



D.G.P.T.A.
Servizio Geologico
Regionale



Fondazione per il Clima
e la Sostenibilità

ATLANTE dei DATI BIOSTRATIGRAFICI della TOSCANA



CNR
Istituto di Geoscienze
e Georisorse



Laboratorio
di Monitoraggio
e Modellistica ambientale

INDICE

Introduzione

Lo strumento biostratigrafico

1. QUATERNARIO

2. NEOGENE

3. DOMINIO LIGURE

4. DOMINIO SUBLIGURE

5. AVANFOSSA OLIGO-MIOCENICA

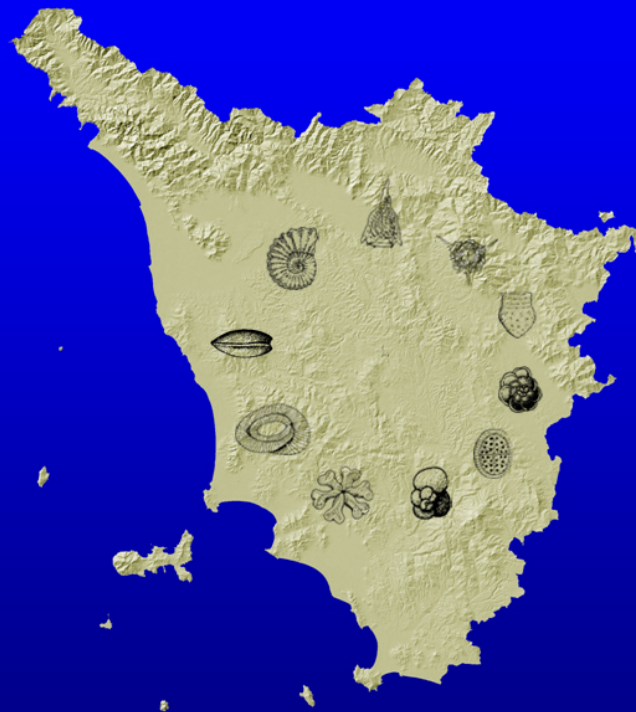
6. SUCCESSIONE TOSCANA PRE-AVANFOSSA

Conclusioni

Bibliografia

Elenco Tavole fuori testo

Autori



Università degli Studi di Firenze
Dipartimento di Scienze della Terra



Università di Pisa
Dipartimento di Scienze della Terra



Università di Siena
Dipartimento di Scienze della Terra

Indice

| | |
|--|----|
| Introduzione | 5 |
| Lo strumento biostratigrafico | 6 |
| 1. Il Quaternario | |
| 1.1. Caratteri generali | 10 |
| 1.2. Stratigrafia e Biostratigrafia | 12 |
| 1.2.1. <i>Dati analitici</i> | 19 |
| 1.3. Considerazioni conclusive | 22 |
| 2. Il Neogene | |
| 2.1. Caratteri generali | 23 |
| 2.2. Stratigrafia e Biostratigrafia | 25 |
| 2.2.1. <i>Dati analitici</i> | 26 |
| 2.3. Considerazioni conclusive | 32 |
| 3. Il Dominio Ligure | |
| 3.1. Caratteri generali | 33 |
| 3.2. Stratigrafia e Biostratigrafia | 35 |
| 3.2.1. <i>Dati analitici</i> | 36 |
| 3.3. Considerazioni conclusive | 41 |
| 4. Il Dominio Subligure | |
| 4.1. Caratteri generali | 43 |
| 4.2. Stratigrafia e Biostratigrafia | 44 |
| 4.2.1. <i>Dati analitici</i> | 44 |
| 4.3. Considerazioni conclusive | 46 |
| 5. L'Avanfossa oligo-miocenica | |
| 5.1. Caratteri generali | 47 |
| 5.2. Stratigrafia e Biostratigrafia | 50 |
| 5.2.1. <i>Dati analitici</i> | 50 |
| 5.3. Considerazioni conclusive | 56 |
| 6. La Successione toscana pre-avanfossa | |
| 6.1. Caratteri generali | 57 |
| 6.2. Stratigrafia e Biostratigrafia | 61 |
| 6.2.1. <i>Dati analitici</i> | 64 |
| 6.3. Considerazioni conclusive | 71 |
| Conclusioni | 72 |
| Bibliografia | 73 |
| Tavole fuori testo | 90 |
| Autori | 91 |

Introduzione

L'Atlante dei dati biostratigrafici della Toscana si propone di rappresentare e discutere criticamente, attraverso Tavole tematiche, l'insieme dei dati biostratigrafici disponibili in letteratura relativamente alle successioni sedimentarie delle diverse unità tettono-stratigrafiche affioranti nel territorio della Regione Toscana.

La scelta di riunire in un'unica opera, aggiornata, la notevole anche se disomogenea quantità di dati biostratigrafici raccolti dalla comunità scientifica in molti anni di studi analitici specialistici, è in particolare suggerita dalla opportunità di integrare, con questo tipo di informazioni, la Carta geologica in scala 1:10.000 della Regione Toscana, di recente realizzazione.

L'Atlante dei dati biostratigrafici deve quindi essere valutato e utilizzato in stretta connessione con la carta geologica regionale di cui, finché possibile, utilizza anche denominazioni formali e sigle adottate per l'identificazione delle unità litostratigrafiche cartografate. "A posteriori" l'Atlante ha quindi l'obiettivo di sopperire alla mancanza di Note illustrative della Carta geologica della Regione Toscana, assicurando contenuti decisamente più avanzati e organizzati dello spazio conoscitivo fin qui occupato dalle sole legende che accompagnano le singole sezioni geologiche in scala 1:10.000.

L'atlante è realizzato secondo l'impostazione delle tavole stratigrafiche che corredano la Carta geologico-strutturale dell'Appennino emiliano-romagnolo in scala 1: 250.000 (CERRINA FERONI *et al.*, 2002). Le tavole sono dedicate ai sei principali insiemi tettono-stratigrafici comunemente riconosciuti in questo settore dell'Appennino settentrionale (*Quaternario, Neogene, Dominio Ligure, Dominio Subligure, Avanfossa oligo-miocenica, Successione toscana pre-avanfossa*), trattati nell'Atlante secondo un ordine che riproduce quello di sovrapposizione geometrica, dall'alto verso il basso, nell'edificio strutturale polifasico regionale. In ciascuna tavola le unità litostratigrafiche sono espresse, nelle colonne stratigrafiche schematiche rappresentative dei diversi settori, non con i loro spessori fisici ma con la loro estensione bio e cronostratigrafica. Il "grado di affidabilità biostratigrafica" è espresso graficamente nelle tavole dallo spessore del tratto verticale affiancato, nelle colonne, alle unità litostratigrafiche rappresentate; è questa una informazione fondamentale per una valutazione obiettiva della qualità e della distribuzione, nello spazio, geografico e paleogeografico, e nel tempo, dei dati disponibili riguardo al quadro biostratigrafico regionale.

Per ciascuno degli insiemi tettono-stratigrafici, una presentazione di carattere generale, dedicata anche ai più significativi problemi geologici che dagli studi biostratigrafici possono ricevere input e accelerazioni, accompagna la rappresentazione dell'impianto biostratigrafico; sono inoltre sinteticamente descritti i principali caratteri litologici e sedimentologici delle unità litostratigrafiche riprodotte nelle colonne.

Questo Atlante non è evidentemente destinato agli specialisti della materia né intende presentarsi come un'opera avanzata in campo biostratigrafico e stratigrafico ma come un supporto ragionato, e ci auguriamo utile, per i molti fruitori della Carta geologica della Regione Toscana. Gli autori ne auspicano in questo senso un'ampia diffusione.

Lo strumento biostratigrafico

Stabilire l'età delle rocce e dei resti fossili in esse contenuti è da sempre uno dei principali obiettivi della geologia non soltanto per il naturale bisogno di conoscenza della storia del pianeta ma anche per scopi strettamente applicativi.

Determinare l'età delle rocce significa poterle correlare a livello globale, con ricadute nelle ricostruzioni paleogeografiche, paleoclimatiche, geodinamiche e, più in generale, in tutte le sintesi geologiche cronologicamente vincolate. L'inquadramento cronologico è comunque indispensabile anche alla scala degli studi di bacino, sia per la ricostruzione stratigrafica verticale, sia per inquadrare correttamente i rapporti laterali fra litofacies diverse.

Alcune rocce sono databili con metodi geochimici. Altre, molte di quelle sedimentarie, sono invece databili con il metodo paleontologico che si basa sulla teoria evuzionistica e si fonda sul principio di irripetibilità della specie nel tempo. La disciplina che si occupa di questo settore della ricerca è la **biostratigrafia** che mira a suddividere le successioni sedimentarie in pacchi di strati con contenuto paleontologico esclusivo. Per definizione, quindi, la biostratigrafia non fornisce uno strumento di suddivisione temporale diretto (di questo si occupa la **cronostratigrafia**), anche se consente di suddividere la storia geologica in intervalli distinti. Comunemente però, si tende ad utilizzare la biostratigrafia come uno strumento di suddivisione del tempo, anche se solo in pochi casi, sia a livello bacinale che globale, gli eventi paleontologici sono isocroni. Nell'ambiente continentale le diacronie sono molto marcate, ma sono evidenti anche nell'ambiente marino, soprattutto nel dominio bentonico. Il dominio pelagico, e quello planctonico in particolare, offrono invece numerosi esempi di eventi isocroni o caratterizzati da diacronia molto limitata. Per questo la biostratigrafia, a partire dalla seconda metà del secolo scorso e in concomitanza con lo sviluppo delle ricerche petrolifere, ha investito molto nello studio del plancton come strumento stratigrafico senza peraltro abbandonare gli altri gruppi fossili. Oggi, altre discipline come la magnetostratigrafia e la ciclostratigrafia/astrocronologia, affiancano la biostratigrafia e mirano alla quantificazione delle diacronie fra gli eventi, rendendoli sempre più affidabili.

Uno schema stratigrafico moderno deve quindi mettere in relazione fra loro la *Scala Cronostratigrafica*, la *Scala delle Inversioni del Campo Magnetico Terrestre* e la *Scala Biostratigrafica* basata su diversi gruppi di fossili, inquadrare nel contesto cronologico del tempo geologico assoluto espresso in milioni di anni. L'esigenza di disporre di una scala di riferimento valida a livello globale è molto sentita dalla comunità geologica, tanto che la sua stesura e il suo continuo aggiornamento sono curati da commissioni nazionali (Commissione Italiana di Stratigrafia) e internazionali (International Commission of Stratigraphy) che seguono regole precise e condivise a livello internazionale (SALVADOR, 1994). La versione più recente di questa scala - GRADSTEIN *et al.* (2004), leggermente modificata da OGG *et al.* (2008) - rappresenta lo standard di riferimento per tutti gli stratigrafi e in essa sono indicate le suddivisioni biostratigrafiche utilizzate nelle varie bioprovince, compresa quella della Tetide-Mediterraneo.

GRADSTEIN *et al.* (2004) costituisce il riferimento anche per questo lavoro, che nei paragrafi relativi ai diversi tematismi trattati offre una breve presentazione degli schemi biostratigrafici utilizzati per l'inquadramento delle successioni sedimentarie affioranti nel territorio della Regione Toscana.

La **Successione toscana pre-avanfossa** abbraccia un lungo intervallo di tempo (dal Trias sup. all'Oligocene inf., circa 200 Ma) ed è rappresentata da litofacies carbonatico-silicee e pelitiche indicative di ambienti di sedimentazione molto diversi.

I dati biostratigrafici, oltre che carenti e discontinui, non sono omogenei nei diversi intervalli di tempo, sia perché derivanti da studi effettuati in tempi diversi e con riferimenti biostratigrafici diversi, sia per la variabilità delle condizioni paleoambientali e paleoclimatiche, che hanno controllato, in questo lungo intervallo di tempo, lo sviluppo di differenti gruppi di organismi..

Per il *Trias sup.* il riferimento biostratigrafico è rappresentato dalla fauna a Foraminiferi, ben conosciuta in tutta l'area della Tetide a seguito dei lavori di ZANINETTI (1976), CIARAPICA & ZANINETTI (1984), CIARAPICA *et al.* (1987), MARTINI *et al.* (1989), BECCALETTO *et al.* (2005 *cum bibl.*).

Per il *Giurassico inf.* il riferimento biostratigrafico è rappresentato dalle zonazioni ad Ammoniti utilizzate nello schema biostratigrafico di OGG (2004).

Per il *Giurassico sup.* della successione toscana la biostratigrafia si basa sulle associazioni a Radiolari e ad Aptici, mentre solo nel Titonico terminale compaiono le prime associazioni a Calpionellidi con il genere *Crassicolaria*. Le prime scale biostratigrafiche con le zonazioni a Radiolari nell'intervallo Bathoniano-Hauteriviano attraverso l'utilizzo delle U.A. (*Unitary Associations* di GUEX, 1977), si devono, per l'area tetidica, a BAUMGARTNER (1984, 1987 *cum bibl.*). Per quanto riguarda la fauna ad Aptici si fa riferimento al lavoro di KALIN *et al.* (1979 *cum bibl.*).

Per il *Cretaceo inf.* della successione, il riferimento biostratigrafico è rappresentato dal gruppo dei Calpionellidi, sulla base dei quali sono state istituite cinque biozone (A – E), nell'intervallo Titonico sup. - Valanginiano inf. (REMANE, 1989 *cum bibl.*; OGG *et al.*, 2004).

Nel *Cretaceo sup.* i riferimenti crono e biostratigrafici utilizzati sono i Foraminiferi planctonici, molto ricchi di individui e forme e i nannofossili calcarei. Per la classificazione dei Foraminiferi e la determinazione del loro *range* di distribuzione, sono stati seguiti principalmente il lavoro di PREMOLI SILVA & SLITER (1995) ed i manuali di PREMOLI SILVA & SLITER (2002) e PREMOLI SILVA & VERGA (2004). Per quanto riguarda i nannofossili calcarei è stato fatto riferimento a PERCH-NIELSEN (1985a) e allo schema zonale di SISSINGH (1977).

Per il *Paleogene* è stato fatto riferimento ancora ai Foraminiferi e ai nannofossili calcarei. Per la classificazione dei primi e per la definizione del loro *range* di distribuzione, i testi di riferimento utilizzati, sono il manuale di POSTUMA (1971), l'Atlante delle biofacies mediterranee dell'AGIP (SARTORIO & VENTURINI, 1988), il manuale di PREMOLI SILVA *et al.* (2003), il volume "Plankton Stratigraphy", redatto da TOUMARKINE & LUTERBACHER (1989) ed il volume "A Geologic Time Scale", redatto da LUTERBACHER *et al.* (2004). Per l'inquadramento biocronostratigrafico dei nannofossili calcarei, sono stati invece utilizzati gli schemi zonali di MARTINI (1971), BUKRY (1973; 1975), OKADA & BUKRY (1980) e PERCH-NIELSEN (1985b).

Le formazioni riferibili all'**Avanfossa oligo-miocenica** (Macigno, Cervarola, Falterona, Marnoso-Arenacea) sono state datate con il nannoplancton calcareo, che si è rivelato uno strumento utilissimo per definire con una certa precisione le età di sedimenti altrimenti datati in modo generico ed incerto. Il successo dell'utilizzo dei nannofossili calcarei dipende non solo dalla loro presenza nelle successioni torbiditiche, notoriamente poco fossilifere, ma anche dalla messa a punto di schemi biostratigrafici regionali che, utilizzando specie

marker alternative, hanno ampliato la risoluzione, assai bassa nell'intervallo Oligocene sup. - Miocene inf., degli schemi standard di MARTINI (1971) e OKADA & BUKRY (1980), schemi peraltro difficilmente applicabili in quanto basati sulla correlazione di eventi definiti a scala mondiale, senza tener conto delle influenze delle diverse province paleogeografiche sulla distribuzione delle specie. Così per l'intervallo Eocene sup. - Oligocene inf. si è utilizzato lo schema biostratigrafico di CATANZARITI *et al.* (1997) elaborato su successioni appenniniche e per l'intervallo Oligocene sup. - Miocene sup. si è fatto riferimento agli schemi proposti da FORNACIARI & RIO (1996), FORNACIARI *et al.* (1996) e RAFFI *et al.* (2003), definiti su sezioni affioranti nell'area italiana e mediterranea.

Anche il **Dominio Subligure**, seppur poco caratterizzato biostratigraficamente a livello regionale, ha avuto una migliore definizione cronostratigrafica grazie all'utilizzo del nannoplancton calcareo. Gli schemi biostratigrafici di riferimento sono: MARTINI (1971) per l'Eocene medio; CATANZARITI *et al.* (1997) per l'Eocene sup. - Oligocene inf. e FORNACIARI & RIO (1996) per l'Oligocene sup. - Miocene inf.

Il **Dominio Ligure** copre un intervallo di tempo molto ampio, dal Giurassico medio all'Eocene medio, con successioni litologicamente eterogenee caratterizzate da gruppi fossili diversi: Radiolari, Calpionellidi, nannoplancton calcareo. Le biozone dello schema di BAUMGARTNER *et al.* (1995), utilizzato in questo lavoro, sono state in parte definite sulle associazioni a Radiolari presenti nei Diaspri del Dominio Ligure; i Calpionellidi riconosciuti nei Calcari a Calpionelle e nelle Argille a Palombini permettono di identificare le biozone dello schema di REMANE (1985). Tralasciando volutamente le datazioni generiche sostenute in passato sulla base dei Foraminiferi planctonici, il resto delle formazioni è stato datato essenzialmente attraverso i nannofossili calcarei utilizzando come schemi biostratigrafici: per il Giurassico BRALOWER *et al.* (1989) e BOWN *et al.* (1988), per il Cretaceo SISSINGH (1977) e per il Paleogene MARTINI (1971).

Per quanto riguarda il **Neogene**, lo schema zonale qui adottato deriva da un'integrazione di zonazioni diverse proposte da vari Autori per l'area mediterranea - si veda IACCARINO (1985 *cum bibl.*).

Infatti, in seguito alla progressiva chiusura, a partire dal Miocene inf., della connessione con l'oceano Indiano a est e con l'Atlantico a ovest, il Mediterraneo assume il carattere di bioprovincia e le zonazioni "standard" risultano applicabili solo parzialmente a causa dell'assenza o della scarsità di alcune specie marker e per la diacronia nei bioeventi.

Per il Foraminiferi planctonici sono stati così utilizzati gli schemi di: IACCARINO & SALVATORINI (1982), FORESI *et al.* (1998; 2002), IACCARINO *et al.* (2007) e DI STEFANO *et al.* (2008).

Per il nannoplancton calcareo, pur tenendo conto delle zonazioni "standard" (MARTINI, 1971; PERCH-NIELSEN, 1985b *cum bibl.*), lo schema zonale utilizzato e gli eventi a nannofossili indicati provengono da numerosi studi biostratigrafici per l'area mediterranea. In particolare, per il Miocene si è fatto riferimento a FORNACIARI & RIO (1996), FORNACIARI *et al.* (1996), RAFFI *et al.* (2003) e DI STEFANO *et al.* (2008); per l'intervallo Plio-Pleistocene a RAFFI & RIO (1979) e RIO *et al.* (1990).

Lo schema zonale integrato a plancton calcareo qui utilizzato, quindi, è ricavato dai lavori sopracitati; l'inquadramento biocronologico e le età dei limiti cronostratigrafici si basano, in gran parte, sui dati della ATNTS2004 (Astronomical Tuned Neogene Time Scale di LOURENS *et al.*, 2004).

Per quanto riguarda le successioni cronologiche e biostratigrafiche delle Serie e Piani marini del **Quaternario** è stato utilizzato lo schema proposto da CATANZARITI *et al.* (2002), modificato sulla base delle nuove direttive fornite dalla IUGS. Questo schema è stato prodotto dagli Autori integrando diverse scale, quali:

- la *Scala delle Inversioni del Campo Magnetico Terrestre* (GPTS), che offre la possibilità di valutare l'età cronometrica dei diversi orizzonti crono-biostratigrafici e di utilizzare le varie Biozone come unità tempo (Cronozone);
- la *Scala Cronostratigrafica Globale* (SCG);
- la *Scala Cronometrica*, in milioni di anni (Ma);
- scale biostratigrafiche basate principalmente sui Foraminiferi planctonici (COLALONGO & SARTONI, 1979; CITA, 1975 emendato) e sui nannofossili calcarei (RIO *et al.*, 1990).

Per le successioni quaternarie continentali viene fatto riferimento al lavoro di GLIOZZI *et al.* (1997) che offre la correlazione per il Pliocene-Pleistocene tra le curve OIS (SHACKLETON, 1995), le *Età Assolute*, la *Magnetostratigrafia*, la *Geocronologia*, l'*Età delle Mammalofaune* e le *Unità Faunistiche* (F.U.). Nello stesso lavoro sono fornite le tavole di distribuzione cronologica delle faune a Mammiferi e di quelle a Molluschi e ad Ostracodi di acqua dolce e salmastra rinvenute nei principali siti del Plio-Pleistocene.

1. Il Quaternario

1.1. Caratteri generali

Gli studi sistematici sui sedimenti quaternari della Toscana sono iniziati nei primi decenni del secolo scorso (GIANNINI, 1948, 1955; MALATESTA, 1943, 1951; STRUFFI & SOMMI, 1960; TAVANI, 1954) e sono stati sviluppati soprattutto in occasione dei rilevamenti effettuati per la realizzazione delle ultime due edizioni della Carta Geologica d'Italia.

Tali studi hanno evidenziato che, nel corso del Quaternario, le principali fasi della sedimentazione sono state governate principalmente dalla subsidenza tettonica, come testimoniano i notevoli spessori dei sedimenti coinvolti, e subordinatamente da fenomeni eustatici limitati nel tempo (BOSSIO *et al.*, 1993a).

Nel corso dell'intervallo di tempo compreso fra il Gelasiano ed il Calabrian inf. si assiste ad una emersione generalizzata della Toscana determinata da un generale sollevamento; a tutt'oggi non sono infatti conosciuti depositi marini riferibili alla Zona a *G. inflata*, (BOSSIO *et al.*, 1993a; BOSCHIAN *et al.*, 2006). In questo stesso intervallo temporale nei bacini più orientali della Toscana (Firenze, Mugello, Casentino, Val di Chiana, e Valdarno Superiore) si sviluppa una sedimentazione continentale di tipo fluvio-lacustre.

In corrispondenza delle aree costiere le formazioni marino-salmastre riferibili al Pleistocene inf. si depositano secondo una geometria cuneiforme ed affiorano nel Valdarno Inferiore e nella fascia compresa tra Castiglioncello e S. Vincenzo, in provincia di Livorno. Secondo lo schema proposto da BOSCHIAN *et al.* (2006) seguendo l'ordine di sovrapposizione stratigrafica dal basso si distinguono le seguenti unità (non tutte adottate nella stesura della carta geologica in scala 1:10.000 della Regione Toscana):

Conglomerati di Villa Magrini

Sabbie e argille ad Arctica islandica ("Formazione di Morrona" secondo BOSCHIAN *et al.*, 2006)

Argille e limi di Vignanova di Peccioli

Sabbie di Nugola Vecchia

Calcarei di Montescudaio

Conglomerati di Riparbella

Sabbie delle Fabbriche

Formazione di S.Marco

Formazione di Bibbona

Formazione di Casa Saracino

Lungo la *fascia costiera* i depositi marini riferibili al Pleistocene medio e superiore hanno sempre esigui spessori e questo ha portato alcuni ricercatori ad ipotizzare il controllo dell'eustatismo sulla sedimentazione (BOSSIO *et al.*, 1993a); sono ancora in atto tuttavia ricerche mirate a valutare il reale contributo della tettonica e del glacio-eustatismo sugli eventi deposizionali del Quaternario (BOSCHIAN *et al.*, 2006).

I sedimenti marini riferibili al Pleistocene medio hanno diffusione ampia e frammentaria lungo tutta la fascia costiera. Questi depositi sono i meno studiati dal punto di vista micropaleontologico e quindi risultano poveri di dati bio e cronostratigrafici diretti (BOSCHIAN *et al.*, 2006); ancora oggi non esistono, in Toscana, segnalazioni di sedimenti marini di questo intervallo stratigrafico (RIO *et al.*, 1990) basate su analisi micropaleontologiche (BOSCHIAN *et al.*, 2006). Lungo la fascia costiera l'insieme dei depositi del Pleistocene

medio costituisce un'unità morfologica definita *Terrazzo I*, mentre i sedimenti del Pleistocene sup., disposti base contro base rispetto ai precedenti, costituiscono l'unità morfologica denominata *Terrazzo II* (BOSCHIAN *et al.*, 2006). Questi due terrazzi glacialeustatici, ben distinti dal punto di vista morfologico, sono considerati policiclici ed hanno fornito importanti indicazioni di carattere cronologico per lo studio del Quaternario (FEDERICI & MAZZANTI, 1995).

Per quanto riguarda i *bacini interni*, o *bacini intramontani*, dominati da una sedimentazione di tipo "continentale", la ricerca stratigrafica e paleontologica ha spesso evidenziato un'evoluzione polifasica del processo sedimentario.

Nel *Bacino di Aulla*, nella Toscana nord-occidentale, sono state riconosciute tre fasi deposizionali (FEDERICI *et al.*, 1982). Dal basso verso l'alto:

- una prima fase di ambiente lacustre rappresentata da limi e argille cineree riferite al Rusciniano (BERTOLDI, 1988);
- una seconda fase fluvio-lacustre costituita da alternanza di argille sabbiose e ciottoli, che per l'assenza di fossili non è stata inquadrata dal punto di vista cronologico;
- una terza fase composta da sabbie argilloso-siltose e dai *Conglomerati di Olivola*. Nella parte alta di quest'ultima formazione è stata rinvenuta, in corrispondenza di un livello argilloso, la nota fauna a Vertebrati di Olivola. Questo giacimento fossilifero riveste una grande importanza dal punto di vista biostratigrafico perché è stato scelto *a tipo* per l'Unità Faunistica Olivola (AZZAROLI, 1977), che indica la prima Zona del Villafranchiano sup. (BOSCHIAN *et al.*, 2006).

Nel Villafranchiano, come testimoniato dalle *Argille di Fornaci di Barga*, i bacini di Barga e di Castelnuovo Garfagnana (alta Val di Serchio) ospitavano due grandi laghi, probabilmente separati dall'alto strutturale di Monte Perpoli (PUCCINELLI, 1988). Al di sopra delle Argille di Fornaci di Barga, ricche di fossili, giacciono i *Conglomerati di Barga*, di ambiente fluvio-lacustre, costituiti principalmente di elementi di rocce mesozoiche, con livelli sabbioso-argillosi intercalati; quest'ultima unità è stata attribuita, su basi biostratigrafiche, al Villafranchiano sup. (LANDI *et al.*, 2002-2003). I depositi del Pleistocene medio-sup. e parte di quelli olocenici sono organizzati in 5 ordini di terrazzi alluvionali posti a quote differenti (COLTORTI *et al.*, 2008).

Nel bacino delle Cerbaie, ad est dei M.ti Pisani, gli studi paleontologici hanno permesso di riferire l'inizio della sedimentazione lacustre ad un periodo antecedente il Rusciniano sup.; questa è continuata fino al Villafranchiano sup, come testimoniano i Molluschi ed i Pollini rinvenuti nella parte alta della successione sedimentaria (TREVISAN *et al.*, 1971; DALLAN, 1989).

1.2. Stratigrafia e biostratigrafia

Per l'inquadramento biostratigrafico delle formazioni quaternarie vengono utilizzati vari gruppi di organismi prevalentemente planctonici come *Nannoplancton calcareo* e *Foraminiferi*. Lo schema biostratigrafico utilizzato per il nannoplancton calcareo è quello adottato da CATANZARITI *et al.* (2002) mentre per i foraminiferi planctonici si fa riferimento a quello proposto da IACCARINO *et al.* (2007). Vengono inoltre utilizzati organismi bentonici come *Ostracodi* e *Molluschi*, anche come *markers* in ambiente continentale.

Una sintesi importante sulla distribuzione neogenico-quaternaria per l'area mediterranea delle principali specie marine di Ostracodi è stata prodotta da FARANDA & GLIOZZI (2008) in occasione dello studio della successione di Monte Mario (Roma) e da GUERNET (2005). E' importante sottolineare che gli Ostracodi sono organismi di facies e che di conseguenza il loro utilizzo in biostratigrafia deve essere comunque preceduto dal riferimento degli eventi a schemi biostratigrafici fondati sugli organismi planctonici.

Per quanto riguarda gli Ostracodi di ambiente continentale (acque dolci e salmastre) un primo quadro delle distribuzioni Plio-Pleistoceniche delle specie più comuni rinvenute su territorio italiano è quello proposto da GLIOZZI *et al.* (1997) e riportato nelle tavole stratigrafiche. Gli Autori, sottolineando le problematiche connesse all'utilizzo in biostratigrafia di questo gruppo di organismi, individuano eventi ad Ostracodi, riferiti ad *Età a Mammiferi* e ove possibile a *Unità Faunistiche*, che sono risultati utili nell'attribuzione cronostratigrafica di unità toscane come, ad esempio, i *Conglomerati di Barga*.

Secondo lo schema adottato (IACCARINO *et al.*, 2007) per quanto riguarda i Foraminiferi planctonici è possibile riconoscere per il Quaternario quattro biozone:

- MPI 5** Zona d'Intervallo *Globigerinoides elongatus* (Piacenziano sup. - Gelasiano inf.); intervallo definito dalla LO (*Last Occurrence*) di *Sphaeroidinellopsis* s.l. e la FO (*First Occurrence*) di *Globorotalia inflata*.
- MPI 6** Zona d'Intervallo *Globorotalia inflata* (Gelasiano) definita come l'intervallo compreso fra la FO di *Globorotalia inflata* e la FCO (*First Common Occurrence*) di *Neogloboquadrina pachyderma* ad avvolgimento sinistro.
- MPIe 1** Zona d'Intervallo *Globigerina cariacensis* (Calabriano); intervallo definito dalla FCO di *Neogloboquadrina pachyderma* ad avvolgimento sinistro e la FCO di *Globorotalia truncatulinoides excelsa*
- MPIe 2** Zona d'Intervallo *Globorotalia truncatulinoides excelsa* (Ioniano - recente) intervallo definito dalla FCO di *Globorotalia truncatulinoides excelsa* e l'attuale.

Indicazioni stratigrafiche derivano anche dai reperti archeologici rinvenuti in diverse unità; in particolare, la tipologia di lavorazione dei manufatti (utensili in pietra semplice scheggiata, bifacciali, coltelli, raschiatoi, uncini ecc.) permette una suddivisione schematica temporale che copre gli ultimi 0,75 Ma (*Acheuleana*).

Sulla base delle nuove direttive della *Subcommission on Quaternary Stratigraphy* (SQS), che rappresenta un organo della *International Commission on Stratigraphy* (ICS), il Quaternario (Sistema/Periodo), il Pleistocene (Serie/Epoca) e il Gelasiano (Piano/Età) hanno lo stesso GSSP (*Global Boundary Stratotype Sections and Points*), posto alla base del Gelasiano, datato a 2,58 Ma e fissato nella sezione siciliana di Monte S. Nicola (GIBBARD *et al.*, 2009). L'Olocene rimane una Serie/Epoca distinta dal Pleistocene (GIBBARD *et al.*, 2009) ed il relativo GSSP, formalizzato e datato per la base dell'Olocene a 11700 anni b.p., è fissato nel "NGRIP Greenland ice core" (WALKER *et al.*, 2009). Di conseguenza il GSSP fissato nella sezione calabrese della Vrica rimane definito per la base del Calabriano (CITA *et al.*, 2008).

In base alle direttive SQS il Gelasiano viene quindi inserito nel Quaternario (Pleistocene inf.) e conseguentemente non è più parte del Neogene e del Pliocene. Questo implica una approfondita rilettura della letteratura.

Sebbene queste siano le indicazioni ufficiali emanate dalla *International Commission on Stratigraphy (ICS)*, nella realizzazione dell'Atlante, per evitare contraddizioni con l'impostazione della Carta Geologica regionale, che evidentemente non tiene conto della nuova scala cronostratigrafica, è stata adottata la vecchia suddivisione del Quaternario (CLAGUE, 2005). E' d'altra parte da tener presente che durante il recente workshop nazionale "La nuova scala del Quaternario: implicazioni e sviluppi futuri" (Roma, giugno 2010) gran parte degli stratigrafi italiani si è dimostrata contraria a queste nuove direttive.

Per quanto concerne le successioni cronologiche e biostratigrafiche delle Serie e Piani marini del Quaternario, è stato quindi utilizzato lo schema proposto da CATANZARITI *et al.* (2002), aggiornato per quanto riguarda gli eventi a Foraminiferi planctonici, basato sulle seguenti scale:

- Scala delle Inversioni del Campo Magnetico Terrestre (GPTS);
- Scala Cronostratigrafica Globale (SCG);
- Scala geocronologica in milioni di anni (Ma);
- Scale biostratigrafiche basate principalmente sui Foraminiferi planctonici e sui Nannofossili calcarei.

Per quanto riguarda le successioni quaternarie continentali il riferimento è rappresentato dal lavoro di GLIOZZI *et al.* (1997) che, per il Plio-Pleistocene, offre la correlazione tra le curve OIS (SHACKLETON, 1995), le età assolute, la magnetostratigrafia, la geocronologia, le età delle Mammalofaune e le unità faunistiche (F.U.). Nello stesso lavoro sono fornite le tavole di distribuzione cronologica delle faune a Mammiferi, di quelle a Molluschi e ad Ostracodi di acqua dolce e salmastra rinvenute nei principali siti del Plio-Pleistocene.

E' importante sottolineare che, secondo la "International Stratigraphic Scale", il Villafranchiano inf. copre l'intervallo da ~ 3,8 a ~ 2,6 Ma, mentre il Villafranchiano medio è compreso tra ~ 2,6 e ~ 2,0 Ma ed il Villafranchiano sup. si estende sino a ~ 1,0 Ma. (ROOK & MARTÍNEZ-NAVARRO, 2010).

1.2.1. Dati analitici

AFB Argille, sabbie e conglomerati di Fornaci di Barga

Argille e argille sabbiose di colore grigio, con intercalazioni di conglomerati medio- grossolani a matrice sabbiosa e sabbie a matrice argilloso-sabbiosa; le argille contengono frequenti resti vegetali e livelli centimetrici di lignite.

Paleoambiente: continentale (palustre-lacustre)

Spessore: 120 m

Cronostratigrafia: ? Rusciniano sup. - Villafranchiano inf.

Biostratigrafia: Unità di Triversa

Provenienza dati biostratigrafici: COLTORTI *et al.*, 2008, LANDI *et al.*, 2002-2003, PERILLI *et al.*, 2004a, 2004b; PUCCINELLI *et al.*, in stampa.

AGM *Argille e Sabbie di Marginone-Mastromarco*
(Formazione di Mastromarco)

Argille di colore grigio-azzurro con frammenti di lignite e resti di Vertebrati e Gasteropodi; nella parte alta le argille assumono una colorazione dal bianco al rosso ocre. Sono riconoscibili livelli di sabbia fine e di ghiaia in matrice sabbiosa e argillosa.

Paleoambiente: continentale (fluvio-lacustre)
Spessore: 100 m (circa)
Cronostratigrafia: Villafranchiano
Biostratigrafia: U. F. St. Vallier – U. F. Tasso-Farneta
Provenienza dati biostratigrafici: ZANCHETTA, 1995.

ART *Sabbie e argille ad Arctica islandica*

Argilla sabbiosa con intercalazioni di strati arenaceo-calcarei nei livelli più recenti. Conglomerato ad elementi minuti nella parte basale della formazione. Nella zona di Riparbella la formazione passa lateralmente al Conglomerato delle Ginepraie.

Paleoambiente: marino, dal limite piattaforma interna - esterna fino a batimetrie inferiori
Spessore: 50-300 m
Cronostratigrafia: Santerniano (Pleistocene inf.)
Biostratigrafia: Foraminiferi planctonici: Zona a *Globigerina cariacensis* (parte inferiore)
Nannoplancton : Zona MNN 19 b,c,d

Provenienza dati biostratigrafici: BOSSIO *et al.*, 1981d.

ARTa *Conglomerato delle Ginepraie*
(equivalente pp. al «Conglomerato di Riparbella», *sensu* Mazzanti & Sanesi, 1987)

Conglomerato matrice-sostenuto a ciottoli di gabbro, basalto e ultramafiti a matrice sabbiosa. Tra i macrofossili sono comuni Pectinidi, Ostreidi e la *Chladochora coespitosa*. Si segnala la presenza di associazioni ricche e diversificate ad ospiti nordici.

Paleoambiente: marino costiero, in prossimità di una foce fluviale.
Spessore: 20 m
Cronostratigrafia: Santerniano (Pleistocene inf.)

ASM *Argille della Colombaia*

Argille limose massive di colore marrone chiaro, con concrezioni carbonatiche.

Paleoambiente: ? continentale
Spessore: non definito
Cronostratigrafia: ? Pleistocene medio-sup.

AUL *Argille, sabbie e conglomerati di Aulla*

Argille grigie sabbiose e sabbioso-limose con sporadici livelli di sabbie e ghiaie in matrice argilloso-sabbiosa; frequenti ed estese intercalazioni di corpi conglomeratici in matrice sabbioso-limosa. Frequenti resti vegetali nelle argille.

Paleoambiente: continentale
Spessore: 50 m

Cronostratigrafia: Rusciniense sup. – Villafranchiano inf.

Biostratigrafia: associazioni polliniche

Provenienza dati biostratigrafici: BERTOLDI *et al.*, 1994.

BED Sabbie e conglomerati di Podere Belvedere

Sabbie argillose con ciottoli di Macigno e di calcari “palombini” di dimensioni variabili da 2 a 20 cm.

Paleoambiente: continentale (conoide alluvionale)

Spessore: 15 m

Cronostratigrafia: ? Pleistocene

bn Depositi alluvionali terrazzati - Val di Magra -

Ghiaie, sabbie e limi di composizione poligenica; ghiaie monogeniche a ciottoli di Macigno in matrice sabbiosa, localmente prevalente, di colore rosso ocra. Organizzati in più ordini di terrazzi.

Paleoambiente: continentale

Cronostratigrafia: Pleistocene medio

Biostratigrafia: *Dicerorhinus hemitoechus falconeri*

Provenienza dati biostratigrafici: AZZAROLI, 1962

CGM Conglomerati di Montecarlo

Conglomerati eterometrici e eterogenei, poco cementati, ad elementi di Macigno, Liguridi e metamorfici (M.ti Pisani). Ai conglomerati si intercalano sabbie rosse fini, argille e argille sabbiose azzurre.

Paleoambiente: continentale (fluviale)

Cronostratigrafia: Pleistocene inf.-medio

CHD Formazione di Chiusdino

(cfr. VILc “Formazione di Podere Renieri p.p.”)

Argille sabbiose avana con intercalazioni di sabbie gialle e grigie con lenti conglomeratiche. All'interno della formazione si distinguono conglomerati poligenici ed eterometrici di colore marrone, con abbondante matrice arenacea-microconglomeratica e ciottoli decimetrici principalmente calcarei (**CHD1** “Conglomerati di Monte Capino”) (cfr. VILa “Conglomerati di Case Stieri”, “F.ne di Podere Renieri p.p.”).

Paleoambiente: continentale (foce fluviale)

Spessore: 400 m (in sondaggio)

Cronostratigrafia: Villafranchiano inf.

Biostratigrafia: *Cyprideis gr torosa*, *Ilyocypris gibba*, *Loxoconcha elliptica*

Provenienza dati biostratigrafici: BOSSIO *et al.*, 1992; LAZZAROTTO *et al.*, 2002.

CSO Conglomerato di Serra all'Olio

(equivalente pp. al «Conglomerato di Riparbella», *sensu* Mazzanti & Sanesi, 1987)

Conglomerato da clasto-sostenuto a matrice-sostenuto. Matrice composta da sabbia medio-grossolana. Clasti principalmente calcarei, arenacei e di norma ben arrotondati. Il contatto con le formazioni sottostanti è sempre erosivo. Giace in discordanza angolare sia sulle “Sabbie ed argille ad *Arctica islandica*” sia sulle “Arenarie di Montescudaio” (CIAMPALINI, 2004; CONSOLONI, 2004; CERRINA FERONI *et al.*, 2005) ed è sormontata in discordanza dai “Conglomerati di Bolgheri” (SARTI & GUIDI, 2005).

Paleoambiente: ambiente fluviale
Spessore: 5-20 m
Cronostratigrafia: Pleistocene inf.-medio

CTB *Conglomerato delle Cerbaie*

Conglomerati eterometrici e poligenici con matrice sabbiosa di colore rosso arancione ed intercalazioni sabbiose fini, sabbioso-siltose e siltoso-argillose di colore variabile dal grigio al giallo. Gli elementi del conglomerato derivano dalle Unità metamorfiche dei M. Pisani, dalla Falda Toscana, e dalle Unità Liguri.

Paleoambiente: continentale
Spessore: non definito
Cronostratigrafia: Pleistocene medio

DOT *Sabbie di Donoratico*

Sabbie massive, cementate, di colore rosso-arancio.

Paleoambiente: continentale
Spessore: 15 m
Cronostratigrafia: Pleistocene medio-sup.
Archeostratigrafia: industrie del Paleolitico medio

FPE *Sabbie calcaree e travertini del F. Pecora*

Sabbie e sabbie argillose gialle con accumuli di vegetali incrostati da travertino.

Paleoambiente: continentale (da fluviale a lacustre)
Spessore: da 10 a 40 m
Cronostratigrafia: Pleistocene medio-sup.

GHI *Argille di Casa Ghiaccino*

Argille e argille sabbiose gialle con rari clasti di liguridi e gesso. Nelle argille sono talora presenti lenti di bioareniti calcaree e travertini (**GHI**).

Paleoambiente: continentale (palustre-lacustre).
Spessore: 25 m
Cronostratigrafia: Pliocene - Pleistocene

GRL *Sabbie argillose e ciottolami di Ghirlanda*

Sabbie argillose di colore rosso-arancio, contenenti clasti centimetrici, spigolosi, di varia natura (prevalentemente calcari "palombini").

Paleoambiente: continentale (lacustre)
Spessore: 15 m
Cronostratigrafia: ? Pleistocene inf.-medio

NUG Sabbie di Nugola Vecchia

Sabbie fini color oca organizzate in banchi di 5-10 m di spessore, cui si associano strati arenacei e calcarenitici con saltuarie lenti conglomeratiche. Rapporti eteropici con i Calcari di Montescudaio.

Paleoambiente: marino (infralitorale-circalitorale)

Spessore: 100 m

Cronostratigrafia: ? Emiliano - Siciliano

Biostratigrafia: *Helicosphaera sellii*, *Naticarius trigrinus*

Provenienza dati biostratigrafici: BOSSIO *et al.*, 1993a.

OLP Conglomerati di Olivola

Ghiaie poligeniche in matrice sabbiosa, eterometriche, localmente cementate, con livelli di sabbie e limi.

Paleoambiente: continentale

Spessore: 150 m

Cronostratigrafia: Villafranchiano sup.

Biostratigrafia: Unità Faunistica Olivola

Provenienza dati biostratigrafici: RAGGI, 1985

PBL Argille sabbiose del podere Bellavista

Argille sabbiose e sabbie argillose di colore giallo-rosso cui si associano livelli di conglomerato cementato con elementi a dimensioni variabili da 2 a 15 cm.

Paleoambiente: continentale (lacustre)

Spessore: 25 m

Cronostratigrafia: Pleistocene inf.

Biostratigrafia: Ostracodi: *Candona neglecta*, *Ilyocypris gibba*

Provenienza dati biostratigrafici: COSTANTINI *et al.*, 2002

PLB Conglomerati di Barga

La formazione è costituita da conglomerati eterometrici cementati e conglomerati sabbiosi, costituiti principalmente di elementi di rocce mesozoiche, con livelli sabbioso-argillosi intercalati.

Paleoambiente: continentale (fluvio-lacustre)

Spessore: 170 m

Cronostratigrafia: Villafranchiano sup.

Biostratigrafia: Ostracodi: *Cyprideis torosa*

Provenienza dati biostratigrafici: LANDI *et al.*, 2002-2003.

PSL Conglomerati di Podere S. Luigi

Conglomerati clasto-sostenuti con scarsa matrice sabbiosa. All'interno è distinguibile una litofacies carbonatica a struttura lenticolare (**PSL_f**).

Paleoambiente: continentale (fluviale)

Spessore: 10 m

Cronostratigrafia: Pleistocene medio

PVN *Conglomerato di Poggio al Vento*

Conglomerato clasto-sostenuto, di colore grigio tendente al verde, poligenico, con scarsa matrice sabbiosa. I ciottoli derivano dalle Liguridi; talvolta sono presenti livelli sabbioso-argillosi.

Paleoambiente: ? continentale (fluviale)

Spessore: 100 m

Cronostratigrafia: Pleistocene inf.

QBG *Conglomerati di Bolgheri*

Conglomerato eterometrico ad elementi di Liguridi in matrice sabbiosa ed argillosa; localmente sono presenti elementi di calcedonio. Talora si osservano lenti, di spessore metrico, costituite da argille siltose di colore grigio.

Paleoambiente: da continentale (delta fluviale) a marino litorale

Spessore: 20 m

Cronostratigrafia: Pleistocene medio

QCC *Conglomerati della Chioma*

(cfr. Conglomerato di S. Stefano ai Lupi)

Conglomerati clasto-sostenuti a matrice sabbiosa medio-grossolana; i ciottoli, prevalentemente calcarei, hanno dimensione centimetrica e forma arrotondata; talvolta sono presenti fori di litofagi. Il contenuto fossilifero, abbondante, è rappresentato da Lamellibranchi e Gasteropodi marini.

Paleoambiente: marino

Spessore: metrico

Cronostratigrafia: Tirreniano (Pleistocene sup.)

QCM *Calcari di Montescudaio*

Calcari detritici, talora con frazione sabbiosa. Nella parte bassa sono presenti marne siltose biancastre con intercalazioni di sabbie grossolane.

Paleoambiente: marino di acque poco profonde

Spessore: 100 m

Cronostratigrafia: Emiliano (Pleistocene inf.)

Biostratigrafia: Ostracodi: *Aurila bullapunctata quadrata*, *A. favorita*, *A. punticruciat*

Nannoplancton: *Gephyrocapsa* spp., *H. sellii*

Provenienza dati biostratigrafici: DALL'ANTONIA et al., 2005.

QCM1 *Conglomerato delle Lame*

(equivalente pp. al «Conglomerato di Riparbella», sensu Mazzanti & Sanesi, 1987)

Conglomerato cementato, clasto-sostenuto, a clasti centimetrici calcarei e ofiolitici. Intercalazioni lenticolari di sabbie a stratificazione incrociata. Questa formazione giace in discordanza angolare sulla formazione delle Sabbie e argille ad *Arctica islandica*.

Paleoambiente: ambiente deltizio

Spessore: 45 m

Cronostratigrafia: Pleistocene inf.

QCP Calcareniti di Castiglioncello ("Panchina" Auctt.)

(cfr. QMCb "Panchina"; Qp "Panchina marina e sabbie eoliche cementate"; QPN "Panchina", QPNa "litofacies sabbiosa", QPNb "litofacies conglomeratica")

Calcareniti ben cementate, a granulometria medio-grossolana, organizzate in banchi che si alternano a sabbie medio-fini di colore variabile dal marrone scuro al rosso al giallastro. Nel tempo questa unità litostratigrafica ha assunto anche le denominazioni: Calcareniti sabbiose, Calcareniti sabbiose di Biserno, "Panchina" di Castiglioncello, Calcareniti sabbiose di Castiglioncello.

Paleoambiente: da marino litorale a continentale eolico (SARTI *et al.*, 2005; CERRINA FERONI *et al.*, 2005).

Spessore:

Cronostratigrafia: Pleistocene sup. (? Tirreniano)

Provenienza dati cronostratigrafici: MAUZ, 1999, HEARTY & DAI PRA, 1987.

QFB Arenarie e conglomerati di Bibbona

(cfr. "Formazione di Bibbona")

Calcareniti, sabbie e conglomerati poligenici con clasti centimetrici, generalmente appiattiti.

Paleoambiente: marino di acque basse e spiaggia

Spessore: 30 m

Cronostratigrafia: Emiliano - Siciliano (Pleistocene inf.)

Biostratigrafia: Ostracodi : *Aurila bullapunctata quadrata*, *A. favorita*, *A. punticrucata*, ecc.

Archeostratigrafia : complesso litico della "Pebble culture"

Provenienza dati biostratigrafici: DALL'ANTONIA *et al.*, 2005; GALIBERTI, 1974.

QPL Formazione di Casa Poggio ai Lecci

(cfr. "Conglomerati, sabbie e limi di Casa Poggio ai Lecci")

Conglomerati poligenici a matrice sabbiosa con clasti centimetrici ad elementi di quarziti, anageniti, filladi e calcari saccaroidi derivanti dalle unità toscane metamorfiche. La datazione radiometrica di una tufite intercalata ha fornito un'età di 590 ± 7 ma

Paleoambiente: continentale (eolico)

Spessore: 10 m

Cronostratigrafia: Pleistocene medio

Archeostratigrafia: bifacciali di tecnica acheuleana evoluta

Provenienza dati cronostratigrafici: ARIAS *et al.*, 1980.

QRM Conglomerati di Rio Maggiore

Conglomerato a ciottoli centimetrici, arrotondati, costituiti da Liguridi. Talvolta intercalazioni sabbiose.

Paleoambiente: prevalentemente fluviale (delta fluviale - cono di deiezione)

Spessore: 2 m

Cronostratigrafia: Pleistocene sup.

Biostratigrafia: MIS 5d

Provenienza dati biostratigrafici: BOSSIO *et al.*, 2009.

QUA Ghiaie e sabbie di Quadrelle

Corpi appiattiti di cono alluvionali anastomizzati e composti da ghiaie e sabbie. Questa unità è considerata coeva delle Sabbie di Donoratico.

Paleoambiente: continentale (conoide alluvionale)
Spessore: 10 m
Cronostratigrafia: Pleistocene sup.

QVM *Conglomerati di Villa Magrini*

Conglomerati eterogenei ed eterometrici, ad elementi di Liguridi, con matrice sabbiosa e sabbioso-marnosa.

Paleoambiente: marino in prossimità di una falesia, raggiunto da torbide fluviali
Spessore: 5 m
Cronostratigrafia: Calabriano (Pleistocene inf.)

QVR *Conglomerati di Villa Corridi*

(Cfr. "Conglomerati di Villa Umberto I", GIANNELLI et al., 1982; "Conglomerati di Villa Battaglia", BOSCHIAN et al., 2006).

Conglomerati eterometrici a clasti derivanti dalle Liguridi e dalle Arenarie di Calafuria.

Paleoambiente: da marino a fluviale (delta)
Spessore: metrico
Cronostratigrafia: Pleistocene medio

SLV *Sabbie e limi di Vicarello*

Sabbie medio-fini e limi di colore giallo arancione con ciottoli sparsi. Talvolta sono presenti concrezioni carbonatiche.

Paleoambiente: continentale (da eolico a palustre)
Spessore: 30-40 m
Cronostratigrafia: Pleistocene sup.
Archeostratigrafia: frequente presenza di industrie del Paleolitico medio (? musteriano)

VDG *Sabbie rosse di Val di Gori*

Sabbie argillose di colore rosso; talvolta si associano livelli di conglomerato o breccia ad elementi minuti.

Paleoambiente: continentale (eolico)
Spessore: da pochi metri fino a 20 m
Cronostratigrafia: Pleistocene medio
Archeostratigrafia: elementi di industria clactoniana e acheuleana

VILe *Sabbie e ciottolame di Monticiano* (cfr. Formazione di Roccastrada p.p)

Sabbie di colore giallo chiaro con intercalazioni di calcari fossiliferi e calcari travertinosi con intercalazioni di argille (membro inferiore); argille grigie con letti di ciottoli, cristalli di gesso e torbe che nella parte alta passano a conglomerati cementati ad elementi di calcari "palombini" (membro superiore).

Paleoambiente: continentale di acqua dolce
Cronostratigrafia: Rusciniiano - Villafranchiano

VIP *Argille e limi di Vignanova di Peccioli*

Argille, limi e sabbie fini organizzati in livelli millimetrici con addensamenti torbosi talora dello spessore di 2-3 m. In rapporti eteropici con le Sabbie e argille ad *Arctica islandica*.

Paleoambiente: transizionale (foce fluviale)

Spessore: 50 m

Cronostratigrafia: Villafranchiano sup.

Biostratigrafia:

Provenienza dati biostratigrafici: BOSCHIAN *et al.*, 2006.

VNC *Conglomerati di Vinci*

Conglomerati ad elementi di Macigno eterometrici cui si intercalano livelli di sabbia a granulometria variabile dal fine al grossolano. Nella parte alta i conglomerati sono organizzati in potenti lenti.

Paleoambiente: continentale

Cronostratigrafia: Villafranchiano medio

Biostratigrafia: Unità Faunistiche St. Vallier - Costa S. Giacomo

Provenienza dati biostratigrafici: ZANCHETTA *et al.*, 1995; MARCOLINI, 2005.

1.3. Considerazioni conclusive

Lo studio del Quaternario costituisce da sempre un capitolo autonomo della ricerca geologica che richiede approcci metodologici interdisciplinari più articolati e complessi di quelli in uso per le altre epoche geologiche.

La ridottissima estensione cronologica del Sistema Quaternario (2,58 Ma includendo il Gelasiano secondo le raccomandazioni della *International Commission on Stratigraphy*) impone datazioni molto precise per assicurare margini di errore, in termini percentuali, omogenei con quelli ammessi con le datazioni radiometriche nelle altre ere geologiche. Questo ha condotto alla messa a punto di metodologie strumentali (datazioni radiometriche) che consentono una scansione temporale molto dettagliata degli eventi.

Di fatto, i sedimenti quaternari sono espressione di eventi e processi geologici ancora in atto che si collocano in una unità cronologica limitata soltanto in basso (limite Pliocene-Pleistocene) e che sono di conseguenza esposti all'osservazione diretta e al monitoraggio da parte dell'uomo che, dell'Era quaternaria, rappresenta a livello biologico il principale protagonista.

Le interazioni con le attività umane rappresentano in effetti la caratteristica dominante del Quaternario, non soltanto per il carattere di attualità dei processi geologici, ma anche per le relazioni fisiche che legano l'uomo, con i suoi insediamenti e le sue attività, a sistemi morfologici e/o deposizionali del Quaternario. Questa considerazione è particolarmente vera in un paese come il nostro che essendo complessivamente povero di risorse minerarie "profonde" (ad esempio idrocarburi) ma, purtroppo, ricco di rischi e fragilità territoriali connessi a processi geologici in atto (terremoti, dissesti idrogeologici, attività vulcanica, ecc.), è obbligato, di fatto, a interagire maggiormente con i diversi elementi geologici dell'Era Quaternaria. Ancora con riferimento alla distribuzione delle risorse nel sottosuolo è sufficiente pensare allo sfruttamento delle risorse idriche stoccate nei depositi alluvionali delle pianure quaternarie (gli acquiferi in mezzi porosi) per rendersi conto dell'importanza che, anche a livello socio-economico, rivestono lo studio e la conoscenza dei processi e dei sistemi geologici quaternari.

Per queste valutazioni si è ritenuto opportuno e stimolante dedicare al Quaternario una sezione specifica di questo Atlante, con l'obiettivo di richiamare l'attenzione, attraverso la raccolta critica e organizzata dei dati biostratigrafici disponibili in letteratura, sui problemi relativi alle ricostruzioni stratigrafiche del Quaternario in Toscana e sulla importanza di saldare nella ricerca gli obiettivi "scientifici" alle finalità tecnico-applicative di rilevante interesse socio-economico.

Da questa trattazione sono rimaste escluse quelle aree in cui, per scelta degli Autori della Carta Geologica in scala 1:10.000 della Regione Toscana, il Quaternario è stato risolto in sintemi. Sarebbe troppo lungo, e anche improprio, aprire in questa sede una discussione sull'argomento e quindi ci limitiamo a motivare la scelta operata con la considerazione che l'operazione di "decodificazione" dei sintemi, dove questi sono stati adottati in sostituzione della stratigrafia classica, avrebbe richiesto un impegno che andava oltre le nostre possibilità. Riteniamo tuttavia che nella redazione di questa sezione riferita al Quaternario la scelta adottata non abbia comportato l'omissione di dati biostratigrafici significativi, la cui rassegna critica rappresenta, come detto più volte, l'obiettivo generale dell'opera.

2. Il Neogene

2.1. Caratteri generali

Gli affioramenti delle formazioni neoautoctone sono particolarmente sviluppati nella Toscana meridionale. Tali sedimenti sono stati studiati, già nei primi anni del '900, da Autori come Lotti, Merla e Trevisan. Negli anni '60 e '70, poi, le ricerche e i rilevamenti di campagna hanno visto un forte incremento e, dagli anni '80 ad oggi, sono stati condotti anche molti studi micropaleontologici e biostratigrafici.

I lavori sul Neogene della Toscana, presenti in bibliografia, sono risultati, quindi, numerosissimi e altrettanti sono gli Autori che si sono occupati dell'argomento nel corso degli anni, anche con lavori di sintesi, spesso fornendo interpretazioni molto diverse o addirittura contrastanti, soprattutto per quel che riguarda l'assetto tettonico (BERNINI *et al.*, 1990 *cum bibl.*; MARTINI & SAGRI, 1993, 1994; BOSSIO *et al.*, 1991b; BOSSIO *et al.*, 1993 *cum bibl.*; BOCCALETTI *et al.*, 1991, 1994, 1995 a,b; BOSSIO *et al.*, 1994c, f; BONINI & MORATTI, 1995; BOSSIO *et al.*, 1996b, 1997a, 1998; BOCCALETTI & SANI, 1998; DECANDIA *et al.*, 1998; MORATTI & BONINI, 1998; SANI *et al.*, 1998 a,b; CIPOLLARI *et al.*, 1999; BOSSIO *et al.*, 2000b; BENVENUTI & DEGLI INNOCENTI, 2001; BONINI *et al.*, 2001; FINETTI *et al.*, 2001; PASCUCCI *et al.*, 1999, 2001; BONINI & SANI, 2002; ALDINUCCI *et al.*, 2007; BROGI, 2004, 2008; BROGI & LIOTTA, 2008; RIFORGIATO *et al.*, 2005; SANI *et al.*, 2009). Inoltre, nell'ambito del Progetto per la realizzazione della Carta Geologica Regionale a scala 1:10.000, è stato effettuato anche il recupero dei dati del Progetto CARG, per la redazione dei Fogli 306-Massa Marittima, 285-Volterra, 295-Pomarance e 296-Siena a scala 1:50.000 e delle relative Note Illustrative, a cui si rimanda per una consultazione ancora più ampia della bibliografia di riferimento (COSTANTINI *et al.*, 2002 a,b; LAZZAROTTO *et al.*, 2002; COSTANTINI *et al.*, 2009).

Una pietra miliare nella letteratura sul Neogene è il lavoro di TREVISAN (1952) che per primo utilizzò il termine Neoautoctono per indicare il complesso sedimentario depositatosi *in loco* dopo la messa in posto delle unità alloctone: Liguridi e Falda Toscana. Impilati fra Liguridi e Neoautoctono, si ritrovano unità ancora non chiaramente inquadrare nel contesto geodinamico, riunite sotto il termine di epiligure. Queste unità furono interpretate da BALDACCINI *et al.* (1967) come semialloctone e attualmente considerate autoctone da alcuni Autori (CARMIGNANI *et al.*, 1994, 1995; ELTER & SANDRELLI, 1995). Si tratta di depositi miocenici, rappresentati da pochi affioramenti di estensione ridotta che comprendono: la Formazione di Marina del Marchese dell'Isola di Pianosa di età Burdigaliano sup., l'Arenaria di Manciano di età Burdigaliano - Serravalliano inferiore e l'Arenaria di Ponsano riferita al Serravalliano sup. - Tortonianiano inf.

L'evoluzione sedimentaria dei bacini neoautoctoni è il risultato di un complesso alternarsi di trasgressioni e regressioni innescate sia dalla dinamica tettonica regionale che da variazioni eustatiche connesse a mutamenti climatici globali. La sedimentazione neoautoctona toscana (Neoautoctono s.s. nel concetto storico di TREVISAN, 1952) ha inizio nel Tortonianiano sup. (Turoliano) con depositi di tipo continentale. Durante il Miocene sup. la deposizione è stata fortemente condizionata da un importante alto morfologico rappresentato dalla Dorsale Medio-Toscana, una struttura ancora oggi esistente e che ha costituito un elemento di separazione fra due aree, una a occidente e una ad oriente, soggette ad una diversa evoluzione. Per questo motivo si è scelto di rappresentare i bacini neoautoctoni a partire da Ovest verso Est e le tavole sono organizzate indicando i due settori, occidentale ed orientale.

Nel settore occidentale si riconoscono quattro episodi sedimentari miocenici, che, in breve, possono essere descritti come segue:

- il primo è rappresentato da depositi fluvio-lacustri e lacustri della cosiddetta “Serie lignitifera”;
- il secondo, determinato da una prima trasgressione marina messiniana, è rappresentato da carbonati di scogliera sul margine tirrenico e da depositi di ambiente lagunare salmastro nell'interno, come testimoniato dal cambiamento nelle associazioni faunistiche e, in particolare, dalla comparsa dei primi foraminiferi bentonici;
- il terzo episodio riguarda una nuova trasgressione, ben più estesa della prima e caratterizzata da deposizione marina in tutto il settore a W della Dorsale Medio-Toscana. Una fase deposizionale che si conclude con la precipitazione di evaporiti, in sintonia con la “crisi di salinità” messiniana nell'intero Bacino Mediterraneo;
- il quarto episodio di sedimentazione risulta caratterizzato dal ritorno a facies di bassa salinità fino all'acqua dolce, fase ben nota in letteratura con il termine “lago-mare” e caratterizzata dall'ampia diffusione delle faune paratetidee.

Se nel settore a ovest della Dorsale Medio-Toscana l'evoluzione miocenica è stata piuttosto articolata, in quello orientale essa appare molto più semplice essendo interamente rappresentata da depositi continentali.

Naturalmente si tratta di una sintesi, la storia deposizionale del Miocene sup. è stata piuttosto complessa e spesso differente da un bacino all'altro, tutti gli episodi sono più articolati, fra fasi di sprofondamento e sollevamento, e non mancano eccezioni nel quadro paleogeografico generale. Inoltre alcuni aspetti della tettonica durante il Messiniano devono essere ancora chiariti.

Il Pliocene, come in gran parte delle aree circummediterranee è stato, invece, caratterizzato dalla trasgressione marina post crisi di salinità, contraddistinta da un rapido innalzamento del livello marino con relativa sommersione di ampie aree, sia ad ovest che ad est della Dorsale, che pur mantenendosi una struttura elevata, perde il carattere di elemento di separazione fra le due aree.

La trasgressione pliocenica è avvenuta in entrambi i settori con modalità “acqua su acqua”, per cui i sedimenti pliocenici basali giacciono in continuità e concordanza su quelli messiniani, quindi si è sviluppata con andamento diacrono, espandendosi progressivamente, come dimostrato dalle analisi biostratigrafiche. Inoltre, aspetto ancora più importante ed evidenziato dalla rappresentazione in tav. 2a, in alcuni bacini (Fino-Tora, Volterra, Siena) la sedimentazione è continuata ininterrottamente fino al Pliocene medio costituendo un unico ciclo, mentre in altri bacini (Sassa, Pomarance, Radicondoli, Chiusdino) i cicli sono stati due: uno del Pliocene inf. e uno del Pliocene medio. Da ricordare che nell'area toscana mancano quasi per intero sedimenti marini del Pliocene sup.; altro aspetto da segnalare, e che risulta sempre dall'osservazione della tav. 2a, è che la formazione dei bacini o la migrazione dei depocentri deposizionali si è sviluppata progressivamente da OSO verso ENE. Ad esempio, nel Bacino di Cinigiano-Baccinello (Valle del Medio Ombrone) i depositi del Pliocene sono esigui e più sottili di quelli del Miocene, mentre nell'area esterna (Bacino di Siena) il rapporto si inverte ed il Pliocene raggiunge il massimo spessore. Stesse considerazioni possono essere fatte per il Bacino dell'Albegna, per quello di Radicondoli, ecc.

2.2. Stratigrafia e biostratigrafia

Ai fini della realizzazione della tav. 2a è stata esaminata, innanzitutto, la ricca rassegna bibliografica dedicata ai bacini neoautoctoni, con particolare attenzione verso alcune sezioni particolarmente significative. A questo ha fatto seguito un esame critico dei dati biostratigrafici già esistenti, adeguandoli ai moderni criteri di biozonazione basati sugli eventi a Foraminiferi planctonici e a nannoplancton calcareo e tenendo conto anche dei nuovi riferimenti cronologici sia dei bioeventi che dei limiti cronostratigrafici (LOURENS *et al.*, 2004). I dati sono stati quindi rappresentati mediante colonne schematiche che tenessero conto delle caratteristiche paleoambientali, ma che soprattutto fossero vincolate ad un quadro bio-cronostratigrafico di riferimento.

Lo schema illustrato in tav. 2a restituisce in forma grafica l'estensione cronostratigrafica e cronologica delle unità del Neoautoctono s.s. (Tortoniano sup. - Gelasiano) e delle formazioni epiliguri (Burdigaliano sup. - Tortoniano inf.).

L'elaborazione di una Scala Cronostratigrafica Globale Standard ha subito nel tempo vari aggiustamenti ed è tuttora in continua evoluzione. E' per questo motivo che si è presentata la necessità di una revisione dei dati presenti in letteratura dal punto di vista cronostratigrafico. Esemplificativo è il caso del Pliocene per il quale negli anni sono state proposte varie suddivisioni. Ad es., considerando solo quelle più recenti, fino agli anni '80 veniva ampiamente utilizzata dagli Autori italiani una tripartizione informale, fatta esclusivamente su base biostratigrafica (RUGGIERI & SELLI, 1950) che si "sovrapponeva" ad una bipartizione formale in Zancleano (Pliocene inf.) e Piacenziano (Pliocene sup.) Con l'introduzione di un nuovo piano, il Gelasiano, e la definizione formale della sua base (RIO *et al.*, 1994; RIO *et al.*, 1998) il Pliocene è stato, poi, suddiviso in Zancleano (Pliocene inf.), Piacenziano (Pliocene medio) e Gelasiano (Pliocene sup.) (CASTRADORI *et al.*, 1998; VAN COUVERING *et al.*, 2000; LOURENS *et al.*, 2004).

Da alcuni anni, inoltre, è in corso un acceso dibattito (LOURENS, 2008; MCGOWRAN *et al.*, 2009; GIBBARD *et al.*, 2009 *cum bibl.*) finalizzato ad una ridefinizione del Quaternario. Ciò ha portato a dei profondi cambiamenti nella scala cronostratigrafica con l'estensione del Pleistocene inf. e la riduzione del Pliocene (GIBBARD *et al.*, 2009).

In questo lavoro ci siamo attenuti, comunque, alla tripartizione del Pliocene.

Negli anni più recenti, studi quantitativi sul plancton calcareo hanno migliorato la risoluzione delle zonazioni standard precedenti. La biozonazione a Foraminiferi planctonici e a nannoplancton calcareo seguita in questo lavoro discende, quindi, da un'integrazione di diversi schemi zonali proposti da vari Autori per l'area mediterranea e le biozone a cui si fa riferimento tengono in considerazione i dati più recenti.

In questo lavoro è stato fortemente considerato anche il riferimento all'ambiente deposizionale perchè alcune transizioni ambientali sono risultate isocrone a scala regionale o dell'intero Bacino mediterraneo e quindi possono essere utilizzate per incrementare la risoluzione temporale, oltre che per definire unità deposizionali a livello regionale (BOSSIO *et al.*, 1998; 2000a, b; 2003-2004). Attraverso la ricostruzione per ogni bacino delle successioni litostratigrafiche e del loro significato paleoambientale, è stata sintetizzata l'evoluzione sedimentaria nel corso del Neogene in alcune aree della Toscana. In questo modo, oltre che fornire in modo schematico un insieme di dati bio-cronostratigrafici e di informazioni paleoambientali, si è inteso anche riassumere lo stato attuale delle conoscenze sui depositi neogenici.

2.2.1. Dati analitici

In Toscana le formazioni neogeniche sono numerose e largamente rappresentate, alcune analoghe con denominazioni diverse e spesso con rapporti latero-verticali particolarmente complessi. Per questo motivo si è ritenuto di descrivere l'evoluzione sedimentaria dei bacini in base ad unità deposizionali aventi in comune caratteristiche ambientali e di età. Per delineare i limiti fra le varie unità sono state considerate superfici di discordanza regionale, superfici di discordanza locali, superfici concordanti riconoscibili comunque da bruschi cambiamenti nella sedimentazione.

I depositi neogenici sono stati, quindi, suddivisi secondo lo schema seguente a partire da quelli più antichi.

Depositi marini del Burdigaliano-Tortoniano

E - Successione epiligure

Il primo intervallo sedimentario corrisponde alla deposizione delle formazioni epiliguri. Tali unità sono rappresentate da limitati affioramenti. Le formazioni poggiano sul substrato preneogenico rappresentato dalle Unità Liguri e sottostanno ai sedimenti della successione lignitifera.

Ambiente marino di acque poco profonde.

MAR *Formazione di Marina del Marchese*

Si trova nell'Isola di Pianosa ed è costituita, in prevalenza, da marne argillose e calcareniti.

Spessore: circa 150 m.

Cronostratigrafia: Burdigaliano superiore.

Biostratigrafia: Zona MMi2b per i Foraminiferi planctonici e Zona MNN3 per i nannofossili calcarei.

Provenienza dati biostratigrafici: COLANTONI & BORSETTI, 1973; BOSSIO *et al.*, 2000 a; FORESI *et al.*, 2000.

APN *Arenaria di Ponsano*

(cfr. *Formazione delle Arenarie di Manciano*)

Si tratta di arenarie medio-fini bioturbate a cui si intercalano livelli di marne siltose.

Spessore: l'Arenaria di Manciano presenta affioramenti molto limitati sia come estensione che come spessore, poche decine di metri al massimo. L' Arenaria di Ponsano, invece, mostra affioramenti più estesi e raggiunge spessori di alcune centinaia di metri, fino a 500 m.

Cronostratigrafia: Arenaria di Ponsano: Serravalliano sup. – Tortoniano inf.

Arenaria di Manciano: Burdigaliano – Serravalliano inf..

Biostratigrafia: intervallo MMi8-MMi11 per i Foraminiferi planctonici e MNN7-MNN10 per i nannofossili calcarei (Arenaria di Ponsano).

Provenienza dati biostratigrafici: DESSAU *et al.*, 1950; PELLEGRINI, 1967; GIANNINI & TONGIORGI, 1959; PASINI & SANDRELLI, 1977; LAZZAROTTO & SANDRELLI, 1979; MAZZEI *et al.*, 1980; MAZZANTI *et al.*, 1981; MARTINI *et al.*, 1995; BOSSIO *et al.*, 1996a; FORESI *et al.*, 1997a,b; BOSSIO *et al.*, 2000-2002; FORESI *et al.*, 2002-2003; BARBIERI *et al.*, 2003.

Depositi lacustri del Turoliano (Tortoniano sup. - Messiniano inf.)

T - Unità Lignitifera

Questa unità è ampiamente diffusa nella Toscana Meridionale. Giace sia sul substrato preneogenico che sulle formazioni epiliguri ed è costituita da vari litotipi perlopiù terrigeni, argille, conglomerati e arenarie, ma anche da depositi carbonatici, torbe e ligniti.

L'ambiente deposizionale di questa unità è lacustre o fluvio-lacustre per tutto il suo sviluppo ad eccezione di alcune aree nelle quali è lagunare salmastro nella porzione sommitale.

SLE, SLEc, SLEr *Formazione del T. Sellate; Conglomerati di Collacchia; Conglomerati di Castello di Luppiano; Conglomerati rossi Auctt.; Sabbie di Casa Diaccialone.*

Conglomerati e paraconglomerati eterometrici moderatamente elaborati con ciottoli e matrice arrossati (SLEc), sabbie e arenarie (SLEr).

Spessore: molto variabili, da 50 m a 600 m.

Cronostratigrafia: Turoliano (Tortoniano superiore per la stratigrafia marina). L'età è stata stimata sia in base alla posizione stratigrafica, sia in base ad una tufite presente all'interno. L'età del tetto coincide con quello della base dell'Unità M1.

Biostratigrafia: Zona MMi12 per i Foraminiferi planctonici e Zona MNN11 per i nannofossili calcarei.

Provenienza dati biostratigrafici: LAZZAROTTO & SANDRELLI, 1979; BOSSIO *et al.*, 1994 a, d, e; CERRI & SANDRELLI, 1994; BOSSIO *et al.*, 1996 a, 1997b *cum bibl.*; BOSSIO *et al.*, 1999 *cum bibl.*; BOSSIO *et al.*, 2000-2002.

FOS Argille del T. Fosci

Argille talvolta marnose, generalmente massicce, contenenti lenti e livelli di lignite e con intercalazioni di arenarie e conglomerati.

Spessore: molto variabile, da 90 m fino a 300 m.

Cronostratigrafia: Turoliano (Tortoniano sup. - Messiniano inf.)

Biostratigrafia: Intervallo MMi12-MMi13 per i Foraminiferi planctonici e Zona MNN11 per il nannoplancton calcareo.

Provenienza dati biostratigrafici: BOSSIO *et al.*, 1994 a; CERRI & SANDRELLI, 1994; BOSSIO *et al.*, 1996 a BOSSIO *et al.*, 2000-2002; BOSSIO *et al.*, 2003-2004 *cum bibl.*

Depositi marini pre-evaporitici messiniani

M1 – Unità Acquabona-Spicchiaiola

L'unità è presente in diversi bacini della Toscana Meridionale a ovest della Dorsale Medio-Toscana. Nella parte tirrenica di quest'area (Bacino del F. Fine) è composta da calcari di scogliera. Nella parte orientale (ad es. nel Bacino di Volterra, nell'area della Spicchiaiola) è caratterizzata principalmente da argille, argille con sabbie intercalate, gesso e rari conglomerati depositatisi in ambiente lagunare con acque salmastre, di modesta profondità, ed è in continuità sugli strati dell'Unità Lignitifera. L'età della base dell'Unità è stata stabilita nel Bacino del F. Fine, dove è rappresentata da depositi marini. Nei Bacini più interni la base dell'Unità M1 è data dalla transizione lacustre/salmastro considerata connessa alla trasgressione del Bacino del F. Fine. Gli affioramenti dell' Unità hanno spessori variabili da alcune decine di metri ad oltre 200 m.

Messiniano basale

M2 – Unità di Castelnuovo

Questa unità è presente solo a ovest della Dorsale Medio-Toscana; gli affioramenti si ritrovano in particolare nel Bacino di Volterra, nei Monti Livornesi, nel Bacino Tora-Fine, nella Val di Cornia e nel Grossetano.

E' costituita principalmente da argille e calcari di scogliera depositi in un ambiente marino con profondità massime attribuibili alla zona circalitorale, spesso caratterizzato da acqua con scarsa ossigenazione del fondo (nel caso della deposizione argillosa) e da scogliere isolate (nel caso della deposizione carbonatica).

Questa unità è sempre marina nei bacini dove affiora ed è stata datata alla Zona MMi13c per i Foraminiferi planctonici (MNN11c per i nannofossili calcarei); studi più dettagliati sono disponibili solo per una sezione ubicata a W di Volterra nella quale, su base astrocronologica è stata datata la transizione salmastro/marino a 6,255 Ma.

Spessori variabili da pochi metri fino a 30 m.

Messiniano inf.

ROS Calcare di Rosignano

(cfr. Calcari di Castelnuovo, Calcari dell'Acquabona, Conglomerati di Villa Mirabella, Sabbie di Fonte Intanata)

Sono rappresentati principalmente da calcari biohermatici o detritico-organogeni molto fossiliferi e calciruditi, sabbie argillose e argille sabbiose con fossili, conglomerati con elementi prevalentemente carbonatici immersi in una matrice sabbioso-argillosa. Ambiente marino di scogliera.

Spessore: l'altezza delle colonie è, generalmente, di circa 2 m; alcuni affioramenti, però, raggiungono anche i 45 m.

Cronostratigrafia: Messiniano basale.

Biostratigrafia: Zona MMi13 per i Foraminiferi planctonici e Zona MNN11 per nannofossili calcarei.

Provenienza dati biostratigrafici: BOSSIO *et al.*, 1978; BOSSIO *et al.*, 1981 a; GIANNELLI *et al.*, 1981b; BARTOLETTI *et al.*, 1986; BOSSIO *et al.*, 1986; LAZZAROTTO *et al.*, 1990; BOSSIO *et al.*, 1994 a,b; SARTI, 1995; SARTI *et al.*, 1995; BOSSIO *et al.*, 1996 a, c; BOSSIO *et al.*, 1997 a,b *cum bibl.*; BOSSIO *et al.*, 1999 *cum bibl.*; RIFORGIATO *et al.*, 2008.

RAQ Formazione del T. Raquese

(cfr. Argille a Pycnodonta; Argille della Marsiliana p.p.; Arenarie della Spicchiaiola; Argille di Fosso Vallone)

Argille e argille sabbiose grigie, talvolta sono presenti lenti di gesso. Si riconosce una parte inferiore costituita da gessi o alternanze gesso-pelite, una intermedia con argille debolmente sabbiose alle quali si intercalano arenarie a grana medio-fine e una medio-superiore essenzialmente argillosa. L'ambiente di deposizione è marino di piattaforma.

Spessore: variabile da 80 m a 200 m.

Cronostratigrafia: Messiniano inf.

Biostratigrafia: Zona MMi13c per i Foraminiferi planctonici e MNN11c per i nannofossili calcarei.

Provenienza dati biostratigrafici: BOSSIO *et al.*, 1978; BOSSIO *et al.*, 1981c; GIANNELLI *et al.*, 1981b; BARTOLETTI *et al.*, 1986; COSTANTINI *et al.*, 1993; BOSSIO *et al.*, 1994 a, d, e; CERRI & SANDRELLI, 1994; BOSSIO *et al.*, 1996 a, 1997b *cum bibl.*; BOSSIO *et al.*, 1999; RIFORGIATO *et al.*, 2008.

Depositi lacustri e lagunari evaporitici e post-evaporitici messiniani

M3 – Unità Lago-Mare

In questa unità deposizionale vengono considerati sedimenti che si sono formati in seguito alla “crisi di salinità” del Mediterraneo. Essa è costituita prevalentemente da argille e argille marnoso-sabbiose con livelli e lenti di gesso, argille lignitifere e sabbie e conglomerati poligenici.

La deposizione è avvenuta inizialmente in ambiente marino evaporitico e successivamente in ambiente continentale fluvio-lacustre, caratterizzato da acque dolci o salmastre.

Spessore massimo in affioramento di circa 500 m.

Messiniano sup.

EMO Argille e gessi del Fiume Era Morta

(cfr. Argille della Marsiliana)

Argille e argille marnoso-sabbiose con numerosi livelli e lenti di gesso, di conglomerato e di arenaria. Solitamente alla base sono presenti uno o più livelli continui di gesso intercalati a sedimenti pelitici. Al tetto si rinvenivano argille con livelli lenticolari di gessi.

Spessore: variabile da 5 m fino a 400 m.

Cronostratigrafia: Messiniano sup. (Turoliano).

Biostratigrafia: *Non Distinctive Zone*

Provenienza dati biostratigrafici: BOSSIO *et al.*, 1978; BARTOLETTI *et al.*, 1986; BENEVENUTI *et al.*, 1994; Bossio *et al.*, 1994 f; CERRI & SANDRELLI, 1994; BOSSIO *et al.*, 1996a; BOSSIO *et al.*, 1997b *cum bibl.*; BOSSIO *et al.*, 1999; ALDINUCCI *et al.*, 2005.

ACN Argille del Casino

(cfr. Argille lignitifere di Ribolla)

Argille lignitifere.

Spessore: variabile da 30 m a 200 m

Cronostratigrafia: Messiniano sup. (Turoliano).

Biostratigrafia: *Non Distinctive Zone.*

Provenienza dati biostratigrafici: BENVENUTI *et al.*, 1994; BOSSIO *et al.*, 1994b, e; BOSSIO *et al.*, 1995; BOSSIO *et al.*, 2000-2002; CAPEZZUOLI *et al.*, 2005.

MES, MESa, MESb, MESc Breccia di Grotti; Conglomerati di Montebamboli; Conglomerati di Ullignano; Conglomerati di Podere Poggione; Sabbie di Quercegrossa

Sabbie e arenarie, brecce e conglomerati poligenici.

Spessore: 150 m circa.

Cronostratigrafia: Messiniano sup. (Turoliano).

Biostratigrafia: *Non Distinctive Zone.*

Provenienza dati biostratigrafici: BRANDI *et al.*, 1969; LAZZAROTTO *et al.*, 1969; GIANNELLI *et al.*, 1981b; BENVENUTI *et al.*, 1994; BOSSIO *et al.*, 1994b,d,e; BOSSIO *et al.*, 1995; BOSSIO *et al.*, 2000-2002.

Depositi pliocenici

Nel Pliocene, in Toscana, si realizza una trasgressione marina di portata ben più estesa di quella messiniana. La sedimentazione pliocenica, pur essendo molto diffusa, non mostra caratteri uniformi in tutta

l'area: in alcune zone si ritrova un unico ciclo sedimentario marino, in altre due cicli marini separati da una fase di emersione.

Il cosiddetto "primo ciclo" è articolato secondo una trasgressione diacrona che inizia, a seconda delle località, fin dalla base del Pliocene inf.; anche la chiusura regressiva non avviene contemporaneamente: in alcune località si registra nell'ambito del Pliocene inf., in altre nel medio.

La trasgressione del "secondo ciclo", iniziata generalmente nel Pliocene medio, coinvolge anche aree che, in quanto emerse, non erano state interessate dal primo ciclo.

Con il Pliocene medio la sedimentazione marina termina in tutta la Toscana; solo in alcune aree la sedimentazione prosegue con depositi di acqua dolce.

L'ambiente deposizionale della successione pliocenica è dunque prevalentemente marino, con profondità variabile in relazione alla posizione nel contesto bacinale e al regime trasgressivo e regressivo.

P1 – Unità Pliocene 1

L'unità marina pliocenica è ampiamente diffusa nei diversi bacini. Nelle località in cui si trova sopra i sedimenti dell'Unità di Lago-Mare, giace in concordanza con questi, in quanto la trasgressione è avvenuta con modalità "acqua su acqua". I sedimenti di questa unità sono rappresentati principalmente da argille.

Gli spessori sono molto variabili e arrivano fino ad un migliaio di metri in affioramento.

Pliocene inf.

P2 – Unità Pliocene 2

Questa unità, come la precedente, è ampiamente diffusa ed è composta da argille e, in subordine, da biocalcareni e arenarie. Le argille si sono deposte principalmente in ambiente circalitorale-batiale superiore, mentre le arenarie e le biocalcareni indicano un ambiente di deposizione meno profondo, fino al litorale.

Nel settore settentrionale, a Volterra e nel Bacino del F. Fine, l'Unità P2 giace in continuità su termini dell'Unità P1 e si sviluppa a partire dalla parte terminale dello Zancleano. Nelle aree caratterizzate da continuità fra le due unità del Pliocene, si ritrovano tuttavia cambiamenti deposizionali che sono testimoniati dalla presenza di corpi sabbiosi nelle sequenze argillose.

Nel settore meridionale, nelle aree di Pomarance, Sassa, Chiusdino, Radicondoli-Belforte, S. Dalmazio-Anqua, Serrazzano-Lustignano, Roccastrada-Sassofortino, Medio Ombrone e Radicofani, l'Unità P2 sormonta con contatto discordante e trasgressivo sia termini riferibili all'Unità P1, sia le formazioni del Miocene sup., sia quelle preneogeniche e corrisponde ad un ciclo marino con base nel Piacenziano inoltrato. Il consistente *hiatus* fra le due unità plioceniche corrisponde ad un periodo di emersione-erosione e copre un intervallo che va dal Pliocene inf. fino alla base del Pliocene medio.

Parte superiore del Pliocene inf. - Pliocene medio

P3 – Unità Pliocene 3

L'Unità è costituita principalmente da conglomerati, argille e arenarie depositi in ambiente fluvio-lacustre e da arenarie e argille sabbiose di acque basse o ambiente lagunare d'acqua dolce.

L'Unità non è rappresentata in tav. 2a in quanto non presente nei bacini presi in considerazione.

Pliocene medio

FAA, FAAg, FAAe *Argille Azzurre*

(cfr. *F.ne di Serrazzano p.p.*)

Argille, argille marnose e argille siltose grigio-azzurre localmente fossilifere con livelli di sabbie (FAAe) e conglomerati (FAAg) risedimentati.

Spessore: variabile da zona a zona, può raggiungere anche i 1000 m.

Cronostratigrafia: Zancleano-Piacenziano.

Biostratigrafia: Intervallo Zona MPI1-MPI4 per i Foraminiferi planctonici e intervallo MNN12-MNN16a per i nannofossili calcarei.

Provenienza dati biostratigrafici: BOSSIO *et al.*, 1981b, d; GIANNELLI *et al.*, 1981 a, c; BARTOLETTI *et al.*, 1986; LAZZAROTTO *et al.*, 1990; COSTANTINI *et al.*, 1993; LIOTTA, 1994, 1996; LIOTTA & SALVATORINI, 1994; BOSSIO *et al.*, 1996 a; BOSSIO *et al.*, 1999; BOSSIO *et al.*, 2000-2002; BOSSIO *et al.*, 2003-2004; CAPEZZUOLI *et al.*, 2005.

Intercalati alle argille ed in eteropia si trovano frequenti corpi sabbiosi e conglomeratici qui indicati con:

PLIa *Conglomerati di Bosco delle Volpaie*

Conglomerati monogenici a ciottoli di Calcare cavernoso.

Spessore: fino a 50 m

Cronostratigrafia: Zancleano-Piacenziano.

Provenienza dati biostratigrafici: CERRI & SANDRELLI, 1994; BOSSIO *et al.*, 1994a *cum bibl.*; BOSSIO *et al.*, 1996 a.

PLIb *Conglomerati di Gambassi Terme*

(cfr. *Conglomerati di Lago Boracifero; F.ne di Serrazzano p.p.; F.ne di Lustignano p.p.; F.ne di S. Casciano*)

Conglomerati marini poligenici.

Spessore: variabile da 50 m a 200 m.

Cronostratigrafia: Zancleano-Piacenziano

Provenienza dati biostratigrafici: MARRONI *et al.*, 1990; BOSSIO *et al.*, 1991 a,c,d,e; BOSSIO *et al.*, 1999 *cum bibl.*; BARBERI *et al.*, 1994.

PLIs *Sabbie di S. Vivaldo*

(cfr. *F.ne di S. Dalmazio p.p.; F.ne di Villamagna p.p.; F.ne di Lustignano p.p.; Arenaria di Perolla*)

Sabbie e arenarie gialle.

Spessore: molto variabile a seconda delle zone, si va dai 20 m ai 150 m.

Cronostratigrafia: Zancleano-Piacenziano

Provenienza dati biostratigrafici: BOSSIO *et al.*, 1981d; GIANNELLI *et al.*, 1981 a; BOSSIO *et al.*, 1991c,d,e; LAZZAROTTO *et al.*, 1990; BARBERI *et al.*, 1994; BOSSIO *et al.*, 1999; CAPEZZUOLI *et al.*, 2005.

PLIc *Formazione di Pianosa*

(cfr. *F.ne di S. Dalmazio p.p.; Calcareniti di S. Mariano; Calcarei di Volterra; Calcarei di Pomarance*)

Calcareniti e calciruditi bioclastiche.

Spessore: fino a 100 m.

Cronostratigrafia: Zancleano-Piacenziano

Provenienza dati biostratigrafici: BOSSIO *et al.*, 1991 a,c,d,e.

Con le sigle **VIL**, **VILa**, **VILb**, **VILd** sono stati indicati i *depositi continentali villafranchiani* (*F.ne di Sasso Porco; Conglomerati di Monte Capino; F.ne di Podere Renieri; F.ne di Chiusdino*), già descritti nel capitolo 1 e consistenti in conglomerati, sabbie, sabbie argillose e calcari (Signorini, 1966; Bossio *et al.*, 1991e).

La sigla **CTB** si riferisce alle lave massive del *Complesso trachidacitico basale*.

2.3. Considerazioni conclusive

Le successioni neogeniche dei bacini della Toscana sono state riferite, nel tempo, a differenti scale bio-cronostratigrafiche, spesso caratterizzate dagli stessi nomi ma dai diversi significati. Negli ultimi 20 anni il Neogene ha infatti subito una profonda e progressiva revisione cronostratigrafica che ha visto l'introduzione di nuovi piani (Gelasiano) ed in particolare la formalizzazione di numerosi GSSP (Global Stratotype Section and Point) dei limiti. Con il presente lavoro si è inteso inquadrare le unità toscane in un contesto bio e cronostratigrafico attuale, escludendo da questo la recente ratificazione della base del Pleistocene (GIBBARD *et al.*, 2009) fatta coincidere con quella del Gelasiano, sulla quale gli stratigrafi italiani hanno acceso un forte dibattito. Non sempre, però, i dati esposti in letteratura sono sufficienti ad operare una revisione corretta. Per questo motivo sarebbe auspicabile un controllo approfondito delle “vecchie” stratigrafie dei bacini, supportato da nuove analisi, eseguite con metodologie e conoscenze diverse da quelle degli autori precedenti. Solo così si potrebbe raggiungere un loro corretto inquadramento. In particolare, una rivisitazione dei dati micropaleontologici, lo studio dei caratteri e dell'architettura deposizionale delle sezioni, soprattutto quelle che contengono i limiti fra i piani, risulterebbe significativa anche per una più precisa definizione dal punto di vista cronostratigrafico di importanti cambiamenti di interesse regionale registrati nelle successioni stesse.

Un altro problema aperto riguarda l'incerta età delle successioni lacustri e salmastre, datate con ritrovamenti di resti di Vertebrati o, più spesso, sulla base della sola posizione stratigrafica. Per le successioni continentali, in particolare, ma anche per alcune marine, potrebbe essere tentata una migliore caratterizzazione applicando il metodo magnetostratigrafico, ai fini di una datazione diretta; la magnetostratigrafia è una metodologia molto utile in successioni terrigene fini, ma ancora molto poco applicata alle successioni toscane.

Ulteriori approfondimenti dovrebbero riguardare anche la datazione di alcuni depositi epilagunari langhiani, utilizzando metodi e gruppi paleontologici alternativi a quelli già applicati. Per queste unità, una caratterizzazione delle proprietà magnetiche potrebbe anche fornire informazioni interessanti e dirimenti sulla loro alloctonia o meno rispetto alle successioni del Neototono s.s.

Sono ancora poche, infine, le informazioni cronologiche riguardanti i depositi del Pliocene sup. - Pleistocene; queste potrebbero emergere dall'applicazione di modelli stratigrafico-sequenziali (unità deposizionali) con riferimento alle principali variazioni climatiche. In questo senso, il contributo di più metodologie, oltre a quelle biostratigrafiche basate essenzialmente sulla stratigrafia a Vertebrati, potrebbe senz'altro offrire maggiore risoluzione e precisione cronologica.

3. Il Dominio Ligure

3.1. Caratteri generali

Le unità liguri rappresentano la testimonianza del dominio paleogeografico comprendente l'oceano Ligure-Piemontese, che corrisponde al ramo occidentale della Tetide interposto a partire dal Giurassico tra la placca Europea e la microplacca Adria, e la sua transizione al margine continentale meridionale.

La stratigrafia delle unità liguri riveste quindi particolare interesse in quanto registra l'intero percorso evolutivo dell'oceano Ligure-Piemontese, dalle fasi di apertura a quelle di chiusura, in un arco di tempo di circa 100 Ma. L'assetto strutturale delle Liguridi registra tutte le fasi di strutturazione della catena, da quelle convergenti, con la chiusura progressiva dell'oceano Ligure-Piemontese (Fase mesoalpina *Auctt.*), fino agli eventi post-collisionali che hanno controllato, nel Miocene inf., la messa in posto dello stacking mesoalpino (Liguridi) sui domini Subligure e Toscano.

Le unità del Dominio Ligure affiorano estesamente anche in Toscana anche se con esposizioni nettamente peggiori e con minor continuità rispetto ai settori ligure ed emiliano dell'Appennino settentrionale, dove le Liguridi sono state riconosciute e studiate organicamente a partire dagli anni sessanta.

In Toscana meridionale la storia deformativa delle Liguridi è ulteriormente complicata dalla sovrapposizione alle fasi post-collisionali del Miocene inf. delle fasi estensionali a basso angolo del Miocene medio, responsabili della destrutturazione dell'edificio strutturale a falde di ricoprimento (Serie ridotta *Auctt.*).

Dal punto di vista paleogeografico, le unità liguri possono essere suddivise in diversi insiemi in relazione alla posizione geometrica occupata all'interno dell'edificio strutturale e del tipo di substrato (oceanico o di transizione) delle diverse successioni sedimentarie, che implica la provenienza delle diverse unità da settori differenti dell'originario dominio oceanico.

In questo Atlante, con una soluzione parzialmente innovativa rispetto alla classica suddivisione del Dominio Ligure in Dominio Ligure interno e Dominio Ligure esterno, è stata adottata la tripartizione del Dominio Ligure stesso con l'introduzione di un dominio intermedio rappresentato dal bacino dei flysch ad Helminthoidi del Cretaceo sup.

La successione sedimentaria del Dominio Ligure interno si deposita sulle ofioliti della crosta oceanica; nei settori più preservati dell'Appennino ligure la successione presenta spessori superiori ai 3000 m ed è caratterizzata da diverse formazioni che possono essere raggruppate in tre insiemi dal diverso significato geodinamico. Un primo insieme, di età compresa tra il Giurassico Medio e il Santoniano, è costituito da depositi emipelagici a bassa velocità di sedimentazione (Diaspri, Calcare a Calpionelle, Argille a Palombini). Questi depositi sono riconducibili ad un ambiente deposizionale legato alle fasi di apertura del bacino oceanico, precedente quindi all'inizio delle fasi di convergenza. Il secondo insieme, di età compresa tra il Campaniano e il Paleocene inf., è rappresentato da depositi torbiditici pelagici ad alta velocità di sedimentazione (Scisti Manganesiferi, Ardesie di Monte Verzi, Scisti Zonati, Arenarie del Gottero). Il terzo insieme, del Paleocene inf., è caratterizzato da sedimentazione clastica grossolana (Scisti del Bocco e Formazione di Colli-Tavarone). I depositi appartenenti a questi ultimi due insiemi sono interpretati come i prodotti delle fasi di subduzione intraoceanica legate alla convergenza tra la placca Europea e la placca Adria.

In Toscana le Unità liguri interne sono rappresentate prevalentemente dal substrato ofiolitico associato alla successione sedimentaria del primo insieme (Diaspri, Calcare a Calpionelle, Argille a Palombini), mentre gli affioramenti delle porzioni torbiditico-silicoclastica e clastico-grossolana della successione sono molto più rari. La formazione delle Arenarie del Gottero è presente con sicurezza unicamente a nord di Carrara e nelle colline tra Pisa e Lucca, anche se formazioni correlabili affiorano all'Isola d'Elba (Arenarie di Ghiaieto) e nella bassa Val di Cecina (Arenarie di Montecatini). Ancora più rari sono gli affioramenti della parte clastico-grossolana della successione, con gli Scisti del Bocco presenti unicamente nelle colline vicino Lucca in affioramenti sporadici e di dubbia attribuzione. Depositi clastici grossolani dal significato analogo, forse correlabili agli Scisti del Bocco, sono rappresentati in Val di Cecina dalla Formazione di Lanciaia, dell'Eocene medio.

Al Dominio Ligure intermedio appartiene un gruppo di unità costituito da successioni sedimentarie, prevalentemente torbiditiche, di età compresa tra il Cretaceo sup. e il Paleocene, prive dell'originario substrato pre-cretacico (Dominio dei flysch ad Elmintoidi). I depositi più vecchi sono costituiti da torbiditi ed emipelagiti, associati a depositi caotici (debris flow e mud flow) ad elementi di crosta oceanica e del mantello (ofioliti) e a rocce della crosta continentale e della copertura mesozoica. Questi depositi, conosciuti in letteratura come "complessi di base", vengono interpretati come il prodotto di una tettonica attiva legata alla subduzione di crosta oceanica nei settori oceanici e suggeriscono per questo secondo gruppo di unità un'originaria collocazione paleogeografica in settori del Dominio Ligure di transizione oceano-continente. Al di sopra dei "complessi di base" seguono i flysch ad Elmintoidi, costituiti da depositi torbiditici carbonatici del Cretaceo sup. che evolvono verso depositi torbiditici del Paleocene nei quali acquista importanza la componente silicoclastica a discapito di quella carbonatica.

Nell'edificio strutturale nord appenninico i flysch ad Elmintoidi occupano posizioni al tetto e al letto delle unità del Dominio Ligure interno. In Toscana questo assetto strutturale è riprodotto con un'unità superiore (Flysch di Montaione) soprastante le unità del Dominio Ligure interno ed una unità inferiore (Flysch di Ottone e Flysch di Monteverdi M.mo) sottostante le unità del Dominio Ligure interno.

Un terzo insieme di unità è infine rappresentato da flysch calcarei di età paleocenico-eocenica che geometricamente occupano le posizioni più profonde ed esterne dell'insieme ligure nell'edificio strutturale appenninico (Dominio Ligure esterno). La successione di queste unità è caratterizzata da depositi pelitici di età cretacico-paleocenica alla base dei flysch calcarei terziari, in alcuni casi associati ad ofioliti, diaspri e calcari a Calpionelle. In Toscana queste unità sono rappresentate dall'Unità M. Morello e, a sud, dall'Unità S. Fiora; per la sua posizione geometrica e per l'età, in questo Atlante è stata inoltre attribuita al Dominio Ligure esterno la Formazione di Colle Reciso dell'Isola d'Elba.

3.2. Stratigrafia e biostratigrafia

Le successioni del Dominio ligure sono state datate attraverso gruppi fossili diversi: *Radiolari*, *Calpionellidi*, *nannofossili calcarei*.

Le forme più significative di Radiolari utilizzate per datare la formazione dei Diaspri (Bajociano sup. - Kimmeridgiano sup.) sono rappresentate in tav. 3b, secondo lo schema biostratigrafico di BAUMGARTNER *et al.* (1995). Tra queste, *Acanthocircus trizonalis dicranacanthos*, in associazione con *Thanarla pulchra*, documenta anche le zone UAZ15-UAZ17 (non rappresentate) cui è attribuita la Formazione di Nisportino con età compresa tra il Berriasiano sup./Valanginiano inf. e il Valanginiano sup. In tav. 3c è rappresentata invece la distribuzione delle principali specie di Calpionellidi rinvenute nelle formazioni carbonatiche del Dominio.

Per i nannofossili calcarei più significativi, le cui distribuzioni sono rappresentate in tav. 3d, è opportuno qualche commento. Le associazioni rinvenute nelle formazioni alla base dei flysch ad Elmintoidi (Complessi di base *Auctt.*) sono mal conservate e molto poco diversificate. Le forme più comuni, presenti anche in caso di pessima conservazione, appartengono al genere *Watznaueria*. Dove le associazioni sono relativamente più ricche è possibile riconoscere alcune specie marker: *Nannoconus steinmannii steinmannii*, *Cretarhabdus angustiphoratus*, *Cruciellipsus cuvillieri*, *Assipetra terebrodentarius*, *Calcicalathina oblongata*, *Rucinolithus irregularis*.

Più diversificate sono le associazioni presenti nelle torbiditi carbonatiche (flysch ad Elmintoidi), anche se spesso mancano le specie più sensibili alla dissoluzione e risultano irriconoscibili quelle sensibili alla ricristallizzazione; alcune biozone di SISSINGH (1977) dell'intervallo Cenomaniano-Maastrichtiano risultano così non individuate in ragione della rara presenza e discontinuità dei marker e della loro ricristallizzazione (*Microrabdulus decoratus*, *Lucianorhabdus maleformis*, *Marthasterites furcatus*, *Calculites ovalis*, *Lithraphidites quadratus*, *Micula murus*, *Micula prinsii* e *Nephrolithus frequens*). In questo lungo intervallo di tempo spesso le uniche forme capaci di caratterizzare campioni troppo poveri per essere studiati sono il genere *Watznaueria* e la specie *Micula staurophora*. Inoltre, trattandosi di depositi risedimentati, sono state utilizzate con cautela quelle specie sulla cui estinzione si basa la definizione del limite di biozona, che risultano a volte presenti oltre il loro normale range di distribuzione; è questo il caso di specie meglio rappresentate o a più ampia distribuzione come *Eiffelithus exmius* e *Tranolithus phacelosus*.

Il Terziario in facies di flysch (Flysch di M. Morello e flysch correlati) è caratterizzato da associazioni tipiche con specie utili al riconoscimento delle biozone di MARTINI (1971), in cui predominano i placoliti *Coccolithus*, *Cruciplacolithus*, *Chiasmolithus*, *Prinsius*, *Reticulofenestra*, *Toweius*, il genere *Sphenolithus*, il genere *Discoaster* e in cui sono rari ma presenti e riconoscibili i marker *Ellipsolithus macellus*, *Fasciculithus tympaniformis* e *Tribrachiatus orthostylus*.

3.2.1. Dati analitici

DSD *Diaspri*

Radiolariti e selci di colore rosso-fegato e verdastro, in strati regolari e sottili con interstrati di argilliti silicee rosse e nere, prevalenti nella parte superiore della formazione. Nella parte inferiore sono presenti livelli di brecciole, arenarie e siltiti ofiolitiche e in quella sommitale rare marne siltose grigie, calcilutiti silicee e brecce ad elementi silicei. Sedimentazione pelagica su crosta oceanica.

Spessore: 120 m.

Cronostratigrafia: Bajociano sup. - Titonico inf.

Biostratigrafia: UAZ5-UAZ11

Provenienza dati biostratigrafici: CHIARI *et al.*, 2000 (*cum bibl.*).

Ni *Formazione di Nisportino*

Siltiti silicee rossastre, calcilutiti silicee, spesso selcifere, grigio-chiare o biancastre. Calcarei marnosi e marne (*Mi - Membro della Rivercina*). Depositi emipelagici di bacino oceanico al di sotto della CCD e torbiditi distali alimentate da piattaforma continentale.

Spessore: 130 m.

Cronostratigrafia: Titonico sup. - Valanginiano inf.

Biostratigrafia: NJK, CC1-CC2, C-D3, UAZ15-UAZ16

Provenienza dati biostratigrafici: CHIARI *et al.*, 1997; BORTOLOTTI *et al.*, 1985, 1994 e 2001 (*cum bibl.*); PICCHI, 1985, 1994; PERILLI, 1997.

CCL *Calcarei a Calpionelle*

Calcilutiti e calcilutiti marnose di colore bianco, talvolta con liste e noduli di selce chiara, in strati medi e spessi separati da sottili interstrati di peliti scure. Più raramente strati gradati, a base calcarenitica, spessi fino a 2 m. Depositi torbiditici di ambiente pelagico.

Spessore: 100 m.

Cronostratigrafia: Berriasiano sup. - Valanginiano inf.

Biostratigrafia: B-D3, CC2-CC3

Provenienza dati biostratigrafici: SQUARCI & TAFFI, 1963; MAZZANTI, 1961/1966; MAZZANTI *et al.*, 1963; LAZZAROTTO, 1967; DALLAN *et al.*, 1968; LAZZAROTTO & MAZZANTI, 1978; PICCHI, 1985; COSTANTINI *et al.*, 1995; PERILLI, 1997.

APA *Argille a Palombini*

Calcilutiti silicee di colore grigio in strati medi e spessi con sezione a incudine ("*calcarei palombini*"). Raramente calcari marnosi e marne in strati medi e spessi. Gli strati calcarei si alternano ad argilliti scure. Depositi torbiditici distali e depositi emipelagici di piana abissale.

Spessore: 150 m.

Cronostratigrafia: Berriasiano - Albiano

Biostratigrafia: CC3-CC5, CC7, D

Provenienza dati biostratigrafici: CERRINA & MAZZANTI, 1966; LAZZAROTTO & MAZZANTI, 1976; CONTI *et al.*, 1985; MACCATELLI, 1994; PERILLI, 1997; BORTOLOTTI *et al.*, 2001; PLESI *et al.*, 2002; MARRONI, ZIBRA, PALANDRI (dati inediti).

GOT *Arenarie del Gottero*

Arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatiche a grana da media a grossolana, fino a microconglomeratica alla base, in strati gradati, spessi e molto spessi, alternate ad argilliti e siltiti nerastre in strati medi e sottili. Parte esterna di conoide sottomarina al di sotto della CCD.

Spessore: metrico

Cronostratigrafia: Campaniano - Daniano

AMO *Arenarie di Montecatini*

Arenarie e subordinate siltiti e marne in strati gradati da centimetrici a metrici. Le arenarie hanno granulometria variabile da grossolana a medio-fine. Più raramente torbiditi carbonatiche costituite da marne e marne argillose in strati medi e spessi. Deposito torbiditico di conoide.

Spessore: 400 m.

Cronostratigrafia: Maastrichtiano sup. - Thanetiano

Biostratigrafia: CC25-NP2, NP5-NP6

Provenienza dati biostratigrafici: MACCANTELLI, 1994; BOSSIO *et al.*, 1996.

Gh *Arenarie di Ghiaieto*

Torbiditi silicoclastiche con intercalate emipelagiti. Sono presenti due livelli: un livello inferiore costituito da arenarie gradate a grana fine, siltiti e argilliti e un livello superiore costituito da strati spessi e molto spessi di arenarie medio-grossolane e conglomerati minuti. Deposito torbiditico profondo di conoide sottomarina.

Spessore: 250 m.

Cronostratigrafia: Campaniano medio-sup.

Biostratigrafia: CC20-CC21

Provenienza dati biostratigrafici: VOISENET *et al.*, 1983.

Mc *Formazione di Marina di Campo*

Torbiditi silicoclastiche e torbiditi carbonatiche con intercalazioni di argilliti. Le torbiditi silicoclastiche, maggiormente sviluppate, sono rappresentate da strati da medi a molto spessi di arenarie, siltiti e peliti, spesso amalgamati. Le torbiditi carbonatiche sono rappresentate da strati gradati spessi e molto spessi di calcareniti, marne ed argilliti. Deposito torbiditico profondo di conoide.

Spessore: 250 m.

Cronostratigrafia: Campaniano - Maastrichtiano sup.

Biostratigrafia: CC25

Provenienza dati biostratigrafici: BORTOLOTTI *et al.*, 2001; BOTTI & PALANDRI (dati inediti).

BOC *Scisti del Bocco*

Argilliti varicolori, arenarie fini e siltiti in strati medi e sottili. Ambiente di scarpata sottomarina.

Spessore: metrico

Cronostratigrafia: Daniano

CAA *Formazione di Lanciaia*

Formazione costituita dalla associazione di quattro litofacies disomogeneamente rappresentate. Breccie poligeniche ad elementi ofiolitici in matrice arenacea (CAAb). Arenarie calcaree torbiditiche, in strati gradati a grana medio-fine; marne e marne calcaree (CAAr). Siltiti di color rosso fegato cui si intercalano breccie ofiolitiche e arenarie ofiolitiche gradate (CAAa). Calcilutiti, calcari marnosi e marne di colore grigio-biancastro (CAAc). Ambiente pelagico.

Spessore: 280 m.

Cronostratigrafia: Ypresiano - Bartoniano

Biostratigrafia: NP11-NP14, NP17

Provenienza dati biostratigrafici: MACCATELLI & MAZZEI, 1994; MARINO & MONECHI, 1994; LAZZAROTTO *et al.*, 1995.

RCH *Formazione di Poggio Rocchino*

Argilliti varicolori di color marrone dominante e breccie in matrice argillitica. Subordinatamente marne, calcari marnosi e calcareniti. Deposito di mare profondo.

Spessore: 400 m.

Cronostratigrafia: Albiano - Turoniano

Biostratigrafia: CC9-CC12

Provenienza dati biostratigrafici: MARINO & MONECHI, 1994; FOGLIO 295-POMARANCE.

CCV *Formazione di Casanova*

Torbiditi arenaceo-pelitiche a composizione ofiolitica, breccie ofiolitiche mono e poligeniche; olistoliti di serpentiniti e, in subordine, di Argille a palombini, di Calcari a Calpionelle e Diaspri. Le breccie monogeniche, generalmente matrice-sostenute, sono costituite da elementi calcarei; le breccie poligeniche sono caratterizzate da elementi di calcilutiti, arenarie e argilliti nerastre, diaspri, serpentiniti, basalti e graniti. Ambiente di sedimentazione caratterizzato da flussi gravitativi anche catastrofici.

Spessore: 400 m.

Cronostratigrafia: Campaniano inf.

Biostratigrafia: CC18-CC20

Provenienza dati biostratigrafici: MARRONI & PERILLI, 1990; MARRONI *et al.*, 1992; PERILLI, 1995; CATANZARITI & PERILLI, 2006.

OTO *Flysch di Ottone*

Torbiditi calcareo-marnose in strati gradati a base calcarenitica, da medi a molto spessi, ed interstrati pelitici di colore nerastro. Agli strati calcareo-marnosi si intercalano marne siltose, arenarie fini e siltiti. Nella parte inferiore e media della formazione sono presenti lembi discontinui di paraconglomerati poligenici, breccie a matrice argillitica o siltoso-arenitica e clasti di calcari silicei e marne, radiolariti, ofioliti e graniti. Deposito torbiditico di piana bacinale.

Spessore: 1000 m.

Cronostratigrafia: Campaniano medio-sup.

Biostratigrafia: CC20-CC23

Provenienza dati biostratigrafici: MARRONI *et al.*, 1992; PERILLI, 1995; CATANZARITI & PERILLI, 2006; FOGLIO 233-PONTREMOLI; FOGLIO 234-FIVIZZANO.

MIO *Flysch di Montaione*

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati gradati medi e spessi, siltiti, marne e calcari marnosi in strati gradati a base arenacea. Sono presenti in modo non uniforme livelli di brecce poligeniche (MIOb) ad elementi di ofioliti, diaspri e calcari palombini. Alle brecce sono frequentemente associate arenarie ofiolitiche grossolane. Deposito torbiditico di piana bacinale.

Spessore: circa 500 m.

Cronostratigrafia: Campaniano sup. - Maastrichtiano sup.

Biostratigrafia: CC18-CC23

Provenienza dati biostratigrafici: MARINO & MONECHI, 1994; FOGLIO 295-POMARANCE; FOGLIO 285-VOLTERRA.

MTV *Flysch di Monteverdi Marittimo*

Torbiditi calcareo-marnose in strati spessi e molto spessi, a base calcarenitica, e interstrati argillitici. Al tetto localmente marne rosate. Deposito di piana bacinale.

Spessore: circa 400 m.

Cronostratigrafia: Santoniano sup. - Daniano

Biostratigrafia: CC17-NP3

Provenienza dati biostratigrafici: MARINO & MONECHI, 1994; COSTANTINI *et al.*, 1995; FOGLIO 295-POMARANCE.

PTF *Pietraforte*

Arenarie gradate, spesso grossolane alla base, di colore grigio-giallastro per ossidazione, passanti a peliti grigio-scure e grigie. Le impronte di fondo indicano provenienza degli apporti torbiditici da N e NW. Deposito di scarpata o bacinale.

Spessore: 800 m.

Cronostratigrafia: Campaniano medio-sup. - Maastrichtiano sup.

Biostratigrafia: CC20-CC21, CC23, CC26

Provenienza dati biostratigrafici: FOGLIO 252-BARBERINO DI MUGELLO.

SIL *Formazione di Sillano*

Argilliti e siltiti, di colore nero-verdastro, intercalate a calcari spesso silicei e calcari marnosi a grana fine, in strati da sottili a molto spessi, di colore grigio chiaro. Frequenti anche strati calcarenitici, da sottili a spessi, di colore grigio scuro. Depositi pelagici e torbiditici di piana bacinale.

Spessore: circa 800 m.

Cronostratigrafia: Albiano - Ypresiano

Biostratigrafia: CC9, CC25-NP1, NP8-NP13

Provenienza dati biostratigrafici: PLESÌ *et al.*, 2002; FOGLIO 278-PIEVE S. STEFANO; FOGLIO 252-BARBERINO DI MUGELLO.

RE *Formazione di Colle Reciso*

Unità marnoso-argillosa con strati spessi di calcareniti e arenarie gradate. Subordinatamente brecce ofiolitiche. Deposito di ambiente pelagico.

Spessore: metrico

Cronostratigrafia: Eocene (medio?)

MLL *Flysch di Monte Morello*

Calcari marnosi e marne in strati gradati, medi e spessi, a base calcarenitica, di color grigio chiaro e biancastro. Verso la base è presente talora una litofacies prevalentemente marnosa con rare intercalazioni di marne argillose brune. Depositi torbiditici di piana bacinale con megatorbiditi carbonatiche.

Spessore: circa 1000 m.

Cronostratigrafia: Ypresiano - Luteziano

Biostratigrafia: NP10-NP15

Provenienza dati biostratigrafici: PLESÌ *et al.*, 2002; FOGLIO 278-PIEVE S. STEFANO.

PSC *Formazione di Pescina*

Argilliti brune intercalate a calcari marnosi, calcareniti fini e calcilutiti verdastre. Depositi di piana bacinale.

Spessore: poche decine di metri.

Cronostratigrafia: Eocene inf.-medio

3.3. Considerazioni conclusive

La stratigrafia delle successioni del Dominio Ligure interno *Auctt.* si può considerare ben definita sul piano litostratigrafico e in certi casi, nella sua parte inferiore, molto avanzata sul piano biostratigrafico, grazie in particolare al contributo degli studi sui Radiolari della formazione dei Diaspri (Chiari *et al.*, 2000 *cum bibl.*) Meno esaurienti sono le conoscenze sulla stratigrafia delle Argille a Palombini; ancora non ben definite risultano sia l'età della formazione sia la posizione stratigrafica dei livelli torbiditici siltoso-pelitici e delle torbiditi carbonatiche amalgamate, così come non ne è stata ancora indagata a fondo la biostratigrafia. In base ai dati relativi agli affioramenti dell'Appennino Ligure l'età delle Argille a Palombini sembra estendersi dal Valanginiano (PERILLI, 1997) al Santoniano (MARRONI & PERILLI, 1990), mentre in Toscana sono documentate solo le biozone corrispondenti agli intervalli Valanginiano-Hauteriviano e Aptiano-Albiano. Non sono inoltre documentate le biozone corrispondenti all'intervallo Cenomaniano-Santoniano, in cui dovrebbero essere compresi anche i livelli riferibili all'evento anossico, al limite Cenomaniano-Turoniano (SCHLANGER *et al.*, 1987). A fronte di una durata di soli 16 Ma il campionamento di questo intervallo di tempo risulta problematico; ad esso potrebbe corrispondere infatti uno spessore di Argille a Palombini esiguo o anche non preservato.

Per quanto riguarda i livelli di torbiditi silicoclastiche, esse costituiscono in Toscana meridionale corpi di notevole estensione di significato paleogeografico e di posizione stratigrafica ancora incerti.

Un problema, di importanza determinante per le correlazioni tra Appennino ligure e Toscana, è rappresentato dalla possibile corrispondenza tra la Formazione di Lanciaia e gli Scisti del Bocco (CERRINA FERONI *et al.*, 1973), che testimonierebbe la terminazione meridionale del settore oceanico del Dominio Ligure interno *Auctt.* La correlazione tra le due formazioni, suggerita dalle rispettive età del detritismo ofiolitico, è però fortemente ostacolata dalla diversa posizione delle due unità; gli Scisti del Bocco riposano al tetto delle Arenarie del Gottero mentre la Formazione di Lanciaia sormonta in evidente discordanza e con contatto erosivo le grandi masse di serpentiniti della media Val di Cecina, denudate da una fase di smantellamento conseguente ad una fase tettonica dai caratteri fortemente problematici, la cui esistenza non è documentata al letto degli Scisti del Bocco.

Anche per le unità del Dominio dei flysch ad Elmintoidi, le conoscenze in Toscana risultano ancora troppo disomogenee per avanzare correlazioni certe con i flysch dei settori ligure ed emiliano della catena. Sul piano strutturale è da sottolineare l'importanza dell'esistenza, anche in Toscana, così come nei settori ligure ed emiliano, di due unità di flysch (Unità sup. e Unità inf.) in posizione opposta rispetto alle unità (Unità Lanciaia, Unità Gottero) del Dominio Ligure interno. Come nell'Appennino emiliano, inoltre, l'Unità inf. è caratterizzata da estesi fianchi rovesci, a basso angolo, del tutto assenti nell'Unità sup. (Flysch di Montaione). A fronte di queste interessanti analogie di ordine tettonico, i flysch ad Elmintoidi della Toscana meridionale sembrano presentare importanti differenze per quanto riguarda la distribuzione del detritismo ofiolitico nei rispettivi "complessi di base"; in Toscana questo caratterizza infatti l'Unità sup. (Flysch di Montaione), in netto contrasto con la sua totale assenza negli omologhi strutturali dei settori ligure (Flysch di M. Antola) ed emiliano (Flysch di M. Cassio), ed è l'Unità inf. (Flysch di Monteverdi) a risultare priva di legami con la crosta oceanica ligure-piemontese.

Problematici appaiono anche i rapporti tra i flysch calcarei del Dominio Ligure esterno (M. Morello, M.ti Rognosi) e quegli elementi di crosta oceanica che, in letteratura, sono per lo più ricondotti a fenomeni di rimaneggiamento a spese di elementi del Dominio Ligure interno.

E' infine evidente come in Toscana, l'assenza, di non facile spiegazione, del segmento oligo-miocenico (pre-Bismantova) della Successione epiligure, in discordanza al di sopra delle Liguridi, rappresenti il maggior ostacolo per le correlazioni tra le unità dello stacking strutturato nel corso della Fase ligure (*stacking mesoalpino*), soprattutto per quanto riguarda i rapporti tra le unità che occupano le posizioni più elevate nello stacking stesso.

4. Il Dominio Subligure

4.1. Caratteri generali

Secondo l'interpretazione corrente, condivisa dalla gran parte della comunità scientifica, il Dominio Subligure (DSI) si colloca, nel quadro paleogeografico post Fase Ligure (Eocene medio), in posizione intermedia tra lo stacking mesoalpino all'interno e il Dominio Toscano all'esterno.

Le conoscenze più avanzate sull'organizzazione e sull'evoluzione del Dominio Subligure derivano principalmente dagli studi geologici di carattere stratigrafico, biostratigrafico e strutturale condotti da diversi studiosi nel settore emiliano dell'Appennino settentrionale, dove il DSI stesso può essere scomposto in tre distinti elementi paleogeografici e strutturali, disattivati e incorporati nella catena appenninica tra l'Oligocene inf. (Fase Rupeliana) e il Miocene inf. (Fase Aquitaniana): dall'interno verso l'esterno, ad essi corrispondono le Unità "Aveto-Petrignacola", "Bratica-Salsominore" e "Marra-Coli".

In Toscana le conoscenze sul Dominio Subligure sono molto più frammentarie e incerte e quindi i tentativi di sintesi devono essere necessariamente pilotati dal quadro ricostruito nel corso degli ultimi venti anni nel settore emiliano. In particolare, mentre siamo certi dell'esistenza anche in Toscana di una successione argilloso-calcareo di età eocenica identificabile con la formazione delle Argille e Calcari di Canetolo dell'Appennino parmense e reggiano, molto meno solidi sono i dati relativi alle coperture silico-clastiche oligo-aquitane che, nel versante padano-adriatico dell'Appennino settentrionale, rappresentano i markers per la definizione del percorso evolutivo del DSI. Particolare importanza riveste tra questi il detritismo calcareo (conglomerati ed arenarie andesitiche) dell'Oligocene inf. (Rupeliano) che caratterizza il settore più interno del DSI (Dominio Aveto-Petrignacola), di cui non è documentata con certezza l'esistenza nel versante tirrenico della catena.

Lo studio del DSI rappresenta uno degli esempi migliori dell'efficacia dello strumento biostratigrafico, e in particolare dell'utilità e delle potenzialità dei Nannofossili calcarei, per la definizione dell'evoluzione strutturale e paleogeografica dell'Appennino settentrionale nelle fasi precoci della sua strutturazione (Protoappennino oligocenico), anteriormente al coinvolgimento in catena del Dominio toscano nel corso della Fase Aquitaniana e degli eventi successivi. E' grazie all'elevata capacità di risoluzione bio- e quindi cronostratigrafica dei Nannofossili calcarei che è infatti risultato possibile scomporre in tre distinte fasi tettoniche molto ravvicinate tra loro la progressiva disattivazione del DSI, attraverso la documentazione di età di chiusura della sedimentazione, cronologicamente sfalsate, nei sottodomini Aveto-Petrignacola, Bratica-Salsominore e Coli-Marra del versante emiliano della catena.

4.2. Stratigrafia e biostratigrafia

I dati biostratigrafici disponibili per le unità del Dominio Subligure derivano essenzialmente dal lavoro svolto nell'ambito del Progetto CARG. I risultati più avanzati si basano sui nannofossili calcarei (tav. 4b), la cui determinazione ha permesso di individuare la serie di biozone definite da MARTINI (1971) e CATANZARITI *et al.* (1997) e riferibili all'intervallo di tempo Thanetiano-Chattiano (Paleocene sup. - Oligocene sup.).

Le associazioni a nannofossili calcarei, pur presentando uno stato di conservazione da moderato a scarso, permettono il riconoscimento di specie spesso sensibili ai fenomeni diagenetici e per questo discontinuamente segnalate, quali *Nannotetrina cristata* e *Tribrachiatus orthostylus* utili al riconoscimento di alcune biozone dell'Eocene.

La distribuzione delle specie che caratterizzano questo dominio paleogeografico mostra bassa diversità specifica soprattutto nella successione silicoclastica di età oligocenica. I Coccoliti, con i generi *Coccolithus*, *Chiasmolithus*, *Cyclicargolithus*, *Chiasmolithus*, *Dictyococcites*, costituiscono il gruppo meglio rappresentato. Le specie *Coccolithus pelagicus* e *Cyclicargolithus floridanus*, grazie alla loro maggior resistenza ai fenomeni di dissoluzione, sono generalmente abbondanti e presenti anche in associazioni impoverite. Il genere *Discoaster* è comunemente presente nell'intervallo eocenico rappresentato da diversi marker (*D. barbadiensis*, *D. lodoensis*, *D. diastypus*, *D. saipanensis*, *D. sublodoensis*) e da specie a breve intervallo di distribuzione (*D. broennimanni*, *D. kuepperi*, *D. monstratus*), spesso di difficile identificazione ma abbondanti e caratteristiche di mare profondo e acque calde. E' frequente anche il genere *Sphenolithus*, evidente nelle associazioni con la forma ad ampia distribuzione *S. moriformis*, e rappresentato dai marker dell'Oligocene sup. (*S. ciperoensis* e *S. distentus*) e da specie molto significative dell'Eocene medio-sup. (*S. furcatolithoides*, *S. obtusus*, *S. radians*, *S. spiniger*). Più rara risulta la presenza del genere *Helicosphaera*, discontinuamente rappresentato solo nelle associazioni oligoceniche dalle specie *H. euphratis*, *H. perch-nielseniae* e *H. recta*.

4.2.1. Dati analitici

APE Arenarie di Petriagnacola

Arenarie andesitiche, torbiditiche, a granulometria da media a grossolana, talvolta conglomeratiche, di colore verdastro, in strati da medi a molto spessi.

Spessore: 60 m.

Cronostratigrafia: Rupeliano (Oligocene inf.)

Biostratigrafia: MNP23

Provenienza dati biostratigrafici: CATANZARITI, CERRINA FERONI & ELLERO (dati inediti).

ARB Arenarie di Ponte Bratica

Arenarie torbiditiche fini grigie e grigio-verdastre, a cemento carbonatico, in strati medi e sottili, siltosi e marno-siltosi al tetto. Ambiente di deposizione bacinale, probabilmente confinato.

Spessore: 200 m.

Cronostratigrafia: Rupeliano-Chattiano (Oligocene)

Biostratigrafia: MNP23-MNN1

Provenienza dati biostratigrafici: CATANZARITI, CERRINA FERONI & ELLERO (dati inediti).

MRR *Marne di Marra*

Marne e marne siltose grigie, talora a lamine millimetriche di siltiti più scure. Nella parte superiore arenarie fini debolmente carbonatiche e argilliti nere. Deposito di margine interno di avanfossa.

Spessore: 200 m.

Cronostratigrafia: Chattiano (Oligocene sup.)

Biostratigrafia: MNP25-MNN1a

Provenienza dati biostratigrafici: CATANZARITI, CERRINA FERONI & ELLERO (dati inediti).

AMS *Arenarie di Monte Senario*

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati da medi a molto spessi e, più frequentemente, in banchi. Talora sono presenti intercalazioni di strati calcareo-marnosi di spessore medio e colore grigio.

Spessore: 400 m.

Cronostratigrafia: Eocene sup.

Biostratigrafia: MNP17-MNP18

Provenienza dati biostratigrafici: CATANZARITI, CERRINA FERONI & ELLERO (dati inediti); FOGLIO 264-BORGIO S. LORENZO.

ACC, ACCa, ACCb *Argille e Calcari di Canetolo*

Argilliti, argilliti nere e grigio-scure con frequenti intercalazioni di siltiti e arenarie fini e di calcareniti risedimentate e calcilutiti grigie. *ACCa*: litofacies calcarea costituita da strati spessi e gradati di calcareniti grigie, con intercalazioni di argilliti siltose. *ACCb*: litofacies arenaceo-calcarea costituita da arenarie e calcareniti risedimentate e da livelli marnosi e argillitici di colore grigio. Deposito torbiditico di mare profondo.

Spessore: 500 m.

Cronostratigrafia: Selandiano-Luteziano (Paleocene sup. - Eocene medio)

Biostratigrafia: NP9; NP11-NP15

Provenienza dati biostratigrafici: FOGLIO 233-PONTREMOLI; FOGLIO 234-FIVIZZANO; PERILLI *et al.* (dati inediti).

CGV *Calcari di Groppo del Vescovo*

Torbiditi in strati gradati, da medi a spessi, di calcari marnosi a componente bioclastica, di colore biancastro, a base calciruditica o calcarenitica. Depositi di piana bacinale.

Spessore: 100 m.

Cronostratigrafia: Ypresiano-Luteziano (Eocene inf.-medio)

Biostratigrafia: NP11-NP14

Provenienza dati biostratigrafici: FOGLIO 233-PONTREMOLI; FOGLIO 234-FIVIZZANO; PERILLI *et al.* (dati inediti).

4.3. Considerazioni conclusive

Le conoscenze biostratigrafiche relative alle unità subliguri della Toscana sono scarse e al tempo stesso indispensabili per la definizione di questo dominio paleogeografico e della sua evoluzione, che presenta non poche incertezze. Rispetto al settore emiliano dell'Appennino settentrionale le successioni stratigrafiche presentano alcune diversità (ad es. le Arenarie di M.te Senario) che non autorizzano 'traslazioni' meccaniche dei dati biostratigrafici. Il quadro biostratigrafico di tav. 4a, pur con le sue molte lacune e qualche importante elemento di affinità tra i due versanti della catena, sollecita e incoraggia nuove ricerche sistematiche di laboratorio, purtroppo di non facile attuazione in assenza di un programma di cartografia geologica. Lo scarto di conoscenze è anche più marcato nella Toscana meridionale, dove sono del tutto eccezionali le segnalazioni di affioramenti di alcune unità tipiche del Dominio subligure (Arenarie di Petriagnacola, Arenarie del Bratica, Marne di Marra). Anche in questo caso, tuttavia, merita approfondire la possibilità che queste unità siano rappresentate almeno in parte sotto altre denominazioni (ad es. le Arenarie di Suvereto). I problemi aperti e le prospettive più interessanti sembrano riguardare quindi la copertura silicoclastica oligocenica mentre appare certa l'esistenza, anche in Toscana, di un substrato argilloso-calcareo (Argille e calcari di Canetolo) che, come nel settore emiliano, sembra riferibile alla biozona NP15 (Eocene medio). Anche in Toscana, come in buona parte del settore emiliano, manca quindi la documentazione di una successione stratigrafica più antica dell'Eocene medio, che pure deve aver preceduto, nel Dominio subligure, sul margine occidentale della placca Adria, la deposizione delle Argille e calcari di Canetolo. Si tratta di un problema apparentemente inspiegabile, cui di nuovo la geologia, da sola, non può dare risposte attendibili senza il contributo della biostratigrafia; emerge infatti la necessità di definire, contestualmente alla loro posizione geometrica nello stacking strutturale, l'età di unità litostratigrafiche che per le loro caratteristiche macroscopiche sono suscettibili di interpretazioni ambigue e controverse.

In Toscana si ripropone, infine, anche sul piano biostratigrafico, il tema dei rapporti tra le parti più esterne del Domino ligure (Unità di M.te Morello-S.Fiora) e il Dominio subligure, e degli effetti su quest'ultimo della Fase ligure dell'Eocene medio; in Toscana queste problematiche assumono importanza specifica in rapporto al significato degli elementi di crosta oceanica associati alla Unità di M.Morello.

5. L'Avanfossa oligo-miocenica

5.1. Caratteri generali

I depositi silicoclastici dell'avanfossa oligo-miocenica costituiscono, nell'Appennino settentrionale, una tavola che si sviluppa trasversalmente alla catena, dalla costa ligure-tirrenica al margine padano-adriatico, con uno spessore originario compreso tra 1000 e 5000 metri ed un'estensione complessiva di circa 45.000 km²; a questi corrisponde un volume di oltre 110.000.000 km³, dei quali circa un terzo ricade in Toscana.

Si tratta quindi di un gigantesco sistema deposizionale, attivo per circa 20 milioni di anni tra l'Oligocene e il Miocene, la cui importanza risiede essenzialmente nella provenienza dei depositi silicoclastici e nella diacronia della loro sedimentazione. In particolare:

- le arenarie oligo-mioceniche che, secondo l'interpretazione generalmente condivisa, si sono accumulate in un bacino subsidente impostato all'esterno del fronte della catena (Avanfossa nord-appenninica) non derivano dallo smantellamento della catena appenninica stessa ma dalla demolizione di unità di basamento (Austroalpino) della catena alpina centro-occidentale (Alpi lepine?);
- come è stato messo in evidenza fin dagli anni '80 (RICCI LUCCHI, 1986), la sedimentazione dei depositi torbiditici della Avanfossa nord appenninica è marcatamente diacrona in quanto caratterizzata da migrazione verso l'avampaese delle fasi di apertura e chiusura dei bacini di avanfossa nell'intervallo di tempo considerato (Oligocene sup. - Miocene sup.). Alla disattivazione di un bacino silicoclastico al fronte della catena, con sovrascorrimento verso l'esterno dello stacking frontale già strutturato (domini Ligure e Subligure), corrisponde l'attivazione di un nuovo bacino nel contesto di un processo geodinamico e sedimentario continuo che nell'arco di circa 20 milioni di anni conduce alla crescita progressiva, non solo verticale ma anche orizzontale, della "tavola silicoclastica", il cui completamento, per esaurimento degli apporti arenacei di derivazione alpina, avviene intorno a 3-4 milioni di anni fa (Pliocene inf.). La "tavola silicoclastica" raggiunge quindi la sua completa estensione laterale soltanto nel Pliocene, a conclusione del processo di trasferimento, iniziato 28 milioni di anni fa (Macigno della Falda toscana), di colossali volumi di sabbie dalle Alpi all'Appennino settentrionale. Bilanciando idealmente gli effetti delle fasi contrazionali del Miocene inf. con quelli della fase medio-miocenica estensionale a basso angolo, particolarmente importante nella Toscana sud-occidentale, la "tavola silicoclastica" assume dimensioni paragonabili a quelle dell'intero Appennino settentrionale.

Dai dati rappresentati nelle tavole risulta evidente, senza bisogno di particolari commenti, quanto lo strumento biostratigrafico, attraverso l'analisi dei nannofossili calcarei, abbia contribuito a definire la scansione temporale del processo deposizionale di avanfossa. In prospettiva futura l'analisi dovrà concentrarsi in particolare sulla determinazione delle età della base e del tetto della successione di avanfossa, spesso espresse da marne siltose e siltiti (avanfossa sottoalimentata) che anticipano e chiudono la deposizione delle torbiditi arenacee.

Grazie alle belle esposizioni della Formazione Marnoso-Arenacea, il settore romagnolo dell'Appennino settentrionale costituisce un ottimo laboratorio per lo studio dell'evoluzione spazio-temporale dell'Avanfossa miocenica.

Il settore toscano dell'Appennino, al quale soltanto si riferiscono, per le finalità di questo Atlante, le tavole e le colonne stratigrafiche qui rappresentate, offre, soprattutto in corrispondenza del crinale appenninico e con discreta continuità fisica, un quadro abbastanza completo dell'elemento più antico del sistema deposizionale di avanfossa, corrispondente sostanzialmente al bacino silicoclastico oligocenico.

All'Avanfossa oligocenica appartengono le arenarie torbiditiche del Macigno della Falda toscana e molto marginalmente le Arenarie di M. Modino. Proprio i rapporti tra Macigno e Unità di M. Modino, in corrispondenza del fronte della Falda toscana, costituiscono da tempo uno dei problemi chiave per l'interpretazione strutturale e geodinamica dell'Appennino settentrionale; su questo problema ritorneremo nelle note conclusive a corredo delle due tavole stratigrafiche.

Per quanto appena detto, il settore toscano rappresenta, in rapporto al dominio di avanfossa, il complemento del settore romagnolo, insieme al quale copre, con poche eccezioni, l'intero arco temporale del suo sviluppo nell'Appennino settentrionale.

Rispetto al settore emiliano-romagnolo, il settore toscano presenta un quadro di dati biostratigrafici assai meno ricco. Questo contrasto, evidente anche per gli altri insiemi geologici (Dominio Ligure e soprattutto Dominio Subligure) comuni ad entrambi i versanti della catena (ligure-tirrenico e padano-adriatico), è essenzialmente dipendente dalle diverse impostazioni e modalità di realizzazione dei due rispettivi progetti di cartografia geologica regionale.

Un notevolissimo incremento nelle conoscenze biostratigrafiche nel settore emiliano-romagnolo è stato infatti acquisito con la realizzazione della Carta geologica della Regione Emilia-Romagna in scala 1:10.000, che, per scelta programmatica, aveva destinato una quota significativa delle risorse all'analisi biostratigrafica eseguita contestualmente ai nuovi rilevamenti geologici; i dati ottenuti sono stati successivamente utilizzati, ulteriormente implementati, per la realizzazione dei fogli in scala 1:50.000 del Progetto CARG.

Nel caso specifico del sistema di avanfossa il contrasto di conoscenze biostratigrafiche tra i due settori dipende anche dalla minore variabilità bio e cronostratigrafica che si registra nel settore ligure-tirrenico, dove il Macigno della Falda toscana, spostandosi da SW verso NE, presenta limitati ringiovanimenti delle età di base e di tetto. E' verosimile che questa maggiore omogeneità sia stata di scarso stimolo per la ricerca biostratigrafica regionale, esistendo ad oggi pochi vincoli biostratigrafici, in particolare nella Toscana sud-occidentale; qui, ad esempio, la mancanza tra la Scaglia e il Macigno delle marne di base (Marne di Rovaggio) rende molto meno agevole l'individuazione sul terreno della base stratigrafica del Macigno stesso.

La diacronia sinorogenica del sistema deposizionale di avanfossa suggerisce di reimpostare lo studio stratigrafico di queste successioni, e soprattutto le correlazioni tra sezioni stratigrafiche, privilegiando lo strumento biostratigrafico, con l'obiettivo di riconoscere e correlare, facendo astrazione dai molti nominalismi formali in uso nella letteratura geologica, tutti i segmenti di avanfossa della stessa età e ricomporre così il puzzle paleogeografico scomposto dalla tettonica. Il caso delle Arenarie di Pracchiola, immediatamente ad est del "Fronte della Falda toscana" sulla trasversale di M.Orsaro, è da questo punto di vista emblematico: in tav. 5a, la colonna bio e cronostratigrafica corrispondente (colonna 9) evidenzia come, in base alla sua età

(Oligocene sup.), questa unità del sistema di avanfossa, abbastanza concordemente attribuita dai geologi al “Dominio Cervarola”, debba piuttosto venire correlata al Dominio del Macigno.

Il caso delle Arenarie di Pracchiola, certamente non unico nel quadro geologico regionale, rende evidente la necessità di riclassificare, e correlare, i depositi di avanfossa sulla base dei rispettivi intervalli di espansione cronologica. Altre impostazioni che non tengano conto della preliminare, e attendibile, definizione dei tempi di attivazione e disattivazione dei singoli elementi discreti del sistema non potranno rimuovere le storiche incertezze, dispute e ambiguità concettuali relative alla pertinenza delle successioni silicoclastiche ai diversi domini (Macigno, Modino, Cervarola, Falterona, Trasimeno, Marnoso-Arenacea) in uso nella letteratura regionale.

5.2. Stratigrafia e biostratigrafia

I nannofossili calcarei sono microfossili ubiquitari presenti in diversi ambienti marini, dalle acque costiere ai bacini oceanici profondi, e si possono rinvenire in diversi tipi di rocce, dalle quelle carbonatiche alle silicoclastiche, incluse le torbiditi. L'uso della biostratigrafia a nannofossili calcarei ha avuto negli ultimi anni effetti importanti sulle datazioni delle successioni di avanfossa e di conseguenza sull'interpretazione geologica di queste unità, che venivano attribuite in modo molto generico all'Oligo-Miocene sulla base dei foraminiferi planctonici. I depositi di avanfossa oligo-miocenica affioranti in Toscana contengono associazioni a nannofossili calcarei mediamente conservate in cui sono presenti le specie su cui sono stati definiti gli schemi biostratigrafici regionali e molte delle specie marker delle zonature standard. Le specie riconosciute e citate in letteratura sono riportate nello schema di distribuzione dei taxa (tav. 5c).

I nannofossili maggiormente rappresentati sono quelli appartenenti al genere *Sphenolithus* e i placoliti, con i generi *Coccolithus*, *Cyclicargolithus*, *Dictyococcites*, *Reticulofenestra*, *Calcidiscus*. Il genere *Sphenolithus* è presente con le molte specie marker che caratterizzano questo intervallo di tempo (*Sphenolithus distentus*, *Sphenolithus ciperoensis*, *Sphenolithus delphix*, *Sphenolithus disbelemnus*, *Sphenolithus belemnus*, *Sphenolithus heteromorphus*).

Il genere *Helicosphaera* risulta maggiormente rappresentato nel Miocene con le specie *Helicosphaera carteri*, *Helicosphaera ampliapertura*, *Helicosphaera walbersdorfensis*, mentre altre specie sono rare e presenti in modo discontinuo (*Helicosphaera intermedia*, *Helicosphaera mediterranea*, *Helicosphaera orientalis*, *Helicosphaera stalis*). La scarsa presenza di elicoliti nell'Oligocene, con la specie *Helicosphaera euphratis* e rarissime forme di *Helicosphaera bramlettei*, *Helicosphaera compacta*, *Helicosphaera recta*, *Helicosphaera perch-nielseniae*, sembra una caratteristica che contraddistingue la successione di avanfossa rispetto a successioni coeve di altri domini paleogeografici dell'Appennino settentrionale (Dominio Epiligure).

Il genere *Discoaster*, la cui distribuzione è più continua nell'Oligocene che nel Miocene, risulta comunque poco rappresentato, con specie spesso difficilmente riconoscibili a causa della suscettibilità del genere ai fenomeni di dissoluzione e ricristallizzazione, che provocano alterazione delle forme.

5.2.1. Dati analitici

STO₅ Marne di Rovaggio

Marne grigie e varicolori, calcaree verso il basso, siltoso-arenacee verso l'alto. Sono interpretate come emipelagiti di base scarpata, con episodi torbiditici.

Spessore: da 20 a 100 m.

Cronostratigrafia: Rupeliano - Chattiano (Oligocene).

Biostratigrafia: MNP23 – MNP25a.

Provenienza dati biostratigrafici: CATANZARITI *et al.*, 1996; CORNAMUSINI *et al.*, 1999; CATANZARITI & PERILLI, 2009.

MAC Macigno

Arenarie torbiditiche a granulometria da molto grossolana a fine, in strati gradati dello spessore medio di alcuni metri con sottili intercalazioni pelitiche. Rari strati calcareo-marnosi a base calcarenitica. Sporadiche lenti di conglomerati. Ambiente di deposizione di conoide sottomarina in bacino di avanfossa. Le

controimpronte di corrente indicano apporti di materiale da NW. I dati petrografici indicano provenienza del materiale detritico prevalentemente da rocce cristalline, e subordinatamente da rocce vulcaniche.

Spessore: da 1000 a 2000 m.

Cronostratigrafia: Chattiano - Aquitaniano (Oligocene - Miocene inf.)

Biostratigrafia: MNP24 – MNN1d.

Provenienza dati biostratigrafici: COSTA *et al.*, 1992; COSTANTINI *et al.*, 1993; CATANZARITI *et al.*, 1996; COSTA *et al.*, 1997; CORNAMUSINI *et al.*, 1999; CATANZARITI & PERILLI, 2009; FERRINI & PANDELI, 1985; PLESI *et al.*, 1998; FOGLIO 235-PIEVEPELAGO; CATANZARITI *et al.* (dati inediti).

PNC Marne di Pontecchio

Siltiti marnose a stratificazione indistinta di colore grigio. Rare intercalazioni di arenarie torbiditiche fini.

Spessore: fino a 20 m.

Cronostratigrafia: Chattiano - Aquitaniano (Oligocene - Miocene inf.).

Biostratigrafia: MNP25b – MNN1b.

Provenienza dati biostratigrafici: CATANZARITI *et al.*, 1996.

PRC Arenarie di Pracchiola

Arenarie fini, in strati da medi a spessi con interstrati pelitici; localmente strati di arenarie grossolane fino a conglomerati. Nella parte sommitale brecce a matrice argillosa ed elementi calcarei derivanti dalla formazione delle Argille e Calcari di Canetolo.

Spessore: fino a 500 m.

Cronostratigrafia: Chattiano (Oligocene sup.)

Biostratigrafia: MNP25 – MNN1.

Provenienza dati biostratigrafici: FOGLIO 216-BORGO VAL DI TARO.

MRR Marne di Marra

Siltiti marnose grigie, a stratificazione indistinta, con sottili livelli di arenarie fini alla base.

Spessore 300 m.

Cronostratigrafia: Chattiano (Oligocene sup.)

Biostratigrafia: MNP25 – MNN1a.

Provenienza dati biostratigrafici: FOGLIO 216-BORGO VAL DI TARO.

FIU Argille di Fiumalbo

Argille varicolori con intercalazioni di strati sottili calcarenitici. Verso l'alto argilliti marnose con intercalazioni di siltiti ed arenarie fini. Localmente arenarie grossolane e conglomerati con ciottoli di diaspri rossi ed ofioliti e rocce cristalline (*Arenarie del Sassolera*). Ambiente deposizionale di scarpata profonda.

Spessore : 80 m.

Cronostratigrafia: Luteziano - Rupeliano (Eocene - Oligocene inf.).

Biostratigrafia: MNP15 – MNP23.

Provenienza dati biostratigrafici: CATANZARITI & PERILLI, 2009.

MMA Marne di Marmoreto

Marne massicce grigie con sporadiche intercalazioni di straterelli arenacei, e vulcanoclastiti, di ambiente di scarpata.

Spessore: 60-70 metri.

Cronostratigrafia: Rupeliano - Chattiano (Oligocene)

Biostratigrafia: MNP23 – MNN1a.

Provenienza dati biostratigrafici: CATANZARITI & PERILLI, 2009; FOGLIO 235-PIEVEPELAGO.

MOD Arenarie di M. Modino

Arenarie torbiditiche a granulometria da media a grossolana, alternate a pacchi di arenarie più sottili, con interstrati pelitici. Materiale detritico proveniente dal basamento cristallino.

Spessore: fino a 500 m.

Cronostratigrafia: Chattiano - Aquitaniano (Oligocene sup. - Miocene inf.)

Biostratigrafia: MNP25b – MNN1c.

Provenienza dati biostratigrafici: CATANZARITI & PERILLI, 2009; FOGLIO 235-PIEVEPELAGO.

MVV Marne Varicolori di Villore

Marne e marne argillose variegata, di colore verde e grigio chiaro, talora rossastro. Depositi emipelagici e pelagici che precedono la sedimentazione torbiditica di avanfossa.

Spessore: fino a 100 m.

Cronostratigrafia: Chattiano - Aquitaniano (Oligocene sup. - Miocene inf.)

Biostratigrafia: MNP25a – MNN1d.

Provenienza dati biostratigrafici: CIBIN *et al.*, 2004; FOGLIO 252-BARBERINO DEL MUGELLO; FOGLIO 253-MARRADI; FOGLIO 264-BORGIO S. LORENZO; FOGLIO 278-PIEVE S. STEFANO.

FAL Arenarie di M. Falterona

Torbiditi arenacei nella parte inferiore, arenaceo-pelitici nella parte intermedia e pelitico-arenacei nella parte superiore. Le arenarie, gradate, hanno generalmente granulometria medio-fine. Le controimpronte da corrente indicano provenienza del detrito da NW e subordinatamente da SE. Deposito di origine torbiditica di piana bacinale confinata e relativamente profonda e di scarpata limitatamente alla porzione sommitale.

Spessore: fino a 1500 m.

Cronostratigrafia: Chattiano - Aquitaniano (Oligocene sup. - Miocene inf.)

Biostratigrafia: MNP25 – MNN1d.

Provenienza dati biostratigrafici: COSTA *et al.*, 1997; FOGLIO 264-BORGIO S. LORENZO; FOGLIO 265-BAGNO DI ROMAGNA; FOGLIO 278-PIEVE S. STEFANO; FOGLIO 289-CITTÀ DI CASTELLO; FOGLIO 299-UMBERTIDE; PLESI *et al.*, 2002.

VIC Formazione di Vicchio

Marne con intercalazioni di marne selciose nella parte basale e parte superiore prevalentemente marnoso-arenacea. Deposito di piattaforma passante a scarpata e successivamente a bacino relativamente profondo.

Spessore: 450 m.

Cronostratigrafia: Aquitaniano sup. - Burdigaliano (Miocene inf.).

Biostratigrafia: MNN1d – MNN4a.

Provenienza dati biostratigrafici: FOGLIO 264-BORGIO S. LORENZO; FOGLIO 265-BAGNO DI ROMAGNA; FOGLIO 278-PIEVE S. STEFANO; FOGLIO 289-CITTÀ DI CASTELLO; PLESI *et al.*, 2002.

CEV Arenarie di M. Cervarola

Torbiditi in facies arenacea (arenarie da grossolane a fini, in strati da centimetrici a metrici) e in facies pelitica (peliti marnose, di colore grigio scuro) con frequenti intercalazioni di calcari marnosi (nella porzione medio-bassa), marne siltose, calcareniti e argilliti nere. Liste e noduli di selce nera nella porzione medio-alta.

Localmente sono frequenti livelli vulcanoclastici. Le controimpronte indicano provenienze dei flussi dai settori nordoccidentali. Questi depositi vengono attribuiti sia ai settori distali del sistema torbiditico (lobo e frangia di lobo) sia alla piana sottomarina.

Spessore: fino a 1500 m.

Cronostratigrafia: Chattiano - Burdigaliano (Oligocene-Miocene inf.)

Biostratigrafia: MNP25 – MNN3.

AQR *Formazione dell'Acquerino (Cervarola Auctt.)*

Torbiditi arenaceo-pelitiche alla base e pelitico-arenacee nella parte intermedia; la parte superiore è costituita da marne siltose con rari, sottili livelli di arenarie. Livelli sottili di areniti vulcanoclastiche caratterizzano la base. Liste di selce nera spesse pochi centimetri sono presenti a vari livelli. Le controimpronte indicano provenienze dei flussi da NW. Depositi torbiditici di frangia di lobo e di lobo arenaceo sostituiti verso l'alto da depositi emipelagici e torbiditici fini legati alla disattivazione del sistema deposizionale.

Spessore: fino a 1500 m.

Cronostratigrafia: ? Chattiano - Burdigaliano (? Oligocene sup. - Miocene inf.)

Biostratigrafia: ? MNP25a – MNN3b

Provenienza dati biostratigrafici: CIBIN *et al.*, 2004; FOGLIO 252- BARBERINO DI MUGELLO; FOGLIO 253-MARRADI; FOGLIO 264-BORGIO S. LORENZO.

TCG *Formazione del Torrente Carigiola (Cervarola Auctt.)*

Torbiditi arenaceo-pelitiche caratterizzate da strati particolarmente spessi ("megastrati") a grana da grossolana a microconglomeratica. Al tetto della formazione peliti prevalenti. Selce nera in liste e in livelli centimetrici nella parte intermedia. Le paleocorrenti indicano provenienze dei flussi da NW. Depositi torbiditici di lobo arenaceo e frangia di lobo passanti al tetto a depositi legati alla disattivazione del sistema deposizionale di avanfossa.

Spessore: fino a 1000 m.

Cronostratigrafia: Chattiano - Aquitaniano (Oligocene sup. - Miocene inf.)

Biostratigrafia: MNN1 (*non differenziata*) – MNN1d

Provenienza dati biostratigrafici: CIBIN *et al.*, 2004; FOGLIO 252- BARBERINO DI MUGELLO; FOGLIO 253-MARRADI; FOGLIO 264-BORGIO S. LORENZO.

STA *Formazione di Stagno (Cervarola Auctt.)*

Torbiditi da arenaceo-pelitiche a pelitico-arenacee, fino a peliti prevalenti, di colore grigio. Le paleocorrenti indicano provenienza dei flussi da NW. Depositi di lobo arenaceo e di frangia di lobo passanti al tetto a emipelagiti e torbiditi fini, legate alla disattivazione del sistema deposizionale di avanfossa.

Spessore: fino a 1200 m.

Cronostratigrafia: Aquitaniano - Burdigaliano (Miocene inf.)

Biostratigrafia: MNN2a – MNN3b.

Provenienza dati biostratigrafici: CIBIN *et al.*, 2004; FOGLIO 252- BARBERINO DI MUGELLO; FOGLIO 253-MARRADI; FOGLIO 264-BORGIO S. LORENZO.

CDP *Formazione di Castiglione dei Pepoli*

Torbiditi arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee di colore grigio. Le controimpronte di fondo indicano provenienza dei flussi da NW. Depositi torbiditici di lobo arenaceo e di frangia di lobo.

Spessore: fino a 1000 m.

Cronostratigrafia: Burdigaliano - Langhiano (Miocene inf. e medio).

Biostratigrafia: ? MNN4a – MNN5a.

Provenienza dati biostratigrafici: CIBIN *et al.*, 2004; FOGLIO 252- BARBERINO DI MUGELLO; FOGLIO 253-MARRADI; FOGLIO 264-BORGIO S. LORENZO.

BIS *Bisciario*

Calcari, calcari marnosi e marne calcaree di colore grigio chiaro, con liste di selce nera; frequenti livelli vulcanoclastici e locali intercalazioni pelitiche. Profondità di deposizione compresa tra 400 e 700 m.

Spessore: fino a 150 m.

Cronostratigrafia: Aquitaniano - Burdigaliano (Miocene inf.)

Biostratigrafia: MNN1 – MNN3a.

Provenienza dati biostratigrafici: FOGLIO 278-PIEVE S. STEFANO.

SCH *Schlier*

Marne e marne argillose grigie e, subordinatamente, calcari marnosi biancastri, talora finemente detritici. Deposito emipelagico con ridotti contributi di tipo torbiditico, in ambiente di profondità non superiore ai 1000 m.

Spessore: fino a 200 m.

Cronostratigrafia: Burdigaliano (Miocene inf.)

Biostratigrafia: MNN3a – MNN3b.

Provenienza dati biostratigrafici: FOGLIO 264-BORGIO S. LORENZO; FOGLIO 278-PIEVE S. STEFANO.

FMA *Formazione Marnoso-Arenacea romagnola*

Torbiditi arenaceo-pelitiche con subordinate marne emipelagiche di colore grigio. Le arenarie gradate, da medie a molto fini, sono grossolane alla base degli strati più spessi. Le controimpronte di fondo indicano apporti prevalenti da NW, subordinatamente da SE (*colombine*). Le arenarie hanno composizione variabile da arcossica (flussi torbiditici da NW, di provenienza alpina) a ibrida e calcarenitica (flussi da SE, di provenienza appenninica). L'ambiente deposizionale è di piana bacinale generalmente sovralimentata con erosione dei depositi emipelagici da parte dei flussi torbiditici.

Spessore: oltre 3000 m.

Cronostratigrafia: Burdigaliano - Tortonian (Miocene inf. - sup.)

Biostratigrafia: MNN3b – MNN8.

Provenienza dati biostratigrafici: CIBIN *et al.*, 2004; FOGLIO 253-MARRADI; FOGLIO 265-BAGNO DI ROMAGNA; FOGLIO 278-PIEVE S. STEFANO.

MUM *Formazione Marnoso-Arenacea umbra*

Torbiditi arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee di colore grigio, con strati di brecciole passanti a calcarenite fine e marna calcarea, nella parte alta. Le controimpronte indicano flussi di corrente da NW.

Spessore: oltre 1000 m.

Cronostratigrafia: Burdigaliano - Langhiano (Miocene inf. e medio)

Biostratigrafia: MNN3b – MNN5a.

Provenienza dati biostratigrafici: CIBIN *et al.* (2004); FOGLIO 278-PIEVE S. STEFANO.

SPL *Marne di San Paolo*

Marne, marne calcaree e marne argillose compatte, bioturbate, con stratificazione poco evidente; rare intercalazioni di peliti laminate e di livelli calcarei di spessore medio a geometria lenticolare. Ambiente deposizionale di scarpata superiore e di piattaforma esterna.

Spessore: 250 m.

Cronostratigrafia: Serravalliano - Tortoniano (Miocene medio-sup.)

Biostratigrafia: MNN6b – MNN10.

Provenienza dati biostratigrafici: CIBIN *et al.* (2004); FOGLIO 265-BAGNO DI ROMAGNA; FOGLIO 278-PIEVE S. STEFANO.

5.3. Considerazioni conclusive

Queste brevi considerazioni conclusive sono riservate ad un problema che si collega direttamente alle unità di avanfossa e alla biostratigrafia e riveste importanza fondamentale per l'interpretazione strutturale e geodinamica dell'Appennino settentrionale. Ci riferiamo alla natura e al significato dei rapporti tra le unità di avanfossa Macigno, Modino e Cervarola in corrispondenza dello spartiacque toscano-emiliano tra il Passo del Cerreto, a ovest, ed il M.te Cimone, ad est (Fronte della Falda toscana *Auctt.*). Si tratta di un problema articolato e complesso che vede confrontarsi due posizioni radicalmente diverse, qui di seguito esposte:

- a. i rapporti Macigno-Modino sono stratigrafici in successione verticale con l'intercalazione di olistostromi di provenienza tirrenica (Liguridi s.l.; NARDI, 1965). L'insieme Macigno-Modino passa verso l'esterno al Cervarola nell'ambito di un sistema deposizionale sostanzialmente non interrotto da discontinuità di importanza regionale;
- b. i rapporti Macigno-Modino sono tettonici e le unità ad affinità ligure interposte sono quel che resta della originaria successione stratigrafica cretaceo-eocenica di M. Modino. La discontinuità tettonica tra Macigno e Modino è risolta come *thrust* (PLESI, 1975) o *back thrust* (REUTTER, 1969) (origine interna e origine esterna del Modino), con senso di trasporto comunque trasversale alla catena, o come *splay* di una *flower structure* regionale e senso di trasporto parallelo alla catena dell'Unità Modino rispetto al Macigno (transpressione destra) (CERRINA FERONI *et al.*, 2002, 2004). La discontinuità tettonica viene in tutti i casi identificata con il lineamento noto come "Fronte della Falda Toscana".

Non riteniamo, pur avendo naturalmente una nostra opinione in merito, espressa anche di recente (CERRINA FERONI *et al.*, 2004), che sia questa la sede giusta per discutere più a fondo il problema nei suoi diversi aspetti e per confrontare gli argomenti a favore o contrari alle diverse soluzioni. Abbiamo voluto ricordare l'esistenza di questo problema, di importanza primaria per l'interpretazione dell'intero Appennino settentrionale, al solo scopo di mettere in evidenza quanto la biostratigrafia rivesta un ruolo chiave nell'ambito di questa disputa scientifica.

Nella tav. 5a una sola colonna biostratigrafica è dedicata alla successione dell'Unità Modino. Ciò dipende dal fatto che è in Emilia, e non in Toscana, che ricade la quasi totalità degli affioramenti di M. Modino. La colonna 8 è comunque rappresentativa anche da sola della stratigrafia e biostratigrafia delle Arenarie di M. Modino nell'intera area di diffusione di questa unità. Le età delle Argille di Fiumalbo e delle Marne di Marmoreto, e ancora di più le età e le modalità del passaggio tra le Marne di Marmoreto e le Arenarie di M. Modino assumono importanza decisiva per un razionale approccio al problema di cui si tratta, su cui sarebbe auspicabile un esauriente dibattito nell'ambito della comunità scientifica.

6. La Successione toscana pre-avantfossa

6.1. Caratteri generali

Le formazioni della Successione toscana non metamorfica non sono radicate al loro basamento ma costituiscono, nel loro insieme, una unità tettonica, tradizionalmente indicata con il nome di “Falda toscana”. La base di tale unità è rappresentata dalla Formazione anidritica di Burano, in corrispondenza della quale si è verificato lo scollamento e lo scorrimento dell’unità stessa al di sopra dell’Unità di Massa e dell’“Autoctono” apuano. Dette formazioni compaiono in affioramenti di limitata estensione, al di sotto delle Unità subliguri e liguri e dei depositi marini e continentali neogenici e quaternari. Gli studi di superficie e le stratigrafie dei sondaggi profondi, effettuati nelle aree minerarie e geotermiche delle Colline metallifere e dell’Amiata, hanno dimostrato che, soprattutto nella Toscana meridionale, la Falda toscana non risulta continua al di sotto delle coperture liguri e subliguri, ma appare frammentata in tante zolle di forma lenticolare, isolate e disperse in una vasta area, caratterizzata dal fenomeno della “serie ridotta”. Con questo termine non si vuole qui far riferimento agli eventi tettono-sedimentari che, nel corso del Mesozoico e del Terziario, hanno determinato particolari situazioni ambientali con conseguenti fenomeni di riduzioni, condensazioni e lacune nella successione stratigrafica, ma ad un ben preciso meccanismo tettonico, verificatosi, a partire dal Miocene inf., per un imponente processo di distensione, dopo la messa in posto del complesso delle Unità liguri e subliguri (SIGNORINI, 1949; DECANDIA *et al.*, 1993).

La Successione toscana meso-cenozoica è rappresentata da litofacies di varia costituzione, carbonatico-siliceo-pelitica, indicative di una evoluzione, non sempre continua ed uniforme, degli ambienti di sedimentazione che, a partire dal Trias sup., evolvono da bacini evaporitici con *sabkhas* costiere (Formazione anidritica di Burano), a bacini marini poco profondi, con circolazione tendenzialmente ristretta (Calcari e marne a *Rhaetavicula contorta*), sino all’ambiente di piattaforma carbonatica che si instaura nell’Hettangiano (Calcare massiccio). Segue, alla fine del Lias inf., l’annegamento della piattaforma e l’instaurarsi di un ambiente pelagico che si approfondisce fino al Tortonico con la deposizione del Calcare rosso ammonitico e del Calcare selcifero di Limano nell’Hettangiano sup.-Domeriano, delle Marne a *Posidonia* / Calcare rosso ammonitico nel Toarciano-Calloviano, del Calcare selcifero della Val di Lima nell’Oxfordiano-Kimmerdgiense e dei Diaspri / Calcari ad Aptici nel Calloviano-Tortonico (KÄLIN *et al.*, 1979; PASSERI & VENTURI, 2005 *cum bibl.*). Al sedimento carbonatico-siliceo a Radiolari e ad Aptici, segue nel Neocomiano un sedimento carbonatico organogeno, la Maiolica, costituita quasi interamente da nannofossili calcarei. Sulla Maiolica poggia, spesso in discontinuità stratigrafica, la Scaglia toscana, che segna l’inizio, sempre in un ambiente bacinale profondo, dei primi apporti terrigeni extrabacinali. Questi assumeranno nell’Eocene e nell’Oligocene una sempre maggiore importanza, con l’impostazione nel bacino di sistemi torbiditici dapprima carbonatici (Argilliti e calcareniti di Dudda, Calcareniti di Montegrossi) e successivamente, a partire dall’Oligocene sup., silicoclastici (Formazione del Macigno).

Cenni storici

Fin dai primi anni del 1900, in alternativa alle idee autoctoniste della maggior parte dei geologi italiani, andarono sviluppandosi le idee faldiste da parte di numerosi geologi, provenienti da varie scuole europee. L. De Launay e G. Steinmann, nel 1907, sostennero per primi, e con argomentazioni diverse, l’alloctonia delle

unità liguri. Ad essi seguì la definizione di altre unità alloctone all'interno della successione toscana, fino alla enunciazione, per l'Appennino settentrionale, di una architettura a falde (TILMANN, 1926). LENCEWICZ (1917) avanzò l'ipotesi che "l'Appennino calcareo", sottostante alla falda ofiolitifera ("falda superiore"), fosse alloctono e distinse sulle Alpi Apuane, al di sotto della "falda superiore", la "falda di Sicilia", non metamorfica, dalla sottostante "falda di Calabria" metamorfica.

Intorno agli anni trenta, nel periodo in cui da parte del R. Ufficio Geologico (che allora dipendeva dal Ministero delle Corporazioni) veniva pubblicata la Memoria di D. Zaccagna sulle Alpi Apuane, si fecero strada, attraverso una voluminosa letteratura, le idee faldiste, portate avanti dagli autori di lingua tedesca (TILMANN, 1926; STAUB, 1932; DE WIJKERSLOOTH, 1934; TEICHMULLER, 1932; 1935; etc.). Al di sotto della *Falda ligure*, nei tre principali nuclei della Catena metallifera, Alpi Apuane, Monte Pisano e Montagnola Senese, furono riconosciute le seguenti unità nell'ordine dall'alto al basso: *Toscanide II*, non metamorfica, e *Toscanide I*, comprendente tutti i terreni metamorfici dei tre nuclei; quest'ultima fu a sua volta suddivisa in due parti, una superiore, parautoctona, comprendente soprattutto il Verrucano triassico del versante occidentale e meridionale delle Alpi Apuane (*Schuppenzone von Massa* di STAUB), l'altra, inferiore, autoctona.

Tuttavia le idee autoctoniste, soprattutto nei riguardi della successione toscana, continuarono a dominare su gran parte dei geologi toscani e su quelli del Servizio Geologico, per tutta la prima metà del 1900 ed anche per alcuni decenni successivi, seppure in maniera sempre più attenuata. Alcune difficoltà nella ricostruzione della successioni stratigrafiche, laddove si evidenziavano ripetizioni di serie, anche a seguito di nuovi reperti fossiliferi (Alpi Apuane, Monte Pisano e Montagnola Senese), crearono "opinioni aberranti rispetto alle idee classiche della geologia toscana", vere acrobazie per giustificare il ricorrere delle stesse formazioni a diverse altezze della successione stratigrafica: così l'assegnazione del Verrucano e del Cavernoso della base della Falda Toscana al Cretacico inferiore (Wealdiano) in FUCINI (1925) e le discusse determinazioni paleontologiche di Vinassa De Regny, che riuscì ad invecchiare le ammoniti dei marmi liassici del Monte Pisano (VINASSA DE REGNY, 1932; 1933) traendo così in errore il suo devoto allievo R. REDINI (1935).

Le idee faldiste assunsero significatività nella letteratura geologica italiana solo agli inizi degli anni '40, quando C. E. Burckhardt, F. Ippolito e A. Spicher, sotto la direzione di A. Rittmann, effettuarono, per conto del Centro Ricerche Geominerarie dell'I.R.I., il rilevamento geologico del M. Pisano e delle Alpi Apuane. A causa delle note vicende belliche, la pubblicazione integrale degli studi condotti in queste località avvenne solamente nel 1948 e 1950, ad opera di A. RITTMANN e F. IPPOLITO. Alla memoria di IPPOLITO (1950) sul M. Pisano è allegata una carta geologica alla scala 1:25000 con uno schizzo tettonico nel quale sono distinti un Mesozoico ed un Paleozoico, attribuiti all'"Autoctono", ed un Mesozoico ed un Paleozoico attribuiti alla "Falda toscana *Auctt.*". A quella sulle Alpi Apuane (IPPOLITO, 1950) sono allegate quattro colonne stratigrafiche, relative alla "Falda toscana" ovest (Regione Carrara), "Falda toscana" est (Regione Pania della Croce), "Autoctono" ovest (Regione Carrara), "Autoctono" est (Regione Monte Corchia) ed uno "Schizzo tettonico della Regione Apuana", alla scala 1:100.000, nel quale sono distinte quattro unità: "Falda Ligurica *Auctt.*", "Falda Toscana", "Parautoctono" e "Autoctono". Le due memorie di Ippolito meravigliano per la modernità e la chiarezza con cui vengono affrontati e discussi alcuni importanti temi della geologia della Toscana con concezioni che saranno alla base di importanti lavori di analisi e di sintesi nei decenni successivi.

Da citare, fra l'altro, il riconoscimento dell'estensione regionale della Falda toscana e dell'età della sua messa in posto, l'analisi dello stile strutturale dell'Autoctono Apuano, il riconoscimento di una tettonica rigida disgiuntiva posteriore al ricoprimento delle Alpi Apuane e del M. Pisano, il riconoscimento di elisioni all'interno della Falda toscana, che l'Autore interpreta correttamente come un fenomeno di natura tettonica, e che gli autori successivi, a partire da SIGNORINI (1949), indicheranno con il nome di "serie ridotta". Approfondimenti sui caratteri stratigrafici della Falda toscana, sulla sua estensione regionale, sul fronte di accavallamento, sul verso del trasporto tettonico e sulle disarmonie e discontinuità che si osservano al suo interno, furono effettuati in numerosi lavori negli anni sessanta. Tra quelli che hanno affrontato regionalmente queste problematiche nella maniera più sintetica, ricordiamo le memorie di TREVISAN (1962), GIANNINI *et al.* (1962) e BALDACCINI *et al.* (1967). Trevisan identifica il fronte della Falda toscana con la grande piega rovesciata che segna l'accavallamento del Macigno sulle Arenarie del Cervarola; descrive inoltre, all'interno della Falda toscana, alcune caratteristiche strutture disarmoniche "où les terrains plus plastiques jouent le rôle de lubrifiants". GIANNINI *et al.* (1962) conducono un esame approfondito sulla Falda toscana per tutta la sua estensione nell'Appennino settentrionale: il fronte si identifica con l'allineamento strutturale M. Orsaro - Val di Lima - Montecatini T. - Monti del Chianti - Monte Cetona, ma rimane il dubbio sul significato genetico e tettonico delle Arenarie del Cervarola. Secondo BALDACCINI *et al.* (1967), la Falda toscana si è messa in posto in due fasi: "la prima al limite Oligocene-Miocene, nella quale si è delineato il fronte dell'unità principale, fronte che è ancora riconoscibile in alcuni tratti della struttura Monte Orsaro - Val di Lima; la seconda al Tortonian, nella quale si ha la definitiva messa in posto dell'unità principale e la formazione della sotto-unità più esterna (costituita dai terreni del Complesso del Cervarola s.l.), cui corrisponde un nuovo fronte, ad est del precedente". I rapporti fra l'Autoctono apuano e la Falda toscana sarà più recentemente ripreso in esame da Carmignani, Giglia e Kligfield, che negli anni '70 condussero una intensa campagna di ricerche di analisi strutturale sull'unità metamorfica delle Apuane (CARMIGNANI *et al.*, 1978, 1981). Tali ricerche portarono al riconoscimento di una tettonica polifasata, sinmetamorfica, oligo-miocenica. Durante la fase D₁ detta unità costituì "una fascia di taglio ensialica il cui limite superiore è rappresentato dal contatto con la Falda toscana e quello inferiore, non affiorante, da zone più esterne (substrato Umbro?) sulle quali presumibilmente le Apuane metamorfiche si accavallano" (CARMIGNANI & GIGLIA, 1984). In una fase successiva, da assegnarsi probabilmente al Miocene inf., le strutture D₁ vennero ripiegate in una cupola ellissoidale, una *antiformal stack*, con inizio di processi distensivi nei livelli crostali superiori. Seguono nel Neogene e nel Pleistocene eventi distensivi che portano all'esposizione del "core complex" apuano (CARMIGNANI *et al.*, 1994).

Fino agli anni '60, le Alpi Apuane, i Monti Pisani, la Montagnola senese e la Dorsale Monticiano-Roccastrada venivano considerati come appartenenti allo stesso asse metamorfico autoctono. L'Unità di Massa, interposta fra l'Autoctono e la Falda toscana nelle Apuane occidentali e nello Stazzemese, costituita essenzialmente da formazioni metamorfiche del Verrucano, era interpretata come un insieme di scaglie parautoctone. L'attuale assetto geometrico delle unità tettoniche, vergenti ad E e a NE, e riconoscibili in corrispondenza della finestra tettonica delle Apuane, era considerato come il riflesso di una originaria situazione paleogeografica, caratterizzata dalle seguenti zone isopiche a partire dalla più occidentale:

- 1) Bacino ligure in senso lato;
- 2) Zona toscana interna (area di provenienza della Falda toscana);
- 3) Zona apuana s.l., che passava ad oriente alla Zona umbra.

Nel 1967 BALDACCI *et al.* distinguono, all'interno del Dominio toscano, una nuova zona isopica, la Zona di Massa, compresa fra la Zona toscana interna (area di provenienza della Falda toscana), ad occidente, e la Zona toscana esterna (Autoctono apuano), ad oriente. Da questa zona deriverebbe l'Unità di Massa, che si caratterizza, a differenza dell'Autoctono apuano, per il notevole sviluppo del Verrucano triassico e per un più elevato grado di metamorfismo. Nel 1974 RAU & TONGIORGI sostengono che i Monti Pisani, la Montagnola Senese e la Dorsale Monticiano-Roccastrada, in precedenza attribuiti all'asse autoctono delle Apuane, fanno parte dell'Unità di Massa; ne consegue che lungo tale asse l'Autoctono affiorerebbe soltanto nella finestra delle Alpi Apuane.

Anche la provenienza della Falda toscana viene messa in discussione negli anni '70; TONGIORGI (1978) e DALLAN NARDI & NARDI (1979), ritengono che la serie toscana non metamorfica (futura Falda toscana) si sia deposta in un'area ad est delle Apuane, fra la Zona apuana ed il Bacino umbro. Questo quadro paleogeografico viene adottato anche da BOCCALETTI *et al.* (1981) nel loro modello di evoluzione dell'Appennino settentrionale, ed è giustificato dalle affinità che la successione della Falda toscana, soprattutto negli affioramenti più orientali (Dorsale Monti del Chianti - Rapolano - Monte Cetona), presenta con la successione mesozoico-cenozoica del Dominio umbro.

Una ricostruzione paleogeografica diversa dagli schemi fin qui illustrati è stata presentata in più lavori da CIARAPICA & PASSERI (1981a, 1982, 1994, 2005 *cum bibl.*). A partire dal Carnico (inizio del Ciclo alpino) si registrano nel Dominio toscano tre zone isopiche che sono, da ovest a est, le seguenti:

- 1) Zona di La Spezia, nella quale sono riconosciuti due cicli sedimentari: un ciclo medio triassico ed un ciclo alpino (dal Carnico all'Oligocene), quest'ultimo caratterizzato, fin dal Trias, da facies pelagiche di mare aperto;
- 2) Zona apuana, rappresentata da una successione triassico- oligocenica, caratterizzata dalla presenza alla base di una potente successione di piattaforma carbonatica, dapprima dolomitica (nel Trias superiore) e quindi calcarea (nel Giurassico inferiore);
- 3) Zona toscana, rappresentata da una successione triassico-miocenica, con alla base il Gruppo del Verrucano. Il Trias superiore è caratterizzato dalla formazione evaporitica delle Anidriti di Burano.

Ciò comporterebbe la divisione del tradizionale "dominio unitario della Falda toscana in due distinti elementi paleogeografici e strutturali: una facies spezzina (Spezidi) ed una facies toscana (Toscanidi) (CIARAPICA & PASSERI, 1982).

6.2. Stratigrafia e biostratigrafia

La successione toscana non metamorfica è caratterizzata, oltre che da cambiamenti laterali di facies, da importanti discontinuità stratigrafiche, corrispondenti a più o meno estese lacune di sedimentazione. I vecchi Autori (Suess, Neumayr, Zaccagna, Lotti, etc.) sostenevano la presenza di due importanti lacune di sedimentazione, per emersione, nel Dogger ("Trasgressione batoniana") e nel Cretaceo inf. ("Trasgressione cenomaniana"). Queste discontinuità furono messe in discussione, a partire dagli anni trenta, con prove paleontologiche, soprattutto da MERLA (1952), che sostenne la continuità della Successione toscana dal Trias all'Oligocene. Tale continuità fu ritenuta valida fino agli anni '60. Studi biostratigrafici più approfonditi, favoriti dallo sviluppo di nuove metodologie di indagine (micropaleontologia e *microfacies*), permisero di riconoscere importanti discontinuità soprattutto fra la Maiolica e gli "Scisti policromi" e all'interno di quest'ultimi; spesso si tratta di discontinuità con contatti del tipo *paraconformity*, talvolta contrassegnati dalla presenza di brecce sedimentarie (BOCCALETTI & BORTOLOTTI, 1965; BOCCALETTI & SAGRI, 1967; CANUTI & MARCUCCI, 1967, 1970, 1971; etc.). Il quadro paleogeografico ricostruito dai diversi AA. non prevede emersioni ma una conformazione articolata del fondo marino, con presenza di zone isopiche a sedimentazione condensata e lacunosa che si alternano a zone a sedimentazione bacinale. Nella Toscana settentrionale (Alpi Apuane e Monti d'Oltre Serchio) l'andamento di queste zone è trasversale rispetto agli assi strutturali dell'Appennino settentrionale (CERRINA FERONI & PATACCA, 1975; FAZZUOLI & SGUAZZONI, 1986; FAZZUOLI *et al.*, 1988); nella Toscana meridionale tale andamento non è stato riconosciuto, anche per la frammentazione e la dispersione strutturale delle zolle a Successione toscana ("serie ridotta"). Recentissimi studi lito e biostratigrafici, condotti nell'area di Rapolano Terme (BAMBINI *et al.*, 2009), hanno permesso di arricchire il quadro conoscitivo, con ulteriori ipotesi sulla evoluzione deposizionale e ambientale della Successione toscana dal Cretaceo all'Oligocene; queste ipotesi dovranno essere verificate in altre aree di affioramento. Il passaggio Maiolica \ Argilliti di Brolio, ben esposto nella successione di Podere Cetinaia – Podere M. Petroso, non sembra essere caratterizzato da alcuna discontinuità stratigrafica significativa. Diversamente, tale passaggio è evidenziato da una netta variazione, sia litologica, sia del contenuto organico, in quanto dai calcari ricchi in organismi della Maiolica, si passa alle argilliti marnose rosse della Formazione di Brolio. La diminuzione del contenuto in materiale carbonatico, si accompagna ad una forte diminuzione del contenuto organico, che già nella parte alta della Maiolica sembra essere costituito prevalentemente da Radiolari e da scarse associazioni di Foraminiferi. Una simile variazione litologica, determinata da un aumento verso l'alto della frazione argillitica ed una diminuzione di quella carbonatica, con formazione di facies anossiche, è osservabile, nel Cretaceo inf., anche in altri domini paleogeografici, in particolare in quelli pelagici, come ad esempio per il passaggio Calcare a Calpionelle \ Argille con calcari palombini del Dominio Ligure interno, documentato al Valanginiano, così come il passaggio Maiolica \ Marne a Fucoidi del Dominio Umbro-Marchigiano, riferito alla base dell'Aptiano. Tutto ciò lascerebbe pensare a meccanismi legati a fattori globali, o quantomeno su scala regionale, e non a fattori locali. Si potrebbe infatti supporre che in tale intervallo la CCD si fosse sollevata, per un arricchimento delle acque in CO₂, con la conseguente sedimentazione di depositi pelagici prevalentemente argillitici e silicei. Il fenomeno potrebbe essere collegato ai ben noti "*oceanic anoxis events*" (OAE) verificatisi a scala globale negli oceani durante il Cretacico inf. e al passaggio Cenomaniano-Turoniano (SCHLANGER & JENKYN, 1976; SCHLANGER & CITA, 1982 *cum bibl.*); alcuni di questi potrebbero trovare corrispondenza nei livelli guida anossici della Successione umbro-marchigiana, quali il "livello Faraoni", il "livello Selli" e il "livello Bonarelli". Tale scenario

rientrerebbe in un quadro di surriscaldamento globale del clima, che a più riprese (*greenhouse climate episodes*) è registrato nel record sedimentario del Cretaceo inf. e correlato con sorprendente precisione ad altri indicatori paleoceanografici quali le variazioni del rapporto isotopico del carbonio ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$), sia in successioni di margine continentale (Maiolica delle Alpi e Prealpi lombarde), sia in successioni pelagiche di copertura delle ofioliti liguri.

Un'ipotesi alternativa - seppure verificata a livello regionale e non globale - è che la diminuzione della sedimentazione carbonatica possa essere connessa anche con l'attività vulcanica che avrebbe interessato il Dominio Toscano o i domini paleogeografici limitrofi durante il Cretaceo inf. Difatti, numerosi Autori segnalano in Toscana meridionale prodotti vulcanici a chimismo alcalino, che nel Cretaceo inf. avrebbero interessato almeno il Dominio Ligure esterno. In particolare, alcuni AA. hanno recentemente segnalato la presenza di prodotti vulcanici e subvulcanici incassati in calcari del Valanginiano-Hauteriviano dell'area di Rapolano Terme, di Castiglioncello del Trinoro, del Torrente Senna, di Murci etc. (BROGI *et al.*, 2000a, 2000b *cum bibl.*). Sono emersi inoltre indizi che l'attività vulcanica, post-ofioliti, si sarebbe protratta, forse in maniera episodica, almeno fino al Turoniano; lo lasciano pensare i depositi poveri in carbonati e ricchi in silice, fino ad arrivare a veri e propri diaspri, presenti nella parte alta delle Argilliti di Brolio con intercalati sottili orizzonti vulcanoclastici contenenti albite (derivante da vetro vulcanico devetrificato) e strati ricchi in biossido di manganese, come bene osservabile sui Monti del Chianti e nell'area di Rapolano Terme. Potrebbe rafforzare ulteriormente tale ipotesi la segnalazione di livelli vulcanoclastici anche nell'adiacente Dominio Umbro-Marchigiano in corrispondenza del "livello Bonarelli", collocato nella parte alta della Scaglia Bianca al passaggio Cenomaniano-Turoniano (VANNUCCI *et al.*, 1981).

Settore nord

Nel settore nord, corrispondente all'area del ricoprimento apuano (tav. 6), la successione meso-cenozoica della Unità toscana superiore (Falda toscana *Auctt.*) presenta caratteristiche peculiari che richiedono un commento specifico.

E' da mettere in evidenza il fortissimo contrasto di facies e di spessori del segmento calcareo pelagico-bacinale della successione (tra il Rosso Ammonitico e la Scaglia), che contrappone la zona trasversale Val di Lima - M.ti d'Oltre Serchio al resto della regione ed in particolare alla zona longitudinale Passo del Cerreto - Mommio - Corfino, immediatamente ad occidente del "Fronte della Falda toscana".

La zona trasversale Val di Lima - M.ti d'Oltre Serchio è caratterizzata da spessori rilevanti del segmento Calcare selcifero di Limano (Calcare selcifero inf. *Auctt.*) – Marne a Posidonomya – Calcare selcifero della Val di Lima (Calcare selcifero sup. *Auctt.*) – Diaspri – Maiolica (complessivamente oltre 1000 metri), mentre nella zona longitudinale Passo del Cerreto - Mommio - Corfino lo stesso intervallo cronostratigrafico (Giurese medio - Cretaceo inf.) corrisponde ad una successione ridotta e lacunosa rappresentata discontinuamente soltanto da poche decine di metri di serie (tav. 6a). Manca in particolare, in tutta la Toscana nord-occidentale, il Calcare selcifero della Val di Lima tra Marne a Posidonomya e Diaspri, assente anche in tutta la Toscana meridionale con la sola eccezione del nucleo di Casciana Terme (tav. 6b).

Questo drastico contrasto di spessori è da correlare alla facies della successione carbonatica tra Rosso Ammonitico e Scaglia, che nella zona Val di Lima – M.ti d'Oltre Serchio è caratterizzata da una successione

risedimentata (torbiditi) derivante dallo smantellamento, forse in ambiente sottomarino, del margine di una piattaforma carbonatica (Piattaforma abruzzese-friulana) in grado di alimentare per un lunghissimo periodo di tempo (60-70 Ma), tra il Giurese inf. e l'Aptiano-Albiano, un bacino subsidente orientato circa N40 (pre restaurazione palinspastica), quindi trasversalmente rispetto alla direzione della catena appenninica (CERRINA FERONI & PATACCA, 1975).

La distribuzione regionale del Calcere selcifero della Val di Lima definisce anche la posizione del limite meridionale del bacino trasversale, che doveva probabilmente correre lungo la congiungente tra i nuclei Monsummano - Montecatini Terme (tav. 6a, col. 8) e il nucleo di Casciana Terme (tav. 6b, col. 1), dove questa formazione è ancora presente tra Marne a Posidonomya e Diaspri ma, in entrambi i casi, con spessori di poche decine di metri, nettamente inferiori quindi ai valori (diverse centinaia di metri) del settore Val di Lima - M.ti d'Oltre Serchio.

Siamo quindi in presenza di un bacino trasversale, di direzione circa N40 e larghezza intorno a 40 km, di cui la tettonica ha amputato, con tempi e modalità differenti (apertura neogenica dello spazio tirrenico a occidente e discontinuità in corrispondenza del Fronte della Falda toscana ad oriente), i due originari prolungamenti nelle due opposte direzioni.

In questo bacino, corrispondente ad una depressione morfo-strutturale subsidente, si sono incanalati i flussi torbiditici carbonatici responsabili dei notevolissimi spessori della successione mesozoica, ai quali si contrappongono vistosamente le serie condensate e lacunose all'esterno della zona Val di Lima – M.ti d'Oltre Serchio, particolarmente ben espresse negli affioramenti di Passo del Cerreto - Mommio - Corfino.

L'annegamento generalizzato, nel Sinemuriano, della piattaforma carbonatica liassica (Calcere massiccio) a sud della linea di lacerazione, nel Giurese terminale, del Paleoceano ligure-piemontese (futuro margine della placca Adria), registra quindi all'interno del Dominio tosco-umbro delle differenziazioni forse controllate da discontinuità nel basamento pre-triassico, che regolano il processo sedimentario fino alla inversione geodinamica che accompagna l'instaurarsi al fronte della catena della avanfossa silicoclastica alimentata dalle Alpi (Macigno).

Anche nel Cretaceo sup. e nel Paleocene - Eocene inf. e medio, e fino all'Oligocene inf., infatti, i flussi torbiditici derivanti dalla piattaforma carbonatica sopravvissuta all'annegamento liassico continuano a concentrarsi nel bacino Val di Lima - M.ti d'Oltre Serchio, anche se con maggior dispersione (ad es. Nummulitico dei Monti del Chianti) rispetto ai Calcari selciferi e alla Maiolica.

6.2.1. Dati analitici

BUR Formazione anidritica di Burano

Alternanze di dolomie nere e di anidriti bianche. La formazione, raramente affiorante, è ben conosciuta in sondaggio. In affioramento le dolomie risultano alterate e pulverulente dando origine ad un deposito localmente indicato con il nome di “cenerone” (BUR_a).

I caratteri sedimentologici della Formazione anidritica di Burano suggeriscono un ambiente di sedimentazione di *sabkha* (PASSERI & PIALLI, 1973) “prospiciente un’area marina confinata ad alta salinità”.

Spessore: variabile da 0 ad oltre 1000 metri.

Cronostratigrafia: la Formazione anidritica di Burano viene attribuita al Carnico- Norico (Triassico sup.) sulla base di reperti fossiliferi nelle evaporiti di Boccheggiano.

Biostratigrafia: nell’area di Boccheggiano, in più livelli della Formazione anidritica di Burano attraversati dai pozzi della Solmine, COSTANTINI *et al.* (1983) segnalano per la prima volta la presenza di microfaune a Foraminiferi. MARTINI *et al.* (1989), in un lavoro che prende in esame oltre ai campioni provenienti dal sottosuolo di Boccheggiano anche campioni prelevati in alcune cave aperte nella formazione in oggetto (Montisi, Roccastrada, P. Lanzo) forniscono i seguenti elenchi di fossili:

- nei campioni provenienti dalle cave: *Glomospira* spp; *Glomospirella* ex gr. *amplificata/hoae*; *Glomospirella capellini*; *Glomospirella rosetta*; *Glomospirella* sp.2; *Glomospirella* spp.; *Gandinella apenninica*; *Agathammina* sp.; *Aulotortus tumidus*; *Aulotortus* sp.
- nei campioni prelevati dalle carote dei sondaggi: *Glomospira* spp; *Glomospirella* ex gr. *amplificata/hoae*; *Glomospirella rosetta*; *Glomospirella* sp.1; *Glomospirella* spp.; *Gandinella apenninica*; “*Trochammina*” sp.; *Agathammina* sp.; *Aulotortus communis*; *Aulotortus* sp., *Triadodiscus eomesozoicus*.

Provenienza dati biostratigrafici: CIARAPICA *et al.*, 1987; MARTINI *et al.*, 1989; PETTI & FALORNI, 2007.

DCR Dolomie di Coregna

Nella zona di La Spezia, la Formazione anidritica di Burano è sostituita da una unità, costituita da banchi di dolomie grigie, in facies di “piattaforma carbonatica a *grainstones* oolitici (CIARAPICA & PASSERI, 1981b; CIARAPICA *et al.*, 1984).

Spessore: 50-60 metri.

Cronostratigrafia: Carnico - Norico inferiore .

Provenienza dati biostratigrafici: ZANINETTI, 1976; CIARAPICA & ZANINETTI, 1984.

CCA Calcare cavernoso

Il litotipo predominante è una breccia con clasti dolomitici a spigoli vivi e cemento calcitico, senza traccia di stratificazione, di colore grigio, di aspetto spugnoso, talvolta con i vacuoli riempiti da una polvere grigia, detta “cenerone”, originatasi dal disfacimento dei frammenti di dolomia. Nella parte sommitale della formazione compaiono talvolta dei banchi di dolomia calcarea bianca, per uno spessore di circa 20 metri, spesso fittamente sbrecciati. Tradizionalmente il Calcare cavernoso è interpretato come il prodotto di processi superficiali di *weathering* su una originaria alternanza carbonatico-solfatica, nota con il nome di Formazione

anidritica di Burano, raramente affiorante ma ben conosciuta in sondaggio. Molti autori non escludono, in questa trasformazione, l'intervento di intensi processi deformativi.

Spessore: da pochi ad alcune centinaia di metri.

Cronostratigrafia: Carnico - Norico

Biostratigrafia: vedi Formazione anidritica di Burano

RET Calcare e marne a *Rhaetavicula contorta*

Calcare più o meno marnosi, grigio scuri, alternati a straterelli di marne grigie e grigio-nere, con contenuto fossilifero vario e sensibili variazioni di facies e di spessore. Questi ultimi caratteri hanno indotto alcuni Autori a considerare gli strati a *Rhaetavicula contorta* affioranti al M. Cetona ("Formazione del Monte Cetona") appartenenti a una formazione diversa da quelli affioranti a La Spezia ("Formazione di La Spezia").

Le caratteristiche sedimentarie che la formazione presenta al Monte Cetona indicano che la sedimentazione si è verificata in un ambiente di acqua bassa, con "deposizione ora sopra ora sotto il livello di base d'onda" e con forti variazioni di energia. Le principali differenze fra la parte inferiore e quella superiore "sono dovute a condizioni di vita bentonica in deciso miglioramento nel membro superiore, legate probabilmente alla progressiva normalizzazione delle fluttuazioni di salinità". Diversamente, nella successione di La Spezia, "l'ambiente deposizionale risulta invece situato permanentemente al di sotto del livello di base d'onda".

Spessore: al M. Cetona lo spessore è di 300-375 metri.

Cronostratigrafia: Norico - Retico a La Spezia; Retico al M. Cetona.

Biostratigrafia: gli strati a *Rhaetavicula contorta* del M. Cetona sono tutti compresi entro la biozona a *Triasina hantkeni* e pertanto assegnabili al Retico. Una ricca fauna retica, proveniente probabilmente dalla parte bassa della formazione, fu studiata da SIMONELLI (1892) e consiste di pesci, crostacei, gasteropodi, pelecipodi, brachiopodi, briozoi, anellidi, echinodermi, antozoari e rizopodi. Esempi di *Rhaetavicula contorta* sono stati segnalati da FUCINI (1905) e da PASSERINI (1965).

A differenza della Formazione del M. Cetona, tutta compresa nella biozona a *Triasina hantkeni*, gli strati a *Rhaetavicula contorta* della successione triassica di La Spezia iniziano nel Norico, comparando la Zona a *Triasina hantkeni* solo nella parte alta del membro dei "Calcare e marne di Monte Santa Croce".

Provenienza dati biostratigrafici: FAZZINI *et al.*, 1968; CIARAPICA *et al.*, 1987; CIARAPICA & ZANINETTI, 1984.

PRT Portoro

Calcare grigio scuro o nero, massiccio o grossolanamente stratificato, con caratteristiche vene di dolomitizzazione ("macchie") gialle, giallo-rossicce o bianche. Ambiente di rampa sottotidale – bacino a sedimentazione carbonatica (CIARAPICA & PASSERI, 1981b; CIARAPICA *et al.*, 1984; FALORNI, 2007).

Spessore: alcune decine di metri

Cronostratigrafia: Retico *p.p.*- Hettangiano *p.p.* ("Infralias")

Biostratigrafia: assenza di dati significativi

MAS Calcare massiccio

Questa formazione è costituita da calcari ceroidi o subsaccaroidi, di colore grigio chiaro e bianco, con irregolari fasce rosate prevalenti nella parte alta. Livelli dolomitizzati sono segnalati soprattutto alla base della formazione o possono costituire delle lenti al suo interno. Presenta un aspetto massiccio o grossolanamente stratificato. Al tetto del Calcare massiccio compare talvolta un calcare rosa a Crinoidi, ricco di fossili, ad andamento lenticolare e discontinuo, indicato nelle colonne stratigrafiche con la sigla MAS₁.

Le caratteristiche sedimentologiche del Calcare massiccio sono indicative di un ambiente di piattaforma carbonatica intraoceanica di tipo bahamiano. Negli affioramenti della Toscana sono state riconosciute diverse litofacies che hanno permesso di distinguere tre tipi di paleoambienti:

- una fascia marginale esterna, rappresentata in prevalenza da intraspariti con frequenti livelli oosparitici. A questa fascia appartengono gli affioramenti dell'Isola d'Elba e dell'isolotto di Cerboli (BOCCALETTI & MANETTI, 1972); una litofacies simile è stata descritta nel Calcare di Montebrandoli, della successione dello Pseudoverrucano, a Punta delle Rocchette e, appunto, a Montebrandoli, in provincia di Grosseto (DECANDIA & LAZZAROTTO, 1981; COSTANTINI *et al.*, 1981);
- una fascia marginale interna con una grande varietà di litofacies, riconosciute nei Monti d'Oltre Serchio e nella Zona di Caprona, a nord dell'Arno, ed in varie aree della Toscana marittima a sud dell'Arno (Monti di Campiglia M., Cornate di Gerfalco, Gavorrano, Poggio di Moscona, Monti dell'Uccellina, etc.). Le microfacies più frequenti sono: pelmicriti con *birdseye*, pelmicriti e pelspariti, oncomicriti e oncospariti, etc. (BOCCALETTI & MANETTI, 1972; BOCCALETTI *et al.*, 1975).
- una zona di laguna rappresentata, in gran parte degli affioramenti della Toscana e dell'Umbria occidentale, da microfacies prevalentemente micritiche, con peloidi, bioclasti ed oncoliti; subordinatamente compaiono anche microspariti e dolspariti, talvolta con ooidi (FAZZUOLI, 1974a; 1974b; BOCCALETTI *et al.*, 1975).

Spessore: spessore variabile: normalmente si aggira sui 200-300 metri ma sono segnalati spessori ben maggiori, fino a 1000 metri.

Cronostratigrafia: Hettangiano.

Biostratigrafia: quasi tutti gli affioramenti di Calcare massiccio si presentano ricchi di macrofossili; i più abbondanti reperti risalgono alla seconda metà dell'Ottocento e ai primi del Novecento e sono descritti nelle opere di Simonelli, Canavari, Fucini, Meneghini, De Stefani e di molti altri; di essi troviamo notizie e riferimenti bibliografici in LOTTI (1910) e in MERLA (1952). Sulla base di tali reperti la formazione è stata concordemente attribuita, fin dal 1800, al Lias inf. Più recentemente, al Monte Cetona, l'età hettangiana del Calcare massiccio è stata ampiamente provata per la sua posizione stratigrafica, soprastante i calcari retici (Formazione del M. Cetona di CIARAPICA *et al.*, 1987, tutta compresa nella Biozona a *Triasina hantkeni*) e sottostante ad una serie, ben esposta presso la Cava Cancelli, costituita da una ventina di metri di un "Calcare stratificato con selce" e da un livello di "Calcari grigio-rossi encrinetici e spatici", dal quale proviene una ricca fauna ad Ammoniti che è stata dettagliatamente illustrata da VENTURI & NANNARONE (2002) e che è riferibile alla Zona a *Coroniceras (Arietites) bucklandi* (sottozone *Conybeari-Rotiforme* e *Bucklandi*), indicativa del Sinemuriano inf. Un "calcare rosa a crinoidi", correlabile con

quest'ultimo livello, compare in molti affioramenti a tetto del Calcare massiccio a cui, spesso, è stato associato nella cartografia ufficiale.

Nei diversi affioramenti della Toscana la formazione del Calcare massiccio è stata anche oggetto di campionature e di analisi micropaleontologiche in sezione sottile. La frazione organica è risultata, in gran parte, caratterizzata dalla presenza di Alghe calcaree, quali Dasycladacee, Solenoporacee e Corallinacee, unitamente a Foraminiferi agglutinanti, resti di Molluschi e di Echinodermi. Tra le Alghe sono frequentemente citate *Thaumatoporella parvovesiculifera*, *Solenopora* sp. e *Paleodasycladus mediterraneus*.

Provenienza dati biostratigrafici: VENTURI & NANNARONE, 2002; FAZZINI *et al.*, 1968; MUCCHI *et al.*, 1968; PETTI & FALORNI, 2007.

ANL Calcari ad Angulati (Formazione di Ferriera)

Calcari marnosi grigio-scuri o neri con sottili intercalazioni di marnosiltiti grigie più chiare. Ambiente marino pelagico in approfondimento.

Spessore: da 100 a 300 m

Cronostratigrafia: Hettangiano pp. - Sinemuriano pp.

Biostratigrafia: Zone a *Schlotheimia angulata* e a *Arnioceras semicostatum*

Provenienza dati biostratigrafici: FEDERICI, 1968.

RSA Rosso ammonitico

Calcari nodulari rosati, rossi o giallastri e calcari stratificati rosa, talvolta con sottili interstrati di marne rosse e rare selci rosse. L'ambiente di deposizione è marino pelagico. Per quanto riguarda la posizione stratigrafica:

- in Toscana nord-occidentale (La Spezia, Castelpoggio, etc.) calcari tipo Rosso ammonitico costituiscono livelli lenticolari all'interno e alla sommità della "Formazione della Ferriera" (Calcare ad angulati *Auctt. pro parte*) e sono sormontati dalle Marne a *Posidonia*;
- in Val di Lima e nei Monti d'Oltre Serchio, il Rosso ammonitico costituisce un livello relativamente continuo fra il Calcare massiccio ed il Calcare selcifero di Limano;
- a sud dell'Arno (Campiglia M.ma, Gavorrano, Cornate di Gerfalco, etc.) il Rosso ammonitico occupa la stessa posizione stratigrafica, ma in successioni condensate e lacunose;
- in Toscana sud-orientale, in corrispondenza della dorsale Monti del Chianti – Rapolano – M. Cetona, il Rosso ammonitico occupa una posizione anomala, all'interno o al tetto del Calcare selcifero di Limano e mostra rapporti laterali con la parte inferiore delle Marne a *Posidonia*.

Spessore: da 5 a 30 m

Cronostratigrafia: età variabile fra la base del Sinemuriano ed il Toarciano

Biostratigrafia: fra la zona a *Coroniceras (Arietites) bucklandi* e quella a *Hildoceras bifrons* (secondo la zonazione di OGG, 2004).

Provenienza dati biostratigrafici: FEDERICI, 1967; VENTURI & NANNARONE, 2002; PASSERI & VENTURI, 2005.

LIM Calcare selcifero di Limano

Calcari grigio-chiari, ben stratificati, con noduli e liste di selce grigio-chiara e con sottili interstrati di argille e marne fissili in lastre. Ambiente marino pelagico.

Spessore: da pochi metri a 400 m

Cronostratigrafia: Hettangiano sup. - Toarciano

Biostratigrafia: in Val di Lima è segnalata la presenza di *Phylloceras bonarelli* e di ?*Amaltheus spinatum* del Domeriano.

Provenienza dati biostratigrafici: BOCCALETTI *et al.*, 1969.

POD Calcarei e marne a Posidonia

Marne e calcari marnosi di colore rosso, giallo o grigio, in strati spessi fino a qualche metro e separati da sottili livelli di siltiti grigie e rosse. Sono frequenti livelli calcarei risedimentati e livelli di brecce poligeniche. L'ambiente deposizionale è riferibile a scarpata – bacino a sedimentazione mista argilloso–calcarea di tipo pelagico ed emipelagico, con episodi di risedimentazione e rielaborazione da parte di correnti di fondo (PETTI & FALORNI, 2007).

Spessore: variabile da pochi metri a 350 metri

Cronostratigrafia: Toarciano - Calloviano

Biostratigrafia: MERLA (1952) ha attribuito la formazione al Bathoniano-Calloviano per la presenza di *Posidonomya alpina*. KÄLIN *et al.* (1979) fanno notare che *Bositra buchi* (= *Posidonia alpina*) ha una distribuzione più ampia, dal Toarciano all'Oxfordiano. Questa distribuzione corrisponde bene all'intervallo ipotizzato per questa formazione da FAZZINI *et al.* (1968), cioè Toarciano-Calloviano, per la ricorrenza alla base della formazione di Ammoniti del Toarciano medio. Il riferimento al Calloviano, per il tetto della formazione, è confermato dalla segnalazione di KÄLIN *et al.* (1979) di una associazione ad Aptici, riferibili a questo piano.

Provenienza dati biostratigrafici: FAZZINI *et al.*, 1968; KÄLIN *et al.*, 1979.

SVL Calcare selcifero della Val di Lima

Calcilutiti e calcareniti grigio-scuere, talvolta oolitiche, ben stratificate, con noduli e liste di selce nera; sporadiche lenti di brecce intraformazionali. Ambiente marino profondo, interessato da processi di risedimentazione principalmente per correnti di torbida ma anche per debris-flow (FAZZUOLI *et al.*, 1988).

Spessore: da pochi metri a 300 m

Cronostratigrafia: Bajociano - ?Kimmeridgiano

Biostratigrafia: nell'area tipo (Val di Lima) e nella Successione di Vecchiano-Avane sono segnalati: *Trocolina cf. alpina*, *T. elongata*, *Protopeneroplis striata*, *Pfenderina* sp. *Textulariidae*, *Miliolidae* e alghe calcaree (*Thaumatoporella parvovesiculifera*).

Provenienza dati biostratigrafici: BOCCALETTI *et al.*, 1969; MUCCHI *et al.*, 1968.

DSD Diaspri

Radiolariti di colore rosso scuro e, più raramente, verde, in strati di 5-15 cm, con sottili intercalazioni di argilliti silicee. Verso il tetto compaiono livelli marnosi di colore rosso scuro in strati da 2 a 10 cm. Il loro ambiente di deposizione è marino profondo, dove la sedimentazione silicea era in gran parte controllata da correnti di torbidità e da correnti di fondo.

Spessore: variabile per cause tettoniche; in genere non superiore ai 50 m

Cronostratigrafia: Calloviano sup. - Titonico inf.

Biostratigrafia: sul M. Cetona U.A. 5 – U.A. 9 di BAUMGARTNER (1984)

Provenienza dati biostratigrafici: BAUMGARTNER, 1984; CONTI, 1986.

APT Calcari ad aptici

I Calcari ad Aptici (chiamati anche "Rosso ad aptici" in KÄLIN *et al.*, 1979) sormontano la formazione dei Diaspri, alla quale sono legati anche da rapporti laterali. Sono costituiti prevalentemente da calcari di colore giallo, a grana medio-fine, e da calcari marnosi di colore rosso e grigio, talvolta maculati, in strati spessi fino a 20 cm. Contengono liste di selce rossa che occupano quasi l'intero spessore dello strato. I livelli marnosi sono costituiti da banconi spessi fino a qualche metro, separati da sottili intercalazioni di strati siltitici.

Spessore: fino a 15 m

Cronostratigrafia: Titonico

Biostratigrafia: *Punctaptychus punctatus*, *Lamellaptychus beyrichi*, *L. rectecostatus crassocostatus*; *Crassicollaria parvula*, *C. massutiniana*.

Provenienza dati biostratigrafici: KÄLIN *et al.*, 1979.

MAI Maiolica

E' costituita da calcilutiti selcifere, di colore grigio chiaro, ben stratificate, in strati di spessore variabile fino a un metro. La selce, molto abbondante, è presente sottoforma di liste e noduli di colore grigio, nero e più raramente rosso. Nella parte inferiore la formazione è suddivisa in grossi banchi fino a 3 metri di spessore, mentre nella parte superiore gli strati non superano i 15 cm. Ambiente marino profondo.

Nella zona Val di Lima – M.ti d'Oltre Serchio, al tetto della Maiolica si distingue un livello di brecce ad elementi prevalentemente silicei ("Membro di M. Mosca"), con spessore di 7-8 m, riferibile a processi tipo *debris-flow* in ambiente marino profondo.

Spessore: da pochi metri fino a quasi 600 m in Val di Lima

Cronostratigrafia: Titonico sup. - Aptiano

Biostratigrafia: Zone A - E a Calpionellidi di REMANE (1985), Aptici.

Provenienza dati biostratigrafici: BOCCALETTI *et al.*, 1969; BOCCALETTI & SAGRI, 1966; PETTI & FALORNI, 2007.

STO₁ Argilliti di Brolio

Argilliti marnose rosso-vinate e grigio-verdi, alle quali sono intercalati strati centimetrici di calcari silicei grigio-verdi (**STOb**). Nella parte alta prevalgono peliti silicee, finemente laminate, di colore rosso vivo, con patine nere di biossido di manganese. Esse passano superiormente a diaspri manganesiferi, finemente stratificati, di colore grigio scuro e più raramente rosso e verde.

Spessore: fino ad alcune decine di metri

Cronostratigrafia: Albiano - Turoniano

Biostratigrafia: zone a *Rotalipora appenninica* e *Rotalipora brotzeni* per la facies argillitico-marnosa; associazione a Radiolari per le peliti silicee ed i diaspri manganesiferi.

Provenienza dati biostratigrafici: BAMBINI *et al.*, 2009; MARCUCCI *et al.*, 1994; PIGNOTTI, 1994

STO₂ Marne del Sugame

Marne, marne argillose e calcari marnosi, normalmente di colore rosato o rosso.

Spessore: fino ad un centinaio di metri.

Cronostratigrafia: Ypresiano - Priaboniano inf.

Biostratigrafia: P5-P12 per i Foraminiferi planctonici; NP17/NP18 per il Nannoplancton, determinato a Rapolano Terme nella parte superiore della successione.

Provenienza dati biostratigrafici: CANUTI *et al.*, 1966; BAMBINI *et al.*, 2009.

STO₃ Calcareniti di Montegrossi

Calcareniti e calciruditi bioclastiche, di colore grigio chiaro, in strati di spessore variabile da 30-40 cm a 1-2 m, con evidente gradazione granulometrica soprattutto nelle frazioni a grana più grossa. Talvolta sono presenti liste e noduli di selce nera. Gli strati possono essere direttamente a contatto fra loro o separati da sottili intercalazioni argillose o marnosiltose. Ambiente marino caratterizzato dall'impostazione di uno o più lobi di conoide sottomarina, alimentati da piattaforme carbonatiche.

Spessore: corpi lenticolari con spessore variabile da una decina di metri fino a circa 200 m.

Cronostratigrafia: Luteziano - Oligocene

Biostratigrafia: Macroforaminiferi: *Nummulites*, *Discocyclina*, *Assilina*, *Operculina*, *Alveolina*, *Fabiania*, *Lepidocyclina*; Foraminiferi planctonici: P9-P13;

Provenienza dati biostratigrafici: BORTOLOTTI & PIRINI, 1966; DECANDIA & LAZZAROTTO, 1972; BAMBINI *et al.*, 2009.

STO₄ Calcareniti di Dudda

Argilliti e siltiti grigio scure e nocciola, suddivise in piccole scagliette, contenenti strati calcarenitici e calcilutitici spessi tra 10 e 50 cm, di colore grigio più o meno scuro e grigio-verde. Nella parte medio-alta della successione aumenta lo spessore e la frequenza dei livelli calcarei, costituiti prevalentemente da calcilutiti grigie.

Spessore: fino ad un centinaio di metri

Cronostratigrafia: Luteziano - Oligocene

Biostratigrafia: P11/P12 – P13 per i Foraminiferi planctonici della successione di Rapolano; NP16/NP18 per il Nannoplancton determinato nella parte inferiore della successione a Rapolano.

Provenienza dati biostratigrafici: CANUTI *et al.*, 1966; BAMBINI *et al.*, 2009.

6.3. Considerazioni conclusive

Come emerge chiaramente dai dati analitici, la Successione toscana pre-avanfossa è quella che presenta le maggiori difficoltà nella definizione dei dati biostratigrafici e nelle correlazioni delle unità e delle successioni litostratigrafiche nei diversi affioramenti. Le successioni, ricostruite negli affioramenti più significativi, si differenziano le une dalle altre, anche su brevi distanze, sia per lo sviluppo verticale delle diverse unità litostratigrafiche sia per le variazioni laterali di facies. Sarebbe pertanto utile poter disporre, per quasi tutta l'estensione verticale della Successione toscana, di *microfossil datums* relativi a due soli gruppi di organismi: i Foraminiferi planctonici ed il nannoplancton calcareo, come oggi viene comunemente fatto soprattutto per l'era cenozoica; nelle facies pelagiche profonde della Successione toscana, dove prevalgono i sedimenti silicei, farebbero eccezione gli intervalli Calloviano - Titonico e Cenomaniano sup. - Turoniano, nei quali i Foraminiferi ed il nannoplancton calcareo sono completamente assenti e gli organismi utilizzati sono essenzialmente i Radiolari con le zonazioni introdotte da BAUMGARTNER (1984; 1987) ed oggi comunemente utilizzate. Ad eccezione di questi intervalli, i due gruppi sopraindicati sono stati utilizzati anche per lo studio biostratigrafico di successioni di età cretacea, tuttavia in maniera discontinua e per intervalli limitati.

Con un paziente lavoro di campagna e di laboratorio, il quadro biostratigrafico potrebbe essere reso più omogeneo e meno discontinuo, perfezionando in tal modo e rendendo scientificamente più valida la Carta geologica della Toscana. La Successione toscana non metamorfica si presterebbe inoltre, analogamente a quanto effettuato nella Successione umbro-marchigiana, a misurazioni di paleomagnetismo, per datare gli intervalli nei quali i dati biostratigrafici risultano carenti o insufficienti e per rendere più precise le correlazioni fra le successioni dei diversi domini paleogeografici e di conseguenza più attendibili le ricostruzioni paleogeografiche e paleostrutturali della Catena appenninica.

Conclusioni

Questo Atlante di dati biostratigrafici e stratigrafici della Toscana è il risultato della collaborazione dei gruppi di ricerca universitari e CNR che nel primo decennio del 2000 hanno partecipato alla realizzazione del Progetto Carta Geologica della Regione Toscana in scala 1:10.000.

L'Atlante si ispira nella struttura alle Tavole stratigrafiche allegate alla Carta geologico-strutturale dell'Appennino emiliano-romagnolo (1:250.000). A differenza di queste, l'Atlante è il prodotto della diretta partecipazione di diversi gruppi di lavoro che, pur nel quadro di un indispensabile coordinamento centralizzato, hanno curato in autonomia la trattazione dei diversi tematismi geologico-stratigrafici. Questa impostazione, cui possiamo ricondurre un buon livello di collaborazione interattiva e anche potenzialità spendibili in futuro in altre iniziative di progetti geologici comuni, possibilmente in collegamento con la Regione Toscana, ha avuto come inevitabile contropartita un certo grado di disomogeneità del prodotto. Come in altre occasioni simili riteniamo che la disomogeneità vada giudicata anche in questo caso un elemento di arricchimento piuttosto che un difetto.

E' necessario ancora una volta sottolineare che questo Atlante non può essere considerato e giudicato con gli stessi criteri con cui si valutano i lavori scientifici, volendo evidenziarne il carattere di rassegna critica (scrupolosa ed esaustiva almeno nelle intenzioni) dei dati biostratigrafici e stratigrafici a disposizione della comunità scientifica e riguardanti le unità tettono-stratigrafiche della Toscana. Non si è trattato in nessun caso di una compilazione meccanica di dati ma, come ci si può rendere conto dai testi e dalle Tavole, di una stimolante analisi funzionale alla messa a fuoco delle problematiche geologiche relative alle diverse unità.

L'Atlante dovrebbe così rappresentare una integrazione - ci auguriamo preziosa - alla Carta geologica della Regione Toscana in scala 1:10.000, la cui impostazione tecnico-scientifica e la ripartizione delle risorse hanno sacrificato lo svolgimento di attività di ricerca biostratigrafica durante le fasi del suo rilevamento.

Un capitolo dell'Atlante, il primo dopo i paragrafi introduttivi, è dedicato al Quaternario. Questa scelta non è dovuta ad una particolare ricchezza di dati biostratigrafici, di cui al contrario sono in particolare carenti le successioni stratigrafiche dei bacini continentali, ma alla opportunità di dare il massimo risalto al sistema sedimentario su cui insistono e con il quale interagiscono, in grandissima prevalenza, le attività umane.

Gli autori di questo Atlante si augurano che la spontanea, e in verità assai poco onerosa, partecipazione della comunità scientifica regionale alla realizzazione di un prodotto destinato ad elevare il livello qualitativo della carta geologica regionale, sia di stimolo, anche a livello nazionale, per mantenere in vita la prospettiva di completamento del Progetto di Carta Geologica Nazionale in scala 1: 50.000 (Progetto CARG), che anche in Toscana registra una desolante configurazione a macchia di leopardo.

Vogliamo accompagnare la conclusione di questo nostro impegno con la riflessione che le Tavole di questo Atlante raccontano una affascinante storia lunga più di duecento milioni di anni alla cui ricostruzione generazioni di geologi lavorano e hanno lavorato, nella specificità delle rispettive impostazioni culturali, con comune e puntigliosa passione.

BIBLIOGRAFIA

- ALDINUCCI M., BIGAZZI G., DALL'ANTONIA B., DA PRATO S., DONIA F., D'ORAZIO M., FORESI L.M., MAZZEI R., RIFORGIATO F., SANDRELLI F. & ZANCHETTA G. 2005 - *The upper Messinian post-evaporitic succession of Serredi Quarry (southern Tuscany, Italy): new stratigraphic data and geochronology of an ash layer*. *GeoActa*, 4: 67-82.
- ALDINUCCI M., GHINASSI M. & SANDRELLI F. 2007 - *Tectonic and climatic signature of a Late Pliocene valley (Siena Basin, Northern Apennines, Italy)*. *Journ. Sedim. Res.*, 77: 398-414.
- ARIAS C., BIGAZZI G. & BONADONNA F.P. 1980 - *Studio cronologico e paleomagnetico di alcune Serie sedimentarie dell'Italia appenninica*, Contributi Carta Neotettonica d'Italia, III, CNR Progetto Finalizzato Geofisica, Neotettonica, 356: 1441-1448.
- AZZAROLI A. 1962 - *Validità della specie Rhinoceros hemitoechus Falconer*. *Paleontographia Italica*, 57: 21-34.
- AZZAROLI A. 1977 - *The villafranchian stage in Italy and the Plio-Pleistocene boundary*, *Giornale di Geologia* 41: 61-79.
- BAMBINI A.M., BROGI A., CORNAMUSINI G., COSTANTINI A. & LAZZAROTTO A. 2009 - *Nuovi dati litostratigrafici e biostratigrafici sulla Scaglia Toscana nella Toscana meridionale (area di Rapolano Terme)*. *Boll. Soc. Geol. It.*, 128 (3): 669-693.
- BALDACCI F., ELTER P., GIANNINI E., GIGLIA G., LAZZAROTTO A., NARDI R. & TONGIORGI M. 1967 - *Nuove osservazioni sul problema della Falda Toscana e sulla interpretazione dei Flysch Arenacei tipo "Macigno" dell'Appennino Settentrionale*. *Mem. Soc. Geol. It.*, 6: 218-244.
- BARBERI F., BUONASORTE G., CIONI R., FIORELISI A., FORESI L., IACCARINIO S., LAURENZI M., SBRANA A., VERNIA L. & VILLA I. 1994 - *Plio-Pleistocene geological evolution of the geothermal area of Tuscany and Latium*. *Mem. Descr. Carta Geol. d'It.*, 49: 77-134.
- BARBIERI M., CHIOCCHINI U. & MADONNA S. 2003 - *Nuovi dati sull'età dell'arenaria di Manciano (Miocene) sulla base dei valori di rapporto isotopico $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$* . *Soc. Geol. It.*, 122: 351-354.
- 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*. *Quad. Mus. St. Nat. - Livorno*, 6 (suppl. 1): 33-127.
- BAUMGARTNER P.O. 1984 - *A Middle Jurassic-Early Cretaceous low-latitude radiolarian zonation on Unitary Associations and age of Tethyan radiolarites*. *Eclogae geol. Helv.*, 80 (3), 831-879.
- BAUMGARTNER P.O. 1987 - *Age and genesis of Tethyan Jurassic Radiolarites*. *Eclogae geol. Helv.*, 77(3), 729-837.
- BAUMGARTNER P.O., BARTOLINI A. & CARTER E.S. 1995 - *Middle Jurassic to Early Cretaceous Radiolarian biochronology of Tethys based on Unitary Associations*. In : P.O. Baumgartner et al. (Eds.), *Middle Jurassic to Lower Cretaceous radiolaria of Tethys: occurrences, systematics, biochronology*. *Mem. Geol. (Lausanne)*, 23, 1013-1048.
- BECCALETTO L., BARTOLINI A.C., MARTINI R., HOCHULI P.A. & KOZUR H. (2005) - *Biostratigraphic data from the Cetmi Melange, northwest Turkey: Palaeogeographic and tectonic implications*. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 221, 215-244.
- BENVENUTI M., BERTINI A. & ROOK L. 1994 - *Facies analysis, vertebrate paleontology and palynology in the Late Miocene Baccinello-Cinigiano Basin (Southern Tuscany)*. *Mem. Soc. Geol. It.*, 48: 415-423.
- BENVENUTI M. & DEGLI INNOCENTI D. 2001 - *The Pliocene deposits in the central-eastern Valdelsa Basin (Florence, Italy) revised through facies analysis and unconformity-bounded stratigraphic units*. *Riv. It. Pal. Strat.*, 107 (2): 265-286.
- BERNINI M., BOCCALETTI M., MORATTI G., PAPANI G., SANI F., & TORELLI L. 1990 - *Episodi compressivi neogenico-quaternari nell'area estensionale tirrenica nord-orientale. Dati in mare e a terra*. *Mem. Soc. Geol. It.*, 45: 577-589.

- BERTOLDI R. 1988 - *Una sequenza palinologica di età rusciniana in sedimenti lacustri basali del bacino di Aulla-Olivola (Val di Magra)*, Riv. Ital. Paleont. Strat., 94 (1): 105-138.
- BERTOLDI R., BINOTTI A. & CASTELLO F., 1994. *Reevesia and Itca in the pollen flora of the Upper Neogene continental deposit at Sarzana (lower Magra valley, Northern Italy)*, Review of Palaeobotany and Palynology. 80: 159-172.
- BOCCALETTI M., BONINI M., MORATTI G. & SANI F. 1995a - *Nuova ipotesi sulla genesi e l'evoluzione dei bacini post-nappe in relazione alle fasi compressive neogenico-quadernarie dell'Appennino Settentrionale*. In: Rapporti Alpi-Appennino e guida alle escursioni (Polino & Sacchi Ed.), Acc. Naz. delle Scienze - Scritti e documenti, 14: 229-262.
- BOCCALETTI M., BONINI M., MORATTI G. & SANI F. 1995b - *Le fasi compressive neogenico - quadernarie nell'Appennino Settentrionale: relazioni con l'evoluzione dei bacini interni e con la tettonica del basamento*. In: Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno-Appennino. Stud. Geol. Camerti, 1995/1 (vol. spec.): 51-72.
- BOCCALETTI M. & BORTOLOTTI V. 1965 - *Lacune della Serie Toscana. 1.- Serie stratigrafiche giurassico-eoceniche nelle zone di Roggio e Trassilico sul versante orientale delle Alpi Apuane*, Boll. Soc. Geol. It., 84 (5): 271-356.
- BOCCALETTI M., CERRINA FERONI A., MARTINELLI P., MORATTI G., PLESI G. & SANI F. 1991 - *L'alternanza distensione-compressione nel quadro evolutivo dei bacini neogenici dell'Appennino Settentrionale*, Studi Geol. Camerti, 1991/1 (vol. spec.): 187-192.
- BOCCALETTI M., CERRINA FERONI A., MARTINELLI P., MORATTI G., PLESI G. & SANI F. 1994 - *L'area tosco-laziale come dominio di transizione tra il bacino tirrenico e i thrust esterni; rassegna dei dati mesostrutturali e possibili relazioni con le discontinuità del "ciclo neoautoctono"*, Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 49: 9-22.
- BOCCALETTI M., COLI M., DECANDIA A., GIANNINI E. & LAZZAROTTO A. 1981 - *Evoluzione dell'Appennino Settentrionale secondo un nuovo modello strutturale*. Mem. Soc. Geol. It., 21: 359-374.
- BOCCALETTI M., FAZZUOLI M. & MANETTI P. 1975 - *Caratteri sedimentologici del Calcere massiccio a nord dell'Arno*. Boll. Soc. Geol. It., 94, 377-405.
- BOCCALETTI M., FICCARELLI P., MANETTI P. & TURI A. 1969 - *Analisi stratigrafiche, sedimentologiche e petrografiche delle formazioni mesozoiche della Val di Lima (Prov. di Lucca)*, Mem. Soc. Geol. It., 8 (4): 847-922.
- BOCCALETTI M. & MANETTI P. 1972 - *Caratteri sedimentologici del Calcere massiccio della Toscana a sud dell'Arno*, Boll. Soc. Geol. It., 91: 559-582.
- BOCCALETTI M. & SAGRI M. 1967 - *Lacune della serie toscana. 3 - Stratigrafia del Mesozoico nella zona di Equi Terme (Lunigiana)*, Boll. Soc. Geol. It., 86: 503-523.
- BOCCALETTI M. & SANI F. 1998 - *Cover thrust reactivations related to internal basement involvement during Neogene-Quaternary evolution of the northern Apennines*, Tectonics, 17: 112-130.
- BONINI M., BOCCALETTI M., MORATTI M. & SANI F. 2001 - *Neogene crustal shortening and basin evolution in Tuscany (northern Apennines)*, Ofioliti, 26: 275-286.
- BONINI M. & MORATTI G. 1995 - *Evoluzione tettonica del bacino neogenico di Radicondoli-Volterra (Toscana meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 114: 549-573.
- BONINI M. & SANI F. 2002 - *Extension and compression in the Northern Apennines (Italy) hinterland: evidence from the Late Miocene-Pliocene Siena-Radicondoli basin and relations with basement structures*. Tectonics, 21: 1-35.
- BORTOLOTTI V. & PIRINI C. 1966 - *Nota preliminare sull'età della base del Macigno (Serie tra il Passo del Cerreto e la bassa Valle del Serchio)*, Boll. Soc. Geol. It., 84 (6): 29-36.
- BORTOLOTTI V., GARDIN S., MARCUCCI M. & PRINCIPI G. 1994 - *The Nisportino Formation: a transitional unit between the Monte Alpe Cherts and the Calpionella Limestone (Vara Supergroup, Elba Island, Italy)*, Ofioliti, 19 (2b), 349-365.
- BORTOLOTTI V., BABBINI A., CORTI S., DINI C., FAZZUOLI M., PANDELI E. & PRINCIPI G. 2001 - *The Geology of the Central-Eastern Elba*. Ofioliti Sp. Iss., 26 (2a), 97-150.

- BOSCHIAN G., BOSSIO A., DALL'ANTONIA B. & MAZZANTI R. 2006. *Il Quaternario della Toscana costiera*, Studi costieri 12: 208.
- BOSSIO A., BRADLEY F., ESTEBAN M., GIANNELLI L., LANDINI W., MAZZANTI R., MAZZEI R. & SALVATORINI G. 1981a - *Alcuni aspetti del Miocene superiore del Bacino del Fine*. IX Conv. Soc. Pal. It., 3-8/10/1981: 21-53.
- BOSSIO A., CERRI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. 1994a - *The neoautocthonous succession of the Spicchiaiola-Pignano area, East of the Volterra (Southern Tuscany, Italy)*. Mem. Soc. Geol. It., 48 (2): 425-430.
- BOSSIO A., CERRI R., MAZZEI M., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. 1996 - *Geologia dell'area Spicchiaiola-Pignano (settore orientale del bacino di Volterra)*. Boll. Soc. Geol. It., 115, 393-422.
- BOSSIO A., CORNAMUSINI G., FERRANDINI J., FERRANDINI M., FORESI L.M., MAZZANTI R., MAZZEI R. & SALVATORINI G. 2000a - *L'evoluzione sedimentaria neogenica dell'area tirrenica settentrionale (Toscana marittima, Isola di Pianosa Bacino di Aléria in Corsica orientale)*. Congresso «Environnement et identité en Méditerranée», Université Pascal-Paoli (Corse), giugno 2000.
- BOSSIO A., CORNAMUSINI G., FERRANDINI J., FERRANDINI M., FORESI L.M., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. 2000b - *Dinamica dal Neogene al Quaternario della Corsica orientale e della Toscana*. Progetto INTERREG II Toscana - Corsica. ETS (Ed.), Pisa: 87-95.
- BOSSIO A., COSTANTINI A., FORESI L.M., GANDIN A., MAZZANTI R., MAZZEI R. & SALVATORINI G. 1994b - *Su alcuni affioramenti miocenici della Val di Cornia (Province di Grosseto e Pisa)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Serie A, 101 : 167-185.
- BOSSIO A., COSTANTINI A., FORESI L.M., LAZZAROTTO A., LIOTTA D., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. 1996b - *Studi preliminari sul sollevamento della Toscana meridionale dopo il Pliocene medio*. Studi Geol. Camerti, 1995/1 (vol spec.): 87-91.
- BOSSIO A., COSTANTINI C., FORESI L.M., LAZZAROTTO A., MAZZANTI R., MAZZEI R., PASCUCCHI V., SALVATORINI G., SANDRELLI F. & TERZUOLI A. 1998 - *Neogene-Quaternary sedimentary evolution in the western side of the Northern Apennines (Italy)*. Mem. Soc. Geol.It., 52: 513-525.
- BOSSIO A., COSTANTINI A., FORESI L.M., MAZZANTI R., MAZZEI R., MONTEFORTI B., SALVATORINI G., SANDRELLI F. & TESTA G. 1994c - *Note preliminari sul neoautoctono dell'area di Sassa (settore SW del Bacino di Volterra, province di Pisa e di Livorno)*. Studi Geol. Camerti, 1994/1 (vol. spec.): 33-43.
- BOSSIO A., COSTANTINI A., FORESI L.M., MAZZEI R., MONTEFORTI B., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. 1991a - *Notizie preliminari sul Pliocene del Bacino del Medio Ombrone e della zona di Roccastrada*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, 98: 259-269.
- BOSSIO A., COSTANTINI A., LAZZAROTTO A., LIOTTA D., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. 1993a - *Rassegna delle conoscenze sulla stratigrafia del Neoautoctono toscano*. Mem. Soc. Geol. It., 49: 17-98.
- BOSSIO A., COSTANTINI A., LAZZAROTTO A., MAZZANTI R., MAZZEI R., MONTEFORTI B., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. 1991b - *Evoluzione paleogeografica di alcuni bacini pliocenici toscani. Riassunti del workshop "Evoluzione dei bacini Neogenici e loro rapporti con il magmatismo Plio-Quaternario nell'area tosco-laziale"*. Pisa, 12-13 giugno 1991: 18-20.
- BOSSIO A., COSTANTINI A., MAZZEI R., SALVATORINI G. & TERZUOLI A. 1994d - *Il Neogene dell'area della Marsiliana*. Studi Geol. Camerti, 1994/1 (vol. spec.): 45-56.
- BOSSIO A., COSTANTINI A., SALVATORINI G. & TERZUOLI A. 1994e - *The Neogene of the Ribolla area (Grosseto): preliminary results*. Mem. Soc. Geol. It., 48: 409-414.
- BOSSIO A., ESTEBAN M., GIANNELLI L., LONGINELLI A., MAZZANTI R., MAZZEI R., RICCI LUCCHI F. & SALVATORINI G. 1978 - *Some aspects of the Upper Miocene in Tuscany*. Messinian Seminar N. 4 (Rome, october 9-14, 1978); field trip guidebook, CNR-IGCP Proj., 96: 1-88.

- BOSSIO A., ESTEBAN M., MAZZANTI R., MAZZEI R. & SALVATORINI G. 1996c - *Rosignano reef complex (Messinian), Livornesi Mountains, Tuscany, Central Italy*. In: Franseen E.K., Esteban M., Ward W.C. & Rouchy J.M. (Eds.), *Models for carbonate stratigraphy from Miocene reef Complex of Mediterranean regions*. SEPM: 277-294.
- BOSSIO A., FORESI L.M., LIOTTA D., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SQUARCI P. 1999a - *Riordino delle conoscenze sul Bacino neogenico del Tora-Fine (Toscana, Italia)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Serie A, 106: 1-16.
- BOSSIO A., FORESI L.M., MAZZANTI R., MAZZEI R. & SALVATORINI G. 1997a - *Note micropaleontologiche sulla successione miocenica del Torrente Morra e su quella pliocenica del Bacino dei fiumi Tora e Fine (Prov. di Livorno e Pisa)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 104: 85-134.
- BOSSIO A., FORESI L.M., MAZZEI R., PASCUCCHI V., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. 1997b - *Allostratigraphy and seismic stratigraphy of the Miocene sediments of the Spicchiaiola-Pomarance area, southern side of the Volterra Basin (Tuscany, Italy)*. Riv. It. Pal. Strat., 103(3): 357-368.
- BOSSIO A., FORESI L.M., MAZZEI R., SALVATORINI G., SANDRELLI F., BILOTTI M., COLLI A. & ROSSETTO R. 2003-2004 - *Geology and stratigraphy of the southern sector of the Neogene Albegna River Basin (Grosseto, Tuscany, Italy)*. Geol. Rom., 37: 165-173.
- BOSSIO A., FORESI L.M., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. 1995 - *Evoluzione tettonico-sedimentaria neogenica lungo una trasversale ai bacini di Volterra e della Val d'Elsa*. Studi Geol. Camerti, 1995/1(vol. spec.): 93-104.
- BOSSIO A., GIANNELLI L., MAZZANTI R., MAZZEI R. & SALVATORINI G. 1981b - *Gli strati alti del Messiniano, il passaggio Miocene-Pliocene e la sezione plio-pleistocenica di Nugola nelle colline a NE dei Monti Livornesi*. IX Conv. Soc. Pal. It., 3-8/10/1981: 55-90. Firenze-Pisa.
- BOSSIO A., GIANNELLI L., MAZZANTI R., MAZZEI R. & SALVATORINI G. 1981c - *Il passaggio dalla facies lacustre alla evaporitica e le "Argille a Pycnodonta" presso Radicondoli (Siena)*. IX Conv. Soc. Pal. It., 3-8/10/1981: 161-174.
- BOSSIO A., MAZZANTI R., MAZZEI R., MENESINI E., NENCINI C., SALVATORINI G. & UGHI R. 1981d - *Nuove osservazioni sulla stratigrafia delle formazioni plioceniche e pleistoceniche di Casciana Terme*. IX Conv. Soc. Pal. It., 3-8/10/1981: 91-120.
- BOSSIO A., MAZZANTI R., MAZZEI R., PASCUCCHI V., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. 1994f - *Il Bacino di Volterra: notizie preliminari sull'evoluzione della sua area centro meridionale durante il Pliocene*. Studi Geol. Camerti, 1994/1 (Vol. spec.): 19-31.
- BOSSIO A., MAZZANTI R., MAZZEI R. & SALVATORINI G. 1986 - *Analisi micropaleontologiche delle formazioni mioceniche, plioceniche e pleistoceniche dell'area del Comune di Rosignano M.^o*. Suppl. n°1 Quad. Mus. Stor. Nat. Livorno, 6 (1985): 129-170.
- BOSSIO A., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. 1991c - *Il Pliocene nell'area di Pomarance (Pisa)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 98: 1-98.
- BOSSIO A., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. 1991d - *Il Pliocene di S. Dalmazio-Anqua e Radicondoli-Belforte (Siena, Pisa)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 98: 99-191.
- BOSSIO A., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. 1991e - *Il Pliocene del Bacino di Chiusdino (Siena)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 98: 193-250.
- BOSSIO A., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. 2000-2002 - *Geologia dell'area compresa fra Siena e Poggibonsi ("Bacino del Casino")*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 107: 69-85.
- BOSSIO A., CIAMPALINI A., COLONESE A.C., DA PRATO S., RAFANELLI A. & ZANCHETTA G. 2009. *Nuovi dati sulle successioni del sottosuolo di Livorno*. Atti Soc. Tosc. Sc. nat., Mem., Ser. A, 113: 13-24.
- BRALOWER T.J., MONECHI S. & THIESTEIN H.R. 1989 - *Calcareous Nannofossil Zonation of the Jurassic-Cretaceous Boundary Interval and Correlation with the Geomagnetic Polarity Timescale*. Marine Micropaleontology, 14, 153-235.
- BROGI A. 2004 - *Miocene extension in the inner Northern Apennines: the Tuscan Nappe megaboudins in the Mt. Amiata geothermal area and their influence on Neogene sedimentation*. Boll. Soc. Geol. It., 123: 513-529.

- BROGI A. 2008 - *The structure of the Monte Amiata volcano-geothermal area (Northern Apennines, Italy): Neogene-Quaternary compression versus extension*. Int. J. Earth Sci (Geol. Rundsch), 97: 677-703.
- BROGI A., CORNAMUSINI G., COSTANTINI A., DI VINCENZO G. & LAZZAROTTO A. 2000A – *Cretaceous volcanism of the southern Tuscany: record of volcanic bodies from Tuscan succession of Rapolano Terme*. Mem. Soc. Geol. It., 55, 329-337.
- BROGI A., CORNAMUSINI G., COSTANTINI A., DI VINCENZO G. & LAZZAROTTO A. 2000b – *Vulcanismo cretaceo della Toscana meridionale: nuovi dati geologici e geocronologici dei corpi vulcanici di Castiglioncello del Trinoro (Siena)*. 80^a Riun. Estiva S.G.I. – Trieste 6-8 settembre 2000, 105-106.
- BROGI A. & LIOTTA D. 2008 - *Highly extendend terrains, lateral segmentation of the substratum, and basin development: the middle-late Miocene Radicondoli Basin (inner northern Apennines, Italy)*. Tectonics, 27.
- BUKRY D. 1973 - *Low-latitude coccolith biostratigraphic zonation*. In: Rep. Deep Sea Drilling Project, 15, 685-703.
- BUKRY D. 1975 - *Coccolith and silicoflagellate stratigraphy, northwestern Pacific Ocean*. Deep Sea Drilling Project. In: Rep. Deep Sea Drilling Project, 32, 677-701.
- CANUTI P., FOCARDI P. & PIRINI C. 1996 - *Stratigrafia, correlazione e genesi degli scisti policromi dei Monti del Chianti*. Boll. Soc. Geol. It., 84 (6): 93-166.
- CANUTI P. & MARCUCCI M. 1967 - *Lacune della Serie Toscana. – IV Osservazioni sui rapporti stratigrafici tra Maiolica e Scisti Policromi nella Toscana centro meridionale (Area di Rapolano)*. Boll. Soc. Geol. It., 86 (4), 809-818.
- CANUTI P. & MARCUCCI M. 1970 - *Lacune della Serie Toscana. – V Stratigrafia della base degli “scisti policromi (scaglia toscana)” nell’area di Montepulciano e Campiglia d’Orcia (Toscana meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 89 (2), 253-276.
- CANUTI P. & MARCUCCI M. 1971 - *Lacune della Serie Toscana. – VI Stratigrafia della base degli “scisti policromi (scaglia toscana)” nelle aree di Roccalbegna, Castell’Azzara, Semproniano, M. Selvi e M. Canino (Toscana meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 90 (3), 315-380.
- CAPEZZUOLI E., FORESI L.M., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. 2005 - *New data on the Middle Pliocene sedimentation in the southern Valdelsa basin (Siena, Italy)*. Boll. Soc. Geol. It., Vol. Spec.: 95-103.
- CARMIGNANI L., DECANDIA F.A., DISPERATI L., FANTOZZI P.L., LAZZAROTTO A., LIOTTA D., OGGIANO G. & TAVARNELLI E. 1995 - *Relazioni tra il Bacino Balearico, il Tirreno Settentrionale e l’evoluzione neogenica dell’Appennino Settentrionale*. Studi Geol. Camerti, 1995/1 (vol. spec.) : 255-268.
- CARMIGNANI L., DECANDIA F.A., FANTOZZI P.L., LAZZAROTTO A., LIOTTA D. & MECCHERI M. 1994 - *Tertiary-extensional tectonics in Tuscany (Northern Apennines, Italy)*. Tectonophys., 238: 295-315.
- CARMIGNANI L., FANTOZZI P. L., GIGLIA G., KLIGFIELD R. & MECCHERI M. 1994 - *Tectonic inversion for compression to extension: the case of the metamorphic complex and tuscan nappes in the Apuane Alps (Northern Apennines, Italy)*. Mem. Soc. Geol. It., 48(1), 23-29.
- CARMIGNANI L. & GIGLIA G. 1984 - *"Autoctono Apuano" e Falda Toscana: sintesi dei dati e interpretazioni più recenti*. In: *Cento anni di geologia italiana*. Vol. giub. I Centenario S.G.I., 199-214.
- CARMIGNANI L., GIGLIA G. & KLIGFIELD R. 1978 - *Structural evolution of the Apuane Alps: an example of continental margin deformation in the Northern Apennines, Italy*. Journal of Geology, 86, 487-504.
- CARMIGNANI L., GIGLIA G. & KLIGFIELD R. 1981 - *Nuovi dati sulla zona di taglio ensialica delle Alpi Apuane*. Mem. Soc. Geol. It., 21: 93-100.
- CASTRADORI D., RIO D., HILGEN F.J. & LOURENS L.J. 1998 - *The Global Standard Stratotype-section and Point (GSSP) of the Piacenzian Stage (Middle Pliocene)*. Episodes, 21: 88-93.

- CATANZARITI R., CERRINA FERONI A., MARTINELLI P. & OTTRIA G. 1996 - *Le marne dell'Oligocene-Miocene inferiore al limite tra Dominio Subligure e Dominio Toscano: dati biostratigrafici ed evoluzione spazio-temporale*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, 103, 1-30.
- CATANZARITI R., RIO D. & MARTELLI L. 1997 - *Late Eocene to Oligocene Calcareous Nannofossil Biostratigraphy in Northern Apennines: the Ranzano Sandstone*. Mem. Sci. Geol., 49, 207-253.
- CATANZARITI R. & PERILLI N. 2006 - *Age of the Ottone Unit in the Zignago area (External Ligurian Units, Northern Apennines): constraints from calcareous nannofossils*. Ofioliti, 31 (1), 11-24.
- CATANZARITI R. & PERILLI N. 2009 - *Calcareous nannofossil: the key to reveal the relations between the Macigno and Monte Modino Sandstone, two widespread clastic wedges of the Northern Apennines*. Riv. It. Pal. Strat., 115 (2), 233-252.
- CATANZARITI R., OTTRIA G. & CERRINA FERONI A. 2002 - *Tavole Stratigrafiche della Carta Geologico-Strutturale dell'Appennino Emiliano-Romagnolo*. SELCA Firenze.
- CERRI R. & SANDRELLI F. 1994 - *Carta geologica dell'area di Spicchiaiola Pignano (Province di Pisa e Siena)*. In: BOSSIO A., CERRI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. (1996) – *Geologia dell'area Spicchiaiola-Pignano (settore orientale del bacino di Volterra)*. Boll. Soc. Geol. It., 115: 393-422.
- CERRINA FERONI A. & MAZZANTI R. 1966 - *Geologia della parte meridionale dei Monti Livornesi in Toscana*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., 73 (2), 412-468.
- CERRINA FERONI A., MARTELLI L., MARTINELLI P., OTTRIA G. & CATANZARITI R. 2002 - *Carta geologico-strutturale dell'Appennino emiliano-romagnolo, scala 1:25000*. Regione Emilia Romagna. S.EL.CA.
- CERRINA FERONI A., OTTRIA G. & ELLERO A. 2004 - *The Northern Apennine, Italy: geological structure and transpressive evolution*, in Crescenti V., D'Offizi S., Merlini S. and Sacchi L. eds., *Geology of Italy: Special Volume of the Italian Geological Society for IGC 32 Florence, 2004*, p. 15-32.
- CERRINA FERONI A., PATACCA G. & PLESI G. 1973 - *La zona di Lanciaia tra il Cretaceo inferiore e l'Eocene inferiore*. Atti Soc. T osc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 80, 162-187.
- CERRINA FERONI A. & PATACCA E. 1975 - *Considerazioni preliminari sulla paleogeografia del dominio toscano interno tra il Trias superiore ed il Miocene medio*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., ser. A, 82, 43-54.
- CERRINA FERONI A., CIAMPALINI A., CONSOLONI I., SARTI G. & VAIANI C.S. 2005, *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.
- CHIARI M. 1994 - *Radiolarian assemblage from Ophiolite sequence of Northern Apennines: 1- Figline di Prato sections*. Ofioliti, 19(2a), 177-192.
- CHIARI M., CORTESE G., MARCUCCI M. & NOZZOLI N. 1997 - *Radiolarian biostratigraphy in the sedimentary cover of the ophiolites of the south-western Tuscany, Central Italy*. Ecl. Geol. Helv., 90, 55-77.
- CHIARI M., MARCUCCI M. & PRINCIPI G. 2000 - *The age of the radiolarian cherts associated with the ophiolites in the Apennines (Italy) and Corsica (France): a revision*. Ofioliti, 25 (2), 141-146.
- 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.
- CIARAPICA G., CIRILLI S. & PASSERI L. 1984 - *La serie triassica del M. Cetona (Toscana meridionale) e suo confronto con quella di La Spezia*. Mem. Soc. Geol. It., 24 (1982), 155-167.
- CIARAPICA G., CIRILLI S., PASSERI L., TRINCIANTI E. & ZANINETTI L. 1987 - *“Anidriti di Burano” et “Formation du Monte Cetona” (nouvelle formation), biostratigraphie de deux series-types du Trias superieur dans l'Apennin septentrional*. Revue de Pal., 6(2), 341-409.

- CIARAPICA G. & PASSERI L. 1981a - *Tentativo di ricostruzione paleogeografica a livello del Trias nella Toscana a nord dell'Arno*. Mem. Soc. Geol. It., 21: 41-49.
- CIARAPICA G. & PASSERI L. 1981b - *La litostratigrafia della serie triassica del Promontorio occidentale del Golfo di La Spezia*, Mem. Soc. Geol. It., 21: 51-61.
- CIARAPICA G. & PASSERI L. 1982 - *Panoramica sulla geologia delle Alpi Apuane alla luce delle più recenti ricerche*. Mem. Soc. Geol. It., 24, 193-208.
- CIARAPICA G. & PASSERI L. 1994 - *The Tuscan Nappe in Northern Apennines: data, doubts, hypotheses*. Mem. Soc. Geol. It., 48, 7-22.
- CIARAPICA G. & PASSERI L. 2005 - *Late Triassic and Early Jurassic sedimentary evolution of the Northern Apennines: an overview*. Boll. Soc. Geol. It., 124, 189-201.
- CIARAPICA G. & ZANINETTI L. 1984 - *Foraminifères et biostratigraphie dans le Trias supérieur de la série de La Spezia (Dolomies de Coregna et Formation de La Spezia, nouvelles formations), Apennin septentrional*. Rev. Paléobiologie, Genève, 38(1), 71-86.
- CIBIN U., DI GIULIO A., MARTELLI L., CATANZARITI R., POCCIANI C., ROSSELLI S. & SANI F. 2004 - *Factors controlling foredeep turbidite deposition: the case of northern Apennines (Oligo-Miocene, Italy)*. In "Confined turbidite systems" (S. Lomas Ed.), Geol. Soc. London Spec. Pub., 222, 115-134.
- CIPOLLARI P., CASENTINO D. & GLIOZZI E. 1999 - *Extension and compression related basin in central Italy during the Messinian Lago-Mare event*. Tecton., 315: 163-185.
- CITA M.B. 1975 - *Studi sul Pliocene e sugli strati di passaggio dal Miocene al Pliocene. VIII, Planktonic foraminiferal biozonation of the Mediterranean Pliocene deep sea record. A revision*. Riv. It. Paleont., 81, 527-544.
- CITA, M.B., CAPRARO, L., CIARANFI, N., DI STEFANO, E., LIRER, F., MAIORANO, P., MARINO, M., RAFFI, I., RIO, D., SPROVIERI, R., STEFANELLI, S. & VAI, G.B. 2008 - *The Calabrian stage redefined*. Episodes 31 (4), 408-419.
- CLAGUE J. 2005 - *Status of the Quaternary*. Quaternary Science Reviews, 24: 2424-2425.
- COBIANCHI M. & VILLA G. 1992 - *Biostratigrafia del Calcare a Calpionelle e delle Argille a Palombini nella sezione di Statale (Val Graveglia, Appennino ligure)*. Atti Tic. Sc. Terra, 35, 199-211.
- COBIANCHI M., GALBIATI B. & VILLA G. 1994 - *Stratigraphy of the Palombini Shales in the Bracco Unit (Northern Apennine)*. Ofioliti, 19 (2a), 193-216.
- COLALONGO M.L. & SARTONI S. 1979 - *Schema biostratigrafico per il Pliocene ed il basso Pleistocene in Italia*. P.F. Geodinamica CNR, 251, 645-654.
- COLANTONI P. & BORSETTI A.M. 1973 - *Geologia e stratigrafia dell'Isola di Pianosa (Arcipelago toscano-Mar Tirreno)*. Giorn. di Geol., 39(1): 287-302.
- COLTORTI M., PIERUCCINI P. & RUSTIONI M. 2008 - *The Barga Basin (Tuscany): A record of Plio-Pleistocene mountain building of the Northern Apennines*. Italy Quaternary International 189: 56-70.
- 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.
- CONTI M., MARCUCCI M. & PASSERINI P. 1985 - *Radiolarian cherts and ophiolites in the northern Apennine and Corsica: age, correlations and tectonic frame of siliceous deposition*. Ofioliti, 10 (2-3).
- CONTI M. 1986 - *New data on the biostratigraphy of the tuscan cherts at Monte Cetona (Southern Tuscany, Italy)*. Mar. Micropal., 11, 107-112.
- CORNAMUSINI G., COSTANTINI A. & LAZZAROTTO A. (1999) - *Torbiditi carbonatiche nel Macigno di Poggio Ritrovoli (Toscana meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 118, 31-40.

- COSTA E., DI GIULIO A., PLESI G. & VILLA G. 1992 - *Caratteri biostratigrafici e petrografici del Macigno lungo la trasversale Cinque Terre-Val Gordana-M.Sillara (Appennino Settentrionale): implicazioni sull'evoluzione tettono-sedimentaria*. Studi geol. Camerti, vol. spec. 2, CROP 01-1A, 229-248.
- COSTA E., DI GIULIO A., PLESI G., VILLA G. & BALDINI C. 1997 - *I flysch oligo-miocenici della trasversale Toscana meridionale-Casentino; dati biostratigrafici e petrografici*. Atti Tic. Sc. Terra, 39: 281-302.
- COSTANTINI A., DECANDIA F.A., GANDIN A., GIANNINI E., LAZZAROTTO A. & SANDRELLI F. 1981 - *Lo Pseudoverrucano nella Toscana meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., 21(1980), 395-401.
- COSTANTINI A., DECANDIA F.A., LAZZAROTTO A., LIOTTA D., MAZZEI R., PASCUCCHI V., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. 2009 - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000: Foglio 296 – Siena*. ISPRA, Roma.
- COSTANTINI A., GANDIN A. & MARTINI R. 1983 - *Prima segnalazione di Foraminiferi del Trias nelle evaporiti di Boccheggiano*. Mem. Soc. Geol. It., 25, 159-164.
- COSTANTINI A., LAZZAROTTO A., LIOTTA D., MAZZANTI R., MAZZEI R. & SALVATORINI G. 2002a - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000: Foglio 306 – Massa Marittima*. ISPRA, Roma.
- 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.
- COSTANTINI A., LAZZAROTTO A., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. 2002b - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000: Foglio 285 – Volterra*. Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- COSTANTINI A., LAZZAROTTO A. & PANDELI E. 1993 - *Le successioni del “Macigno” nell’area a S del Monte Cetona (Toscana)*. Boll. Soc. Geol. It., 112, 305-313.
- DALLAN L., GIANNINI E., SQUARCI P. & TAFFI L. 1968 - *Calcere a Calpionelle Ligure*. Studi Illustrativi della Carta Geologica d'Italia- Formazioni Geologiche, 1, 3-16.
- DALLAN NARDI L. & NARDI R. 1979 - *Il quadro paleotettonico dell'Appennino Settentrionale: un'ipotesi alternativa*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., ser. A, 85, 289-297.
- DALLAN, L. 1989 - *Ritrovamento di Alephis Lirix nelle argilliti della serie lacustre di Montecarlo (Lucca) e considerazioni stratigrafiche sui depositi continentali dell'area tra il Monte Albano ed il Monte Pisano*. Atti Soc. T osc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 95, 203–219.
- DALL'ANTONIA B., BOSSIO A. & MAZZANTI R. 2005 - *The Lower-Middle Pleistocene succession of the Coastal Tuscany (Central Italy): new stratigraphic and palaeoecological data based on the ostracod fauna*. Revue de micropaléontologie, 48: 63–81.
- DECANDIA F.A. & ELTER P., 1972 - *La zone ofiolitifera del Bracco nel settore compreso tra Levante e la Val Graveglia (Appennino Ligure)*. Mem. Soc. Geol. Ital., 11, 503-530.
- DECANDIA F.A. & LAZZAROTTO A. 1972 - *Ritrovamento di macroforaminiferi oligocenici nella parte inferiore del Macigno del Chianti in località Farnetella (Siena)*. Boll. Soc. Geol. It., 91, 511-521.
- DECANDIA F.A. & LAZZAROTTO A. 1981 - *L'Unità dello Pseudoverrucano negli affioramenti di Punta delle Rocchette, dei Monti dell'Uccellina e di Montebrandoli (Toscana meridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., 21(1980), 403-412.
- DECANDIA F.A., LAZZAROTTO A. & LIOTTA D. 1993 - *La "Serie ridotta" nel quadro della evoluzione della Toscana Meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., 49, 181-191.
- DECANDIA F.A., LAZZAROTTO A., LIOTTA D., CERNOBORI L. & NICOLICH R. 1998 - *The CROP03 traverse: insights on post-collisional evolution or northern Apennines*. Mem. Soc. Geol. Ital., 52: 427-439.
- DESSAU G., MERLA G., SCARSELLA F., SIGNORINI R. & TREVISAN L. 1950 - *Appunti geologici sul Grossetano tra l'argentario e il Monte Canino*. Boll. Soc. Geol. It., 69(1): 69-76.

- DE WIJKERSLOOTH 1934 - *Bau und Entwicklung des Apennins besonders der Gebirge Toscanas*. Selbstverlag Geol. Inst. Amsterdam, 426 pp.
- DI STEFANO A., FORESI L.M., LIRER F., IACCARINO S.M., TURCO E., AMORE F. O., MAZZEI R., MORABITO S., SALVATORINI G. & AZIZ H.A. 2008 - *Calcareous plankton high resolution bio-magnetostratigraphy for the Langhian of the Mediterranean area*. Riv. It. Pal. Str., 114 (1), 51-76.
- ELTER F.M. & SANDRELLI F. 1995 - *La fase post-nappe nella Toscana Meridionale: nuova interpretazione sull'evoluzione dell'Appennino Settentrionale*. Atti Tic. Sci. Terra, 37 (1994): 173-193.
- FARANDA C. & GLIOZZI E. 2008 - *The ostracod fauna of the Plio-Pleistocene Monte Mario succession (Roma, Italy)*. Bollettino della Società Paleontologica Italiana, 47(3), 215-267.
- FALORNI P. 2007 - *Calcare cavernoso*. In: Carta geologica d'Italia 1:50.000. Catalogo delle formazioni-Unità tradizionali (2). Quad. Serv. Geol. D'It., ser. III, 7(VII), 194-197, Roma.
- FAZZINI P., MANTOVANI M.P. & PAREA G.C. 1968 - *Ricerche sul Mesozoico della Toscana a sud dell'Arno*. Mem. Soc. Geol. It., 7 (2), 129-193.
- FAZZUOLI M. 1974a - *Facies di "laguna interna" nel Calcare massiccio della Toscana sud-orientale*. Boll. Soc. Geol. It., 93, 369-396.
- FAZZUOLI M. 1974b - *Caratteri sedimentologici del Calcare massiccio nell'area della Pania di Corfino (Provincia di Lucca)*. Boll. Soc. Geol. It., 93, 735-752.
- FAZZUOLI M., FERRINI G., PANDELI E. & SGUAZZONI G. 1988 - *Le formazioni giurassico-mioceniche della Falda toscana a nord dell'Arno: considerazioni sull'evoluzione sedimentaria*. Mem. Soc. Geol. It., 30 (1985), 159-201.
- FAZZUOLI M. & SGUAZZONI G. 1986 - *Jurassic and Cretaceous isopic zones in the tuscan domain*. Mem. Soc. Geol. It., 31, 59-84.
- FEDERICI P.R. 1967 - *Prima segnalazione di Lias medio nel Calcare Rosso Ammonitico dell'Appennino ligure e considerazioni cronologiche sulla stessa formazione in Toscana*. Boll. Soc. Geol. It., 86(2), 269-286.
- FEDERICI P.R. 1968 - *Fossili sinemuriani della Liguria Orientale*. Mem. Soc. Geol. It., 7(1), 107-127.
- FEDERICI P.R., FOLLIERI M. & COCCOLINI G.B.L. 1982 - *Testimonianze palino logiche di Villafranchiano medio nel bacino neotettonico di Aulla-Olivola in Val di Magra*. CNR, P.F.G., 513, 225 - 230.
- FEDERICI P.R. & MAZZANTI R. 1995 - *Note sulle pianure costiere della Toscana*. Mem. Soc. Geogr. It. 53: 165 - 270.
- FERRINI G. & PANDELI E. 1985b - *Facies e sequenze verticali nel Macigno di Calafuria (Livorno)*. Boll. Soc. Geol. Ital., 104, 445-458.
- FINETTI I.R., BOCCALETTI M., BONINI M., DEL BEN A., GELETTI R., PIPAN M. & SANI F. 2001 - *Crustal section based on CROP seismic data across the North Tyrrhenian-Northern Apennines-Adriatic Sea*. Tectonophysics, 343: 135-163.
- FOGLIO 216-BORGIO VAL DI TARO (Coord. VESCOVI P.) - Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Regione Emilia-Romagna - S.EL.CA. Firenze.
- FOGLIO 233-PONTREMOLI (Coord. PUCCINELLI A.) - Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa - Servizio Geologico d'Italia.
- FOGLIO 234-FIVIZZANO (Coord. PUCCINELLI A.) - Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa - Servizio Geologico d'Italia.
- FOGLIO 235-PIEVEPELAGO (Coord. PLESI G.) - Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Regione Emilia-Romagna - S.EL.CA. Firenze
- FOGLIO 252-BARBERINO DI MUGELLO (Coord. BETTELLI G. & BOCCALETTI M.) - Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Regione Emilia-Romagna - S.EL.CA. Firenze.

- FOGLIO 253-MARRADI (*Coord.* MARTELLI L.) - Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico d'Italia.
- FOGLIO 264-BORGO SAN LORENZO (*Coord.* BORTOLOTTI V.) - Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Firenze - Servizio Geologico d'Italia
- FOGLIO 265-BAGNO DI ROMAGNA (*Coord.* FARABEGOLI E.) - Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico d'Italia.
- FOGLIO 278-PIEVE S. STEFANO (*Coord.* PRINCIPI G.) - Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Firenze - Servizio Geologico d'Italia
- FOGLIO 285-VOLTERRA (*Coord.* A. LAZZAROTTO) - Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Siena - L.A.C. Firenze.
- FOGLIO 295-POMARANACE (*Coord.* LAZZAROTTO A.) - Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000, Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Siena - L.A.C. Firenze.
- FORESI L.M., BAMBINI A.M., MAZZEI R., PICCINELLI B. & SANDRELLI F. 2002-2003 - *La base dell'Arenaria di Ponsano nella sua area tipo e nella zona di Casole d'Elsa (Toscana)*. Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Ser. A, 108: 1-6.
- FORESI L.M., CORNAMUSINI G., BOSSIO A., MAZZEI R., SALVATORINI G. & ARGENTI P. 2000 - *La successione miocenica dell'Isola di Pianosa nel Mar Tirreno Settentrionale*. Congresso «Environnement et identité en Méditerranée», Université Pascal-Paoli (Corse), giugno 2000.
- FORESI L.M., IACCARINO S., MAZZEI R. & SALVATORINI G. 1998 - *New data on Middle to Late Miocene calcareous plankton biostratigraphy in the mediterranean area*. Riv. It. Paleont. Strat., 104 (1), 95-114.
- FORESI L.M., MAZZEI R. & SALVATORINI G. 2002 – *Appendice: schema di biostratigrafia integrata a plancton calcareo per il Neogene-Quaternario*. In: Bossio A., Mazzei R., Monteforti B & Salvatorini G. (2002) – *Note illustrative alla Carta geologica della zona di S.Maria di Léuca*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Serie A (2000-2001), 107, 97-163.
- FORESI L.M., PASCUCCI V. & SANDRELLI F. 1997a - *Sedimentary and ichnofacies analysis of the Epiligurian Ponsano Sandstone (northern Apennines, Tuscany, Italy)*. Giorn. Geol., Ser. 3, 59/1-2: 301-314.
- FORESI L.M., PASCUCCI V. & SANDRELLI F. 1997b - *L'Arenaria miocenica di Ponsano (Toscana, Italia): evoluzione paleoambientale e bio-cronostratigrafia*. Boll. Soc. Paleont. It., 36: 213-231.
- FORNACIARI E., DI STEFANO A., RIO D. & NEGRI A. 1996 – *Middle Miocene quantitative calcareous nannofossil biostratigraphy in the Mediterranean region*. Micropaleontology, 42 (1), 37-63.
- FORNACIARI E. & RIO D. 1996 – *Latest Oligocene to early middle Miocene quantitative calcareous nannofossil biostratigraphy in the Mediterranean region*. Micropaleontology, 42(1), 1-36.
- FUCINI A. 1925 - *Studi geologici sul Monte Pisano*. Atti Accad. Gioenia di Catania, ser. 5, 14, 222pp.
- GALIBERTI, A. 1974 - *Industria tipo "Pebble culture" nella zona di Bibbona (Livorno)*. Riv. Sc. Preist., 25: 183-224.
- GIANNELLI L., MAZZANTI R., MAZZEI R., MENESINI E. & SALVATORINI G. 1981a - *Le cave di Poggibonsi e di Castelfiorentino nel quadro del Pliocene della Val d'Elsa*. IX Conv. Soc. Pal. It., 3-8/10/1981: 175-194.
- GIANNELLI L., MAZZANTI R., MAZZEI R. & SALVATORINI G. 1981b - *Breve quadro stratigrafico e paleogeografico del Neogene e del Quaternario del Valdarno Inferiore, della Val di Fine e della Val di Cecina*. IX Conv. Soc. Pal. It., 3-8/10/1981: 9-19.
- GIANNELLI L., MAZZANTI R., MAZZEI R. & SALVATORINI G. 1981c - *I sedimenti del Pliocene e del Pleistocene Inferiore della zona compresa fra Riparbella e Bibbona (prov. di Pisa e di Livorno)*. Boll. Soc. Geol. It., 100: 41-56.
- GIANNINI E., NARDI R. & TONGIORGI M. 1962 – *Osservazioni sul problema della Falda Toscana*. Boll. Soc. Geol. It., 81(2), 17-98.

- GIANNINI E. & TONGIORNI M. 1959 - *Osservazioni sulla tettonica neogenica della Toscana marittima*. Boll. Soc. Geol. It., 77: 147-170.
- GIANNINI E. 1948 - *I Foraminiferi del giacimento calabriano di Vallebiaia (Pisa)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. Sez. A, 55: 180-227.
- GIANNINI, E. 1955 - *Osservazioni sulla geologia del bacino della Fine e delle colline tra Rosignano Marittimo e la Valle della Cecina*. Boll. Soc. geol. It., 74, 297-316.
- GIBBARD P. L., HEAD J.H., WALKER M.J.C. & THE SUBCOMMISSION ON QUATERNARY STRATIGRAPHY 2009 - *Formal ratification of the Quaternary System/Period and Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma*. Journ. Quat. Sci., 25 (2): 96-102.
- GLIOZZI E., ABBAZZI L., ARGENTI P., AZZAROLI A., CALOI L., CAPASSO BARBATO L., DI STEFANO G., ESU D., FICCARELLI G., GIROTTI O., KOTSAKIS T., MASINI F., MAZZA P., MEZZABOTTA C., PALOMBO M.R., PETRONIO C., ROOK L., SALA B., SARDELLA R., ZANALDA E. & TORRE D. 1997 - *Biochronology of selected Mammals, Molluscs and Ostracods from the Middle Pliocene to the Late Pleistocene in Italy. The state of the art*. Riv. It. di Paleont. Stratigraf., 103 (3), 369-388.
- GRADSTEIN F.M., OGG J.G. & SMITH A.G. 2004 - *A Geological Time Scale 2004*. Gradstein F.M., Ogg J.G. & Smith A. G. (Eds.). Cambridge Univ. press, pp. 610.
- GUERNET C. 2005 - *Ostracodes et stratigraphie du néogène et du quaternaire méditerranéen*.s Revue de Micropaléontologie, Volume 48, Issue 2, Pages 83-121.
- GUÉX J. 1977 – *Une nouvelle méthode d'analyse biochronologique*. Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat., 74 (3), 169-216.
- HEARTY P.J. & DAI PRA G. 1987 - *Ricostruzione palaeogeografia degli ambienti litoranei quaternari della Toscana e del Lazio settentrionale con l'impiego dell'Aminostratigrafia*. Bollettino del Servizio Geologico d'Italia 106: 189-224.
- IACCARINO S. 1985 – *Mediterranean Miocene and Pliocene planktic foraminifera*. In: Bolli H-M., Saunders J.B. & Perch-Nielsen K. (Eds.), Plankton Stratigraphy, 1, 283-314. Cambridge University Press.
- IACCARINO S., PREMOLI SILVA I., BIOLZI M., FORESI L.M., LIRER F., TURCO E. & PETRIZZO M.R. 2007 – *Practical manual of Neogene planktonic Foraminifera*. Internat. School on planktonic Foraminifera, VI course, Perugia 19-23 Febbraio 2007, pp. 142.
- IACCARINO S. & SALVATORINI G. 1982 – *A framework of planktonic foraminiferal biostratigraphy for Early miocene to Late Pliocene Mediterranean area*. Paleontol. Stratigr. Evol., Quad. 2, 115-125.
- IPPOLITO F. 1948 - *Sulla geologia delle Alpi Apuane*. Mem. Ist. Geol. Appl. Univ. Napoli, 1, 97- 112.
- IPPOLITO F. 1950 - *Le Alpi Apuane*. In: Contributo alla Geologia del M. Pisano e delle A. Apuane. Mem. e Note Ist. Geol. Appl. Univ. Napoli, 3 (1949-50), 49-95.
- IPPOLITO F. 1950 - *Il Monte Pisano*. In: Contributo alla Geologia del M. Pisano e delle A. Apuane. Mem. e Note Ist. Geol. Appl. Univ. Napoli, 3 (1949-50), 7-48.
- KÄLIN O., PATACCA E. & RENZ O. 1979 – *Jurassic pelagic deposits from Southeastern Tuscany; aspects of sedimentation and new biostratigraphic data*. Ecl. Geol. Helv., 72(3), 715-762.
- LANDI, E., RAVANI, S., SARTI, G. & SODINI, M. 2002-2003 - *The Villafranchian deposits of the Castelnuovo Garfagnana and Barga Basins (Lucca, Tuscany, Italy): facies analysis and paleoenvironmental reconstruction*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. Sez. A, 108, 81-93.
- LAZZAROTTO A. 1967 - *Geologia della zona compresa fra l'alta valle del fiume Cornia ed il Torrente Pavone (prov. di Pisa e Grosseto)*. Mem. Soc. Geol. It., 6 (2).
- LAZZAROTTO A., MARTELLINI F., MAZZANTI R., MAZZEI R. & SANDRELLI F. 1995 - *La formazione di Lanciaia nelle aree a sud di Micciano e a nord di Montecerboli (Provincia di Pisa)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem. Serie A, 102: 159-169.
- LAZZAROTTO A. & MAZZANTI R. 1966 - *Studio geologico e micropaleontologico di una sezione fra Castelnuovo Val di Cecina e Monte Gabbri (in provincia di Pisa)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem. Ser. A, 73: 330-375.

- LAZZAROTTO A. & MAZZANTI R. 1978 - *Geologia dell'Alta Val di Cecina*. Boll. Soc. Geol. It., 95, 1365-1487.
- LAZZAROTTO A., MAZZANTI R. & NENCINI C. 1990 - *Conglomerato di Montebamboli*. Studi Illustrativi della C.G.I., II ediz., 2: 1-15.
- LAZZAROTTO A., MAZZANTI R. & SALVATORINI G. 1990 - *Geologia e morfologia dei comuni di Livorno e Collesalveti*. Suppl. 2, Quad. Mus. Stor. Nat. Livorno, 11: 1-85.
- LAZZAROTTO A. & SANDRELLI F. 1979 - *Stratigrafia ed assetto tettonico delle formazioni neogeniche nel Bacino del Casino (Siena)*. Boll. Soc. Geol. It., 96 (1977): 747-762.
- LAZZAROTTO A., SANDRELLI F., FORESI L.M., MAZZEI R., SALVATORINI G., CORNAMUSINI G. & PASCUCCHI V. 2002 - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000: Foglio 295 - Pomarance. *Servizio Geologico d'Italia, Roma*.
- LENCEWICZ S. 1917 - *Profile geologiczne przez Apenin Toskanski*. Rend. Soc. Sc. Varsavia, 10 (6), 637-662.
- LIOTTA D. 1994 - *Structural features of the Radicofani Basin along the Piancastagnaio (Mt. Amiata)-S.Casciano dei Bagni (Mt. Cetona) cross section*. Mem. Soc. Geol. It., 48: 401-408.
- LIOTTA D. 1996 - *Analisi del settore centro-meridionale del Bacino pliocenico di Radicofani (Toscana Meridionale)*. Boll. Soc. Geol. It., 115: 115-143.
- LIOTTA D. & SALVATORINI G. 1994 - *Evoluzione sedimentaria e tettonica della parte centro-meridionale del Bacino pliocenico di Radicofani*. Studi Geol. Camerti, 1994/1 (Vol. spec.): 65-77.
- LOTTI B. 1910 - *Geologia della Toscana*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 13, 484pp.
- LOURENS L.J. 2008 - *On the Neogene-Quaternary debate*. Episodes, 31: 239-242.
- LOURENS L., HILGEN F., SHACKLETON N.J., LASKAR J. & WILSON D. 2004 - *The Neogene Period*. In: A Geological Time Scale 2004, GRADSTEIN F.-M., OGG J.G. & SMITH A.G. (Eds.) Cambridge University Press: 409-440.
- LUTERBACHER H.P., ALI J.R., BRINKHUIS H., GRADSTEIN F.M., HOOKER J.J., MONECHI S., OGG J.G., POWELL J., RÖHL U., SANFILIPPO A. & SCHMITH B. 2004 - *The Paleogene Period*. In: A Geologic Time Scale (Gradstein F., Ogg J.G. & Smith A. Eds.). Cambridge Univ. Press, pp. 384-408.
- MACCATELLI M. 1994 - *Stratigrafia e giacitura delle formazioni liguri nella Toscana a sud dell'Arno*. Tesi di Dottorato, Università di Siena.
- MACCATELLI M. & MAZZEI R. 1994 - *Inquadramento biocronostratigrafico di due unità riferibili alla formazione di Lanciaia affioranti nell'area a nord della bassa Val di Cecina (Toscana occidentale)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem. Ser.A, 100: 29-43.
- MALATESTA A. 1942 - *Le formazioni pleistoceniche del Livornese*. Atti. Soc. Tosc. Nat. Mem. 51: 145-206.
- MALATESTA A., 1951. *Il Calabriano tra Castiglioncello e Rosignano (Livorno)*. Boll. Serv. Geol. It., 73, 173-183.
- MARCOLINI F., 2004. *Continental Lower Valdarno rodent biochronology and two new methods for the systematics of Mimomys (Arvicolidae, Rodentia)*, Atti Soc. tosc. Sci. nat., Mem., Serie A, 108 (2002-2003) pagg. 129-135, figg. 6
- MARCUCCI M., CABELLA R. & PASSERINI P. 1994 - *Early late Cretaceous radiolarian deposits in Northern Apennines: biostratigraphy and mineralogical data from the "Scisti Policromi" in the Tuscan succession near Monsummano, Tuscany*. Palaeopalaeogeogr., 4, 23-34.
- MARINO M. & MONECHI S. 1994 - *Nuovi dati sull'età di alcuni Flysch ad Helminthoidi cretacei e terziari dell'Appennino Settentrionale*. Mem. Soc. Geol., 46, 43-77.
- MARRONI M., MAZZANTI R. & NENCINI C. 1990 - *Geologia e morfologia delle Colline Pisane*. Quad. Mus. St. Nat. Livorno, Suppl. 1: 1-40.

- MARRONI M., MONECHI S., PERILLI N., PRINCIPI G. & 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. & PANDOLFI L. 2001 - *Debris flow and slide deposits at the top of the Internal Liguride ophiolitic sequence, Northern Apennines, Italy: a record of frontal tectonic erosion in a fossil accretionary wedge*. *The Island Arc*, 10, pp. 9-21.
- MARRONI M. & 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 (2), 251-267.
- MARTINI E. 1971 - *Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation*. *Proceedings II Planktonic Conference* (Farinacci Ed.), Roma, 1970, 2, 739-785.
- MARTINI I.P., CASCELLA A. & RAU A. 1995a - *The Manciano Sandstone: a shoreface deposit of Miocene basin of the Northern Apennines, Italy*. *Sedimentary Geology*, 99: 37-59.
- MARTINI R., GANDIN A. & ZANINETTI L. 1989 - *Sedimentology, stratigraphy and micropaleontology of the triassic evaporitic sequence in the subsurface of Boccheggiano and in some outcrops of Southern Tuscany (Italy)*. *Riv. It. Paleont. Strat.*, 95 (1), 3-28
- MARTINI I.P. & SAGRI M. 1993 - *Tectono-sedimentary characteristics of Late Miocene-Quaternary extensional basins of the Northern Apennines, Italy*. *Earth Science Rev.*, 34: 197-233.
- MARTINI I.P. & SAGRI M. 1994 - *The Late Miocene-Pleistocene extensional basins of the Northern Apennines: facies distribution and basin fill architecture*. *Mem. Soc. Geol. It.*, 48: 375-380.
- MAZZANTI R. 1961- *Geologia della zona di Montaione tra le valli dell'Era e dell'Elsa (Toscana)*. *Boll. Soc. Geol. It.*, 80 (2)
- MAZZANTI R. 1966 - *Geologia della zona di Pomarance-Larderello*. *Mem. Soc. Geol. It.*, 5, 105-138.
- MAZZANTI R., MAZZEI R., MENESINI E. & SALVATORINI G. 1981 - *L'arenaria di Ponsano: nuove precisazioni sopra l'età*. *IX Conv. Soc. Pal. It.*, 3-8/10/1981: 135-158.
- MAZZEI R., PASINI M., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. 1980 - *L'età dell'Arenaria di Ponsano della zona di Castellina Scalo (Siena)*. *Mem. Soc. Geol. It.*, 21: 63-72.
- MAZZANTI R. & SANESI G., 1987 - *Geologia e morfologia della bassa Val di Cecina*, *Quad. Mus. Storia Nat. Livorno* (Supp. n. 1) 7: 1-27.
- MAUZ B. 1999 - *The onset of the quaternary: a review of new findings in the Pliocene-Pleistocene Chronostratigraphy*, *Quaternary Science Reviews* 17: 357-364.
- MCGOWRAN B., BERGGREN B., HILGEN F., STEININGER F., AUBRY M.P., LOURENS L. & VAN COUVERING J. 2009 - *Neogene and Quaternary coexisting in the geological time scale: the inclusive compromise*. *Earth-Science Reviews*, 96: 249-262.
- MERLA G. 1952 - *Geologia dell'Appennino Settentrionale*. *Boll. Soc. Geol. It.*, 70 (1951), 95-382.
- MOCHI E., PLESI G. & VILLA G. 1995 - *Biostratigrafia a nannofossili calcarei della parte basale della successione del M. Modino (nell'area dei Fogli 234 e 235) ed evoluzione strutturale dell'unità omonima*. *Studi Geol. Camerti*, 13, 39-73.
- MONECHI S. & TREVES B. 1984 - *Osservazioni sulle età delle arenarie del Gottero. Dati dal nannoplancton calcareo*. *Ofioliti*, 9 (1), 93-96.
- MORATTI G. & BONINI M. 1998 - *Structural development of the Neogene Radicondoli-Volterra and adjoining hinterland basin in Western Tuscany (Northern Apennines, Italy)*. *Geol. Journ.*, 33: 223-241.
- MUCCHI A.M., PELLEGRINI M. & MANTOVANI M.P. 1968 - *Le serie stratigrafiche di Spezia e dei Monti d'Oltre Serchio*. *Mem. Soc. Geol. It.*, 7, 195-225.

- NARDI R. 1965 - *Schema geologico dell'Appennino Tosco-emiliano tra il Monte Cusna e il Monte Cimone e considerazioni sulle unità tettoniche dell'Appennino*. Boll. Soc. Geol. It., 84 (5).
- OGG, J.G. 2004 - *The Jurassic Period*. In: A Geologic Time Scale 2004 (Gradstein F., Ogg J.G. & Smith Ed.), Cambridge University Press, 307-343.
- OGG, J.G., AGTERBERG F.P. & GRADSTEIN F.M. 2004 - *The Cretaceous Period*. In: A Geologic Time Scale 2004 (Gradstein, Ogg & Smith A. Eds.), Cambridge University Press, 344-383.
- OGG J.G., OGG G. & GRADSTEIN F.M. 2008 - *The concise Geological Time Scale*. Cambridge University Press, pp. 184.
- OKADA H. & BUKRY D. 1980 - *Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973; 1975)*. Marine Micropaleontology, 5 (3), 321-325.
- PASCUCCI V., FONTANESI G., MERLINI S. & MARTINI P. 2001 - *Neogene Tuscan shelf-western Tuscany extension evidences of the early post-compressional deposits (Tyrrhenian Sea-northern Apennines, Italy)*. Ofioliti, 26: 187-196.
- PASCUCCI V., MERLINI S. & MARTINI I.P. 1999 - *Seismic stratigraphy of the Miocene- Pleistocene sedimentary basins of the Northern Tyrrhenian Sea and western Tuscany (Italy)*. Basin Res., 11: 337-356.
- PASINI M. & SANDRELLI F. 1977 - *L'Arenaria di Ponsano nell'area a sud-est di Castellina Scalo (Siena)*. Riv. It. Paleont., 83 (3): 641-664.
- PASSERI L. & PIALLI G. (1973) - *L'ambiente di sedimentazione dei Calcari a Rhaetavicula contorta dell'Umbria occidentale e del Monte Cetona*. Geol. Rom., 12: 177-203.
- PASSERI L. & VENTURI F. 2005 - *Timing and causes of drowning of Calcare massiccio platform in Northern Apennines*. Boll. Soc. Geol. It., 124, 247-258.
- PASSERINI P. 1965 - *Il Monte Cetona (Provincia di Siena)*. Boll. Soc. Geol. It., 83: 219-238.
- PELLEGRINI M. 1967 - *Osservazioni geologiche sull' Arenaria di Manciano*, Mem. Soc. Geol. It., 6 (3): 329-342.
- PERCH-NIELSEN K. 1985a - *Mesozoic calcareous nannofossils*. In: Bolli H-M., Saunders J.B. & Perch-Nielsen K. Eds., Plankton Stratigraphy, 329-426. Cambridge University Press.
- PERCH-NIELSEN K. 1985b - *Cenozoic calcareous nannofossils*. In: Bolli H-M., Saunders J.B. & Perch-Nielsen K. Eds., Plankton Stratigraphy, 427-554. Cambridge University Press.
- PERILLI N. 1994 - *The Mt. Modino olistostrome Auctorum (Appennino Modenese): stratigraphical and sedimentological analysis*. Mem. Soc. Geol. It., 48, 343-350.
- PERILLI N. 1997 - *Lower Cretaceous nannofossil biostratigraphy of the Calpionella Limestone and the Palombini Shale in Southern Tuscany (Italy)*, Revista Española de Paleontología, 12 (1), 1-14.
- PERILLI, N., PUCCINELLI, A., SARTI, G., D'AMATO AVANZI, G., 2004A. *Lithostratigraphy of the Plio-Pleistocene continental deposits of the Barga and Castelnuovo Garfagnana (Tuscany, Italy) tectonic depressions*. IN: MORINI, D., BRUNI, P. (EDS.), The Regione Toscana project of geological mapping. Regione Toscana, Firenze, pp. 121–132.
- PERILLI N., PUCCINELLI A., SARTI G. & D'AMATO G. AVANZI, 2004B. *Villafranchian deposits of the Barga and Castelnuovo Garfagnana basins (Tuscany, Italy): lithostratigraphy and sedimentary features*. Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences, 17(2/1), pp. 313-322.
- PERILLI N., CATANZARITI R., CASCELLA A., NANNINI D. in stampa - *The Calcari di Groppo del Vescovo Formation (Subligurian Units, Northern Apennines, Italy): new dating based on calcareous nannofossils*.
- PETTI F.M. & FALORNI P. 2007 - *Anidriti di Burano*. In: Carta geologica d'Italia 1:50.000. Catalogo delle formazioni-Unità tradizionali (2). Quad. Serv. Geol. D'It., ser. III, 7(VII), 188-193, Roma.
- PETTI F.M. & FALORNI P. 2007 - *Calcare massiccio*. In: Carta geologica d'Italia 1:50.000. Catalogo delle formazioni-Unità tradizionali (2). Quad. Serv. Geol. D'It., ser. III, 7(VI), 117-128, Roma.

- PICCHI F. 1985 - *Late Jurassic-early Cretaceous ophiolite cover, Castellina M., Pise, Italy*. Ofioliti, 10 (1), 77-80.
- PIGNOTTI L. 1994 - *The Cenomanian-Turonian siliceous-anoxic event in the Scisti Policromi (Tuscan sucession, Northern Apennines): data on radiolarian and foraminiferal biostratigraphy*. Palaeopelagos, 4, 141-153.
- PLESI G. 1975 - *La nappe de Canetoo*. Bull. de la Soc. Géolog. de France, 17: 979-983.
- PLESI G., BONANNI G., BOTTI F., DANIELE G. & PALANDRI S. 1998 - *Processi e tempi di costruzione della Catena Appenninica nelle sue fasi oligo-mioceniche: l'esempio della Finestra di Pracchiola (Biostratigrafia, Petrografia e Analisi strutturale, con Carta Geologico-strutturale scala 1: 20.000)*. Boll. Soc. Geol. It., 117, 841-894.
- PLESI G., CHICCHI S., DANIELE G. & PALANDRI S. 2000 - *La struttura dell'alto Appennino reggiano-parmense fra Valditacca, il Passo di Pradarena e il M. Ventasso*. Boll. Soc. Geol. It., 119: 267-296.
- PLESI G., GALLI M. & DANIELE G. 2002 - *The Monti Rognosi Ophiolitic Unit (cfr. Calvana Unit Auct.) paleogeographic position in the External Ligurian Domain, relationships with the tectonic units derived from the Adriatic margin*. Boll. Soc. Geol. It., Volume speciale n. 1 (2002), 273-284.
- POSTUMA J. A. 1971 - *Manual of Planktonic Foraminifera*. Elsevier Publ. Company, Amsterdam, London, New York.
- PREMOLI SILVA I. & SLITER W. V. 1995 - *Cretaceous planktonic foraminiferabiostratigraphy and evolutionary trends from the Bottaccione section, Gubbio, Italy*. Palaeontographia Italica, 82, 1-89.
- PREMOLI SILVA I. & SLITER W. V. 2002 - *Practical Manual of Cretaceous Planktonic Foraminifera*. International School on Planktonic Foraminifera, 1° Course: Cretaceous. Premoli Silva I. & Rettori R. Eds., Universities of Perugia and Milan, CENTRO Stampa XBS – Sieco, San Donato Milanese – MI.
- PREMOLI SILVA I. & VERGA D. 2004 - *Practical Manual of Cretaceous Planktonic Foraminifera*. International School on Planktonic Foraminifera 1° Course: Cretaceous. Premoli Silva I. & Rettori R. Eds., Universities of Perugia and Milan, Tipografia Pontefelcino, Perugia (Italy).
- PREMOLI SILVA I., RETTORI R. & VERGA D. 2003 - *Practical Manual of Paleocene and Eocene Planktonic Foraminifera*. Rettori R. & Verga D. Eds. Tip. Pontefelcino, Perugia.
- PUCCINELLI, A., 1987 - *Un esempio di tettonica recente nella Val di Serchio: il sollevamento di Monte Perpoli*. Atti della Società Toscana di Scienze Naturali, Memorie, Serie A 94, 105–117.
- PUCCINELLI, A., D'AMATO AVANZI, G. & PERILLI, N. IN PRESS. *Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000–Note Illustrative del Foglio 250: Castelnuovo Grafagnana*. APAT, Agenzia Protezione Ambiente e Territorio (Government Agency for Environment).
- RAFFI I., MOZZATO C., FORNACIARI E., HILGEN F.J. & RIO D. 2003 - *Late Miocene calcareous nannofossil biostratigraphy and astrobiochronology for the Mediterranean region*. Micropaleontology, 49 (1), 1-26.
- RAFFI I. & RIO D. 1979 - *Calcareous nannofossils biostratigraphy of DSDP Site 132-Leg 13 (Tyrrhenian Sea-Western Mediterranean)*. Riv. It. Pal., 85 (1), 127-172.
- RAU A. & TONGIORGI M. 1974 - *Geologia dei Monti Pisani a Sud-Est della Valle del Guappero*. Mem. Soc. Geol. It., 13, 227-408.
- REDINI R. 1935 - *Contribuzione allo studio del Monte Pisano*. Boll. R. Uff. Geol. It., 60, 1-105.
- REMANE J. 1989 - 12 *Calpionellidi*. In: Plankton Stratigraphy (Bolli H-M., Saunders J.B. & Perch-Nielsen K. Eds.). Cambridge Earth Sc. Series, 1, 555-572.
- RIFORGIATO F., FORESI L.M., ALDINUCCI M., MAZZEI R., DONIA F., GENNARI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. 2008 - *Foraminiferal record and astronomical cycles: an example from the Messinian pre-evaporitic Gello composite section*. Stratigraphy, 5: 265-280.
- RIFORGIATO F., FORESI L.M., MAZZEI R., SALVATORINI G. & SANDRELLI F. 2005 - *Chronostratigraphic revision of some Pliocene basin in Tuscany at the Zanclean /Piacenzian boundary*. Boll. Soc. Geol. It., Vol. spec. 3: 7-13.

- RIO D., RAFFI I. & VILLA G. 1990 - *Pliocene-Pleistocene calcareous nannofossil distribution patterns in the Western Mediterranean*. Proceed. ODP, Sc. Res., 107, 513-533.
- RIO D., SPROVIERI R., CASTRADORI D. & DI STEFANO E. 1998 - *The Gelasian Stage (Upper Pliocene): a new unit of the global standard chronostratigraphic scale*. Episodes, 21(1): 82-87.
- RIO D., SPROVIERI R. & DI STEFANO E. 1994 - *The Gelasian Stage: a proposal of a new chronostratigraphic unit of the Pliocene series*. Riv.It. Paleont. Strat., 100 (1): 103-124.
- ROOK L. & MARTÍNEZ-NAVARRO B. 2010 - *Villafranchian: The long story of a Plio-Pleistocene European large mammal biochronologic unit*, Quaternary International 219 (2010) 134-144.
- RUGGERI G. & SELLI R. 1950 - *Il Pliocene e il Postpliocene dell'Emilia*. Giorn. Geol., 20: 1-14.
- 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.
- SANI F., BONINI M., CERRINA FERONI A., MAZZARINI F. MORATTI G., MUSUMECI G., CORTI G., IATTA F. & ELLERO A. 2009 - *Messinian – early Pliocene crustal shortening along the Tyrrhenian margin of Tuscany, Italy*. Ital. J. Geosci., 128 (2): 593-604.
- SANI F., MORATTI G. & BONINI M. 1998a - *The geodynamic evolution of the Northern Apennine: insights from the Neogene-Quaternary basins*. Annales Tectonicae, 12: 145-161.
- SANI F., MORATTI G. & BONINI M. 1998b - *The geodynamic evolution of the Northern Apennines-Northern Tyrrhenian Sea basin*. Tectonics, 14: 832-847.
- SARTI G. 1995 - *Controllo tettonico ed eustatico sulla deposizione delle unità del Miocene Superiore della Val di Fine (Toscana, Pisa)*. Studi Geologici Camerti, 1995/1 (Vol. Spec.): 581-592.
- SARTI G., FLORINDO F. & SAGNOTTI L. 1995 - *Risultati di un'indagine interdisciplinare (analisi di facies, biostratigrafia, magnetostratigrafia) svolta su due sezioni della Val di Fine (Toscana, Pisa) di età compresa tra il Miocene Superiore ed il Pliocene Inferiore*. Studi Geologici Camerti, 1995/1 (Vol. Spec.): 593-600.
- SARTI G. & R. 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 (2005) pagg. 73-80, figg. 2
- SARTORIO D. & VENTURINI S. 1988 - *Southern Tethys Biofacies*. AGIP S.p.A. Ed., Amilcare Pizzi S.p.A. arti grafiche, Cinisello Balsamo (MI).
- SHACKLETON N. J. 1995 - *New data on the evolution of Pliocene climatic variability*. In: E. S. Vrba, G. H. Denton, T. C. Partridge and L. H. Burckle (Eds.), Paleoclimate and Evolution, with Emphasis on Human Origins, Yale University Press, New Haven, pp. 243-248.
- SCHLANGER S. O., ARTHUR M. A., JENKYN H. C. & SCHOLLE P. A. 1987 - *The Cenomanian-Turonian Oceanic Anoxic Event, I. Stratigraphy and distribution of organic carbon-rich beds and the marine $\delta^{13}C$ excursion*. Geol. Soc., London, Special Publications, 26, 371-399.
- SCHLANGER S. O. & CITA M. B. 1982 - *I. Introduction to the Symposium "On the nature and origin of Cretaceous organic carbon-rich facies"*. In: The nature and origin of Cretaceous organic carbon-rich facies, 1-6. Accademic Press.
- SCHLANGER S. O. & JENKYN H.C. (1976) - *Cretaceous oceanic anoxic events: causes and consequences*. Geologie en Mijnbouw, 55, 179-184.
- SIGNORINI R. 1949 - *Visione odierna della geologia toscana*. Boll. Soc. Geol. It., 65 (1946), 82-90.
- SIGNORINI R. 1966 - *I terreni neogenici del Foglio "Siena"*. Boll. Soc. Geol. It., 85: 639-654.
- SIMONELLI V. 1892 - *Fossili retici della Montagna di Cetona*. Mem. Acc. Sc. Istit. Bologna, ser. 5, 2, 7-112.

- SISSINGH W. 1977 - *Biostratigraphy of Cretaceous calcareous nannoplankton*. Geol. Mijnbouw, 56, 37-65.
- SQUARCI P. & TAFFI L. 1963 - *Geologia della zona di Chianni Laiatico Orciatice (prov di Pisa)*. Boll. Soc. Geol. It., 82 (2), 219-290.
- STAUB R. 1932 - *Die Bedeutung der Apuanischen Alpen im Gebirgsbau der Toskana nebst einigen Gedanken zur Tektonik des Apennins*. Vierteljahrsh. Naturf. Ges., 77, 184-248.
- STRUFFI & SOMMAI, 1960 - *Il limite Pliocene-Quaternario lungo il margine settentrionale delle Colline Livornesi*, Boll. Soc. geol. It., 79(02), 1960, pp. 257-272.
- STEINMANN G. 1907 - *Alpen und Apennin*. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges., Monatsber, 59 (8-9), 177-183.
- TAVANI G. 1954 - *Fauna del Quaternario di Rosignano Marittimo (Livorno)*, Atti. Soc. Tosc. Nat. Mem. 61, pp. 15-21.
- TEICHMUELLER R. 1932 - *Über das Vorland des Apennin*. Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Math. Phys. Kl., 4 (17), 8-52.
- TEICHMUELLER R. 1935 - *Der Deckenbau des Nord - Apennins zwischen Modena und Massa - Carrara*. Abh.d. Ges. Wiss. Göttingen, Math. Phys. Kl., ser. III, 13, 61pp.
- TILMANN N. 1926 - *Tektonische Studien in der Catena Metallifera Toscanas*. Geol. Rundschau, Steinmann-Festschrift, Sonderband, 17a, 631-660.
- TONGIORGI M. 1978 - *Notes for a palinspastic reconstruction of the post-Ercynian paleogeography of the Tyrrhenian area*. In: Report of the Tuscan Paleozoic basement. CNR – PFE, Pisa.
- TOUMARKINE M. & LUTERBACHER H.P. 1989 - *5 Paleocene and Eocene planktic foraminifera*. In: Plankton stratigraphy, 1 (Bolli H-M., Saunders J.B. & Perch-Nielsen K. Eds.). Cambridge Univ. Press, 87-154.
- TREVISAN L. 1952 - *Sul complesso sedimentario del Miocene superiore e del Pliocene della Val di Cecina e sui movimenti tettonici tardivi in rapporto ai giacimenti di lignite e di salgemma*. Boll. Soc. Geol. It., 70 (1951): 65-78.
- TREVISAN L. 1962 - *Considérations sur deux coupes à travers l'Apennin septentrional*. Bull. Soc. Géol. France, 7 ser., 4 (5), 675-681.
- TREVISAN L., BRANDI G.P., DALLAN L., NARDI R., RAGGI G., RAU A., SQUARCI P., TAFFI L. & TONGIORGI M. 1971 - *Note illustrative della Carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000: Foglio 105 (Lucca)*. Min. Ind. Comm. Art., Serv. Geol. d'It, 51 pp., Arti grafiche Ditta E. Di Mauro, Cava dei Tirreni.
- VAN COUVERING J.A., CASTRADORI D., CITA M.B., HILGEN F.J. & RIO D. 2000 - *The base of the Zanclean Stage and of the Pliocene Series*. Episodes, 23 (3): 179-187.
- VANNUCCI S., VANNUCCI R., FRANCHI R. & MAZZUCOTELLI A. 1981 - *Presenza di livelli vulcanoclastici al tetto della Scaglia Bianca umbro-marchigiana*. Rend. S.I.M.P., 37 (1), 105-131.
- VENTURI F. & NANNARONE C. 2002 - *Ammoniti del Sinemuriano inferiore del Monte Cetona (Prov. di Siena)*. Boll. Soc. Paleont. It., 41 (2-3), 131-162.
- VINASSA DE REGNY P. 1932 - *Alcuni capisaldi per la geologia del M. Pisano*. Boll. Soc. Geol. It., 51 (1), 95 - 100.
- VINASSA DE REGNY P. 1933 - *I fossili e l'età dei calcari marmorei toscani*. Boll. Soc. Geol. It., 52 (1), 181 -206.
- VOISENET E., BOUILLIN J.P. & FEINBERG H. 1983 - *Les grès du Ghiaieto (Ile d'Elbe, Italie): datation et caractères sédimentaires*. Compt. Rend. Acad. Sc. Paris, 296, 383-386.
- ZANCHETTA, G., 1995. *Nuove osservazioni sui depositi esposti sul fianco sud-orientale delle colline delle Cerbaie (Valdarno inferiore, Toscana)*, Il Quaternario, It. J. Quat. Sci. 8 2, pp. 291-304.
- ZANCHETTA G., PETRUCCI S., MAZZA P. & RUSTIONI M., 1995 - *New Villafranchian finds from the Lower Valdarno*. Il Quaternario 8: 449-456.
- ZANINETTI L. 1976 - *Les Foraminifères du Trias*. Riv. Ital. Paleont. e Strat., 82 (1), 1-258.

Tavole fuori testo

IL QUATERNARIO

1. Distribuzione dei bacini di sedimentazione quaternari e ubicazione delle colonne rappresentative

1a. Tavola stratigrafica (bacini intramontani)

1b. Tavola stratigrafica (fascia costiera)

IL NEOGENE

2. Distribuzione dei bacini di sedimentazione neogenici

2a. Tavola stratigrafica

IL DOMINIO LIGURE

3. Distribuzione delle unità del Dominio Ligure e ubicazione delle colonne rappresentative

3a. Tavola stratigrafica

3b. Distribuzione delle specie significative di Radiolari (Diaspri)

3c. Distribuzione delle specie significative di Calpionellidi

3d. Distribuzione delle specie significative di nannofossili calcarei

IL DOMINIO SUBLIGURE

4. Distribuzione delle unità del Dominio Subligure e ubicazione delle colonne rappresentative

4a. Tavola stratigrafica

4b. Distribuzione delle specie significative di nannofossili calcarei

L'AVANFOSSA OLIGO-MIOCENICA

5. Distribuzione delle unità di avanfossa e ubicazione delle colonne rappresentative

5a. Tavola stratigrafica (Settore nord)

5b. Tavola stratigrafica (Settore sud)

5c. Distribuzione delle specie significative di nannofossili calcarei

LA SUCCESSIONE TOSCANA PRE-AVANFOSSA

6. Distribuzione della Successione toscana pre-avanfossa e ubicazione delle colonne rappresentative

6a. Tavola stratigrafica (Settore nord)

6b. Tavola stratigrafica (Settore sud)

Atlante dei dati biostratigrafici della Toscana

Autori

1. QUATERNARIO

a cura di A. Bossio³ e S. Da Prato¹

2. NEOGENE

a cura di A. M. Bambini² e L. M. Foresi²

3. DOMINIO LIGURE

a cura di R. Catanzariti¹, A. Cerrina Feroni¹, A. Ellero¹, M. Marroni³, S. Palandri³ e G. Principi⁴

4. DOMINIO SUBLIGURE

a cura di R. Catanzariti¹, A. Cerrina Feroni¹ e A. Ellero¹

5. AVANFOSSA OLIGO-MIOCENICA

a cura di R. Catanzariti¹, A. Cerrina Feroni¹ e A. Ellero¹

6. SUCCESSIONE TOSCANA PRE-AVANFOSSA

a cura di A. Lazzarotto²

6.2. (Settore nord)

a cura di E. Abbate⁴, R. Catanzariti¹, A. Cerrina Feroni¹ e A. Ellero¹

Coordinamento del Progetto

ISTITUTO DI GEOSCIENZE E GEORISORSE (IGG) DEL CNR

A. Cerrina Feroni (coordinatore)

R. Catanzariti

A. Ellero

G. Masetti

REGIONE TOSCANA - SERVIZIO GEOLOGICO REGIONALE

D. Morini

FONDAZIONE PER IL CLIMA E LA SOSTENIBILITÀ (FCS) / CONSORZIO LAMMA

B. Zanchi

Redazione

G. Masetti¹

Hanno collaborato:

A. Mancini², G. Nirta⁴, L. Pandolfi³, V. Reale⁴, B. Terrosi²

¹ Istituto di Geoscienze e Georisorse del CNR

² Università di Siena - Dipartimento di Scienze della Terra

³ Università di Pisa - Dipartimento di Scienze della Terra

⁴ Università di Firenze - Dipartimento di Scienze della Terra