Gottero. 3 - Scisti di Val Lavagna. 4 - Argille a Palombini. Unità Bracco/Val Graveglia: 5 - Serpentiniti. 6 - Gabbri. 7 - Contatto tettonico fra Unità Gottero e Unità Bracco/Val Graveglia. 8 - Contatti tettonici secondari. OPH-Sequenza ofiolitica. DI-Diaspri di M. Alpe. CC-Calcarea a Calpionelle. APA-Argille a Palombini. SVL-Scisti di Val Lavagna. AG-Arenarie del M. Gottero. SB-Argilliti di Giaiette = Scisti del Bocco.

sposizione geometrica degli affioramenti di Arenarie del M. Gottero della Liguria orientale, dell'Emilia-Romagna e della Toscana settentrionale una coerenza con la disposizione geometrica originaria della «Conoide del M. Gottero» attiva durante il Cretaceo Superiore individuando associazioni di facies caratteristiche di: *inner fan*, *middle fan*, *outer fan* e *basin plain*.

Sulla base dei dati petrografici relativi alla frazione arenitica di tipo qualitativo (Parea, 1964; Malesani, 1966; Sestini, 1970), quantitativo (Valloni e Zuffa, 1984; Vescovi e Valloni, 1986; Van de Kamp e Leake, 1994) e dei minerali pesanti (Gazzi, 1965a-b e Wildi, 1985) l'area sorgente della conoide è individuata all'interno un basamento di tipo continentale («*faulted and uplifted continental basement*», sensu Dickinson, 1985) caratterizzato da estesi affioramenti di massici cristallini.

Gli studi biostratigrafici effettuati sulla Formazione delle Arenarie del M. Gottero nei settori immediatamente a nord dell'area studiata indicano un'età Campaniano Superiore-Maastrichtiano Inferiore per la base della formazione (Marroni *et al.*, 1992), mentre per il tetto l'età dedotta dal contenuto in Foraminiferi e Nannofossili calcarei è Paleocene Inferiore (Passerini e Pirini, 1964; Marroni e Perilli, 1990).

LA SEZIONE DI PUNTA MESCO

Nella sezione di P.ta Mesco (Figg.2-3) è stata analizzata in dettaglio la successione appartenente al-

l'Unità Gottero che comprende gli Scisti di Val Lavagna e le Arenarie del M. Gottero. La parte basale della successione, costituita dalla Formazione delle Argille a Palombini è caratterizzata da una deformazione piuttosto intensa che impedisce la lettura delle strutture primarie.

Sono state misurate due sezioni di estremo dettaglio localizzate a circa 100 m di distanza l'una dall'altra (Sezioni Monterosso Est ed Ovest; Fig. 3) rappresentative di una sezione ortogonale alla direzione media del flusso ricavata dai paleoindicatori di corrente. Entrambe le sezioni presentano giacitura normale e sono caratterizzate dalla presenza del passaggio stratigrafico tra le Arenarie del M. Gottero ed i sottostanti Scisti di Val Lavagna. Il limite superiore della successione non è visibile a causa dell'erosione marina, inoltre l'accesso alla parte alta della successione è impedito dalle ripide pareti di P.ta Mesco.

Lo schema di Fig. 2 e la foto di Fig. 3 mostrano l'esatta ubicazione delle due sezioni stratigrafiche misurate e rappresentate in Fig. 4.

Caratteristiche stratigrafiche

La parte basale delle sezioni analizzate (Fig. 4) è costituita da strati di spessore da centimetrico a decimetrico attribuiti alla Formazione degli Scisti di Val Lavagna. Gli strati mostrano una buona continuità laterale, basi a granulometria arenitica fine e finissima ed un rapporto a/p mediamente vicino ad 1. Si tratta di torbiditi in facies F9 (Mutti, 1992) carat-

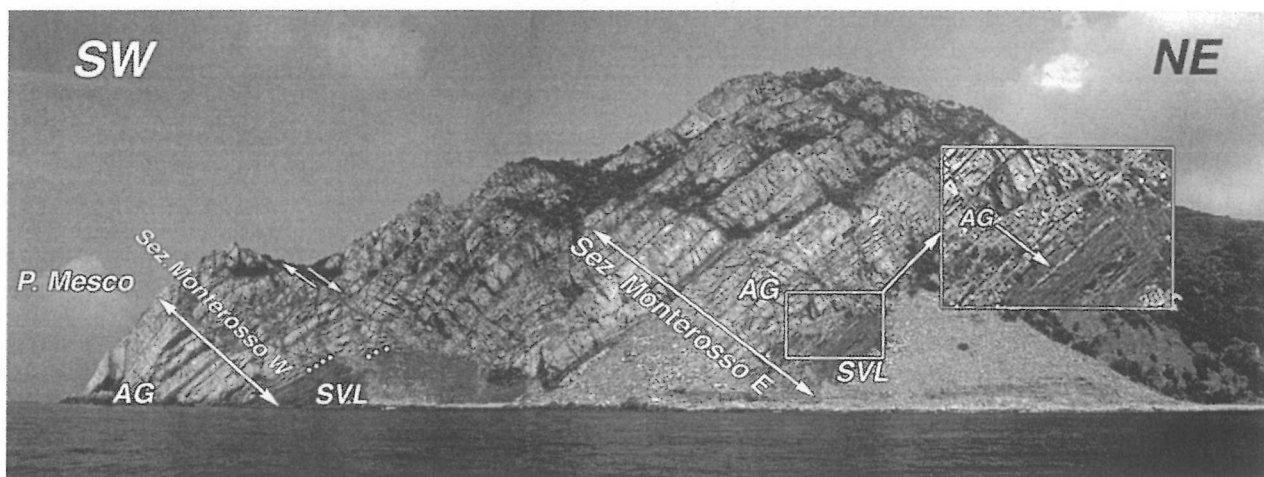


Fig. 3 - Panorama della sezione di P.ta Mesco. È indicata la localizzazione delle sezioni stratigrafiche di Fig. 4. AG-Arenarie del M. Gottero. SVL-Scisti di Val Lavagna. Nel riquadro è visibile in dettaglio il passaggio stratigrafico fra Arenarie del M. Gottero e Scisti di Val Lavagna.

terizzate da sequenze incomplete di Bouma Tc-e, Td-e ed attribuibili a meccanismi deposizionali di decantazione e trazione legati a correnti di torbidità a bassa densità.

La parte sommitale della Formazione degli Scisti di Val Lavagna è caratterizzata da intercalazioni di alcuni strati decimetrici di arenite a composizione silicoclastica. Queste intercalazioni, visibili nel riquadro della foto di Figura 3, sono costituite da strati a granulometria arenitica grossolana moderatamente ben classati che presentano una spiccata forma lenticolare con superficie superiore planare, una organizzazione interna caratterizzata da lamine oblique a media scala (*cross stratification*). Questi strati (interpretabili come *facies* F6 di Mutti, 1992) indicano il passaggio di flussi torbiditici che abbandonano parte del carico grossolano che viene rielaborato dallo stesso flusso in modo da formare strutture di tipo *cross stratification* e *megaripple* (Mutti e Normark, 1987). La sezione misurata relativa alle Arenarie del M. Gottero è costituita da circa 100 m di successione torbiditica (Fig. 4). Le principali tipologie stratigrafico-sedimentologiche riconosciute durante il rilevamento della sezione sono state:

– *Grandi spessori*: gli strati possono raggiungere spessori di 10 m, anche se la diffusa presenza di superfici di amalgamazione, talvolta di difficile riconoscimento, porta a sovrastimare la potenza dei singoli strati. Lo spessore dei letti varia rapidamente muovendosi ortogonalmente alla direzione del flusso (indicata da *flute* e *groove cast*); la rapidità di variazione dello spessore degli strati è visibile dal confronto delle due sezioni misurate che distano meno di 200 m l'una dall'altra (Fig. 3).

– *Granulometria grossolana*: la granulometria degli strati varia da arenite media a rudite media, ma mediamente gli strati mostrano granulometrie arenitiche grossolane. Si tratta delle maggiori taglie granulometriche riconosciute nelle Arenarie del

M. Gottero, se si escludono gli strati formati da intraclasti particolarmente abbondanti lì dove sono state riconosciute strutture da impatto. Il *sorting* varia da buono a molto scarso in funzione delle differenti *facies* presenti.

– *Frazione pelitica quasi assente*: il rapporto a/p è sempre maggiore di 3:1 e nella maggior parte dei casi la frazione pelitica è assente (Fig. 4). Questo fatto è da imputarsi alla alta energia dei flussi torbiditici incompatibile con il deposito della frazione pelitica.

– *Grande capacità erosiva*: la maggior parte degli strati presenta una base erosiva e superfici di amalgamazione (Fig. 5a). Sono molto diffuse strutture indicative di alta capacità erosiva quali *clay chips*, *cut and fill structure* (Fig. 5b) e docce di erosione (*groove cast* e *flute cast*). La grande capacità erosiva è da imputare ad una alta energia del flusso, come testimoniano i numerosi *clay chips* corazzati noti come *armored balls structure* (Fig. 5c), alla presenza di *facies* F4 (S2 di Lowe, 1982), ma soprattutto alla presenza di strutture indicative di condizioni idrauliche instabili. Infatti sono riconoscibili numerose strutture che testimoniano una variazione rapida del regime del flusso (*hydraulic jump*) fra cui particolarmente evidenti sono le strutture da impatto (Fig. 5d) e le associazioni frequenti di *facies* F9 direttamente al di sopra di *facies* F5 (S3 di Lowe, 1982) ed F7. Testimonianze di una brusca decelerazione del flusso in questo settore sono fornite anche dalla presenza di strati depositati in massa (*facies* F5 ed F8 di Mutti, 1992) caratterizzati dalla presenza di strutture da sfuggita di fluidi (Fig. 5e).

La presenza diffusa di *facies* F6 di Mutti (1992) (Fig. 5f) e le caratteristiche appena descritte indicano che la sezione di P.ta Mesco costituiva una zona di transito per il detrito trasportato dalle torbiditi. Questo andava ad alimentare settori più distali del sistema deposizionale da ricercare nelle *facies* di lobo simili a quelle descritte da Casnedi (1982) e Pandol-

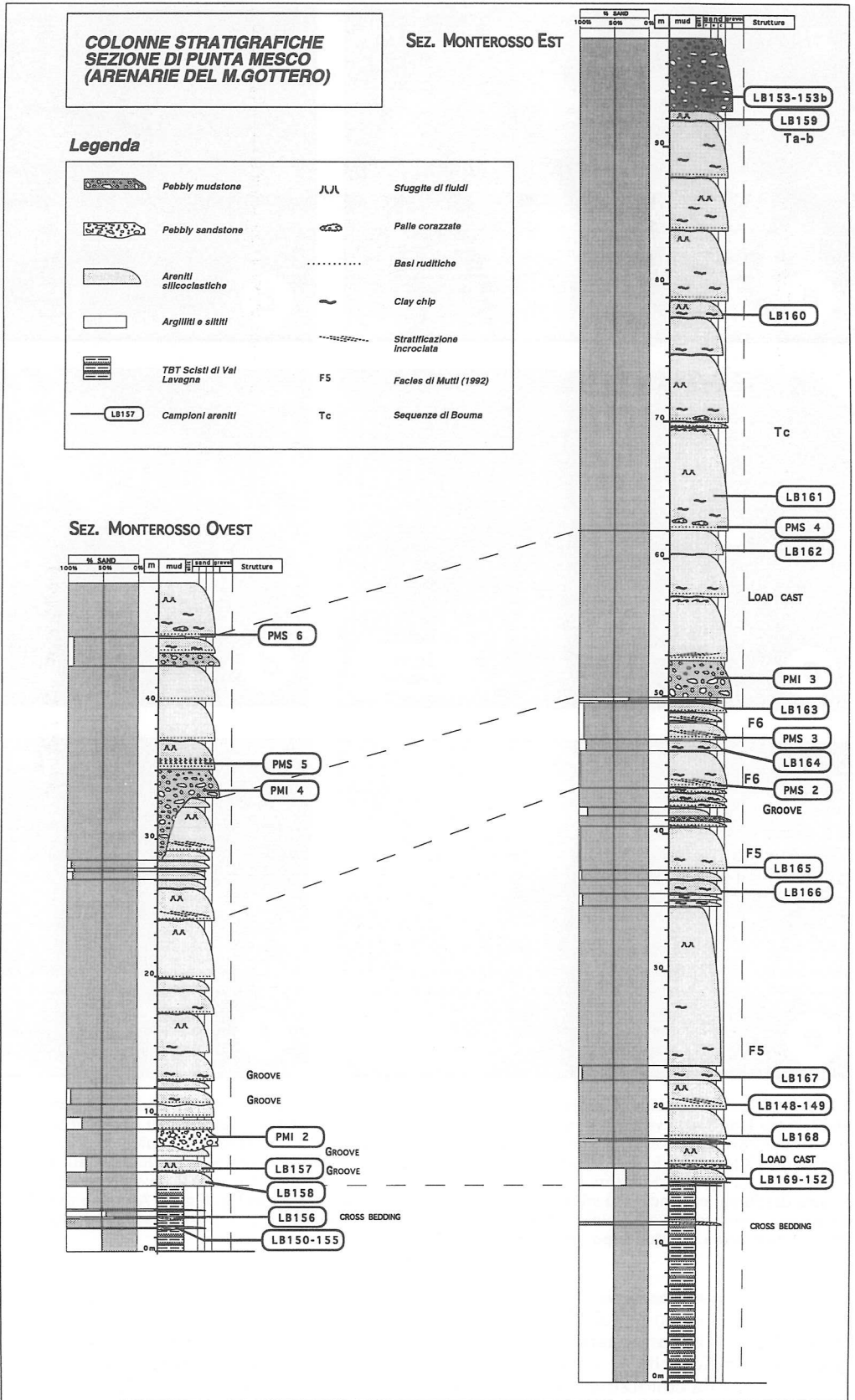


Fig. 4 - Sezioni stratigrafiche di dettaglio delle Arenarie del M. Gottero relative alla sezione di Pta.Mesco. La localizzazione delle sezioni è indicata in Fig. 3.

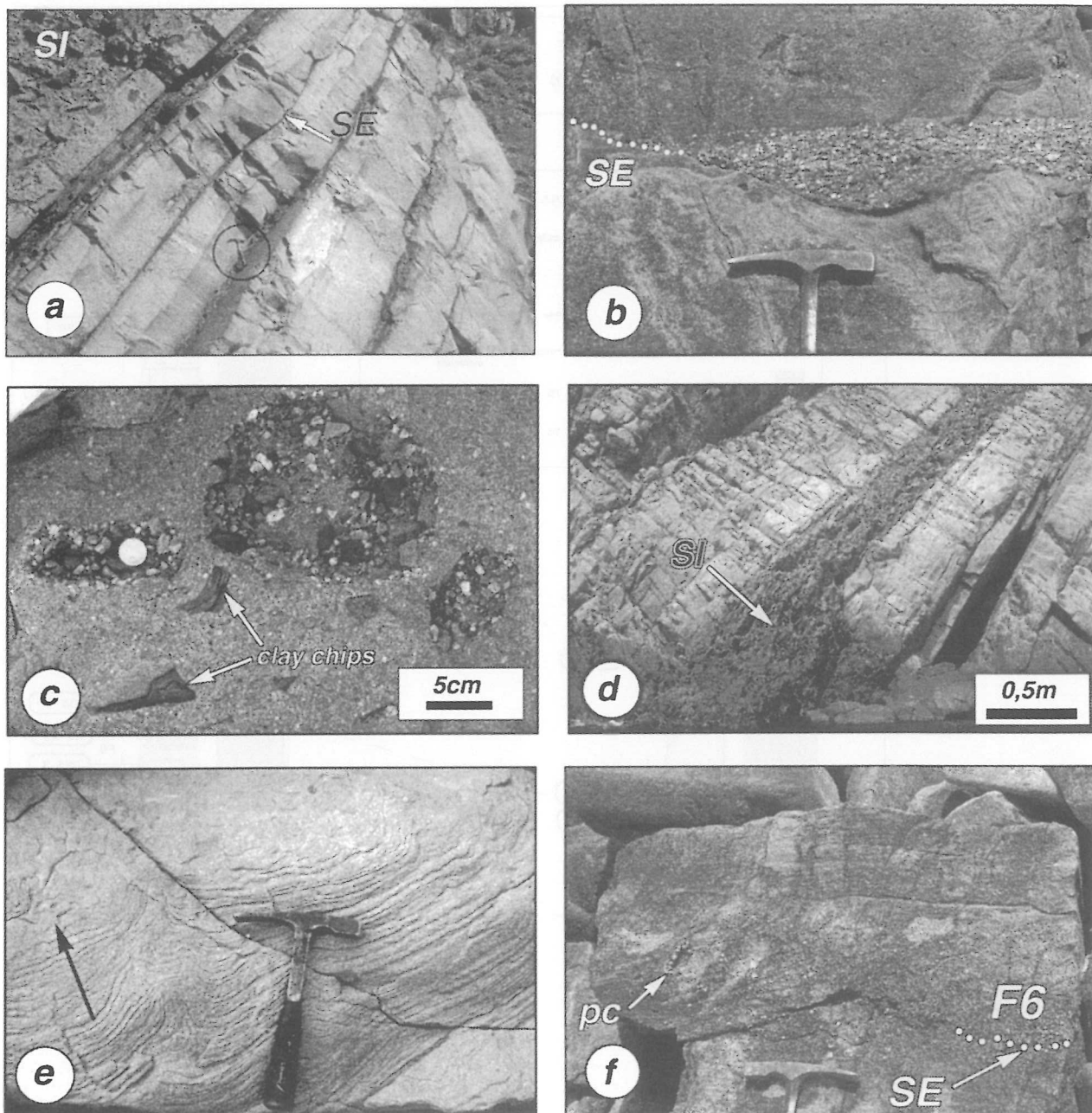


Fig. 5 - Particolari di strutture sedimentarie visibili all'interno della sezione di Pta.Mesco: a) aspetto all'affioramento della sezione Monterosso Est. Sono evidenti le superfici di amalgamazione (SE) e la parte inferiore di una struttura da impatto (SI). b) Particolare di struttura erosiva alla base di uno strato a granulometria ruditica. La presenza di un piccolo *scour* evidenzia la superficie di amalgamazione (SE). c) Particolare di strutture tipo «palle corazzate» presenti alla base di alcuni strati. Sono visibili alcuni *clay chips* di Scisti di Val Lavagna. d) Struttura da impatto (SI) all'interno della sezione Monterosso Ovest (Campione PMI4). È evidente la capacità erosiva del flusso che incide lo strato sottostante. e) Strutture da sfuggita di fluidi nelle Arenarie del M. Gottero. La freccia indica la direzione di movimento dei fluidi. f) Aspetto della facies F6 (*sensu* Mutti, 1992). Sono evidenti le lamine oblique, la base dello strato (SE) e una piccola struttura tipo «palla corazzata» (pc).

fi (1997) nella sezione del M. Ramaceto. La capacità dei flussi di abbandonare materiale grossolano in quest'area indica che le correnti di torbidità erano caratterizzate da condizioni idrauliche instabili; ana-

logamente a quanto descritto per i depositi di tipo *coarse grained lag* (Mutti, 1992), questa instabilità potrebbe essere stata indotta da un aumento della sezione idraulica del condotto di trasporto (ad es. fine

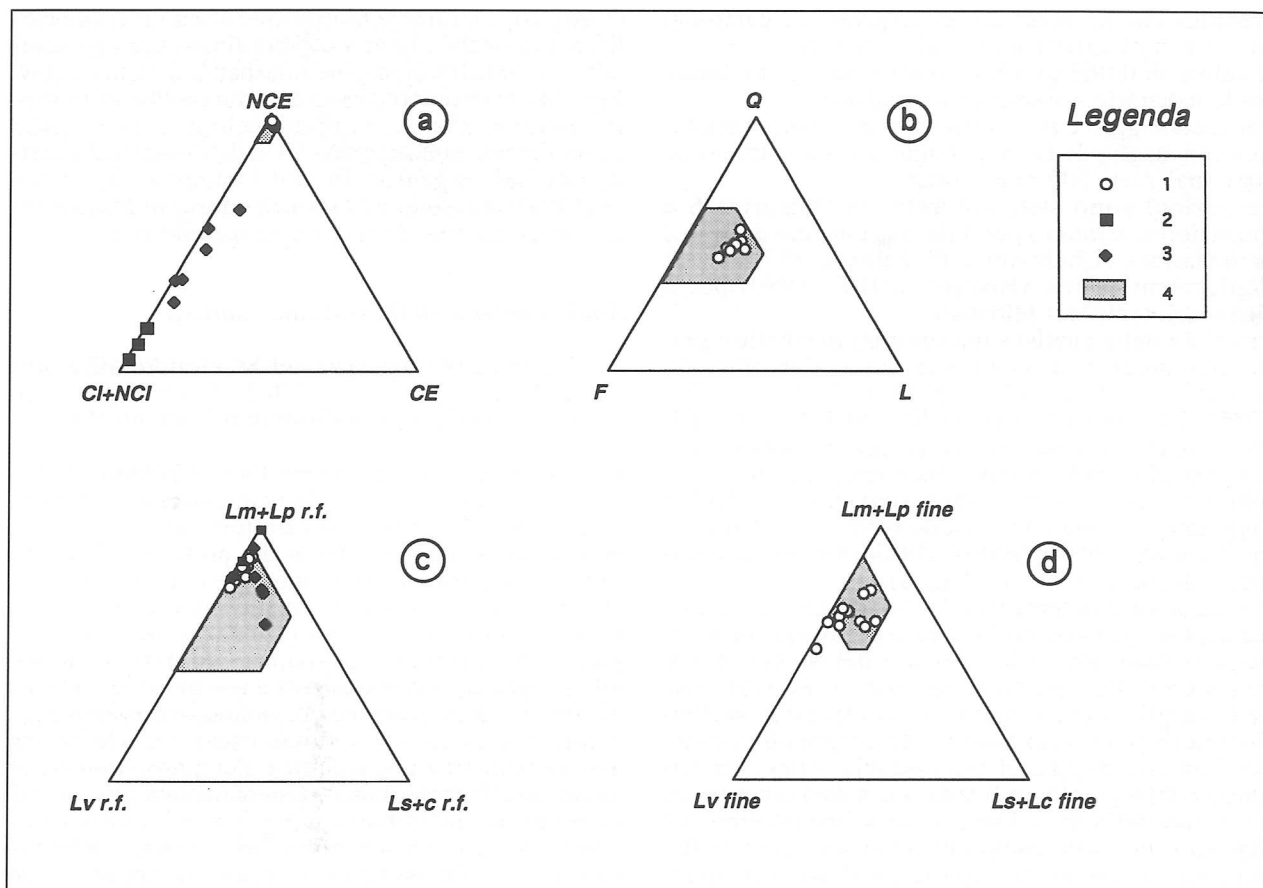


Fig. 6 - Diagrammi triangolari sulla base dell'analisi modale condotta sulle arenite e sulle rudite delle Arenarie del M. Gottero di P.ta Mesco. a) Diagramma triangolare del primo ordine NCE-CE-NCI+CI (Zuffa, 1985). b) Diagramma triangolare del secondo ordine Q-F-L. c-d) Diagrammi triangolari relativi ai frammenti litici fini (fine) e grossolani (r.f.). Lm+Lp: Frammenti di rocce cristalline *s.l.* e metamorfiche. Lv: Frammenti di rocce vulcaniche acide. Ls+Lc: Frammenti di rocce sedimentarie silicoclastiche e carbonatiche di origine extrabacinale. Legenda: 1 - Arenite delle Arenarie del M. Gottero di P.ta Mesco. 2 - Ruditi dalle strutture da impatto. 3 - Ruditi da strati torbiditici in facies F5 (*sensu* Mutti, 1992). 4 - Arenarie del M. Gottero dai dati di letteratura relativi ad altri settori: Valloni e Zuffa, 1984 (M. Ramaceto, M. Zatta e M. Gottero); Vescovi e Valloni, 1986 (M. Gottero); Van de Kamp e Leake, 1994 (M. Zatta); Pandolfi, 1997 (Val Lavagna e M. Ramaceto).

di un *canyon*, nell'ambito di un modello di conoide *sensu* Mutti e Ricci Lucchi, 1972) oppure da una brusca diminuzione della pendenza del substrato. Entrambe queste situazioni determinano infatti una decelerazione e quindi una perdita di competenza dei flussi più o meno rapida.

ANALISI PETROGRAFICA

All'interno delle due sezioni misurate sono stati raccolti campioni nelle Arenarie del M. Gottero per l'analisi modale della frazione arenitica e della frazione ruditica (Fig. 4).

In particolare sono stati analizzati campioni di arenite medio-grossolane provenienti da strati con livelli in facies F8 (Mutti, 1992) caratterizzati da *sorting* buono. Utilizzando i granuli di taglia ruditica, che costituiscono le basi di alcuni strati della successio-

ne, è stata effettuata una analisi petrografica dei frammenti di roccia che presentano le granulometrie maggiori riconosciute all'interno delle Arenarie del M. Gottero. L'esatta ubicazione dei campioni è indicata nella Figura 4.

Lo studio petrografico è stato effettuato attraverso l'uso delle metodologie di conteggio statistico utilizzate da numerosi Autori e note in letteratura come metodo di conteggio Gazzi-Dickinson.

L'analisi petrografica modale per punti è stata condotta secondo la metodologia proposta da Gazzi (1966) e modificata da Dickinson (1970) e Zuffa (1980, 1985) che tende ad eliminare l'effetto negativo della variazioni granulometriche durante le operazioni di conteggio (per una revisione critica del metodo si veda Ingersoll *et al.*, 1984).

Circa 40 campioni, raccolti all'interno delle sezioni misurate, sono stati analizzati al microscopio ottico per un esame petrografico qualitativo della frazione

arenitica che ha permesso di scegliere 12 campioni su cui è stata effettuata l'analisi modale.

Il valore di 0,063 mm è stato utilizzato come limite fra le categorie «ossatura» e «matrice».

Per il conteggio è stato utilizzato un tavolino traslatore con maglia da 1mm; per ogni sezione sottile sono stati analizzati 500 punti totali.

Le sezioni sono state colorate con Alizarina-S e Potassioferrocianuro per il riconoscimento delle fasi carbonatiche (Lindholm e Finkelman, 1972) e con Sodiocobaltonitrato (Houghton, H.F., 1980) per il riconoscimento dei feldspati.

I risultati delle analisi sono riportati in tabelle e grafici triangolari relativi all'ossatura dell'arenite e realizzati secondo gli schemi proposti da Zuffa (1980, 1985) (diagramma di primo ordine, NCE-CE-CI+NCI) che permette di discriminare gli apporti intrabacinali vs extrabacinali rispetto alla composizione carbonatica vs siliceoclastica. Sono stati inoltre calcolati diagrammi del secondo ordine (Q-F-L) e diagrammi del terzo ordine relativi ai litici fini ed ai frammenti di roccia (Tab. 1 e Fig. 6).

È stata inoltre determinata la composizione modale dei depositi grossolani che caratterizzano alcuni strati della Formazione delle Arenarie del M. Gottero di P.ta Mesco. Per questo scopo sono state realizzate delle maglie a passo variabile da utilizzare sull'affioramento che utilizzano lo stesso principio usato per l'analisi modale al microscopio ottico. La larghezza della maglia utilizzata varia da 4 cm a 10 cm a seconda della granulometria massima presente nel deposito. Per ogni campione sono stati contati 400 punti ed i dati sono stati riportati su diagrammi triangolari confrontabili con quelli utilizzati per la frazione arenitica.

Petrografia delle areniti

Le arenarie della sezione di P.ta Mesco possono essere classificate come extrareniti non carbonatiche (NCE₉₉CE_{0,6} CI+NCI_{0,4} *sensu* Zuffa, 1985; Fig. 6a) mentre sulla base del contenuto in quarzo, feldspati e litici esse possono essere inserite nella famiglia delle Arkose (Q₅₀F₃₃L₁₇ *sensu* Pettijohn *et al.*, 1972; Figg.6b-7a).

La composizione modale di queste arenarie risulta piuttosto monotona, (Tab. 1; Figg.6-7a). Esse sono caratterizzate dalla presenza di frammenti monocristallini di quarzo e feldspati che da soli costituiscono oltre il 50% dell'ossatura. Fra i frammenti monomineralici sono diffusi anche i fillosilicati, generalmente cloritizzati, e rari zirconi, apatiti, granati, epidoti e tormaline. Tra i frammenti di roccia prevalgono rocce cristalline (granitoidi e/o rocce di alto grado metamorfico, Fig. 7c) e rocce metamorfiche di medio e basso grado (gneiss e micascisti ad una e due miche ed a granato, Fig. 7b).

Fra i frammenti litici a grana fine (Fig. 6d) sono molto diffuse le rocce metamorfiche di basso grado (filladi, scisti e quarzo policristallino con tessiture metamorfiche) e le rocce vulcaniche (prevalentemente vulcaniti acide a tessitura porfirica con fenocristalli

di quarzo, sanidino e biotite classificabili come rioliti e/o riodaciti). In modo subordinato sono presenti siltiti ed argilliti di origine intrabacinale (*clay chips*; Fig. 7d), frammenti di rocce carbonatiche di piattaforma (*grainstone* a ooliti e/o peloidi e micriti, che generalmente non superano l'1% dell'ossatura) e resti di materiale organico. In tutti i campioni di areniti analizzati non sono mai stati riconosciuti frammenti di roccia derivati da una sequenza ofiolitica.

Analisi modale della frazione ruditica

All'interno delle Arenarie del M. Gottero affioranti a P.ta Mesco sono riconoscibili dei livelli ruditici che caratterizzano la base degli strati più potenti (Figg.4-5).

Le basi di alcuni strati in facies F4 ed F5 (Mutti, 1992) e di alcuni livelli in cui sono riconoscibili strutture da impatto (Fig. 5d) sono caratterizzati da granulometrie che superano i 10 cm. La presenza di detrito grossolano permette di riconoscere la natura dei clasti ad occhio nudo o con l'uso di una lente.

Come dimostrato da Cibin (1993a-b), per cause legate ai meccanismi deposizionali ed indirettamente alle proprietà composizionali e tessiturali dei clasti, all'interno della frazione grossolana si possono concentrare litologie che risultano scarse o addirittura assenti nella frazione arenitica. Per questo motivo su alcuni livelli grossolani è stata realizzata una analisi petrografica quantitativa della frazione ruditica nonostante la cattiva selezione, caratteristica della facies F5 e delle associate strutture da impatto, non rappresenti la condizione ottimale per l'analisi modale per punti in due dimensioni.

Una analisi petrografica preliminare di tipo qualitativo è stata condotta sui frammenti di roccia che compongono questi strati che sono caratterizzati dalla importante presenza di clasti di origine intrabacinale.

La grande quantità di intraclasti presente, costituiti da peliti ed areniti derivati dai sottostanti Scisti di Val Lavagna e dalle stesse Arenarie del M. Gottero è sicuramente da imputare alla grande capacità erosiva degli strati che caratterizzano la successione di P.ta Mesco (*facies* F4; F5; F6; F7; F8; Mutti, 1992). Deve essere inoltre messo in evidenza come tutta la frazione granulometrica che supera i 7/10 cm (campioni PMI) sia costituita da intraclasti, mentre i clasti di taglia ruditica più fine, che costituiscono le basi degli strati torbiditici più grossolani (campioni PMS), mostrano una composizione confrontabile con quella dei frammenti di roccia presenti nella frazione arenitica (Fig. 6a-c).

I dati relativi all'analisi modale sono rappresentati nella Tab. 1 e nei diagrammi di Fig. 6a e Fig. 6c. Se si escludono i clasti di tipo intrabacinale si ottiene una composizione caratterizzata da frammenti di rocce cristalline s.l. (Fig. 7c), metamorfiche di basso grado (filladi, micascisti a granato, gneiss ad una e due miche; Fig. 7b), quarzo policristallino e feldspati. Rispetto alla frazione arenitica risultano maggiormente diffusi i granuli derivati da vulcaniti acide (Fig. 7e)

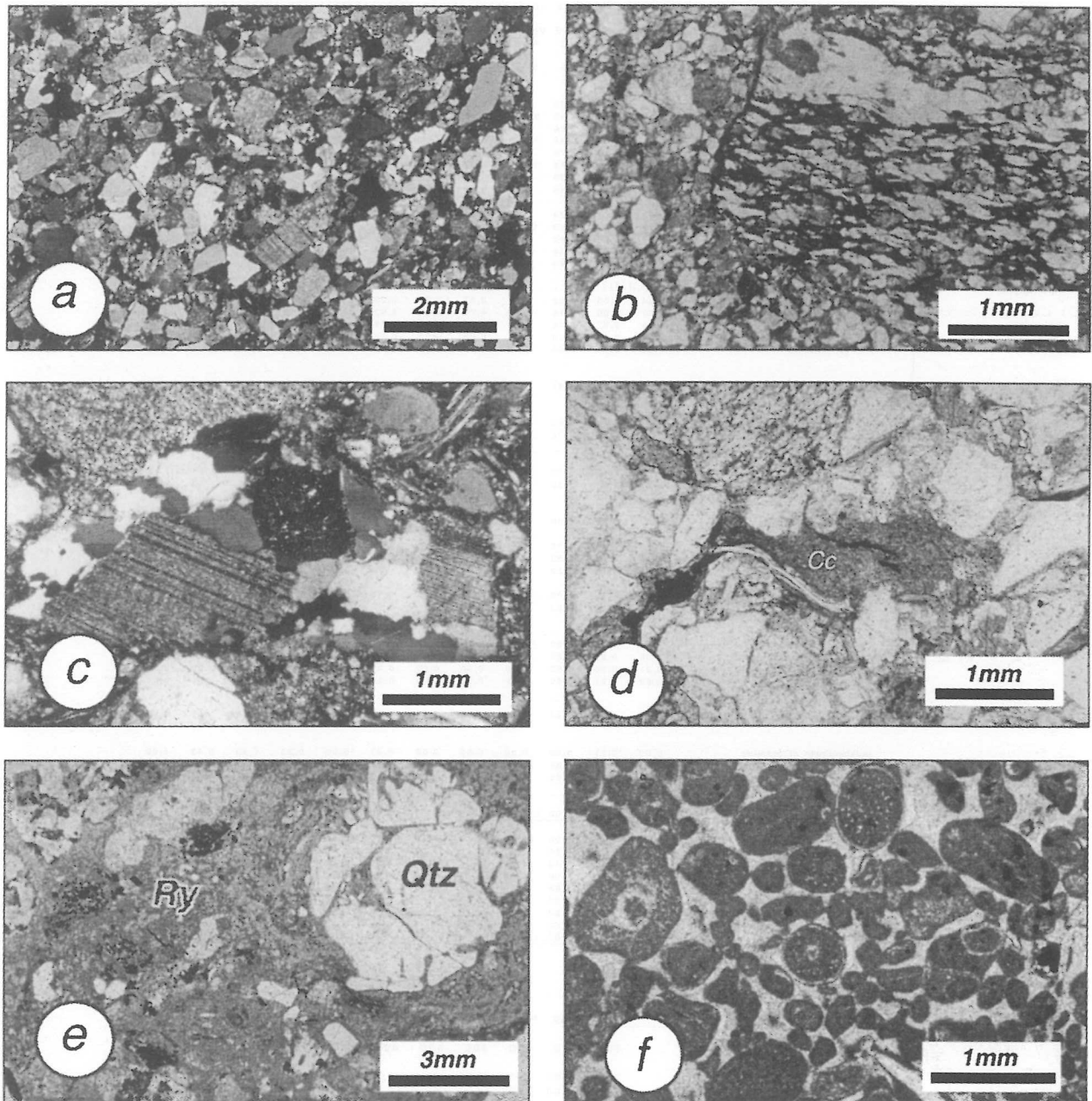


Fig. 7 - Caratteristiche microscopiche delle Arenarie del M. Gottero di P.ta Mesco. a) Aspetto microscopico generale della petrofacies. Campione LB160, CPL. b) Frammento di roccia metamorfica di basso grado (micascisto a biotite) Campione LB159, PPL. c) Frammento di roccia granitoida di taglia ruditica all'interno di una base grossolana. Campione PMS2, CPL. d) Particolare di un frammento di siltite silicoclastica di origine intrabacinale (Cc). È evidente la deformazione plastica del granulo dovuta alla compattazione precoce in un granulo ancora soffice. e) Frammento di roccia vulcanica acida di tipo riolitico (Ry), all'interno di un livello ruditico. Campione PMS3, CPL. È evidente un fenocristallo di quarzo vulcanico (Qtz) con anse di riassorbimento e la massa di fondo costituita da vetro parzialmente ricristallizzato. f) *Grainstone* a peloidi e *fecal pellet*, da frammento di roccia carbonatica di origine extrabacinale (CE di Zuffa, 1985). Campione PMS6, PPL.

ed i frammenti di materiale carbonatico di piattaforma (Fig. 7f) all'interno dei quali sono stati riconosciuti Foraminiferi indicativi di età Giurassico Inferiore. Una attenta analisi dei granuli carbonatici,

effettuata anche con l'ausilio della catodoluminescenza, ha messo in evidenza come essi siano caratterizzati da una complessa storia diagenetica precedente la messa in posto delle arenarie; per questi motivi i

granuli carbonatici sono stati interpretati come frammenti di tipo extrabacinale non coevo (*sensu*, Zuffa, 1985). Inoltre è risultata piuttosto diffusa la presenza di frammenti di quarzo micro- e criptocristallino che non sembrano essere legati alla presenza di rocce vulcaniche acide ricristallizzate, ma piuttosto a rocce di tipo sedimentario (selci?) che presentano forti analogie con le torbiditi silicee (Lydiennes) presenti all'interno dell'unità ofiolitica della Balagne (Corsica). Infine vale la pena di mettere in evidenza la presenza diffusa di materiale organico probabilmente coevo alle arenarie. Sono stati riconosciuti numerosi frammenti di piante superiori, fra cui alcuni resti di corteccia di conifera silicizzati.

DISCUSSIONE DEI DATI E CONCLUSIONI

Lo studio stratigrafico di dettaglio e l'analisi petrografica effettuati sulle Arenarie del M. Gottero di P.ta Mesco (Unità Gottero, Dominio Ligure Interno) ha messo in evidenza alcune importanti caratteristiche delle successioni torbiditiche di tipo Ligure Interno e contribuisce alla conoscenza dei sistemi torbiditici che durante il Cretaceo Superiore-Paleocene Inferiore si sviluppavano nel Dominio oceanico Ligure-Piemontese:

– Viene confermata la natura stratigrafica del passaggio Scisti di Val Lavagna-Arenarie del M. Gottero – In accordo con quanto ipotizzato da Nilsen e Abbate (1983) è stata messa in evidenza la presenza nelle Arenarie del M. Gottero di P.ta Mesco di associazioni di *facies* piuttosto prossimali che sostituiscono rapidamente *facies* distali (Cfr. Scisti di Val Lavagna) e che risultano indicative di un ambiente di sedimentazione non distante dal sistema di distribuzione del detrito. L'interpretazione di queste *facies* come rappresentative di una «associazione di canale» non appare del tutto corretta in quanto non risultano visibili le caratteristiche paleo-morfologiche che contraddistinguono l'apparato distributivo di un sistema torbiditico; in questo caso è preferibile parlare di associazioni di *facies* indicative di una zona di trasferimento del detrito che proseguiva verso aree più distali del sistema deposizionale. I flussi torbiditici abbandonavano in questo settore solo la frazione più grossolana del loro carico. Alcune strutture sedimentarie e le associazioni di *facies* riconosciute indicano inoltre la presenza di condizioni idrauliche instabili del flusso caratterizzate probabilmente da una brusca decelerazione indotta da condizioni di salto idraulico.

L'analisi modale della frazione arenitica ha messo in evidenza una composizione arkosica ($Q_{50}F_{33}L_{17}$) confrontabile con quella riconosciuta nelle aree di affioramento del M. Zatta, M. Ramaceto e M. Gottero (Fig. 6, Valloni e Zuffa, 1984, Vescovi e Valloni, 1986; Van de Kamp e Leake, 1994; Pandolfi, 1997). Alcune piccole differenze nel contenuto in frammenti litici, quale ad esempio una più diffusa presenza di materiale carbonatico di piattaforma e di frammenti vulcanici acidi rientra nelle normali variazioni presenti all'interno della stessa area sorgente.

I dati relativi alla frazione ruditica confermano sostanzialmente quanto visibile dall'analisi della frazione più fine definendo un'area sorgente costituita da rocce derivate dall'erosione di uno zoccolo cristallino caratterizzato principalmente dalla presenza di rocce granitoidi, metamorfiti di basso grado e vulcaniti acide e dalla completa assenza di «ofioliti». La presenza diffusa, soprattutto nella frazione ruditica, di frammenti di rocce silicoclastiche di origine intrabacinale è da mettere in relazione alla forte capacità erosiva dei flussi, soprattutto all'interno della frazione ruditica.

L'assenza di frammenti di rocce carbonatiche più giovani del Giurassico e di rocce sedimentarie di origine extrabacinale, diffusi nei depositi tipo Pietraforte e Flysch Lombardi, sembra escludere la possibilità che le Arenarie del M. Gottero possano derivare da un'area sorgente ubicata su crosta ad affinità «africana» caratterizzata invece dalla presenza di queste rocce (Fontana, 1991).

In accordo con quanto ipotizzato da Nilsen e Abbate (1983) e da Valloni e Zuffa (1984) l'area sorgente che alimentava questo sistema deve essere ricercata all'interno del paleomargine europeo in un settore caratterizzato dalla diffusa presenza di rocce cristalline molto simile a quanto affiora oggi nel blocco Sardo-Corso.

RINGRAZIAMENTI

Il lavoro è stato realizzato con i contributi del Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino-CNR Pisa (Dir. A.Rau). Desidero ringraziare il Dott. Luca Martire ed il Centro CNR di Torino (Resp. Dott. R.Polino) per avermi dato la possibilità di utilizzare il microscopio ottico con catodoluminescenza ed il Dott. Davide Di Biase per la lettura critica del manoscritto.

BIBLIOGRAFIA

- Abbate, E., 1969. Geologia delle Cinque Terre e dell'entroterra di Levante (Liguria Orientale). Mem. Soc. geol. ital., 8(4): 923-1014.
- Abbate, E., Bortolotti, V., Passerini, P. e Sagri, M., 1970. Introduction to the geology of the Northern Apennines. *Sediment. Geol.*, 4 (3/4): 205-251.
- Abbate, E., Bortolotti, V., Galbiati, B. e Principi, G., 1980. Carta geologica delle ofioliti del Bargonasco e dell'Alta Val Graveglia. S.E.L.C.A., Firenze.
- Abbate, E., Bortolotti, V. e Principi, G., 1980. Apennine ophiolites: a peculiar oceanic crust. *Ophiolites*, Special Issue on Tethyan ophiolites (Rocci G. Ed), Western area, 5: 59-96.
- Abbate, E., e Sagri, M., 1982. Le unità torbiditiche cretache dell'Appennino settentrionale ed i margini continentali della Tetide. Mem. Soc. geol. ital., 24: 115-126.
- Casnedi, R., 1982. Sedimentazione e tettonica delle Unità Liguri dell'Appennino Nord-Occidentale. *Atti Ist. Geol. Univ. Pavia*, 30: 42-66.
- Cibin, U., 1993a. La successione epiligure eo-oligocenica dell'Appennino settentrionale: composizione del detrito e diagenesi. Tesi di Dottorato, Università di Bologna, 118 pp..
- Cibin, U., 1993b. Evoluzione composizionale delle areniti nella Successione Epiligure eo-oligocenica (Appennino Settentrionale). *Giorn. Geol.*, 55(1): 69-92.
- Cobianchi, M., Galbiati, B. e Villa, G., 1994. Stratigraphy of the Palombini Shales in the Bracco Unit (Northern Apennine. *Ophiolites* 19(2): 193-216.

- Cortesogno, L., Galbiati, B. e Principi, G., 1987. Note alla «carta geologica delle ofioliti del Bracco» e ricostruzione della paleogeografia giurassico-cretacea. *Ofioliti* 12(2): 261-342.
- Decandia, F.A. e Elter, P., 1972. La zone ofiolitiferà del Bracco nel settore compreso tra Levante e la Val Graveglia (Appennino Ligure). *Mem. Soc. geol. ital.*, 11: 503-530.
- Dickinson, W.R., 1970. Interpreting detrital modes of greywacke and arkose. *J. sediment. Petrol.*, 40: 695-707.
- Elter, P., 1975b. L'ensemble ligure. *Bull. Soc. géol. France*, 17: 984-997.
- Elter, P. e Pertusati, P.C., 1973. Considerazioni sul limite Alpi-Appennino e sulle relazioni con l'arco delle Alpi occidentali. *Mem. Soc. geol. ital.*, 12: 359-375.
- Fontana, D., 1991. Detrital carbonate grains as provenance indicators in the Upper Cretaceous Pietraforte Formation (Northern Apennines). *Sedimentology*, 38: 1085-1095.
- Gardin, S., Marino, M., Monechi, S. e Principi, G., 1994. Biostratigraphy and sedimentology of Cretaceous Ligurid Flysch: paleogeographical implication. *Mem. Soc. geol. ital.*, 48: 219-235.
- Gazzi, P., 1965a. I minerali pesanti nei flysch arenacei fra M. Ramaceto e M. Molinatico (Appennino Settentrionale). *Mineral. petrogr. Acta*, 11: 197-212.
- Gazzi, P., 1965b. On the heavy mineral zones in the geosyncline series. Recent studies in the Northern Apennines, Italy. *J. sediment. Petrol.*, 35 (1): 109-115.
- Houghton, H.F., 1980. Refined technique for staining plagioclase and alkali feldspar in thin section. *J. sediment. Petrol.*, 50, 629-631.
- Ingersoll, R.V., Bullard, T.F., Ford, R.L., Grimm, J.P., Pickle, J.D. e Sares, S.W., 1984. The effect of grain size on detrital modes: a test of the Gazzi-Dickinson point counting method. *J. sediment. Petrol.*, 54: 212-220.
- Lindholm, R.C. e Finkelman, R.B., 1972. Calcite staining: semi-quantitative determination of ferrous iron. *J. sediment. Petrol.*, 42: 239-242.
- Longiaru, S., 1987. Visual comparators for estimating the degree of sorting from plane and thin section. *J. sediment. Petrol.*, 57: 791-794.
- Lowe, D.R., 1982. Sediment gravity flows: II. Depositional models with special reference to the deposits of high density turbidity currents. *J. sediment. Petrol.* 52 (1): 279-297.
- Malesani, P.G., 1966. Ricerche sulle arenarie: 15) L'Arenaria superiore. *Rend. Soc.ital.Mineral.Petrol.*, 22: 113-175.
- Marini, M., 1991. Considerations on the sandstone bodies of the Mount Gottero Unit west of the Bracco Massif (Ligurian Apennines, Italy). *Giorn. Geol.*, 53(2): 207-218.
- Marini, M., 1992. L'Unità del M. Gottero fra la Val Trebbia e Sestri Levante (Appennino Ligure): nuovi dati di analisi di bacino e ipotesi di evoluzione sedimentaria. *Boll. Soc. geol. ital.*, 111: 3-23.
- Marini, M., 1994. Le arenarie del M. Gottero nella sezione del M. Ramaceto (Unità del M. Gottero, Appennino Ligure). *Boll. Soc. geol. ital.*: 113: 283-302.
- Marroni, M., 1990. Le Unità Liguri Interne tra l'Alta Val di Vara e il Mar Ligure (Appennino Settentrionale): evoluzione di un settore del Dominio Ligure-piemontese. Tesi di Dottorato, Università di Pisa, 357pp..
- Marroni, M. e Perilli, N., 1990. The age of the ophiolite sedimentary cover from the Mt. Gottero Unit (Internal Ligurid Units, Northern Apennines): New data from calcareous nannofossils. *Ofioliti*, 15: 251-269.
- Marroni, M., Monechi, S., Perilli, N., Principi, G. e Treves, B., 1992. Late Cretaceous flysch deposits of the Northern Apennines, Italy: age of inception of orogenesis-controlled sedimentation. *Cretaceous Research*, 13: 487-504.
- Marroni, M. e Pandolfi, L., 1996. The deformation history of an accreted ophiolite sequence: the Internal Liguride units (Northern Apennines, Italy). *Geodinamica Acta*, 9(1): 13-29.
- Monechi, S. e Treves, B., 1984. Osservazioni sulle età delle arenarie del Gottero. Dati dal nannoplancton calcareo. *Ofioliti*, 9(1): 93-96.
- Mutti, E., 1992. Turbidite sandstones. AGIP - Istituto di Geologia Università di Parma, 275pp., San Donato Milanese.
- Mutti, E. e Ricci Lucchi, F., 1972. Le torbiditi dell'Appennino Settentrionale: introduzione all'analisi di facies. *Mem. Soc. geol. ital.*, 11: 161-199.
- Mutti, E. e Normark, W.R., 1987. Comparing Examples of modern and ancient turbidite System: problems and concepts. In Leggett J.K. & Zuffa G.G. (ed.), *Marine Clastic. Sedimentology*, Hraham and Trotman, 1-38 pp.
- Nilsen, T.H. e Abbate, E., 1983. Submarine-fan facies associations of the Upper Cretaceous and Paleocene Gottero Sandstone, Ligurian Apennines, Italy. *Geo-marine Letters*, 3: 193-197.
- Pandolfi, L., 1997. Stratigrafia ed evoluzione strutturale delle successioni torbiditiche cretacee della Liguria Orientale (Appennino Settentrionale). Tesi di Dottorato, Università di Pisa, 175 pp.
- Pandolfi, L. e Marroni, M., 1997. Litostratigrafia ed assetto strutturale delle Unità Liguri Interne nel settore dell'alta Val Trebbia ed alta Val d'Aveto (Appennino Ligure). *Boll. Soc. geol. ital.*, 115: 673-688.
- Parea, G.C., 1964. La provenienza dei clastici dell'Arenaria del M. Gottero. *Atti Mem. r. Accad. Sci. Lett. Arti Modena*, 6(6):1-7.
- Passerini, P. e Pirini, C., 1964. Microfaune paleoceniche nella formazione dell'Arenaria del M. Ramaceto e degli Argilloscisti di Cichero. *Boll. Soc. geol. ital.*, 83: 211-218.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. e Siever, R., 1972. *Sand and sandstone*. Springer-Verlag Eds., New York. 553 pp.
- Sestini, G., 1970. Flysch facies and turbidite sedimentology. Introduction to the geology of the Northern Apennines. *Sediment. Geol.*, 4 (3/4): 559-597.
- Valloni, R. e Zuffa, G.G., 1984. Provenance changes for arenaceous formations of the Northern Apennines (Italy). *Bull. geol. Soc. Amer.*, 95: 1035-1039.
- Vescovi, P. e Valloni, R., 1986. Le arenarie di M. Gottero nella zona di M. Marino (Berceto,-Pr). *Acta nat. Ateneo Parmense*, 22: 159-169.
- Van de Kamp, P.C. e Leake, B.E., 1995. Petrology and geochemistry of siliciclastic rocks of mixed feldspathic and ophiolitic provenance in the Northern Apennines, Italy. *Chem. Geol.*, 122: 1-20.
- Wildi, W., 1985. Heavy mineral distribution and dispersal pattern in penninic and ligurian flysch basins (Alps, Northern Apennines). *Giorn. Geol.*, 47(1-2): 77-99.
- Zuffa, G.G., 1980. Hybrid arenites: theirs composition and classification. *Jour. sediment. Petrol.*, 49: 21-29.
- Zuffa, G.G., 1985. Optical analyses of arenites: influence of methodology on compositional results. In G.G.Zuffa (Ed.) *Provenance of arenites*. NATO ASI series: 195-189.

(ms. pres. l'8 maggio 1997; ult. bozze il 17 settembre 1997)