

G. SARTI (\*), R. GUIDI (\*\*)

## 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)

**Riassunto** - L'uso delle *Unconformity-Bounded Stratigraphic Units* (UBSU) è stato consigliato dall'APAT nelle linee guida per il rilevamento geologico del Quaternario, nell'ambito del progetto CARG per la nuova Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000. Esistono però delle difficoltà oggettive ad utilizzare questo tipo di suddivisione se ci si attiene strettamente alla definizione della *International Subcommission on Stratigraphy Classification* (ISCC), ed è per questo che frequentemente le USBU sono adottate con parametri meno restrittivi. In questo studio presentiamo un esempio concernente il rilevamento geologico (scala 1:10.000) della fascia costiera della Toscana compresa fra Livorno e Piombino, discutendo l'applicabilità di una suddivisione della successione Quaternaria in Unità Stratigrafiche a Limiti Inconformi. Le caratteristiche delle unità che compongono la successione sedimentaria, la qualità e la quantità degli affioramenti suggeriscono di adottare come unità di base le Unità Allostratigrafiche (UA) che pur mantenendo inalterata la connotazione genetica, sono definite in modo meno restrittivo e costituiscono uno strumento più agile e di maggiore operatività.

**Parole chiave** - USBU, UA, Stratigrafia sequenziale, Quaternario, CARG, Toscana.

**Abstract** - *The USBU and their potential of applicability in the geological mapping of Quaternary deposits: the example of Tuscany coastal-plain included between Livorno and Piombino (Tuscany, Italy).* The Unconformity-Bounded Stratigraphic Units have been suggested as base-units in the geological mapping of Quaternary deposits, for the new Geological Map of Italy, 1:50.000 scale (CARG project). Several difficulties in the subdivision of the Quaternary sedimentary successions, strictly according to ISCC definition of USBU, have been encountered and, in many cases, this method was extended to less restricted parameters. In this study is exposed the example of the geological mapping of the Tuscany coastal-plain (1:10.000 scale) comprised between Livorno and Piombino and is discussed the applicability of Unconformity-Limited Stratigraphic Units in the subdivision of the Pleistocenic stratigraphic succession. The characteristics of sedimentary successions and the outcrops features brought us to prefer the Allostratigraphic Units (UA) as base-units. The UA, although save a genetic meaning, are characterized by less restrictive constrains and thus represent, in this case, a more operative tool.

**Key words** - USBU, UA, Sequence stratigraphy, Quaternary, CARG, Tuscany.

IL POTENZIALE DI APPLICABILITÀ DELLE USBU E DELLE UA NEL RILEVAMENTO GEOLOGICO DEI DEPOSITI DEL QUATERNARIO

Nella guida al rilevamento del progetto CARG è stato consigliato, per lo studio del quaternario continentale, in accordo con le indicazioni dell'*International Subcommission on Stratigraphic Classification* (ISCC, Salvador, 1994), l'uso delle *Unconformity Bounded Stratigraphic Units* (APAT, 1992). Il potenziale di applicabilità delle USBU, però, e il modo con cui sono state utilizzate, può essere stato differente in funzione del contesto litologico, stratigrafico e di facies in cui i vari gruppi hanno operato. Le USBU sono definite (ISCC) come corpi rocciosi delimitati alla base e al tetto da significative e dimostrabili superfici di discontinuità (*angular unconformity, disconformity*, ecc.), preferibilmente di estensione regionale o interregionale (Salvador, 1987). Inoltre, sempre secondo la definizione di Salvador (1987), una USBU può essere estesa solamente fino a dove sono chiaramente identificabili e quindi visibili le discontinuità che le delimitano, così come ad esempio un'unità litostratigrafica finisce dove i suoi caratteri litologici diagnostici non possono più essere riconosciuti, o un'unità biostratigrafica termina quando nella successione stratigrafica non si ritrovano più i suoi fossili caratteristici. Ai fini cartografici le USBU sono risultate essere operativamente valide per il rilevamento delle Unità terrazzate (Autin, 1992; Amorosi *et al.*, 1996; Bassetti & Sarti, 1997) essendo queste, per definizione, separate da superfici di inconformità. L'utilizzo delle USBU nel rilevamento dei depositi quaternari della Toscana nella fascia costiera tra Livorno e Piombino, secondo l'accezione rigorosa, non è invece di facile adottabilità, sia per la bassa qualità e quantità degli affioramenti sia, più in generale, perché le discontinuità che separano diverse unità, soprattutto se di origine non prettamente continentale ma litorale o di transizione, non sempre sono chiaramente identificabili (e dunque visibili) in affioramento, ma, ad esempio, possono essere tracciate sulla base di analisi più approfondite (di facies, biostratigrafiche, radiometriche ecc.). In questo senso l'utilizzo delle UA, peraltro già proposte da Bini *et al.* (1990), sembrerebbe essere più consono, ed operativamente più efficace per il rilevamento di rocce sedimentarie,

poiché hanno come requisito fondamentale la tracciabilità su base cartografica delle discontinuità che le delimitano, e possono, inoltre, avere un'estensione locale e non necessariamente regionale così come si deduce dalla definizione data nel 1983 dal *North American Commission on Stratigraphic Nomenclature* («*a mappable stratiform body of sedimentary rock defined and identified on the basis of its bounding discontinuities*»). Peraltro è proprio in questa direzione che sembra essersi orientata la Commissione Italiana di Stratigrafia della Società Geologica Italiana (APAT, 2003), suggerendo una modifica alle indicazioni del Codice Internazionale di Stratigrafia (Salvador, 1994) ma mantenendo, però, una certa ambiguità terminologica («sintema nell'accezione italiana»). Si ripropongono, dunque quegli elementi di discussione, ancora in atto, su quali siano le unità operativamente più efficaci, ma teoricamente corrette, per la restituzione cartografica dei depositi quaternari. La questione non è di poco conto considerato che UBSU ed UA per quanto in buona parte sovrapponibili sottendono, però, concettualmente delle differenze importanti. Inoltre è bene ricordare che il successivo sviluppo alla fine degli anni '80 dei concetti della stratigrafia sequenziale (Vail, 1987; Wilgus *et al.*, 1988; Posamentier *et al.*, 1988; Posamentier & Vail, 1988), ha superato ed inglobato, in una visione completa, i concetti espressi nella definizione di unità inconforme evidenziandone il limite concettuale e cioè che queste unità perdono il loro carattere distintivo laddove le superfici di non conformità passano a superfici di conformità. In una visione moderna della geologia del sedimentario, dunque, le UBSU e le UA dovrebbero essere considerate parte di un quadro di riferimento più ampio individuabile nella stratigrafia sequenziale, costituendo un parziale elemento descrittivo, ma con connotati genetici, della sequenza deposizionale in senso stretto definita da corpi sedimentari delimitati da due superfici di discontinuità e dalle equivalenti superfici di continuità laterale (Posamentier *et al.*, 1988; Van Wagoner *et al.*, 1988). Più in dettaglio la sequenza deposizionale è costituita da un insieme di *system tracts*, definibili come un'associazione contemporanea tridimensionale d'ambienti deposizionali, ognuno con caratteristiche lito-bio-cronostratigrafiche definite, geneticamente collegati e deposti durante un tratto specifico della curva di variazione relativa del livello marino. Si enfatizza dunque la «ricostruzione per eventi» all'interno di un *framework* d'evoluzione spazio temporale coerente dei vari sistemi deposizionali. Preme rilevare che i concetti chiave della stratigrafia sequenziale non sono elemento di novità per il geologo del sedimentario, essendo basati essenzialmente sull'applicazione attenta e rigorosa della legge di Walther. Tuttavia due osservazioni di carattere metodologico ineludibili, sia che si opti per l'utilizzo delle UBSU piuttosto che delle UA o, a maggior ragione, se si sceglie di fare riferimento alla stratigrafia sequenziale riguardano: i) la necessità di un approccio interdisciplinare. È necessario cioè associare al semplice rilevamento geologico altri tipi di analisi (sedimentologiche, di facies, biostratigrafiche, radiometriche ecc.) che non sempre sono compatibili con le risorse disponibili

e/o coi tempi di scadenza imposti dai vari progetti. Inoltre ii) la suddivisione in unità a limiti inconformi deve essere l'ultimo atto, come peraltro raccomandato dalle linee guida al rilevamento della Carta Geologica d'Italia (APAT, 1992), di elaborazione del prodotto cartografico, poiché tale suddivisione comporta la comprensione del quadro di evoluzione spazio temporale a scala di bacino dei depositi cartografati o quanto meno la definizione dei loro rapporti genetici. Ne deriva il non senso nell'istituzione d'unità a limiti inconformi nel rilevamento di sezioni alla scala 1/10.000 se non si è prima acquisita una mole di dati significativa e distribuita su un areale sufficientemente esteso.

D'altronde i limiti delle UBSU come criterio per il rilevamento di depositi sedimentari sono già emersi all'atto pratico in molti contesti diversi; ad esempio Chang & Park (2003) in uno studio sui depositi del Cretaceo della Corea, specificano che il termine «*Unconformity-Bounded Stratigraphic Unit*» deve essere inteso come unità delimitate da discordanze che possono (a livello regionale [N.d.R.]) passare lateralmente a contatti concordanti. Implicitamente, cioè, si evidenzia, come già detto, che il concetto di UBSU è compreso nella definizione di sequenza deposizionale. Limiti all'utilizzo delle UBSU sono stati evidenziati anche nel rilevamento delle unità vulcaniche e vulcanoclastiche dove è stato ritenuto opportuno stabilire un'organizzazione gerarchica delle unità cartografiche e, quindi, delle superfici di discontinuità di riferimento che tenessero conto di fenomeni che si svolgono a scala diversa (De Rita *et al.*, 2000).

Quest'ultimo esempio, inoltre, pone l'accento su un altro problema concernente l'utilizzo delle UBSU (ma anche delle UA) vale a dire i criteri relativi alla loro gerarchizzazione ossia alla loro estensione temporale. È ovvio che l'utilizzo delle UBSU in depositi progressivamente più antichi (ad esempio depositi quaternari, rispetto a depositi cretacei) implica la definizione di UBSU comprendenti intervalli di tempo di ordini di grandezza diversi. Peraltro già all'interno dello stesso ISCC (Salvador, 1994), tale aspetto era stato descritto come problematico. Infatti, i tre criteri fondamentali, utili alla gerarchizzazione delle varie UBSU riportati dall'ISCC (Salvador, 1994) e cioè i) il grado di discordanza angolare, ii) il tempo di durata dello *iatius* deposizionale e iii) l'espressione geografica di tali discontinuità possono essere indipendenti tra loro e/o avere significati diversi in ambienti geotettonici diversi. Lo stesso problema, peraltro, è stato evidenziato anche all'interno di depositi vulcanici e vulcanoclastici (Nappi & Mattioli, 2003; De Rita *et al.*, 2000). Una connotazione cronostratigrafica è invece implicita nel concetto di sequenza deposizionale (Van Wagoner *et al.*, 1990; Mutti, 1990; Vail *et al.*, 1991) dove ad esempio una sequenza del 3°, 4° o 5° ordine ha una scala temporale compresa rispettivamente tra 0,5-5 Ma, 0,1-0,5 Ma, e 0,01-0,1 Ma. Sussistono, dunque, ancora numerosi punti di discussione e di ambiguità, teorici e pratici che sarebbe necessario chiarire prima di procedere all'utilizzo delle UBSU o delle UA anche se riteniamo che il dibattito dovrebbe porre l'accento sulla possibilità di adottare integralmente i criteri ed i concetti della stratigrafia sequenziale.

L'ESEMPIO DEI DEPOSITI QUATERNARI AFFIORANTI NELLA FASCIA COSTIERA COMPRESA TRA LIVORNO E PIOMBINO

Durante il progetto di rilevamento della carta geologica della Regione Toscana alla scala 1:10.000, incluso nel progetto CARG, è stata cartografata, con l'esclusione d'alcune sezioni (Cecina e Rosignano) rilevate da altri gruppi di ricerca, la porzione costiera della Provincia di Livorno (Fig. 1), fra il capoluogo e la cittadina di Piombino (Cerrina *et al.*, 2005b, 2005c, 2004a, 2004b, 2003c, 2003d). Attenendosi a quanto detto nel capitolo precedente riguardo l'iter metodologico, si è preferito, come primo approccio, cartografare unità litostratigrafiche riservando ad una fase successiva il possibile raggruppamento in unità inconformi. Sulla base dei dati acquisiti, ed in parte sulla base di una revisione dei dati bibliografici per quelle unità non affioranti nelle aree rilevate o affioranti solo marginalmente ma prese in considerazione per completezza, ne è scaturito (Sarti *et al.*, 2005a), il quadro stratigrafico riportato, molto sinteticamente, di seguito. Precisiamo, inoltre, che nell'attesa di elaborare un quadro definitivo si è preferito, laddove è stato possibile, mantenere i nomi delle unità così come sono conosciuti in letteratura per evitare un'inutile proliferazione di denominazioni. Dal basso verso l'alto sono state identificate le seguenti unità litostratigrafiche:

- Sabbie ed argille ad *Arctica islandica* (Pleistocene inferiore): depositi di ambiente compreso tra lo *shoreface* superiore ed inferiore con evidenze di influenza fluviale nella parte sommitale dove è stato individuato un evidente salto di facies (Cerrina Feroni *et al.*, 2005a). Passano lateralmente nella zona di Riparbella al Conglomerato delle Ginepraie (equivalente pp. al «Conglomerato di Riparbella», *sensu* Mazzanti & Sanesi, 1987), deposti in ambiente di *fan-delta* subaqueo (Cerrina Feroni *et al.*, 2005a).
- Arenarie di Montescudaio (Pleistocene inferiore): giacciono in discordanza angolare sulle «Sabbie ed argille ad *Arctica Islandica*» e si sono deposte in un ambiente variabile dalla porzione distale di un fronte deltizio ad una di *shoreface* (Cerrina Feroni *et al.*, 2005a). Sono equivalenti ai «Calcari sabbiosi di Montescudaio» fino ad ora interpretati come la porzione regressiva del ciclo ad *Arctica Islandica* (Bartoletti *et al.*, 1986; Bossio *et al.*, 1993). I dati acquisiti hanno invece evidenziato la loro giacitura in discordanza angolare sull'unità delle «Sabbie ed argille ad *Arctica Islandica*» ed i loro rapporti latero-verticali con il Conglomerato delle Lame (equivalente pp. al «Conglomerato di Riparbella», *sensu* Mazzanti & Sanesi, 1987), affiorante nella zona di Riparbella (Cerrina Feroni *et al.*, 2005a; Ciampalini, 2004; Consoloni, 2004) e deposti in un ambiente deltizio con sviluppo laterale di spiagge ghiaiose.
- Sabbie delle Fabbriche (Pleistocene inferiore): non affioranti nell'area di studio essendo stati individuati esclusivamente nell'entroterra di Rosignano Solvay e Vada. Interpretati come depositi di ambiente neritico interno, riempiono tasche di erosione all'interno delle Arenarie di Montescudaio (Bartoletti *et al.*, 1986).
- Conglomerati di San Marco (Pleistocene inferiore-medio): anche questa unità non affiora nell'area di studio ed è circoscritta al solo entroterra di Rosignano Solvay. Attribuita a deposizione continentale, riempie anch'essa tasche erosive all'interno delle «Arenarie di Montescudaio» e delle «Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*» (Mazzanti & Sanesi, 1987; Costantini *et al.*, 1993).
- Calcareniti sabbiose, sabbie e conglomerati di Bibbona (Pleistocene inferiore-medio): di ambiente marino litorale, corrispondono nella zona di Rosignano alla «Panchina» di Grotti (Bossio *et al.*, 1993). Entrambe le unità sono in continuità con i «Conglomerati di San Marco» e giacciono in discordanza sui depositi più antichi. Non affiorano nell'area di studio.
- Conglomerato di Serra all'Olio (Pleistocene inferiore-medio): quest'unità, deposta in un ambiente fluviale tipo *braided*, è stata per la prima volta identificata nella zona di Riparbella (Cerrina Feroni *et al.*, 2005a; Ciampalini, 2004; Consoloni, 2004), e corrisponde, pro parte, al «Conglomerato di Riparbella» (*sensu* Mazzanti & Sanesi, 1987). Giace in discordanza angolare sia sulle «Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*» sia sulle «Arenarie di Montescudaio» ed è a sua volta sormontata in discordanza dai «Conglomerati di Bolgheri».
- Conglomerati di Bolgheri (Pleistocene medio): depositi di ambiente fluviale con forti evidenze di pedogenesi (Cerrina Feroni *et al.*, 2005a) e localmente con influenze deltizie (Mazzanti, 1983; Mazzanti & Sanesi, 1987; Costantini *et al.*, 1993) giacciono in discordanza sulle unità descritte, poggiando frequentemente anche sul substrato prequaternario (Cerrina Feroni *et al.*, 2003b). Affiorano nella zona compresa fra i dintorni di Riparbella e Bolgheri, mentre depositi correlabili con questa unità sono stati identificati in molte altre zone: nei pressi di San Vincenzo le Sabbie, ciottoli e piccole lenti di calcareniti di Pod. Pescinoni (Costantini *et al.*, 1993); vicino a Castiglioncello le Sabbie e ciottoli delle Spianate (Bossio *et al.*, 1993); ad est di Antignano i Conglomerati di Villa Umberto I (già Conglomerati e sabbie della Fattoria Pianacce, secondo Barsotti *et al.*, 1974); infine nelle colline ad est di Livorno i Conglomerati, sabbie e limi di Casa Poggio ai Lecci (Lazzarotto *et al.*, 1990) nei quali però recentemente sono state riconosciute due (Zanchetta *et al.*, 1998) o tre (Merola *et al.*, 2001) unità discordanti.
- Sabbie Rosse di Val di Gori (Pleistocene medio): di ambiente continentale, affiorano nell'area studiata a sud di Castiglioncello, poggiando in discordanza sui depositi più antichi e sembrano costituire terrazzamenti a vari livelli interpretabili come depositi alluvionali sollevati e successivamente erosi (Sarti *et al.*, 2005; Cerrina Feroni *et al.*, 2004a, 2004d, 2003c). Sono equivalenti nell'entroterra di Livorno alle Sabbie rosse (talora con ciottoli), calcareniti sabbiose di Villa Padula (Lazzarotto *et al.*, 1990).
- «Panchina» (Pleistocene superiore): quest'unità, è costituita da 3 o 4 livelli separati attraverso superfici di *unconformity* dalle Sabbie rosso-arancio di

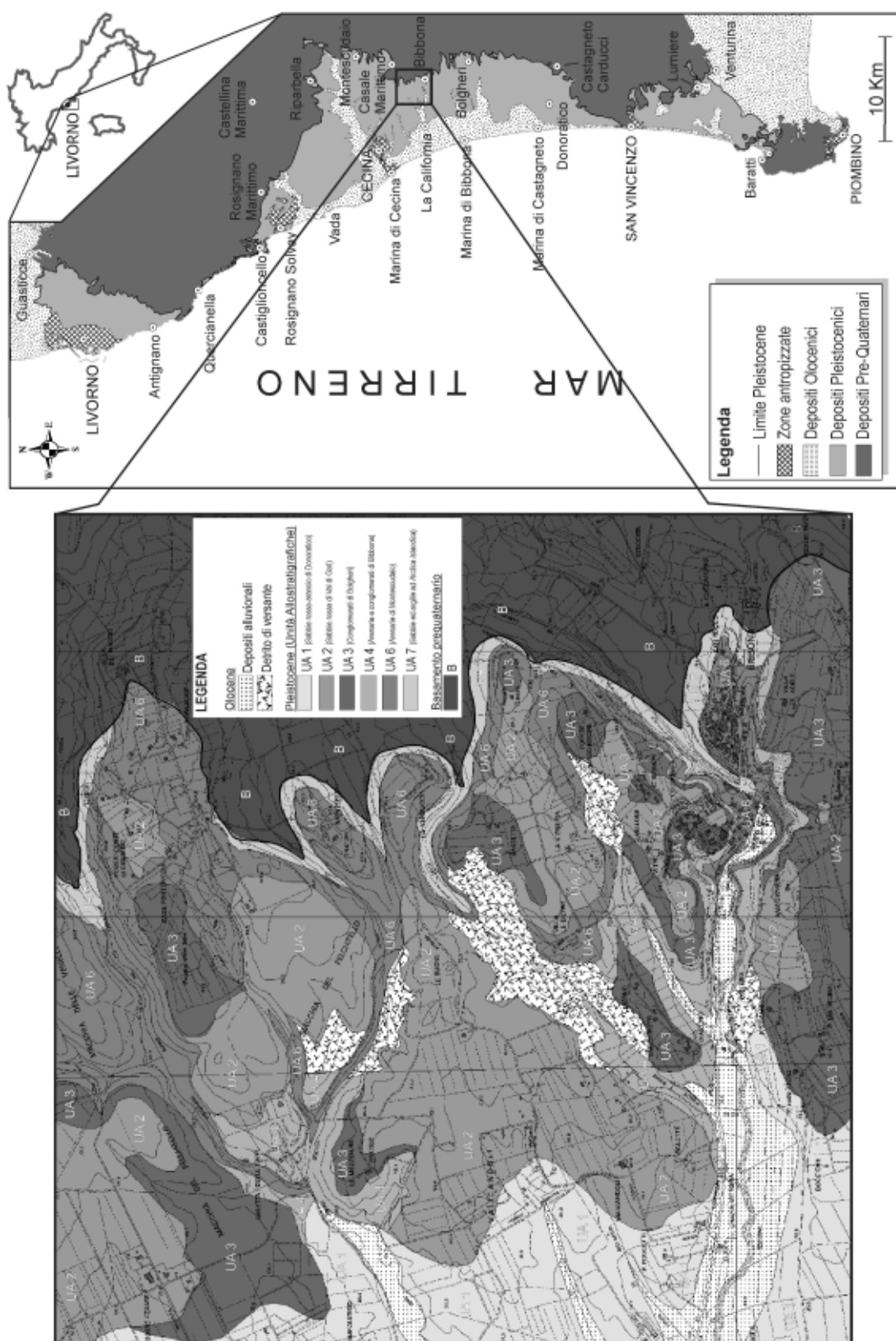


Fig. 1 - Carta geologica schematica della fascia costiera compresa fra Livorno e Piombino.

Donoratico e si è deposta in un ambiente compreso tra il marino litorale con locali influenze deltizie, al *backshore* fino all'eolico (Sarti *et al.*, 2005b; Cerrina Feroni *et al.*, 2005b). È stata denominata in modo diverso secondo le località di affioramento: Calcareniti sabbiose o Calcareniti sabbiose di Biserno fra Marina di Bibbona e Baratti; «Panchina» di Castiglioncello o Calcareniti sabbiose di Castiglioncello fra questa località e Livorno, dove passa lateralmente ai Conglomerati di Santo Stefano ai Lupi, che si differenziano dalle prime per la prevalenza di depositi grossolani (Barsotti *et al.*, 1974; Censini *et al.*, 1991; Costantini *et al.*, 1993). I tre o quattro livelli di «Panchina» intercalati agli altrettanti livelli di Sabbie rosso-arancio di Donoratico, dei quali i migliori esempi sono quelli affioranti presso la falesia della Buca dei Corvi (Castiglioncello) e di Baia Baratti (Piombino), sono stati rispettivamente associati alle 3 fasi di trasgressione glacio-eustatica del Tirreniano, e alle successive fasi di continentalizzazione (Cortemiglia *et al.*, 1983; Censini *et al.*, 1991). Questa ipotesi è stata in parte confermata dagli studi effettuati da Mauz (1999) col metodo della termoluminescenza nei due affioramenti citati, in cui i livelli di «Panchina» sono stati associati rispettivamente, dal basso verso l'alto, agli stage isotopici 5c, 5a e 3 (Mauz, 1999), in accordo peraltro con i dati derivati dall'aminostratigrafia (Hearty & Dai Pra, 1987). Riteniamo che le attribuzioni cronostratigrafiche derivate da letteratura, incrociate con le interpretazioni degli ambienti deposizionali e con le varie posizioni che il livello marino ha assunto negli ultimi 125 Ky (Siddal *et al.*, 2003; Waeldbroeck *et al.*, 2002) implicano (Sarti *et al.*, 2005b) forti problemi di interpretazione, fino ad ora ampiamente sottovalutati, sia dal punto di vista dell'evoluzione stratigrafico-deposizionale sia da quello dell'implicazioni neotettoniche.

- Sabbie rosso-arancio di Donoratico (Pleistocene superiore): depositi continentali fortemente pedogenizzati con caratteristiche in tutto simili sia litologicamente sia come ambiente deposizionale alle Sabbie Rosse di Val di Gori (Cerrina Feroni *et al.*, 2005b; Cerrina Feroni *et al.*, 2005c). Affiorano nelle aree di studio a sud dei Monti Livornesi; e costituiscono parte della pianura costiera recente. Sono correlabili alle Sabbie di Ardenza, che affiorano nell'area di Livorno (Mazzanti, 1983; Mazzanti & Sanesi, 1987; Lazzarotto *et al.*, 1990).

#### IPOTESI DI SUDDIVISIONE IN UNITÀ STRATIGRAFICHE A LIMITI INCONFORMI

È evidente, da quanto descritto, l'elevato grado di complessità che caratterizza i depositi quaternari dell'area di studio e le incertezze che ancora rimangono così com'è altrettanto evidente la necessità d'ulteriori approfondimenti. Tuttavia, ormai nella fase conclusiva del progetto, è possibile ipotizzare, seppure preliminarmente, un primo quadro stratigrafico di riferimento dove alcune *unconformities* possono essere ragionevolmente traccia-

te. È bene ribadire che la maggior parte delle *unconformities* sono evidenziabili solo a livello cartografico, e quindi più che identificabili direttamente in affioramento e visibili nella loro estensione laterale, sono tracciabili. Per questo riteniamo più opportuna in prima istanza l'applicazione delle UA invece delle UBSU. La possibile definizione di un quadro di evoluzione spaziotemporale coerente, e dunque la definizioni di sequenze deposizionali, necessitano invece di risorse al momento non disponibili. Ciò premesso e come proposta preliminare la successione sedimentaria studiata può essere suddivisa, come illustrato in Figura 2 ed elencato di seguito, lasciando al momento sospesi i problemi, descritti nella parte introduttiva, riguardanti la gerarchizzazione in funzione della loro durata temporale. A scopo di semplice stimolo alla discussione in Figura 2 è anche riportata, per confronto, la proposta di un'ipotetica suddivisione in UBSU, assumendo la possibilità che le *unconformity* tracciate fossero effettivamente visibili ed identificabili con continuità sul terreno.

Dal basso verso l'alto:

- *Unità Allostratigrafica 7*: costituita dalle «Sabbie ed argille ad *Arctica Islandica*» e dai «Conglomerati delle Ginepraie»;
- *Unità Allostratigrafica 6*: corrisponde alle «Arenarie di Montescudaio» ed ai «Conglomerati delle Lame»;
- *Unità Allostratigrafica 5*: costituita dalle «Sabbie delle Fabbriche», che se pur presenti in un'area molto ristretta, mostrano dei rapporti di discontinuità molto chiari sia con le unità soprastanti che con quelle sottostanti;
- *Unità Allostratigrafica 4*: «Calcareniti sabbiose, sabbie e conglomerati di Bibbona», estesa a comprendere la «Panchina di Grotti», e i «Conglomerati di San Marco». Attribuiamo a quest'UA, anche se in via del tutto preliminare, i «Conglomerati di Serra all'Olio».
- *Unità Allostratigrafica 3*: corrisponde ai «Conglomerati di Bolgheri», nell'accezione più ampia che include tutti i depositi grossolani che poggiano sui terrazzamenti marini del Pleistocene medio.
- *Unità Allostratigrafica 2*: «Sabbie rosse di Val di Gori» estese a comprendere le «Sabbie rosse (talora con ciottoli), calcareniti sabbiose di Villa Padula».
- *Unità Allostratigrafica 1*: corrisponde in questa proposta alle «Sabbie rosso-arancio di Donoratico», alle «Sabbie di Ardenza» e alla «Panchina». All'interno di quest'UA è possibile individuare altre 6 discontinuità d'ordine minore corrispondenti alle superfici di base e di tetto dei 3 livelli di panchina affioranti presso la falesia di Baia Baratti e della Buca dei Corvi di Castiglioncello.

In termini sequenziali e, dunque, anche di scansione temporale e al momento come semplice esercizio intellettuale, l'*Unità Allostratigrafica 7* potrebbe essere compresa all'interno di una sequenza deposizionale del 3° ordine mentre potrebbe appartenere ad una sequenza del 4° ordine l'*Unità Allostratigrafica 1* al cui interno potrebbero essere ulteriormente distinte sequenze del 5° ordine.

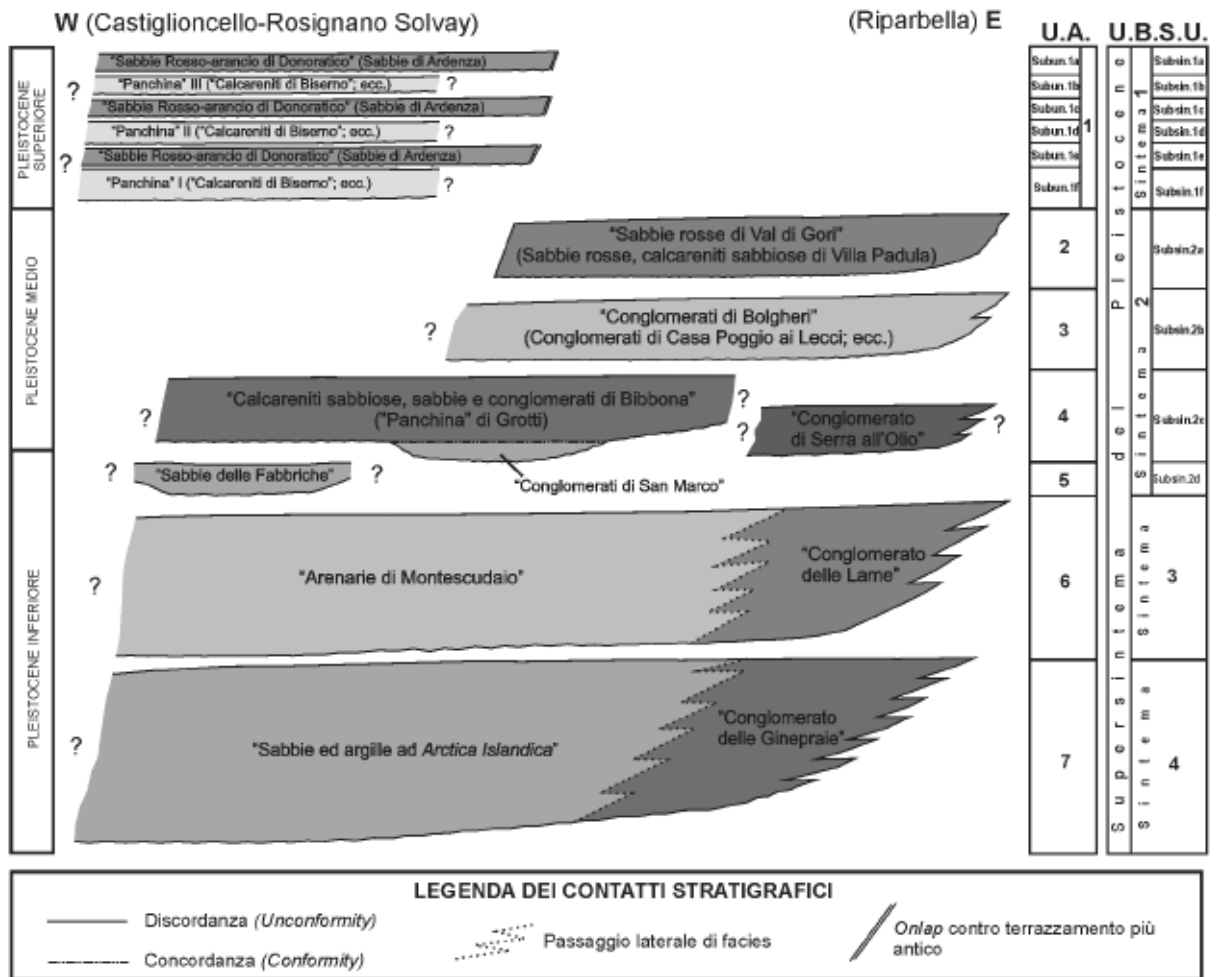


Fig. 2 - Schema della successione stratigrafica del Pleistocene riconosciuta nella fascia costiera compresa fra Piombino e Livorno e proposta di suddivisione in Unità Allostratigrafiche (UA). Viene inoltre riportata per confronto, a semplice scopo di discussione, una proposta di ipotetica suddivisione delle stesse unità in UBSU nel caso che le superficie di discontinuità fossero effettivamente visibili ed identificabili sul terreno. Nella gerarchizzazione e suddivisione delle varie UBSU si è cercato di tenere conto dei tre criteri fondamentali indicati nell'ISCC (Salvador, 1994) e cioè del grado di discordanza angolare, del tempo di durata dello iatus deposizionale e dell'espressione geografica, regionale o locale di tali discontinuità.

## CONCLUSIONI

L'utilizzo delle UBSU nella cartografia geologica, come raccomandato dalle linee guida al rilevamento geologico (APAT, 1992), genera una serie di problemi di non facile soluzione dipendenti sia dalla rigidità implicita nella loro definizione, che ne rende difficoltosa o impossibile l'applicabilità soprattutto in aree con poco affiorante, sia dal fatto che sono concettualmente limitate e superate dallo sviluppo dei concetti della stratigrafia sequenziale. Operativamente appaiono molto più efficaci le UA che potrebbero, in prima istanza, rappresentare un ragionevole compromesso tra la necessità di attribuire connotati genetici alle unità sedimentarie cartografate e le condizioni di affiora-

mento nelle quali ci si trova ad operare. In ogni caso la stesura di prodotti di qualità non può prescindere da un approccio multidisciplinare che richiede tempo, competenze e soprattutto risorse adeguate. Su questa base sarebbe auspicabile, che si optasse per l'adozione integrale dei criteri della stratigrafia sequenziale che costituisce al momento lo strumento di analisi dei depositi sedimentari più avanzato.

## RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Dr. Andrea Cerrina Feroni, coordinatore scientifico e responsabile del progetto, per le proficue discussioni sui temi trattati. Si ringrazia inoltre il Prof. Michele Marroni per la revisione del lavoro e per i suggerimenti dati.

## BIBLIOGRAFIA

- APAT, 1992. Carta geologica d'Italia 1:50.000 - Guida al rilevamento. *Quaderni, Serie III*, 1/1992.
- APAT, 2003: Guida italiana alla classificazione e alla terminologia stratigrafica. *Quaderni, Serie III*, 9/2003.
- Amorosi A., Farina M., Severi P., Preti D., Caporale L., Di Dio G., 1996. Genetically related alluvial deposits across active fault zones: an example of alluvial fan-terrace correlation from the upper Quaternary of the southern Po Basin, Italy. *Sedim. Geol.* 102: 275-295.
- Autin W.J., 1992. Use of alloformations for definition of Holocene meander belts in the middle Amite River, southeastern Louisiana. *Geol. Soc. Amer. Bull.* 104: 233-241.
- Bassetti M., Sarti G., 1997. Stratigraphy of terraced fluvial deposits of Conca River (northern Apennines, Italy). *Giornale di Geologia* 59: 81-90.
- Bartoletti E., Bossio A., Esteban M., Mazzanti R., Mazzei R., Salvatorini G., Sanesi G., Squarci P., 1986. Studio geologico del territorio comunale di Rosignano Marittimo in relazione alla carta geologica alla scala 1:25.000. *Suppl. Quad. Mus. Stor. Nat. di Livorno* 6: 33-127.
- Barsotti G., Federici P.R., Giannelli L., Mazzanti R., Salvatorini G., 1974. Studio del Quaternario livornese, con particolare riferimento alla stratigrafia ed alle faune delle formazioni del Bacino di Carenaggio della Torre del Fanale. *Mem. Soc. Geol. It.* 13: 425-495.
- Bini A., Bosi C., Carraro F., Orombelli G., 1989. Rapporto novembre 1989. Commissione Italiana di Stratigrafia, Gruppo di lavoro sul Quaternario.
- Bossio A., Costantini A., Lazzarotto A., Liotta D., Mazzanti R., Mazzei R., Salvatorini G., Sandrelli F., 1993. Rassegna delle conoscenze sulla stratigrafia del neoautoctono toscano. *Mem. Soc. Geol. It.* 49: 17-98.
- Censini G., Costantini A., Lazzarotto A., Maccantelli M., Mazzanti R., Sandrelli F., Tavarnelli E., 1991. Evoluzione geomorfologica della pianura di Piombino (Toscana Marittima). *Geogr. Fis. Dinam. Quat.* 14: 45-62.
- Cerrina Feroni A., Sarti G., Martinelli P., Guidi R., Catanzariti R., 2004a. Carta geologica Foglio 294 Cecina, sez. 294120 (Bibbona), scala: 1/10.000. Regione Toscana.
- Cerrina Feroni A., Sarti G., Guidi R., 2003b. Carta geologica Foglio 294 Cecina, sez. 294150 (Stazione di Bolgheri), scala: 1/10.000. Regione Toscana.
- Cerrina Feroni A., Sarti G., Guidi R., 2003c. Carta geologica Foglio 294 Cecina, sez. 294110 (Marina di Cecina), scala: 1/10.000. Regione Toscana.
- Cerrina Feroni A., Sarti G., Martinelli P., Guidi R., 2004d. Carta geologica Foglio 305 S. Vincenzo, sez. 305040 (Castagneto Carducci), scala: 1/10.000. Regione Toscana.
- Cerrina Feroni A., Ciampalini A., Consoloni I., Sarti G., Vaiani C.S., 2005a. Geological survey and facies analysis of the Pleistocene deposits outcropping between Riparbella and Casale Marittimo (lower Cecina river valley, Tuscany, Italy). Atti congresso FIST «GEOITALIA 2005», Spoleto 21-23 settembre 2005, 1: 72.
- Cerrina Feroni A., Sarti G., Martinelli P., Guidi R., Catanzariti R., 2005b. Carta geologica Foglio 305 S. Vincenzo, sez. 305150 (Lumiere), scala: 1/10.000. Regione Toscana.
- Cerrina Feroni A., Sarti G., Guidi R., 2005c. Carta geologica Foglio 305 S. Vincenzo, sez. 305030 (Donoratico), scala: 1/10.000. Regione Toscana.
- Chang K., Park S., 2003. Cretaceous stratigraphy of Korea and inter-regional correlations. *Memoir of the Fukui Prefectural Dinosaur Museum* 2: 103-112.
- Ciampalini A., 2004. Rilevamento geologico e analisi di facies dei depositi pleistocenici della zona compresa tra Riparbella (Toscana, Pisa) e il fiume Cecina. Tesi di laurea inedita, Università di Pisa.
- Consoloni I., 2004. Rilevamento geologico e analisi di facies dei depositi pleistocenici della zona compresa tra il fiume Cecina e Casale Marittimo (Toscana, Pisa). Tesi di laurea inedita, Università di Pisa.
- Cortemiglia G.C., Mazzanti R., Parea C., 1983. Geomorfologia della Baia Baratti (Livorno-Toscana) e della sua spiaggia. *Geogr. Fis. Din. Quat.* 6: 148-173.
- Costantini A., Lazzarotto A., Maccantelli A., Mazzanti R., Sandrelli F., Tavarnelli E., Elter F.M., 1993. Geologia della provincia di Livorno a Sud del Fiume Cecina. *Quad. Mus. Stor. Nat. di Livorno (Suppl. n. 2)* 13: 1-164.
- De Rita D., Fabbri M., Giordano G., Rodani S., Trigari A., 2000. L'utilizzo delle Unità stratigrafiche a Limiti Inconformi in ambiente vulcanico e vulcanoclastico: proposta di una metodologia di terreno e di organizzazione informatica dei dati. *Boll. Soc. Geol. It.* 119: 749-760.
- Hearty P.J., Dai Pra G., 1987. Ricostruzione paleogeografica degli ambienti litoranei Quaternari della Toscana e del Lazio Settentrionale con l'impiego dell'aminostratigrafia. *Boll. Serv. Geol. d'It.* 106: 189-224.
- Lazzarotto A., Mazzanti R., Nencini C., 1990. Geologia e morfologia dei Comuni di Livorno e Collesalveti. *Quad. Mus. Stor. Nat. di Livorno (Suppl. n. 2)* 11: 1-85.
- Mauz B., 1999. Late Pleistocene records of littoral processes at the Thyrenian Coast (Central Italy): depositional environments and luminescence chronology. *Quat. Sc. Rev.* 18: 1173-1184.
- Mazzanti R., 1983. Il punto sul Quaternario della fascia costiera e dell'Arcipelago di Toscana. *Boll. Soc. Geol. It.* 102: 419-556.
- Mazzanti R., Sanesi G., 1987. Geologia e morfologia della bassa Val di Cecina. *Quad. Mus. Storia Nat. Livorno (Suppl. n. 1)* 7: 1-27.
- Merola D., Ragaini L., Sarti G., Zanchetta G., 2001. New stratigraphical data and sedimentological observations on the Plio-Pleistocene deposits of the lower Valdarno (Tuscany, Italy), Geitalia, 3° Forum FIST, 2001, 1: 247 Roma.
- Mutti E., 1990. Relazione tra stratigrafia sequenziale e tettonica. *Mem. Soc. Geol. It.* 45: 627-655.
- Nappi G., Mattioli, M., 2003. Evolution of the Sabatinian Volcanic District (central Italy) as inferred by stratigraphic successions of its northern sector and geochronological data. *Periodico di Mineralogia* 72: 79-102.
- North American commission on stratigraphic nomenclature, 1983. North American stratigraphic code. *Am. Ass. Petr. Geol. Bull.* 67: 841-875.
- Posamentier H.W., Jervey M.T., Vail P.R., 1988. Eustatic control on clastic deposition I: Conceptual framework. *Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner.* 42: 109-124.
- Posamentier H.W., Vail P.R., 1988. Eustatic controls on clastic deposition II: sequence and system tract models. In: Wilgus C.K., Hastings B.S., St. C. Kendall C.G., Posamentier H.W., Ross C.A., Van Wagoner J.C. (eds.). Sea level Changes: an integrated approach. *Spec. Publ. Econ. Paleont. Miner.* 42: 125-154.
- Salvador, A., 1987. Unconformity-bounded stratigraphic units. *Geol. Soc. Am. Bull.* 98: 232-237.
- Salvador A., 1994: International Stratigraphic Guide. A Guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure. The International Union of Geological Sciences and the Geological Society of America (eds.), pp. 214.
- Sarti G., Cerrina Feroni A., Guidi R., 2005a. The Pleistocene sedimentary succession of the littoral belt between Livorno and Piombino, Tuscany: a review. Atti congresso FIST «GEOITALIA 2005», Spoleto 21-23 settembre 2005, 1: 73.
- Sarti G., Zanchetta G., Ciulli L., Colonese A., 2005b. Late Quaternary oligotypical non-marine mollusc faunas from southern Tuscany: climatic and stratigraphical implications. *GeoActa* 4: 159-167.
- Siddal M., Rohling E.J., Almogi-Labin A., Hemleben Ch., Meischner D., Schmelzer I., Smeed D., 2003. Sea level fluctuations during the last glacial cycle. *Nature* 423: 853-858.
- Vail P.R., 1987. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. Part 1: seismic stratigraphy interpretation procedure. In: Bally A.W. (ed.). Atlas of Seismic Stratigraphy, vol. 1.
- Vail P.R., Audemard F., Bowman S.A., Eisner P.N., Perez-Cruz G., 1991. The stratigraphic signature of tectonics eustasy and sedimentology: an overview. In: Einsele G., Ricken W., Seilacher A. (eds.). Cycles and event in stratigraphy, 6: 617-670. Springer Verlag, Berlin.
- Van Wagoner J.C., Mitchum R.M., Campion K.M., Rahmanian V.D., 1990. Siliciclastic Sequence Stratigraphy in Well Logs cores and Outcrops. *A.A.P.G. Methods in Exploration* 7, pp. 55.
- Waeldebroeck C., Labeyrie L., Michel E., Duplessy J.C., Lambeck K., McManus J.F., Balbon E., Labracherie M., 2002. Sea-level

- and deep water temperature changes derived from benthic foraminifera isotopic records. *Quat. Sci. Rev.* 21: 295-305.
- Wilgus C.K., Hastings B.S., Kendall C.G., St. C. Posamentier H.W., Ross C.A., Van Wagoner J.C., 1988. Sea-level changes: an integrated approach. Special publication, Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, 42, pp. 407, Tulsa.
- Zanchetta G., Bonadonna F.P., Esu D., Grassi R., Leone G., Mazza P., 1998. Stratigraphic and palaeontologic aspects of Middle Pleistocene continental deposits from Lower Valdarno (Tuscany). *Boll. Soc. Geol. It.* 117: 113-132.

(*ms. pres. il 28 settembre 2005; ult. bozze il 25 febbraio 2006*)