

I DEPOSITI DEL PLEISTOCENE INFERIORE DELLA BASSA VAL DI CECINA (TOSCANA, ITALIA): RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICO-DEPOSIZIONALE E PROPOSTA DI SUDDIVISIONE IN UNITA' ALLOSTRATIGRAFICHE

Giovanni Sarti¹, Andrea Ciampalini², Ilaria Consoloni¹ & Andrea Cerrina Feroni³

¹Dipartimento di Scienze della Terra, Via S. Maria 53, Pisa, sarti@dst.unipi.it

²Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse, Corso Europa 26, Genova, andrea.ciampalini@diptoris.unige.it

³Istituto di Geoscienze e Georisorse, Via S. Maria 53, Pisa, cerrina@dst.unipi.it

RIASSUNTO: Sarti et al. *I depositi del Pleistocene inferiore della bassa Val di Cecina (Toscana, Italia): ricostruzione stratigrafico-deposizionale e proposta di suddivisione in Unità' Allostratigrafiche* (IT ISSN 0394-3356, 2007).

Nella zona compresa fra gli abitati di Riparbella e Casale Marittimo (bassa Val di Cecina, Toscana, Italia) affiorano diffusamente depositi pleistocenici. Attraverso un rilevamento di dettaglio ed un'analisi di facies sono state individuate, all'interno dei depositi del Pleistocene inferiore, cinque unità litostratigrafiche successivamente raggruppate in tre Unità Allostratigrafiche (UA). La più antica (UA7), discordante sui depositi pre-quadernari, è costituita da due unità litostratigrafiche di ambiente marino-deltizio, in parziale eteropia ("Conglomerati delle Ginepraie" e "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*") organizzate in un ciclo trasgressivo-regressivo. La seconda (UA6), che giace in discordanza angolare sulla UA7, è anch'essa costituita da due unità ("Conglomerati delle Lame" e "Arenarie e Sabbie di Montescudaio") di ambiente marino litorale delle quali è preservata solo la porzione trasgressiva. La terza (UA5, "Conglomerati di Serra all'Olio") discordante sulle precedenti si è invece depositata in un ambiente fluviale di tipo *braided*. La posizione stratigrafica di questa unità rende probabile una sua attribuzione al Pleistocene medio. Questo tipo di ricostruzione stratigrafico deposizionale differisce fortemente dalle precedenti interpretazioni.

ABSTRACT: G. Sarti et al., Stratigraphic and depositional reconstruction of the Lower Pleistocene deposits from lower Val di Cecina (Tuscany, Italy): a proposal of subdivision in Allostratigraphic Units. (IT ISSN 0394-3356, 2007).

In the area comprised between the villages of Riparbella and Casale Marittimo (lower Cecina Valley, Tuscany, Italy) a large amount of Pleistocene deposits outcrops. Through a detailed geological survey integrated with facies analysis five litostratigraphic units, grouped in three Allostratigraphic Units (UA), have been detected. The oldest (UA7), lower pleistocenian in age, is formed by two litostratigraphic units ("Conglomerati delle Ginepraie" and "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*") showing latero-vertical relationships and are organized in a transgressive-regressive cycle. The "Conglomerati delle Ginepraie" are arranged in a fining upwards trend and were deposited in small coalescent deltaic environments. Three depositional facies are recognized within the "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*" recording a fining-coarsening and deepening shallowing upward trend. The UA7 lies in unconformity above pre-quadernary deposits. The second (UA6), lower pleistocenian in age, is also constituted by two heteropic and transgressive litostratigraphic units ("Conglomerati delle Lame" and "Arenarie e Sabbie di Montescudaio") lying in angular unconformity on the UA7. The "Conglomerati delle Lame", showing a well developed imbrication, were deposited in a foreshore to upper shoreface depositional environment. The "Arenarie e Sabbie di Montescudaio" are characterized by a high to low planar-cross stratification and sometimes by overturned stratification and were deposited in a shallow marine environment. The regressive phase of this UA is not preserved due to erosive processes. The youngest unit (UA5, "Conglomerati di Serra all'Olio"), was instead deposited in fluvial-braided environment and lies in angular unconformity on the others UA. The middle pleistocenian age of this unit has been inferred on the basis of its stratigraphic position. This stratigraphic reconstruction strongly conflict from previous interpretations. Important climatic and geological remarks derive from the finding of two taxa (*Arctica islandica* and the coral *Cladocora caespitosa*) at different stratigraphic positions within the oldest unit ("Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*"). The *Arctica islandica* testifying cold temperatures (4°C to 13°C) characterizes the first 5 meters of the unit, while beds of *Cladocora caespitosa* (15°C to 22°C the temperature range of this coral) only occur upwards. We retain that the deposition of the "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*" takes place during a warming phase and that the development of *Cladocora caespitosa* beds could be related to the maximum flooding conditions at the end of the transgressive phase. This interpretation leads to some notable chronostratigraphic implications.

Parole chiave: rilevamento geologico, analisi di facies, Pleistocene inferiore, Unità Allostratigrafiche, Val di Cecina.

Keywords: geological survey, facies analysis, Lower Pleistocene, Allostratigraphic Units, Val di Cecina.

1. INTRODUZIONE

L'area di studio ubicata nella bassa Val di Cecina, tra gli abitati di Riparbella e Casale Marittimo (Fig. 1), è stata rilevata alla scala 1:10.000 (CERRINA FERONI *et al.*, 2003) nell'ambito del progetto CARG finanziato dalla Regione Toscana insieme a tutta la porzione costiera che si sviluppa da Piombino fino a Livorno, dove sono particolarmente sviluppati depositi quadernari. Da un punto di vista generale questa area è caratterizzata da un insieme di bacini estensionali, sviluppatasi nella

Toscana a sud dell'Arno, come conseguenza di una tettonica a carattere prevalentemente distensivo che ha interessato, a partire dal Tortoniano superiore, l'intero versante occidentale della Catena Appenninica in risposta ai processi di apertura del Mar Tirreno ed alla contemporanea migrazione antioraria del sistema catenavanco-avampaese (MALINVERNO & RYAN, 1986; SARTORI, 1990; MARTINI & SAGRI, 1993; PATACCA *et al.*, 1993; MELETTI *et al.*, 1995). La maggior parte di questi bacini, a direzione appenninica, è stata riempita, a partire dal Tortoniano superiore, da una notevole quantità di sedi-

menti neogenico-quadernari (LAZZAROTTO & MAZZANTI, 1978; AMBROSETTI *et al.*, 1979; BOSSIO *et al.*, 1981; GIANNELLI *et al.*, 1981; MAZZANTI, 1983; MAZZANTI & SANESI, 1987; BOSSIO *et al.*, 1993; SARTI, 1995; BOSCHIAN *et al.*, 2006). In particolare nell'area di studio sono distribuiti diffusamente sedimenti quadernari depositi prevalentemente in ambienti paralicizzati da rapide variazioni latero-verticali, la cui restituzione cartografica, considerata anche la non eccellente qualità e quantità di affioramenti, non è sempre stata agevole. In questo senso seguire le linee guida raccomandate dal CARG, che suggeriscono di procedere alla suddivisione delle varie unità in *Unconformity Bounded Stratigraphic Units* UBSU (APAT, 1992) in accordo con le indicazioni dell'*International Subcommission on Stratigraphic Classification* (ISCC, SALVADOR, 1994) ha posto non pochi problemi. Il potenziale di applicabilità di tale tipo di unità nella Toscana Marittima è stato discusso in SARTI & GUIDI (2005), a cui si rimanda per approfondimenti, che propongono di utilizzare una suddivisione in Unità Allostratigrafiche (UA). In particolare SARTI & GUIDI (2005) propongono di suddividere i depositi quadernari estesi tra Piombino e Livorno in 7 UA (Fig. 2), numerate informalmente dalla più giovane alla più antica, senza però entrare nel dettaglio della descrizione puntuale dei dati relativi alle caratteristiche stratigrafico-deposizionali di ciascuna UA. Nel presente lavoro vengono descritte le caratteristiche stratigrafico-deposizionali delle tre UA basali (UA7, UA6 e UA4 in SARTI & GUIDI, 2005), distribuite nella bassa Val di Cecina, nelle quali sono state ulteriormente divise ed accorpate le formazioni corrispondenti in letteratura (GIANNELLI *et al.*, 1981; MAZZANTI, 1983; MAZZANTI & SANESI, 1987; BOSSIO *et al.*, 1993; BOSCHIAN *et al.*, 2006) alle "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*", ai "Conglomerati di Villa Magrini", ai "Conglomerati di Riparbella" ed ai "Calcari di Montescudaio".

2. METODI

Considerato che l'obiettivo dello studio è stato quello di definire e tracciare cartograficamente limiti che delimitassero unità inconformi si è cercato un approccio metodologico il più possibile interdisciplinare

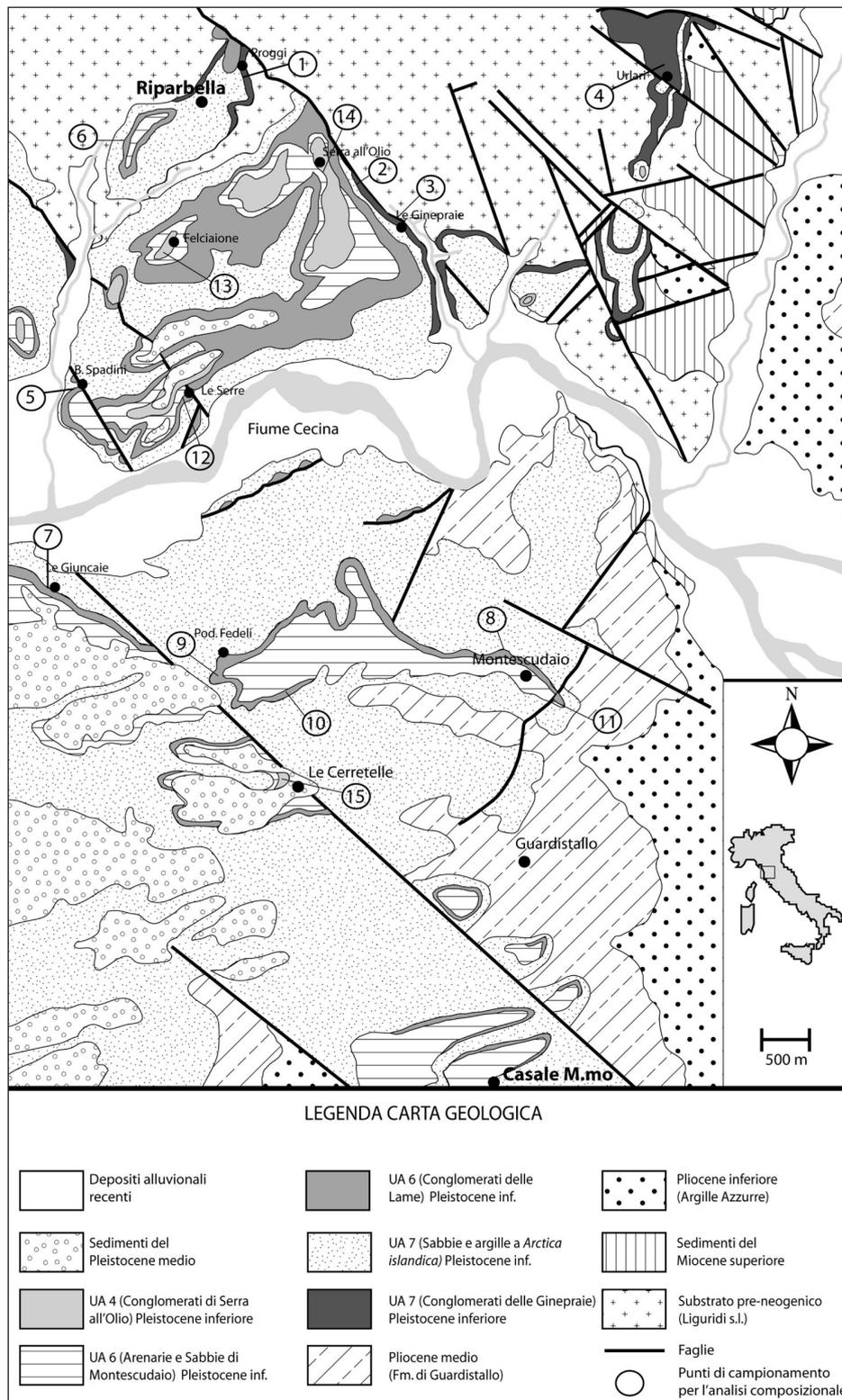


Fig. 1 - Area di studio e carta geologica schematica.
Study area and schematic geological map.

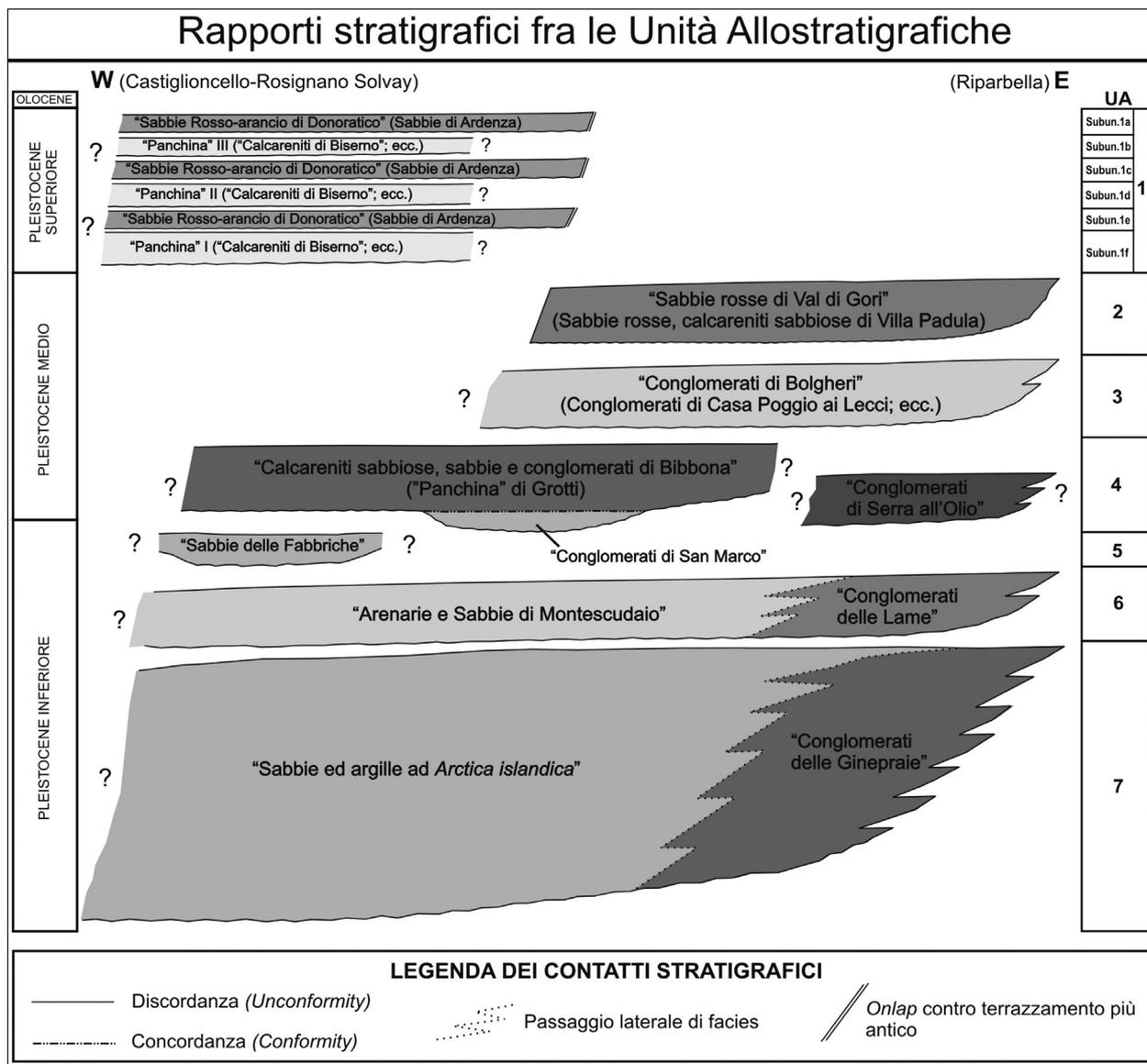


Fig. 2 - Proposta di suddivisione in unità allostratigrafiche nel tratto costiero compreso tra Piombino e Livorno (modificata da SARTI & GUIDI, 2005).

Proposal of subdivision in Allostratigraphic Units in the zone comprised between Piombino and Livorno (modified after SARTI & GUIDI, 2005).

che permettesse di dedurre, laddove tali limiti non fossero visibili e seguibili sul terreno (così come invece richiederebbe la definizione di UBSU), cambiamenti bruschi di facies e dunque discontinuità. Essendo questa la situazione ricorrente è sembrato più corretto (SARTI & GUIDI, 2005) utilizzare le Unità Allostratigrafiche nella cui definizione viene ammessa la possibilità di poter tracciare limiti attraverso aree dove questi non siano visibili sul terreno.

Il rilevamento, effettuato alla scala 1:10.000 delle sezioni 294040 (Riparbella) e 294080 (Guardistallo) della Carta Tecnica Regionale della Regione Toscana, integrato da fotointerpretazione, è stato compiuto producendo inizialmente una carta degli affioramenti in modo da separare il più possibile il dato dall'interpretazione. Sono state misurate, campionate (oltre 200 i campioni raccolti ed analizzati) e ricostruite più sezioni stratigrafi-

che, che attraverso l'analisi di facies, integrata con i risultati del contenuto paleontologico, hanno permesso di definire l'evoluzione nel tempo e nello spazio dei vari ambienti deposizionali e di individuare così le relazioni geometriche tra le varie unità litostratigrafiche cartografate. Infine, essendo varie unità costituite da conglomerati, si è anche proceduto, utilizzando il metodo di HOWARD (1993), ad una analisi composizionale quantitativa dei clasti allo scopo di acquisire ulteriori elementi discriminanti circa le possibili correlazioni.

3. STRATIGRAFIA

Per non incrementare il numero, peraltro già eccessivo, dei nomi attribuiti alle varie unità litostratigrafiche cartografate si è cercato, dove possibile, di

conservare la nomenclatura presente in letteratura (GIANNELLI *et al.*, 1981; MAZZANTI, 1983; MAZZANTI & SANESI, 1987). Fatta questa premessa i raggruppamenti in UA proposti per i depositi del Pleistocene inferiore (GIANNELLI *et al.*, 1981), sono di seguito descritti, dal basso verso l'alto, mantenendo la numerazione già proposta in SARTI & GUIDI (2005) (Fig. 2).

3.1 Unità allostratigrafica 7 (Pleistocene inferiore)

Questa unità giace in discordanza angolare sui depositi pre-quadernari ed è costituita da due unità litostratigrafiche in reciproci rapporti di latero-verticalità: i "Conglomerati delle Ginepraie" che corrispondono alla parte basale dei "Conglomerati di Riparbella" di GIANNELLI *et al.* (1981) e a parte dei "Conglomerati di V.la Magrini" di BOSCHIAN *et al.* (2006) e le "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*" (Fig. 2).

3.1.1 "Conglomerati delle Ginepraie"

Giacciono discordanti e con superficie erosiva sia direttamente sul substrato pre-neogenico sia sui depositi mio-pliocenici con uno spessore compreso tra 5 e 20 m ed hanno un'estensione limitata essendo presenti esclusivamente a nord del Fiume Cecina a ridosso dei rilievi costituiti dalle Unità Liguri (Fig. 1). L'inclinazione degli strati è piuttosto forte ($25^{\circ}\div 30^{\circ}$) e può raggiungere anche 45° con immersione verso SW.

Nel complesso si tratta di conglomerati mal classificati, organizzati in un *trend* generale *fining upward*, con clasti da angolari a sub-arrotondati, la cui dimensione può raggiungere i 25 cm, sostenuti prevalentemente da una matrice sabbiosa (Fig. 3). Procedendo verso S-SW la granulometria tende rapidamente a diminuire, i conglomerati aumentano il proprio grado di classazione, di arrotondamento dei clasti, di organizzazione interna (presenza di stratificazione incrociata planare) e compaiono intercalazioni di sabbia grossolana a stratificazione incrociata planare e concava, che progressivamente sostituiscono il conglomerato stesso e vengono a definire la base delle "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*".

Da un punto di vista composizionale il conglomerato riflette la natura del substrato affiorante. Così, mentre nella zona di Riparbella i clasti hanno una composizione prevalentemente ofiolitica (90% circa) e subordinatamente derivano dalla loro copertura sedimentaria, verso est diminuiscono i clasti ofiolitici (40%) ed aumentano notevolmente quelli costituiti da diaspri (45%) (Tab. 1). Nella matrice sono dispersi frammenti abrasivi di Bivalvi e di Gasteropodi oltre a numerosi microfossili, prevalentemente Miliolidi, anch'essi fluitati.

I caratteri tessiturali e sedimentologici associati all'evidenza dei rapporti di latero-verticalità che i "Conglomerati delle Ginepraie" mostrano con l'unità marina delle "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*"

suggeriscono una loro deposizione in ambienti di piccoli *fan delta* coalescenti, alimentati da aree distinte e localizzati allo sbocco di piccoli sistemi fluviali. L'eteropia con le "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*" permette di datare questa UA al Pleistocene inferiore.

3.1.2 Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*

Le "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*", il cui spessore è compreso tra 15 e 200 m, giacciono in discordanza sui terreni pre-pleistocenici e mostrano rapporti di latero-verticalità con i "Conglomerati delle Ginepraie" (Fig. 1). Gli strati, immergono mediamente di circa 25° verso SW.

Sono state riconosciute tre facies deposizionali principali (a,b,c) che nel complesso descrivono un *trend fining-coarsening e deepening-shallowing upward*.

La prima facies deposizionale (a), spesso pochi metri, caratterizza la base delle "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*" ed è costituita da sabbie a granulometria medio-grossolana, bioturbate e massive, anche se localmente è stata osservata una stratificazione incrociata planare a basso angolo. Al passaggio con i "Conglomerati delle Ginepraie" si osservano frequentemente dispersi, al loro interno, clasti di dimensioni rudittiche fini, comprese tra pochi millimetri e 2 cm, che riflettono la composizione del conglomerato stesso, e abbondanti macrofossili (Ostreidi, Pectinidi e Veneridi, tra cui *Arctica islandica*) in cattivo stato di conservazione. Le microfaune sono anch'esse abbondanti anche se visibilmente trasportate. Le forme più frequenti sono rappresentate da *Ammonia beccarii* ed *Elphidium crispum* di grandi dimensioni e da Miliolidi. Verso l'alto queste sabbie passano gradualmente alla seconda facies deposizionale (b) costituita da alternanze fra livelli di arenarie e sabbie a granulometria media con stratificazione incrociata planare ad alto angolo o piano-paral-



Fig. 3 - Affioramento dei "Conglomerati delle Ginepraie" nei pressi di Riparbella. "Conglomerati delle Ginepraie" outcrop near Riparbella.

Tab. 1 - Composizione litologica dei conglomerati nelle località campionate. Per ogni località sono stati conteggiati 400 clasti. O = ofioliti, D = diaspri, L = Calcari e arenarie del Dominio Ligure, T = clasti delle Formazioni del Dominio Toscano, N = clasti delle Formazioni neogeniche, A = indeterminabili e alterati. Il numero si riferisce alla Fig. 1.

Conglomerates lithologic composition in the sampled areas. 400 clasts have been collected for each area. O = ophiolites, D = jasper, L = Limestone and sandstone of the Ligurian Domains, T = Tuscan Formations clasts, N = Neogenic formations clasts, A = unknown or altered. Numbers referred to Fig. 1.

Composizione dei conglomerati						
	O	D	L	T	N	A
UA 7 Conglom. Delle Ginepraie						
Proggi (1)	97,75%	1,00%	0,50%	0,00%	0,00%	0,75%
Serra all'Olio (2)	80,75%	6,50%	12,75%	0,00%	0,00%	0,00%
Botro delle Ginepraie (3)	84,00%	1,50%	14,50%	0,00%	0,00%	0,00%
Urlari (4)	41,25%	44,00%	14,50%	0,00%	0,00%	0,25%
UA 6 Conglomerato delle Lame						
Botro Spadini (5)	1,25%	16,00%	70,75%	3,00%	2,25%	6,75%
Riparbella (6)	3,00%	6,25%	69,00%	5,50%	3,50%	12,75%
Le Giuncaie (7)	0,00%	4,00%	72,50%	2,00%	2,50%	19,00%
Montescudaio Nord (8)	3,00%	12,00%	78,00%	2,00%	5,00%	0,00%
Podere Fedeli (9)	1,75%	4,00%	77,50%	5,00%	3,25%	8,50%
I Salacchi (10)	1,00%	10,00%	60,00%	7,00%	2,00%	20,00%
Montescudaio Sud (11)	4,25%	9,00%	68,00%	0,00%	2,00%	16,75%
Le Serre (12)	2,75%	11,50%	68,00%	7,75%	5,75%	4,25%
UA 4 Conglom. di Serra all'Olio						
Pod. Felciaione (13)	9,00%	6,25%	75,25%	6,25%	2,25%	1,00%
Serra all'Olio (14)	2,75%	11,50%	68,00%	7,75%	5,75%	4,25%
Le Cerretelle (15)	0,25%	11,00%	65,25%	8,50%	5,00%	10,00%

lela e visibili prevalentemente a sud del Fiume Cecina. Contengono numerosi macrofossili costituiti principalmente da Ostreidi e Pectinidi (Fig. 4) e subordinatamente da accumuli di *Cladocora caespitosa*. Le microfaune, anch'esse molto abbondanti, sono dominate da *Ammonia beccarii* ed *Elphidium crispum*, spesso associati ad altre forme come *Florilus boueanum* e *Lobatula lobatula*. La terza facies deposizionale (c) giace, laddove visibile, con contatto netto sulla seconda facies deposizionale (b) ed è costituita da sabbie a granulometria medio-grossolana color grigio-arancio con stratificazione incrociata planare a basso angolo o stratificazione tipo *wavy bedding*. E' osservabile in modo discontinuo prevalentemente a nord del Fiume Cecina dove sono stati osservati anche *slump* (Fig. 5). Da un punto di vista microfaunistico questa unità deposizionale è caratterizzata dalla presenza saltuaria di foraminiferi con evidenti segni di trasporto associata a rari esemplari di *Ilyocypris gibba* indicativi di ambiente dulcicolo. Alcuni campioni sono invece caratterizzati da faune dominate dal gruppo *Ammonia tepida* - *Ammonia parkinsoniana* ed esemplari di *Lobatula lobatula* ad avvolgimento irregolare. Nell'insieme si tratta, dunque,

di un'associazione faunistica tipica di un ambiente costiero soggetto a frequenti variazioni di salinità determinate da periodici influssi fluviali.

Le "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*" registrano un ciclo trasgressivo-regressivo caratterizzato alla base (facies a) da depositi di ambiente marino litorale (*shoreface* superiore) in progressivo approfondimento fino ad uno di *shoreface* inferiore (facies b). La facies (c) indica, invece, un trend regressivo testimoniato da depositi di fronte deltizia.

Le "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*" sono state attribuite ad un "Pleistocene inferiore non molto inoltrato" (GIANNELLI *et al.*, 1981) per la presenza di ospiti nordici, tra cui *Arctica islandica*, e la contemporanea presenza di *Turritella vermicularis*, sopravvissuto pliocenico (GIANNELLI *et al.*, 1981; RAGAINI & MENESINI, 1997) e di *Nucula piacentina* e *Tellina corbis*, estintesi nella parte terminale del Siciliano *sensu* RUGGIERI & SPROVIERI (1975) secondo MAZZANTI (1983) e MAZZANTI & SANESI (1987). Inoltre, il ritrovamento in livelli argillosi provenienti da sondaggi perforati nella piana di Vada, ad ovest dell'area di studio, di nanofossili calcarei riferiti alla Zona *Gephyrocapsa oceanica* - *Calcidiscus macintyre* da GIANNELLI *et al.* (1981)

consentono l'attribuzione di questa unità alla Zona ad *Arctica islandica* di RUGGIERI & SPROVIERI (1975 e 1977) e quindi sono riferiti da BOSSIO *et al.* (1993) al Santerniano *sensu* RUGGIERI & SPROVIERI (1975). Tuttavia è importante sottolineare che è stato recentemente proposto (CATANZARITI *et al.*, 2002) di anticipare la comparsa di *Arctica islandica* nel Mediterraneo al Gelasiano.

3.2 Unità allostratigrafica 6 (Pleistocene inferiore)

Questa UA (Fig. 2) giace in discordanza angolare e con base erosiva sulla UA7 ed è costituita dai "Conglomerati delle Lame", corrispondenti a parte dei "Conglomerati di Riparbella" di GIANNELLI *et al.* (1981) e di MAZZANTI & SANESI (1987) e dalle "Arenarie e Sabbie di Montescudaio", equivalenti a parte dei "Calcari sabbiosi di Montescudaio" degli stessi Aa.. Queste due unità litostratigrafiche mostrano reciproci rapporti di latero-verticalità.

3.2.1 Conglomerati delle Lame

Giacciono in discordanza angolare e con base erosiva sulle "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*" con spessori compresi tra 10 e 20 m e sono organizzati

in un *trend* complessivo *fining upward*. Si tratta di un conglomerato clasto-sostenuto, localmente matrice-sostenuto, moderatamente classato, con granulometria compresa fra *pebble* e *cobble* con grado di arrotondamento variabile da subarrotondato ad arrotondato e forma dei clasti frequentemente tabulare. I clasti mostrano inoltre un embricamento che si sviluppa sia lungo l'asse maggiore sia lungo quello minore (a_p ; a_i e a_s ; b_i *sensu* HARMS *et al.*, 1982) e talvolta sono organizzati in lamine a gradazione inversa. Lateralmente i conglomerati sono eteropici con sabbie a stratificazione incrociata planare a basso angolo, che costituiscono la porzione basale delle "Arenarie e Sabbie di Montescudaio" (Fig. 6); tale eteropia rappresenterebbe, secondo MASSARI & PAREA (1988), un elemento caratterizzante di un ambiente di *shoreface* superiore / *foreshore* tipico delle spiagge ghiaiose. L'ambiente marino litorale, verosimilmente ad alta energia, è anche testimoniato dalla presenza seppur scarsa di microfaune oligotipiche (Elphididi e Rotalidi) e di Bivalvi marini (Ostreidi e Glycimeridi) fortemente abrasati e dalla gradazione inversa osservata in alcune lamine conglomeratiche indicative di processi di trazione da onda su battigia (RICCI LUCCHI, 1980). Significativi i dati relativi alla composizione del conglomerato per la presenza, all'interno di un'alimentazione derivante prevalentemente dalla copertura sedimentaria delle ofioliti (circa 70%), di clasti provenienti dalla Falda Toscana e dal suo substrato mai



Fig. 4 - Accumulo di macrofossili nei livelli basali delle "Sabbie ed argille ad Arctica islandica".
Macrofossils's accumulation at the base of "Sabbie ed argille ad Arctica islandica".

segnalati in precedenza (Tab. 1). Tali clasti, anche se poco numerosi (4%), non sono stati ritrovati nei "Conglomerati delle Ginepraie" e testimoniano un qualche cambiamento, sia dell'area di alimentazione sia del sistema di drenaggio. I "Conglomerati delle Lame" sono attribuiti al Pleistocene inferiore sulla base dei loro rapporti eteropici con le "Arenarie e Sabbie di Montescudaio".

3.2.2 Arenarie e Sabbie di Montescudaio

Mostrano rapporti di latero-verticalità (Fig. 2) coi "Conglomerati delle Lame" con inclinazioni modeste (intorno ai $5 \div 10^\circ$) e sono in discordanza angolare sulle "Sabbie ed argille ad Arctica islandica". Questa unità litostratigrafica (Fig. 1), di spessore compreso tra 10 e 20 m, è caratterizzata da areniti con frazione carbonatica variabile e diverso grado di cementazione. L'analisi petrografica di alcuni campioni ha evidenziato come questi depositi siano più correttamente classificabili come arenarie ibride *sensu* ZUFFA (1980). Per questo motivo si è deciso di cambiare la denominazione litologica originaria (Calcari sabbiosi di Montescudaio, di GIANNELLI *et al.*, 1981 o più recentemente "Calcari di Montescudaio" di BOSCHIAN *et al.*, 2006) in "Arenarie e Sabbie di Montescudaio". Insieme ai "Conglomerati delle Lame" costituiscono un nuovo ciclo



Fig. 5 - Pieghe da slump nella porzione stratigraficamente alta delle "Sabbie ed argille ad Arctica islandica".

Slump structure in the upper portion of "Sabbie ed argille ad Arctica islandica".

trasgressivo del quale non è visibile la porzione regressiva sia perché erosa dalle UA sovrastanti (“Conglomerati di Serra all’Olio, “Conglomerati di Bolgheri”) sia perché sono preservati invariabilmente in posizioni strutturali alte (Fig. 1).

Le “Arenarie e Sabbie di Montescudaio” sono caratterizzate da un passaggio per alternanza ai “Conglomerati delle Lame” e sono costituite da sabbie più o meno cementate a stratificazione incrociata planare da basso ad alto angolo e localmente da stratificazione tipo *overturned* (Fig.7). Il contenuto faunistico è



Fig. 6 - Stratificazione incrociata planare a basso angolo e interdigitazioni sabbiose nei “Conglomerati delle Lame”.

Low-angle planar cross-stratification in the “Conglomerato delle Lame”.



Fig. 7 - Overturned cross-stratification nelle “Arenarie e Sabbie di Montescudaio”.

Overturned cross-stratification in the “Arenarie e Sabbie di Montescudaio”.

assente o caratterizzato da associazioni povere costituite esclusivamente da Rotalidi ed Elphididi fortemente abrasivi.

Nel complesso, dunque, le “Arenarie e Sabbie di Montescudaio” registrano un nuovo ciclo trasgressivo caratterizzato da depositi di *shoreface* superiore che si interdigitano con i depositi di *foreshore/shoreface* superiore ghiaioso costituiti dai “Conglomerati delle Lame”. Interessante la presenza nella porzione basale di stratificazione *overturned*. Per questo tipo di stratificazione è stata invocata da vari autori un’origine sismo-

genetica (si veda ad esempio ALLEN & BANKS, 1972; OWEN, 1995; DAVIES *et al.*, 2004) anche se DOE & DOTT (1980) indicano le medesime strutture come causate dall’elevato tasso di apporto sedimentario e dunque a meccanismi di *soft deformation* sinsedimentaria. Nel caso in esame la presenza latero-verticale di depositi riferibili a spiagge ghiaiose e dunque verosimilmente alimentati da un sistema deltizio vicino, sono compatibili con il meccanismo deposizionale proposto da DOE & DOTT (1980), anche se la causa sismogenetica non può essere a priori esclusa. Come già accennato nella parte introduttiva le “Arenarie e Sabbie di Montescudaio” corrispondono solo in parte ai “Calcari sabbiosi di Montescudaio” definiti da GIANNELLI *et al.*, 1981 ed in particolare solo alla porzione stratigraficamente più alta di questi. Infatti, sulla base dei dati acquisiti, è evidente la riduzione di spessore delle “Arenarie e Sabbie di Montescudaio”, stimata al massimo in 30 m, in accordo con MORATTI *et al.* (2003), rispetto alla stima di 100 m dei lavori precedenti (GIANNELLI *et al.*, 1981; MAZZANTI, 1983; MAZZANTI & SANESI, 1987; BOSSIO *et al.*, 1993; COSTANTINI *et al.*, 1993; BOSCHIAN *et al.*, 2006). In questi lavori il limite fra le “Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*” e i “Calcari di Montescudaio” viene posto, sostanzialmente, in corrispondenza di un cambiamento del grado di cementazione che coincide con la base dei “Calcari di Montescudaio” (BOSCHIAN *et al.*, 2006, *cum biblio*). Tuttavia, indipendentemente dal grado di cementazione, le caratteristiche stratigrafico-deposizionali, di facies ed il contenuto faunistico sono gli

stessi. Inoltre, anche in porzioni sicuramente attribuibili alle "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*" anche da parte dei precedenti autori, si ritrovano, con relativa frequenza, livelli con un grado di cementazione assolutamente paragonabile a quello dei "Calcarei di Montescudaio" Auct.. Il grado di cementazione e dunque la percolazione del carbonato di calcio è, a nostro avviso, imputabile spesso a cause secondarie, come ad esempio la forte decarbonatazione dei sovrastanti depositi del Pleistocene medio ("Conglomerati di Bolgheri") che affiorano proprio nelle zone dove i sedimenti del Pleistocene inferiore appaiono più cementati. Riteniamo, dunque, che la distinzione tra i "Calcarei di Montescudaio" Auct. e le "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*" sia stata basata su un criterio (grado di cementazione) non valido. Come conseguenza di queste considerazioni, confortate dai dati di rilevamento e di analisi di facies, buona parte dei "Calcarei di Montescudaio" Auct., viene incorporata, nel presente lavoro, nella "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*", mentre gli spessori modesti che rimangono di pertinenza del "ciclo di Montescudaio" ("Arenarie e Sabbie di Montescudaio") sono separati, in evidente discordanza angolare, dalle "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*" dai "Conglomerati delle Lame" ed



Fig. 8 - Base erosiva e canalizzazione nei "Conglomerati di Serra all'Olio".
Channel basal erosion and channel fill in the "Conglomerati di Serra all'Olio".

hanno caratteristiche deposizionali decisamente differenti. L'implicazione cronostratigrafica di questo ragionamento, che associa una posizione stratigrafica più alta alla base delle "Arenarie e Sabbie di Montescudaio", è il ringiovanimento dell'unità litostratigrafica stessa rientrando, a nostro parere, nelle "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*" le associazioni emiliane (*sensu* RUGGIERI & SPROVIERI, 1975) di acque fredde (*Arctica islandica* e *Mya truncata*) segnalate alla base (si veda la Fig. 9) da GIANNELLI et al., 1981

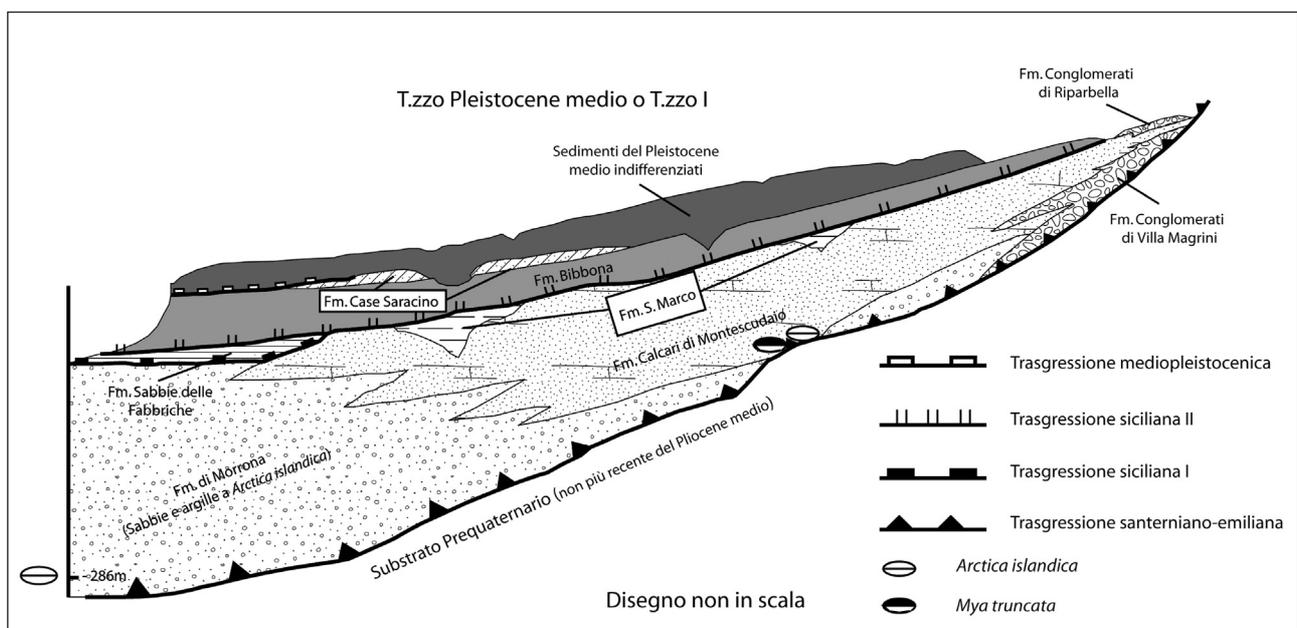


Fig. 9 - Schema morfostratigrafico del Pleistocene della Toscana Costiera proposto nei precedenti lavori. (Ridisegnato da BOSCHIAN et al., 2006). La Fm. di San Marco, la Fm. di Bibbona la Fm. Case Saracino e la Fm. Delle Fabbriche non sono presenti nell'area di studio.

Morphostratigraphic sketch of the Pleistocene of the "Coastal Tuscany" based on previous interpretations. (Redrawn after BOSCHIAN et al., 2006). San Marco, Bibbona, Case Saracino and Delle Fabbriche Fms. are not present in the studied area.

3.3 Unità allostratigrafica 4 (Pleistocene medio?)

Questa unità presente solo nella zona di studio è costituita da un'unica unità litostratigrafica denominata "Conglomerati di Serra all'Olio" (Fig. 2). Viene descritta perché i conglomerati che la costituiscono erano stati associati, nei precedenti lavori (GIANNELLI *et al.*, 1981; MAZZANTI & SANESI, 1987; BOSCHIAN *et al.*, 2006), ai "Conglomerati di Riparbella". I dati acquisiti ne attestano invece la giacitura discordante ed erosiva sia sull'UA7 sia sulla UA6 (Fig.1).

3.3.1 Conglomerati di Serra all'Olio

I "Conglomerati di Serra all'Olio" sono preservati soprattutto a nord del Fiume Cecina e costituiscono un corpo, a giacitura sub-orizzontale, che si sovrappone in discordanza angolare con base erosiva su entrambe le unità litostratigrafiche dell'UA6. Spesso circa 10÷15 m, è costituito da un conglomerato matrice-sostenuto, moderatamente classato (Fig. 8) con clasti da subarrotondati ad arrotondati con dimensioni variabili da *pebble a cobble*, frequentemente embricati lungo l'asse minore (a_i ; b_i sensu HARMS *et al.*, 1982). La matrice è costituita da sabbia a granulometria medio-grossolana di colore giallastro che localmente forma lenti o livelli di sabbia più o meno continui. In alcuni casi sono stati osservati livelli centimetrici di argilla al cui interno sono stati riconosciuti esemplari di Ostracodi dulcicoli (*Candona* spp. e *Ilyocypris gibba*). Stratificazione incrociata planare ad alto angolo o concava, canalizzazioni e sequenze di riempimento di canale costituiscono un elemento ricorrente dei "Conglomerati di Serra all'Olio". Dal punto di vista compositivo, invece, questi risultano essere molto simili ai "Conglomerati delle Lame", essendo i clasti costituiti in netta prevalenza dai calcari e dalle arenarie della copertura sedimentaria delle ofioliti, ma contenendo anche clasti provenienti dalle Formazioni del Dominio Toscano (Tab. 1). A questi si aggiungono localmente anche clasti appartenenti alle sottostanti "Arenarie e Sabbie di Montescudaio". L'insieme delle osservazioni e dei dati raccolti suggerisce che i "Conglomerati di Serra all'Olio" si siano depositi in ambiente continentale, all'interno di un sistema fluviale di tipo *braided* con trasporto al fondo prevalentemente ghiaioso (*sensu* ORTON & READING, 1993). Non sono disponibili criteri paleontologici per inquadrare da un punto di vista cronostratigrafico questa nuova unità. Tuttavia la posizione stratigrafica discordante ed erosiva al di sopra delle "Arenarie e Sabbie di Montescudaio" e la presenza, nel conglomerato, di clasti appartenenti a queste ultime nel conglomerato implica un'età sicuramente più recente delle "Arenarie e Sabbie di Montescudaio" e probabilmente riferibile alla base del Pleistocene medio.

4. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

Rilevamento ed analisi di facies hanno permesso di riconoscere, nei depositi del Pleistocene inferiore della bassa Val di Cecina, cinque unità litostratigrafiche raggruppabili in tre Unità Allostratigrafiche.

La più antica (UA7) giace discordante sui depositi pre-pleistocenici ed è costituita nelle porzioni più prossimali da conglomerati ("Conglomerati delle Ginepraie") organizzati in trend *fining-upward* che composizional-

mente riflettono la natura del substrato circostante e riferibili a depositi di *fan delta* che si interdigitano con sabbie grossolane (parte basale delle "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*") di ambiente marino litorale. La porzione intermedia e sommitale delle "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*" registra un approfondimento del sistema deposizionale fino ad uno *shoreface* inferiore prima e successivamente una inversione del trend deposizionale con evidenze di progradazione deltizia. Data la scarsità di affioramenti di questa ultima facies deposizionale non può essere a priori esclusa la presenza di una eventuale discontinuità, seppur di ordine minore (CERRINA FERONI *et al.*, 2005; SARTI & GUIDI, 2005), tra questa e le sottostanti.

Su questa UA giace in discordanza angolare la UA6 della quale è conservata solo la porzione trasgressiva caratterizzata alla base da conglomerati relativi a spiagge ghiaiose ("Conglomerati delle Lame") alimentate da un sistema fluviale che doveva essere attivo nelle vicinanze. I conglomerati passano lateralmente e verso l'alto ad arenarie e sabbie ("Arenarie e Sabbie di Montescudaio") deposte in uno *shoreface* superiore. E' importante notare che la composizione dei "Conglomerati delle Lame" differisce da quella di "Conglomerati delle Ginepraie" per la presenza di elementi riferibili alla Falda Toscana (Tab. 1) che indicano, quindi, un cambio ed un ampliamento del bacino di drenaggio, la cui definizione necessita, però, di ulteriori studi in corso di svolgimento.

Infine i "Conglomerati di Serra all'Olio" (UA4), che costituiscono l'unità più giovane illustrata in questo lavoro, giacciono discordanti su la UA6 e registrano un netto cambiamento dell'ambiente deposizionale con l'impostazione di un sistema fluviale di tipo *braided*, caratterizzato da prevalente trasporto al fondo ghiaioso.

Questo tipo di ricostruzione stratigrafico-deposizionale differisce fortemente da quanto precedentemente proposto in letteratura (GIANNELLI *et al.*, 1981; MAZZANTI, 1983; MAZZANTI & SANESI, 1987; BOSSIO *et al.*, 1993; BOSCHIAN *et al.*, 2006) dove l'insieme di questi depositi ("Conglomerati di V.Ia Magrini", "Conglomerati di Riparbella", "Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*" e "Calcari sabbiosi di Montescudaio") erano considerati come facenti parte di un unico ciclo trasgressivo-regressivo (Fig.9). Peraltro, già in questi lavori erano più o meno evidenti dati contrastanti con questo tipo di interpretazione (ciclo unico): ad esempio osservando la figura dei rapporti stratigrafici (BOSCHIAN *et al.*, 2006) (Fig. 9) i "Calcari di Montescudaio" sono contemporaneamente trasgressivi e regressivi oppure osservando le carte geologiche di GIANNELLI *et al.* (1981), di MAZZANTI & SANESI (1987), e di COSTANTINI *et al.* (1993), e di dove la medesima unità, nonostante costituisca la porzione regressiva del ciclo, appoggia direttamente "trasgressiva" sul substrato pre-pleistocenico. Comunque, in sintesi ed in modo più organico, le differenze rispetto ai precedenti lavori riguardano: i) la riorganizzazione dei "Conglomerati di Riparbella" e "Conglomerati di Villa Magrini" (GIANNELLI *et al.*, 1981; MAZZANTI, 1983; MAZZANTI & SANESI, 1987; BOSCHIAN *et al.*, 2006) in tre differenti unità litostratigrafiche ("Conglomerati delle Ginepraie", "Conglomerati delle Lame", "Conglomerati di Serra all'Olio") con differenti caratteristiche deposizionali e composizionali ed appartenenti a tre unità a limiti inconformi distinte; ii) l'evidenza dei rapporti di latero-verticalità tra i "Conglomerati delle Ginepraie" con le

“Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*” nelle quali è stato individuato un ciclo trasgressivo-regressivo; iii) la presenza di una discordanza angolare tra questa UA e la soprastante (UA6) nella quale sono stati definiti i rapporti di latero-verticalità tra i “Conglomerati delle Lame” e le “Arenarie e Sabbie di Montescudaio”, e riconosciuta la base di un nuovo ciclo trasgressivo; iv) l'introduzione della denominazione “Arenarie e Sabbie di Montescudaio”, preferita ai termini “Calcari sabbiosi di Montescudaio” e “Calcari di Montescudaio” per la rilevante frazione silicoclastica contenuta in questi depositi, ed infine, v) l'introduzione di una nuova unità litostratigrafica “Conglomerati di Serra all'Olio” (UA4) discordante su tutte le altre unità.

Fatte queste precisazioni, ulteriori considerazioni possono infine essere svolte riguardo all'inquadramento cronostratigrafico. Infatti, da questo punto di vista, elementi significativi possono essere derivati dalle “Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*”. Questa unità è stata attribuita al Santerniano (*sensu* RUGGIERI & SPROVIERI, 1975) sia sulla base delle associazioni nannofloristiche (Zona a *Gephyrocapsa oceanica-Calcidiscus macintyreii*, secondo GIANNELLI et al., 1981) sia sulla base della presenza degli ospiti freddi, in particolare *Arctica islandica*, precedentemente descritti, anche se, come già sottolineato, la comparsa di questa forma nel Mediterraneo (attualmente vive al di sopra 65° di latitudine con temperature comprese tra 4°C and 13°C) è stata recentemente anticipata al Gelasiano (CATANZARITI et al., 2002), e dunque a circa 2,2 milioni di anni fa. Nelle “Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*” presenti nella bassa Val di Cecina (ma il dato può sicuramente essere esteso ad altre zone della Toscana: cfr. SARTI et al., *submitted*) la presenza di *Arctica islandica* è confinata solo alla parte basale dell'unità (primi 5 m). Stratigraficamente più in alto compaiono coralli della specie *Cladocora caespitosa*, *taxon* caratteristico di acque temperato-calde. Questa specie tuttora vivente nel Mediterraneo a temperature comprese tra 15°C e 22°C è stata segnalata anche nei sedimenti del Pleistocene inferiore della Valle di Crati in Calabria (BERNASCONI et al., 1997). I ritrovamenti di livelli di notevole spessore di *Cladocora caespitosa* (PEIRANO et al., 2004) associati a *Strombus bubonius* nei sedimenti del Tirreniano (*sensu* RUGGIERI & SPROVIERI, 1975) confermano che questo corallo prediligeva temperature anche maggiori rispetto alle odierne. Sembra, dunque, esistere chiare evidenze di fluttuazioni climatiche durante la deposizione di questa unità litostratigrafica. In ogni caso riferendosi alla situazione “toscana”, ed in particolare a quella oggetto di studio, alcune considerazioni ed ipotesi di lavoro di ordine più generale con implicazioni cronostratigrafiche possono comunque essere svolte. Nei bacini neogenici della Toscana Costiera la prima deposizione pleistocenica avverrebbe, secondo i dati di letteratura (DALLAN & SALVATORINI, 1967; BOSSIO et al., 1981; RIO et al., 1990; BOSCHIAN et al., 2006), dopo una fase di sollevamento generalizzato invocata per spiegare la sistematica assenza in tutta la Toscana di depositi marini riferibili al Pliocene superiore. Con l'inizio del Pleistocene si attiverebbe invece una nuova fase di sprofondamento tettonico. Anche se non è ancora chiaro il contributo che separatamente tettonica ed eustatismo quaternari avrebbero giocato nella determinazione della variazione relativa del livello marino, appare poco probabile che una fase trasgressiva si

attivi, in un'area peraltro precedentemente soggetta a sollevamento, durante una fase fredda e dunque di caduta eustatica. Se a questo aggiungiamo che la presenza di *Arctica islandica* è confinata solo ai primissimi metri dell'unità ed è successivamente sostituita da coralli, indicativi di un clima temperato, sembra più logico supporre che la fase trasgressiva si attivi già durante o all'inizio di una fase di riscaldamento e dunque di rapida risalita eustatica. Sebbene ulteriori studi siano necessari per confermare tale ipotesi, ciò implicherebbe un ringiovanimento dell'età di questa unità litostratigrafica.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia S. C. Vaiani per le discussioni ed i suggerimenti relativi alle associazioni microfaunistiche. Si ringraziano inoltre anche i Prof. Carraro, il Prof. Ciaranfi ed il Prof. Carrara per la lettura critica del manoscritto e per i loro contributi al miglioramento del lavoro.

BIBLIOGRAFIA

- ALLEN J.R.L. & BANKS N.L. (1972) - *An interpretation and analysis of recumbent-folded deformed cross-bedding*. - *Sedimentology*, **19**, pp. 257-283.
- AMBROSETTI P., CARBONI M.G., CONTI M.A., COSTANTINI A., ESU D., GANDIN A., GIROTTI O., LAZZAROTTO A., MAZZANTI R., NICOSIA U., PARISI G. & SANDRELLI F. (1979) - *Evoluzione paleogeografica e tettonica nei bacini Tosco-Umbro-Laziali nel Pliocene e nel Pleistocene inferiore* - Mem. Soc. Geol. It., **19**, pp. 573-580.
- APAT (1992) - *Carta geologica d'Italia 1:50.000 - Guida al rilevamento* - Quaderni, Serie III, 1/1992.
- BERNASCONI M.P., CORSELLI C. & CAROBENE L. (1997) - *A bank of the scleractinian coral Cladocora caespitosa in the Pleistocene of the Crati valley (Calabria, Southern Italy): growth versus environmental conditions* - Boll. Soc. Paleontol. Ital., **36** (1-2), pp. 53-61.
- BOSCHIAN G., BOSSIO A., DALL'ANTONIA B., & MAZZANTI R. (2006) - *Il Quaternario della Toscana Costiera* - Studi Costieri, **12**, pp. 21-36.
- BOSSIO A., COSTANTINI A., LAZZAROTTO A., LIOTTA D., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (1993) - *Rassegna delle conoscenze sulla stratigrafia del neoaotoceno toscano* - Mem. Soc. Geol. It., **49**, pp. 17-98.
- BOSSIO A., GIANNELLI L., MAZZANTI R., MAZZEI R. & SALVATORINI G. (1981) - *Gli strati alti del Messiniano, il passaggio Mio-Pliocene e la sezione Plio-Pleistocenica di Nugola nelle colline a NE dei Monti Livornesi* - IX Convegno S.P.I., Firenze-Pisa 3-8/9/1981, pp. 55-90.
- CATANZARITI R., OTTRIA G. & CERRINA FERONI A. (2002) - *Tavole Stratigrafiche 2 - Carta geologico strutturale dell'Appennino Emiliano-Romagnolo, scala 1:250000*. Ed. CNR. Selca, Firenze.
- CERRINA FERONI A., CIAMPALINI A., CONSOLONI I., SARTI G. & VAIANI S.C. (2005) - *Geological survey and facies analysis of the Pleistocene deposits outcropping between Riparbella and Casale Marittimo (Lower Cecina river Valley, Tuscany, Italy)*. - Epitome, Geitalia 2005, Spoleto 21-23 Settembre

- 2005, Vol. 1, pp. 72-73.
- CERRINA FERONI A., SARTI G., CIAMPALINI A., CONSOLONI I., SIMONELLI E., TESTA G. & MARTINELLI P. (2003) - *Carta geologica F.294 Cecina, sez. 294040, scala 1/10000* - Regione Toscana.
- COSTANTINI A., LAZZAROTTO A., MACCANTELLI M., MAZZANTI R., SANDRELLI F., TAVARNELLI E. & ELTER F.M. (1993) - *Geologia della provincia di Livorno a Sud del fiume Cecina* - Suppl. n° 2, Quad. Mus. Stor. Nat di Livorno, **13**, pp. 1-164.
- DALLAN L. & SALVATORINI G. (1967) - *Biostratigrafia del Pliocene della Toscana Marittima* - Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, **74**, pp. 570-578.
- DAVIES N.S., TURNER P. & SANSOM I.J. (2004) - *Soft-sediment deformation structures in the Late Silurian Stubdal Formation: the result of seismic triggering* - Norwegian Journal of Geology, **85**, pp. 233-243.
- DOE T.W. & DOTT R.H. JR. (1980) - *Genetic significance of deformed cross bedding - With examples from the Navajo and Weber Sandstones of Utah* - Journ. Sed. Petrology, **50**, pp.793-812.
- GIANNELLI L., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. (1981) - *I sedimenti del Pliocene e del Pleistocene inferiore della zona compresa fra Riparbella e Bibbona (Province di Pisa e Livorno)* - Boll. Soc. Geol. It., **100**, pp. 41-56.
- HARMS J.C., SOUTHWARD J.B. & WALKER R.G. (1982) - *Structures and sequences in clastic rocks* - SEPM Lecture Notes Short Course, **9**.
- HOWARD J.L. (1993) - *The statistics of counting clasts in rudites: a review, with examples from the upper Palaeogene of southern California, USA* - Sedimentology, **40**, pp. 157-174.
- LAZZAROTTO A. & MAZZANTI R. (1978) - *Geologia dell'alta Val di Cecina* - Boll. Soc. Geol. It., **95** (1976), pp. 1365-1487.
- MALINVERNO A. & RYAN W.B.F. (1986) - *Extension in the Tyrrhenian Sea and shortening in the Apennines as result of arc migration driven by sinking of the lithosphere*. Tectonics, **5**, pp. 227-245.
- MARTINI P. & SAGRI M. (1993) - *Tectono-sedimentary characteristic of Late-Miocene-Quaternary extensional basins of the Northern Apennines, Italy*. - Earth Sc. Rev., **34**, pp. 197-233.
- MASSARI F. & PAREA G.C. (1988) - *Progradational sequences in a moderate- to high-energy, microtidal marine environment* - Sedimentology, **35**, pp. 881-913.
- MAZZANTI R. (1983) - *Il punto sul Quaternario della fascia costiera e dell'arcipelago di Toscana* - Boll. Soc. Geol. It., **102**, pp. 419-556.
- MAZZANTI R. & SANESI G. (1987) - *Geologia e morfologia della bassa Val di Cecina* - Suppl. 1 Quad. Mus. Storia Nat. di Livorno, **7** (1986), pp. 1-27.
- MELETTI C., PATACCA E. & SCANDONE P. (1995) - *Il sistema compressione-distensione in Appennino* - In: BONARI G., DE VITO B., GASPARINI P., VALLARIO A., (Eds.) "Cinquanta anni di attività didattica e scientifica del Prof. Felice Ippolito", Liguori Ed., Napoli, pp. 361-370.
- MORATTI G., BENVENUTI M. & TANINI C. (2003) - *Carta geologica F.294 Cecina sez. 294080, scala 1/10000* - Regione Toscana.
- ORTON G.J. & READING H.G. (1993) - *Variability of deltaic processes in terms of sediment supply, with particular emphasis on grain size* - Sedimentology, **40**, pp. 475-512.
- OWEN G. (1995) - *Soft-sediment deformation in Upper Proterozoic Torridonian Sandstones (Applecross Formation) at Torridon, Northwest Scotland* - Journ. Sed. Res., **A65**, pp. 495-504.
- PATACCA E., SARTORI P., SCANDONE P. (1993) - *Tyrrhenian basin and Apennines. Kinematic evolution and related dynamic constraints* - In: Recent evolution and seismicity of the Mediterranean region, BOSCHI E., MANTOVANI E. AND MORELLI A. (Eds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 161-171.
- PEIRANO A., MORRI C., BIANCHI, C.N., AGUIRRE J., ANTONIOLI, F., CALZETTA G., CAROBENE L., MASTRONUZZI G. & ORRÙ P. (2004) - *The Mediterranean coral Cladocora caespitosa: a proxy for past climate fluctuations?* - Global and Planetary Change, **40**, pp.195-200.
- RAGAINI L. & MENESINI E. (1997) - *Paleocomunità a molluschi nel Pleistocene inferiore della bassa Val di Cecina (Pisa)* - Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., **104**, pp. 67-74.
- RICCI LUCCHI F. (1978) - *Sedimentologia* - Coop. Libr. Univers. Ed. Bol., pp 545.
- RIO D., RAFFI I. & VILLA G. (1990) - *Pliocene-Pleistocene calcareous nannofossil distribution patterns in the Western Mediterranean* - Proc.ODP Sci. Results, **107**, pp. 513-533.
- RUGGIERI G. & SPROVIERI R. (1975) - *La definizione dello stratotipo del piano Siciliano e le sue conseguenze*. - Riv. Min. Sic., pp.151-153.
- RUGGIERI G. & SPROVIERI R. (1977) - *A revision of Italian Pleistocene Stratigraphy*. - Geologica Romana, **16**, 131-139.
- SALVADOR A. (1994) - *International Stratigraphic Guide. A Guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure* - J.U.G.S. and Geol. Soc. America (Eds.), pp. 214.
- SARTI G. (1995) - *Rapporti tra controllo tettonico ed eustatico sulla deposizione miocenica superiore della Val di Fine (Toscana, Pisa)* - Studi Geologici Camerti, Vol. Spec. 1995/1, pp. 581-592.
- SARTI G. & GUIDI R. (2005) - *Il potenziale di applicabilità delle unità stratigrafiche a limiti inconformi nella cartografia geologica del Quaternario: l'esempio della fascia costiera compresa fra Livorno e Piombino (Toscana, Italia)* - Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, **110**, pp.73-80.
- SARTI G., TESTA G. & ZANCHETTA G. (submitted) - *New stratigraphic insight from the lower Pleistocene cycles of the Lower Valdarno (Tuscany, Italy)*. - Riv. It. Paleont. Strat..
- SARTORI R. (1990) - *Evoluzione neogenico-recente del bacino tirrenico e i suoi rapporti con la geologia delle aree circostanti* - Giorn. Geol., ser. 3°, **51** (2), pp. 1-39.
- ZUFFA G.G.(1980) - *Hybrid arenites: their composition and classification* - Journ. Sed. Petrology, **50**, pp.19-21

Ms. ricevuto il 19 luglio 2007

Testo definitivo ricevuto il 16 ottobre 2007

Ms. received: July 19, 2007

Final text received: October 16, 2007

