Anno V - 2008

Etruria*natura*

una finestra sul territorio

Periodico scientifico-divulgativo della Accademia dei Fisiocritici

Anno V - 2008

Etruria*natura*

Periodico scientifico-divulgativo
della Accademia dei Fisiocritici

Coltivare Conoscenza
Per Creare Coscienza

Etruria*natura*

ACCADEMIA DEI FISIOCRITICI onlus
Piazzetta Silvio Gigli, 2 – 53100 Siena
Tel. e fax: 0577 232801. E-mail: etrurianatura@unisi.it

Registrazione
Autorizzazione del Tribunale di Siena n. 747 del 19 - 1 - 2004

Direttore responsabile
BACCIO BACCETTI NICCOLINI

Comitato editoriale
VINCENZO DE DOMINICIS
Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze Ambientali "G. Sarfatti", Via P. A. Mattioli 4 - 53100 Siena.Tel. 0577 232864
ROBERTO FONDI
Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze della Terra, Via Laterina 8 - 53100 Siena.Tel. 0577 233824
GIOVANNI GUASPARRI
Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze Ambientali "G. Sarfatti", Via Laterina 8 - 53100 Siena.Tel. 0577 233956
ROBERTO MAZZEI
Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze della Terra, Via Laterina 8 - 53100 Siena.Tel. 0577 233801
LUANA PAULESU
Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Fisiologia, Via A. Moro - 53100 Siena.Tel. 0577 234224

In copertina
Martin pescatore*, Alcedo atthis* (Linnaeus, 1758)

IV di copertina
Cannaiola, *Acrocephalus scirpaceus* (Hermann, 1804)

Impaginazione e stampa
Edizioni Cantagalli
Via Massetana Romana 12 - 53100 Siena
Tel. 0577 42102 - Fax 0577 45363

Pubblicazione realizzata con il contributo dell'Amministrazione Provinciale di Siena

Sommario

Presentazione

La pagina dell'Accademia

8 Ambrogio Bardo Maria Soldani (Pratovecchio, 1736 – Firenze, 1808)
Roberto Fondi, Mario Tanga

12 Ambrogio Soldani: "Dare orecchio alle voci della Natura"
Mario De Gregorio

23 L'eredità scientifica di Ambrogio Soldani
Roberto Fondi, Ruggero Matteucci, Roberto Mazzei

34 Ambrogio Soldani: pioniere della tradizione sismologica senese
Viviana Castelli

Contributi

42 I cambiamenti globali fra tempi storici e tempi biologici
Enzo Tiezzi, Nadia Marchettini

50 Il Gruccione (*Merops apiaster* Linnaeus, 1758) nella media Val d'Elsa: una specie in espansione
Marco Lebboroni, Duccio Migliorini, Filippo Bacci

57 Meteoriti antartiche: un laboratorio naturale per lo studio dell'origine e dell'evoluzione del Sistema Solare
Luigi Folco

67 L'evoluzione degli Equidi: un ingarbugliato albero genealogico… dai rami scollegati
Roberto Fondi

82 La "pietra da torre" nel centro storico di Siena
Anna Gandin, Giovanni Guasparri, Sonia Mugnaini, Giuseppe Sabatini

Il punto della situazione

96 Il Cavallo maremmano
Maria Gabriella Ascenzi

100 Rivitalizzare la tradizione e l'orgoglio dei butteri maremmani
Mariano Molinari

104 Il turismo equestre in Maremma
Piergianni Rivolta

Orizzonti

108 Il Museo di Scienze Planetarie della Provincia di Prato
Vanni Moggi Cecchi

Io, il lettore

114 Giocare nella natura: a spasso tra fiori, erbe ed insetti...
Roberta Camarri

117 Lo scoglio del corallo
Francesca Borghini, Andrea Colacevich, Luigi La Delia, Paolo Bausani

La parola all'immagine

122 Le foglie in arte
Gruppo fotografico "Il Graffio"

Schede naturalistiche

128 Isola di Pianosa: perla neogenica dell'Arcipelago Toscano
Luca Maria Foresi, Mauro Aldinucci, Fabio Sandrelli, Gianluca Cornamusini

Presentazione

Presentazione

Quest'anno **Etruria***natura esce, rispetto al consueto, con più di due mesi di ritardo e con un differente sviluppo delle sue rubriche*. La pagina dell'Accademia *e* Schede naturalistiche*, rispettivamente con ben 4 articoli e con oltre 20 pagine, hanno infatti assunto un ruolo privilegiato a detrimento del numero di* Contributi *ed a totale sacrificio di* Etruri@natura. *Ciò è stato fatto di proposito, con l'obiettivo di avvicinare maggiormente ed adattare la rivista a due eventi di ampia portata scientifico-culturale che si svolgeranno a Siena alla fine dell'estate: il Simposio della Società Paleontologica Italiana "Giornate di Paleontologia - VIII Edizione" e, nell'ambito del medesimo, la celebrazione del secondo centenario della morte di Ambrogio Bardo Maria Soldani (1736-1808), padre fondatore della Micropaleontologia. Com'è sembrato ovvio e naturale, la presentazione e la discussione dei lavori del Simposio avverranno dal 9 all'11 settembre nella sede dell'Accademia dei Fisiocritici, di cui Soldani fu per molti anni Segretario. Il quarto giorno del Simposio sarà invece dedicato ad un'escursione all'Isola di Pianosa – della quale Luca Maria Foresi, Mauro Aldinucci, Fabio Sandrelli e Gianluca Cornamusini hanno preparato per* Schede naturalistiche *una dettagliata guida geopaleontologica – o, per i più interessati alla Paleontologia dei vertebrati, ad un* workshop *sui Primati fossili europei che si terrà a Grosseto nel Museo di Storia Naturale della Maremma. Il* workshop*, fra le altre cose, celebrerà il cinquantenario della scoperta di "Sandrone", cioè il primo scheletro fossile completo della scimmia miocenica* Oreopithecus bambolii *(identificato dal compianto paleontologo svizzero Johannes Hürzeler e conservato nel Museo di Paleontologia di Firenze), e si concluderà il giorno seguente con un'escursione all'ex miniera lignitifera di Baccinello nei pressi di Scansano (GR), ove la suddetta scoperta ebbe appunto luogo.*

La pagina dell'Accademia *è interamente dedicata a Soldani. Dopo un breve disegno biografico del religioso e naturalista casentinese (Roberto Fondi e Mario Tanga), essa offre un tentativo di inquadramento critico della sua figura nel contesto scientifico del suo tempo (Mario De Gregorio), cui fanno seguito un* excursus *sulla genesi e lo sviluppo della disciplina da lui maggiormente approfondita, cioè la Micropaleontologia (Roberto Fondi, Ruggero Matteucci e Roberto Mazzei), ed una nota chiarificatrice sull'interesse da lui dimostrato per le vicende sismiche del territorio senese (Viviana Castelli).*

I Contributi *propongono: alcune riflessioni circa la possibilità che le attività umane giungano veramente ad alterare in maniera drammatica gli equilibri biologici (Enzo Tiezzi e Nadia Marchettini); una serie di osservazioni sullo splendido e coloratissimo Gruccione che ne attestano l'insediamento anche nella media Val d'Elsa (Marco Lebboroni, Duccio Migliorini e Filippo Bacci); un affascinante resoconto di quanto finora è emerso dallo studio delle meteoriti e delle microtektiti raccolte in Antartide (Luigi Folco); un riesame critico della storia paleontologica degli Equidi, dal quale emerge una visione del processo evolutivo notevolmente diversa da quella percepita dal vasto pubblico (Roberto Fondi);*

e, infine, uno studio nel quale potrà trovarsi tutto quanto si desidera conoscere sulla "pietra da torre", che tanta parte ha avuto nell'edilizia senese riguardante sia le fortificazioni che gli edifici romanici (Anna Gandin, Giovanni Guasparri, Sonia Mugnaini e Giuseppe Sabatini).

A parte l'interesse implicito in quanto finora abbiamo elencato, il nuovo numero di **Etruria-** *natura procurerà grandi soddisfazioni soprattutto agli appassionati di cavalli. Questi, infatti, oltre al già menzionato articolo sulla storia naturale degli Equidi, potranno trovare ne* Il punto della situazione *un* dossier *completo su quello che Maria Gabriella Ascenzi, Mariano Molinari e Piergianni Rivolta ritengono di poter considerare come il più autentico "messaggero della Maremma" in Italia e nel resto del mondo: il Cavallo maremmano – forte, docile e generoso compagno di lavoro dei butteri ed unico vero "cavallo da sella italiano".*

Con Orizzonti *torniamo nel mondo delle meteoriti e dei minerali, ricevendo da Vanni Moggi Cecchi un allettante invito a recarsi a Prato per visitarvi il suggestivo Museo di Scienze Planetarie, dove fra l'altro sono conservati la più grande meteorite esistente in Italia, quella caduta a Nantan nel Guangxi cinese, ed un esemplare di brasilianite considerato da molti esperti come il più bello del mondo.*

La rubrica Io, il lettore *riporta la relazione di un'insegnante scolastica (Roberta Camarri) nella quale viene sottolineato quanto sia importante per gli alunni un costante "dialogo" con l'ambiente naturale quale inesauribile fonte di stimoli per il potenziamento delle facoltà senso-percettive, linguistiche e creative; dopodichè ci conduce (con la guida di Francesca Borghini, Andrea Colacevich, Luigi La Delia e Paolo Bausani) in una nuova immersione didattico-ricreativa presso Porto S. Stefano, nella minuscola insenatura di Cala Piccola o Cala dei Piatti, per esplorarvi lo "scoglio del corallo" con la straordinaria biodiversità che lo circonda.*

Giungiamo così, e chiudiamo con essa, a La parola all'immagine*, dove stavolta sono di scena le foglie. Vive o morte, incastonate nel ghiaccio o pressate fra loro nel terreno a formare tappeti multicolori, queste appiattite e fondamentali protagoniste della biosfera dalle forme e margini svariatissimi, vere e proprie centrali energetiche e straordinari laboratori chimici dotati di condutture-nervature, racchiudono in sé come una forza silente e primordiale che colpisce nel profondo dell'animo (Goethe sapeva benissimo tutto questo, quando ricercava la* Ur-Pflanze*) e che perciò si presta egregiamente a sublimarsi in arte. Siccome, però, soltanto la sensibilità ed il talento degli artisti sono in grado di attuare una tale sublimazione, spetta ai lettori giudicare se anche stavolta gli amici de "Il Graffio" siano riusciti o meno nei loro intenti. Secondo noi, sì.*

Il Comitato editoriale

Gruccione, *Merops apiaster* (Linnaeus, 1758)
Foto "Il Graffio", Follonica

Ambrogio Bardo Maria Soldani (Pratovecchio, 1736 – Firenze, 1808)

Roberto Fondi, Mario Tanga***

*Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze della Terra, Via Laterina 8 – 53100 Siena
**Liceo Scientifico "Galileo Galilei", Piazza F. Bonilli 1 – 52014 Poppi (Arezzo)

Bardo Maria Soldani nacque il 15 Giugno 1736 dal dottor Soldano Giuseppe e da Benedetta Nesterini. Il suo luogo di nascita nel Casentino, da alcuni autori indicato in Poppi, fu in realtà Pratovecchio – come risulta da un documento della Chiesa del SS. Nome di Gesù a Pratovecchio rinvenuto nell'archivio della Chiesa vescovile di Fiesole.

Compiuti i primi studi ad indirizzo letterario, entrò tredicenne nel collegio dei padri camaldolesi a Poppi. Tre anni dopo, attratto dall'Ordine di San Romualdo, che annoverava uomini di cultura e di scienza, si trasferì a Firenze presso il monastero di Santa Maria degli Angeli. Qui egli ebbe come maestro il padre Rudesindo Cantoni, che era stato allievo dell'abate camaldolese Luigi Guido Grandi (1671-1742), professore di matematiche presso l'Università di Pisa.

Terminati gli studi e divenuto sacerdote con il nome di Ambrogio, a 24 anni Soldani conseguì il titolo di lettore, che gli consentì di insegnare filosofia, teologia, chimica e storia naturale all'interno del monastero fiorentino; dopodichè, nel 1770, fu incaricato di dirigere la biblioteca del monastero di S. Michele a Pisa, ove si assunse l'onere di riordinare i manoscritti di matematica del padre Grandi componendoli in 54 volumi. Divenuto abate a 40 anni, partecipò nel 1778 al Capitolo generale dell'Ordine, nel quale si distinse con un discorso in latino ottenendo il titolo di cancelliere. Infine, nel 1780, ricevette l'incarico di stabilirsi a Siena per dirigere il monastero di S. Mustiola detto della Rosa: compito che egli svolse fino al 1807 con la sola interruzione dell'anno 1789, allorché venne sostituito dal padre Marino Magnani.

Fig. 1 - Unico ritratto esistente di Bardo Maria Soldani, che divenuto sacerdote assunse il nome di Ambrogio. Museo di Scienze Naturali dell'Accademia dei Fisiocritici.

Con il trasferimento a Siena – città dalla quale Soldani non si mosse più se non per effettuare viaggi, unicamente a scopo di ricerca, in numerose località della Toscana, in Romagna, a Roma, a Napoli, in Sicilia, in Germania e in

Fig. 2 - Il Granduca di Toscana, Pietro Leopoldo d'Asburgo-Lorena.

Austria – ebbe inizio anche il percorso scientifico vero e proprio del cancelliere camaldolese. In quel medesimo anno, infatti, la sua predilezione per le scienze naturali, l'osservazione sul campo e lo studio sistematico dei campioni raccolti non soltanto indusse l'Accademia dei Fisiocritici ad accoglierlo e a nominarlo Segretario (Fig. 1), ma si concretizzò anche nella pubblicazione del *Saggio Orittografico, ovvero osservazioni sopra le terre nautilitiche ed ammonitiche della Toscana*, dedicato al Granduca di Toscana Pietro Leopoldo d'Asburgo-Lorena (1747-1792) (Fig. 2). Va infatti tenuto presente che se in quel tempo, in mezzo alla generale decadenza delle scienze in Italia, Siena e la sua Università ebbero buona rinomanza e primeggiarono sulle altre soprattutto per le scuole di Scienze naturali e di Medicina, fu sicuramente anche per merito dell'illuminato sostegno politico della dinastia lotaringio-austriaca.

Accompagnato con 25 tavole da incisioni su rame, il *Saggio Orittografico* descriveva i terreni fossiliferi del Senese, del Casentino, del Volterrano, dei dintorni di Firenze e di altre località, ovvero di quasi tutta la Toscana, figurando perciò a tutti gli effetti, nella storia del pensiero scientifico, come la prima trattazione sui microfossili dotata di supporto geologico a dimensione regionale. Malgrado non fosse la più importante delle opere di Soldani, essa rimase comunque quella più conosciuta e, stando al padre Massimiliano Ricca, raccolse elogi unanimi da parte degli studiosi italiani e stranieri del tempo. Ciò troverebbe conferma nel fatto che Pietro Leopoldo, il 6 ottobre 1781, abbia ritenuto giusto gratificare *motu proprio* Soldani con una medaglia d'oro, una generosa somma di denaro e la nomina a professore di geometria presso l'Università di Siena. Tale incarico accademico sembra essere stato mantenuto fino al 1795, in cui venne trasferito all'abate Eustachio Fiocchi di Pavia.

Soldani a questo punto decise di impegnarsi nella realizzazione di un'opera di paleontologia molto più ampia del *Saggio*, ma per questo gli sarebbero occorsi molto tempo ed un notevole sostegno economico. Per due volte, a distanza di 9 anni, egli chiese perciò un prestito all'Ordine, ottenendolo. Il primo prestito, di 200 scudi da restituire a rate, gli venne assegnato previa sua richiesta al Capitolo provinciale tenutosi a Firenze, a S. Maria degli Angeli, il 10 maggio 1789. Il secondo prestito, di 150 zecchini, gli fu concesso previa sua richiesta al Capitolo generale del 6 Maggio 1798, dietro pegno di una copia della sua opera, della sua biblioteca e di oggetti personali pregiati. Napoli riferisce di ulteriori finanziamenti: con un dispaccio del 4 Novembre 1790, Pietro Leopoldo gli concesse un aumento straordinario annuo di 50 scudi a carico della cassa dell'Università e di 200 scudi da pagarsi *una tantum* con i fondi della cassa granducale.

Le *Testaceographiae ac Zoophytographiae parvae et microscopicae* (Fig. 3), opera densa di dati e di concetti che richiese 27 anni di assiduo lavoro e che rese noto Soldani come "storico delle conchiglie microscopiche", furono pubblicate in due tomi (corredati da circa 2.500 figure raccolte in 228 tavole, 23 delle quali riprese dal *Saggio*, e con il primo tomo composto da due volumi) negli anni corrispondenti ai prestiti di denaro ottenuti dal suo Ordine di appartenenza. Nel condurre le sue ricerche, l'abate camaldolese aveva visto spesso, inglobati come fossili nei letti sedimentari, organismi "testacei" (cioè dotati di conchiglia, guscio o parti mineralizzate) non conosciuti tra le forme viventi. Convinto che tali organismi doves-

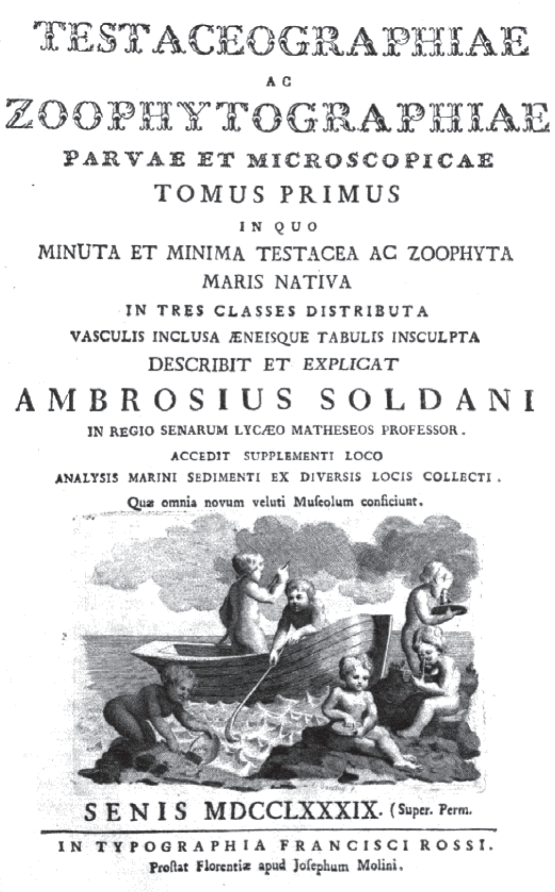

TESTACEOGRAPHIAE
AC
ZOOPHYTOGRAPHIAE
PARVAE ET MICROSCOPICAE
TOMUS PRIMUS
IN QUO
MINUTA ET MINIMA TESTACEA AC ZOOPHYTA
MARIS NATIVA
IN TRES CLASSES DISTRIBUTA
VASCULIS INCLUSA ÆNEISQUE TABULIS INSCULPTA
DESCRIBIT ET *EXPLICAT*
AMBROSIUS SOLDANI
IN REGIO SENARUM LYCÆO MATHESEOS PROFESSOR.
ACCEDIT SUPPLEMENTI LOCO
ANALYSIS MARINI SEDIMENTI EX DIVERSIS LOCIS COLLECTI.
Quæ omnia novum veluti Muſeolum conficiunt.
SENIS MDCCLXXXIX. (Super. Perm.
IN TYPOGRAPHIA FRANCISCI ROSSI.
Proſtat Florentiæ apud Joſephum Molini.

Fig. 3 - Frontespizio del primo volume delle *Testaceographiae.*

sero ancora vivere da qualche parte e che si trattasse solo di scoprirli – come del resto era stato verificato da Giovanni Bianchi, detto Iano Planco (1623-1775) (Fig. 4), per i testacei adriatici illustrati nel suo *De conchis minus notis* –, egli si era dunque prefisso di rintracciare quegli stessi organismi nei sedimenti marini attuali e di studiarne le condizioni di vita, al fine di ricavarne argomenti e deduzioni da applicare allo studio ed alla genesi dei terreni fossiliferi esaminati. In tal modo, Soldani recò un notevolissimo contributo non soltanto alla paleontologia, ma anche alla neontologia. Né può essere ritenuto privo di significato il fatto che nel tratto di tempo intercorso fra la pubblicazione delle *Testaceographiae* e la morte dell'abate fisiocritico, le uniche opere di argomento micropaleontologico venute alla luce siano state quelle di due stranieri, cioè il francese Pierre Denys de Montfort (1766-1810) e l'austriaco Leopold von Fichtel (1770-1810).

È quasi accertato che Soldani, dopo aver compiuto questi suoi importantissimi studi, intendesse fare un'ampia descrizione geologica della Toscana o quanto meno del territorio Senese; e sembra anzi, stando a qualcuno, che buona parte di quel lavoro fosse stata compiuta. L'opera, comunque, non vide mai la luce.

Nel 1974, due anni dopo essere stato nominato socio esterno della Società Colombaria Fiorentina, per la quale aveva assunto il nome di Vagante, Soldani pubblicò il suo terzo scritto più importante, ovvero *Sopra una pioggetta di sassi accaduta nella sera dé 16 Giugno del 1794 in Lucignan d'Asso nel sanese,* dedicato all'amico Federico Hervey (1730-1803), conte di Bristol e vescovo di Derry, dal quale l'abate camaldolese aveva ricevuto in dono un microscopio e che allora si trovava a Siena. Lo scritto si riferisce ad una celebre caduta di meteoriti che destò nel pubblico grande meraviglia e indicibile spavento. Alcuni di tali meteoriti vennero consegnati a Soldani e questi, dopo averli studiati, si accorse che non somigliavano ad alcuna roccia terrestre da lui conosciuta. L'abate si recò sul luogo in cui si era verificato il fenomeno, osservò tutto, chiese spiegazioni e notizie, raccolse testimonianze e, finalmente, sicuro del fatto suo, pubblicò la sua memoria affermando che le pietre cadute non erano di provenienza terrestre ed avanzando l'ipotesi che esse si fossero originate dalla "bolide" (che attraversava il cielo in quella occasione) in seguito a condensazione dei suoi vapori.

Tali conclusioni suscitarono molte perplessità fra i suoi contemporanei, tanto da far guadagnare a Soldani il beffardo soprannome di "Abate Pioggetta". Ad esse si opposero fra gli altri, peraltro in forma molto cortese, Giorgio Santi (1746-1822), Lazzaro Spallanzani (1729-1799), Ottaviano Targioni-Tozzetti (1775-1826) ed Angelo Fabroni (1732-1803), nonché l'inglese William Thomson, che

Fig. 4 - L'abate Giovanni Bianchi, detto Iano Planco (1623-1775).

Fig. 5 - Una delle numerose condriti cadute nei dintorni di San Giovanni d'Asso il 16 giugno 1794. Dimensioni: 34x32x25 mm. Peso: 42,13 g. Museo di Scienze Naturali dell'Accademia dei Fisiocritici.

sarebbe poi divenuto professore di chimica a Oxford e che in quel periodo risiedeva a Napoli. Considerata la rinomanza dei naturalisti entrati in scena, Soldani ritenne doveroso non sottrarsi al dibattito scientifico e pubblicò, rispettivamente nel 1795 e nel 1796, gli scritti *Sull'articolo di Lettera stampata nel Tom. XVIII Opuscoli di Milano pag. 36 riguardante la pioggetta dé sassi accaduta nel Sanese al 16 Giugno 1794* e *Osservazioni apologetiche intorno alla pioggia dé sassi caduti nel Sanese l'anno 1794*. L'argomento veniva poi ripreso succesivamente nella *Storia di quelle Bolidi che hanno da sé scagliato Pietre alla Terra* (pubblicato postumo), ove Soldani descriveva minutamente tutti i fenomeni di caduta di meteoriti da lui conosciuti e ribadiva le opinioni sostenute nella sua prima memoria del 1794.

Altri notevoli scritti di Soldani furono la *Memoria sopra il terreno ardente di Portico di Romagna e di altri simili fuochi*, del 1794, e la *Relazione del terremoto accaduto in Siena il dì 26 maggio 1798*, dedicata a Vincenzo Martini, governatore di Siena al tempo del granduca Ferdinando.

Nel 1803, con una Breve di Pio VII, Soldani fu nominato generale dell'Ordine dei Camaldolesi, grande onorificenza alla quale due anni dopo fece seguito la nomina di socio corrispondente della R. Accademia dei Georgofili. Se non che, con l'avvento di Napoleone Bonaparte (1769-1821) alla presidenza della repubblica Italiana (l'ex Repubblica Cisalpina), l'Università di Siena fu soppressa ed il monastero della Rosa venne confiscato dallo Stato assieme a molti altri istituti ecclesiastici. Nell'agosto del 1807, pertanto, Soldani si trasferì a Firenze a Santa Maria degli Angeli. Ed in tale monastero meno di un anno dopo, il 14 luglio del 1808, cessò di vivere in seguito ad ictus cerebrale.

Affinché la grande collezione naturalistica di Soldani non andasse perduta, Napoleone inviò a Siena una Commissione guidata dal grande Georges Dagobert de Cuvier (1769-1832) e questa, rispettando la volontà dell'autore delle *Testaceographiae*, stabilì di riunirla in un apposito contenitore e di affidarla all'Accademia dei Fisiocritici, presso la quale è tuttora conservata e della quale, assieme all'atlante anatomico di Paolo Mascagni (1755-1815), costituisce il bene culturale più prezioso.

La collezione consiste di una cassettiera con 311 piccoli vasi di vetro e numerosi preparati da microscopia, ossia vetrini appaiati ed incollati su celletta di cartone in modo da renderne visibile il contenuto da entrambe le parti. I vasetti, un certo numero dei quali è conservato anche nel Dipartimento di Scienze della Terra dell'Ateneo di Firenze, sono tutti numerati ed il numero corrisponde a quello delle descrizioni fattene nelle *Testaceographiae*. La descrizione dei microfossili è in latino, però secondo la consuetudine che era in uso prima dell'adozione della nomenclatura binomia proposta nel 1754 dallo svedese Carl Nilsson von Linné (Linneo) (1707-1778). Tale nomenclatura in Italia – fatto estremamente singolare e significativo – cominciò ad essere utilizzata solo a partire dal 1776 con la pubblicazione di un catalogo di piante e di invertebrati fossili della provincia di Siena da parte dell'accademico fisiocritico Biagio Bartalini (1750-1822).

Nella prima accurata revisione dei preparati soldaniani, effettuata nel 1862 da Orazio Silvestri (1835-1890), verranno elencate ben 195 specie di foraminiferi fossili, per la maggior parte provenienti dai sedimenti pliocenici senesi. Ventiquattro anni dopo Carlo Fornasini, considerando 24 di tali specie sinonime di altre facenti parte della medesima raccolta, ne ridurrà il numero complessivo a 171.

Ambrogio Soldani: “Dare orecchio alle voci della Natura”

Mario De Gregorio
Università degli Studi di Siena, Via Banchi di Sotto 55 – 53100 Siena

Una difficile classificazione

Se già risulta difficile inserire la figura di Ambrogio Soldani all’interno di un moderno schema specialistico e rigidamente disciplinare della scienza (paleontologo, geologo, studioso di meteoriti, biologo?), ben più impervio si presenta il tentativo di inserirla all’interno della fitta schiera dei naturalisti e uomini di scienza “leopoldini”, cioè di quella nutrita serie di personalità dai vasti interessi scientifici che si caratterizzò per la stretta collaborazione con l’apparato statuale del Granducato toscano a partire dalla seconda metà degli anni Sessanta del diciottesimo secolo. Difficile perché il camaldolese non ebbe mai incarichi di studio, di ricerca, di progettazione da parte dell’amministrazione granducale e non entrò, di fatto, nel contesto di quella collaborazione fra esperti e governo toscano, fra scienza e potere – tanto per riprendere il titolo italiano di un notissimo saggio di Charles G. Gillispie (Gillispie, 1980) – che improntò in maniera decisa l’iniziativa politica del granduca riformatore e che ha costituito negli ultimi decenni l’oggetto di una corposa e agguerrita bibliografia (Arrigoni, 1987; Pasta, 1989; AA. VV., 1996; Baldacci, 2000).

Né valga lo *status* ecclesiastico di uno dei fondatori della micropaleontologia a giustificare questo mancato inserimento. Si ricordino per tutti, solo per limitarsi alle opere di ingegneria idraulica e risanamento del territorio, gli esempi, fra gli altri, del gesuita Leonardo Ximenes, stretto collaboratore di Pietro Leopoldo nelle grandiose opere di bonifica in Maremma e Valdichiana, e del canonico bolognese Pio Fantoni, anch’egli, più volte, al servizio del granduca di Toscana (Salvadori, 1988; Barsanti, 1988; Di Pietro, 2006; Guarducci, 2006; AA. VV., 2007).

Certo va preso in seria considerazione un dato significativo: l’attività scientifica di Soldani si esplicò con evidente continuità solo a partire dalla fine degli anni Settanta del Settecento (la pubblicazione della sua prima opera, il *Saggio orittografico*, va cronologicamente collocata – com’è noto – al 1780), e si protrasse, raggiungendo forse i suoi risultati più maturi e significativi negli anni successivi alla partenza del granduca riformatore verso il trono imperiale. I due tomi della *Testaceographiae ac zoophytographiae parvae et microscopicaei sedimenti ex diversis locis collecti* apparvero infatti per i tipi del tipografo senese Francesco Rossi nel decennio fra il 1789 e il 1798, le riflessioni sulle meteoriti fecero seguito alla pioggia di sassi dell’estate 1794 nel territorio di S. Giovanni d’Asso, quelle sui terremoti al sisma senese del maggio 1798, significativo per una riconsiderazione generalizzata della descrizione dei movimenti tellurici e decisivo per le sorti dell’urbanistica cittadina (Gennari, 2005). La stessa esplorazione naturalistica di Soldani – pur non dimenticando in questa sede le indagini condotte nel decennio precedente nel Senese, nel Volterrano e nel Casentino che avrebbero costituito le basi per il *Saggio orittografico* – si ampliò geograficamente e si approfondì in molta parte nel corso di quegli anni Ottanta del Settecento che possono essere considerati come il periodo decisivo per la sua formazione scientifica e per la sua opera. Vanno infatti collocati in quell’arco di tempo il viaggio in Romagna del 1783, quando Soldani procedette all’osservazione del fuoco di Portico, sul quale avrebbe redatto una memoria poi pubblicata negli “Atti” dell’Accademia dei Fisiocritici (Soldani, 1794), e la serie di viaggi compiuti in varie parti d’Italia, ma soprattutto quella esplorazione naturalistica del Valdarno condotta insieme al vallombrosano Bartolomeo Molinari che avrebbe prodotto non pochi materiali per la *Testaceographiæ*.

Contatti col granduca riformatore da parte del religioso di certo non mancarono. Non a caso Soldani avrebbe dedicato proprio a Pietro Leopoldo il *Saggio orittografico* e il primo volume della *Testaceographiæ* e il granduca non solo avrebbe accettato le richieste di dedica ma avrebbe anche contribuito finanziariamente a rimborsare il frate delle spese sostenute almeno per la stampa della prima opera. In più, il 6 ottobre dell'anno successivo alla pubblicazione del *Saggio*, Pietro Leopoldo avrebbe addirittura nominato Soldani, *motu proprio*, docente di geometria presso lo Studio senese, in sostituzione di quel Candido Pistoi, che era stato personaggio al centro di un aspro dibattito nel panorama scientifico toscano della metà degli anni Settanta del secolo[1], ma certo uomo di scienza ben inserito nel contesto italiano degli studi.

Una nomina quest'ultima che desta in realtà più di qualche perplessità. A quarantacinque anni Soldani ha compiuto solo qualche osservazione di carattere naturalistico e ha prodotto soltanto il *Saggio orittografico*. Cosa spinge il granduca a concedere al religioso una cattedra, per di più in geometria, materia nella quale i meriti di Soldani non erano certamente palesi e nemmeno lo sarebbero stati in seguito? Cosa convince Pietro Leopoldo a nominare Soldani docente dello Studio senese e a finanziare le ricerche di un personaggio mai vicino all'ambiente universitario e in verità quasi del tutto defilato rispetto alla rete di contatti e corrispondenze che legava il mondo scientifico e accademico toscano di quel periodo, molto spesso contiguo con la corte granducale? Domande che faticano a trovare una risposta, né a chiarirle intervengono fonti accreditate come le *Relazioni sul governo della Toscana* dello stesso Pietro Leopoldo (Salvestrini, 1969-1984).

In realtà, nonostante gli sporadici contatti sopra citati con il granduca toscano, Soldani non fu mai organico all'organizzazione statuale leopoldina e fu di fatto estraneo a quell'interesse mirato per un approccio scientifico e naturalistico al territorio, destinato nelle intenzioni granducali soprattutto al reperimento di risorse e al loro possibile sfruttamento economico. Né tanto meno, a parte la già citata collaborazione col Molinari e l'esplorazione del territorio volterrano ricordata nella prima pagina del *Saggio orittografico*, condotta episodicamente con l'Harvey – al quale successivamente sarebbe stata dedicata l'opera sulla pioggetta di sassi del 1794 – Soldani dette mai segni di consistente disponibilità verso una ricerca sul campo a carattere condiviso e partecipato con l'ambiente senese e toscano, con l'unica eccezione, forse, di un episodico rapporto epistolare con Giovanni Targioni Tozzetti attestato da una lettera del gennaio 1779 riprodotta a pagina 76 del *Saggio orittografico*. Anzi, malgrado la dichiarazione preliminare a questa opera in cui il religioso affermava esplicitamente di aver comunicato le esperienze compiute "ad alcuni amici versati in tali materie", le pochissime testimonianze documentarie reperibili su questo punto ce lo indicano come un

Sfera armillare di Christian Carl Schindler, 1710 ca. (www.dorotheum.com).

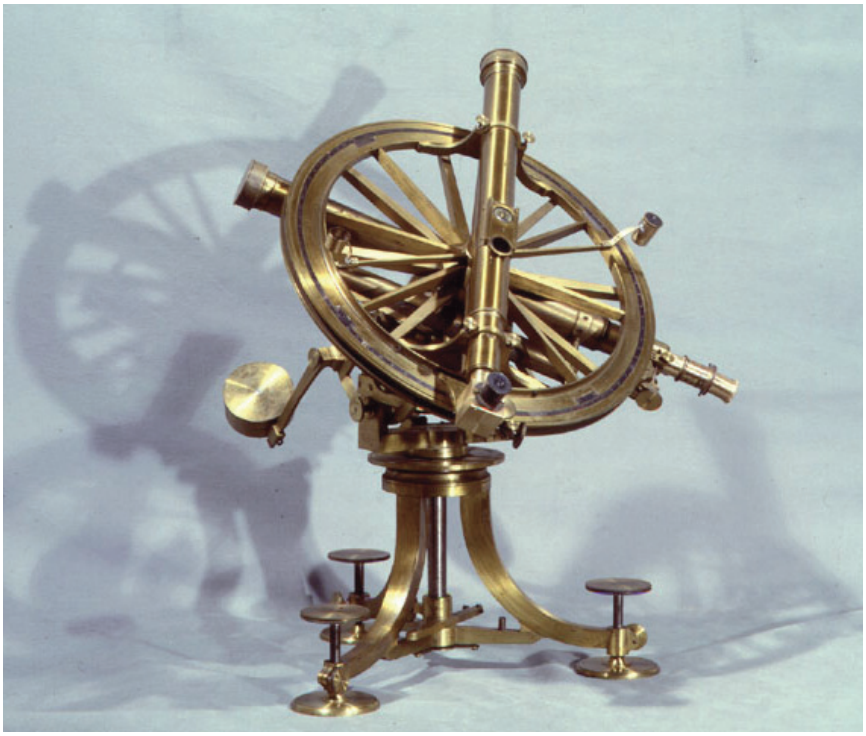
osservatore coerentemente appartato, anche talvolta mal disposto a gratificare chi in qualche modo aveva contribuito concretamente a fornire notizie e a formare opinioni travasate poi nelle sue opere a stampa[2].

In questo quadro lo stesso contesto scientifico senese sembra decisamente estraneo all'elaborazione del Soldani. Non si hanno notizie, ad esempio, di solide e continuative contiguità e corrispondenze con Giuseppe Baldassarri, che, medico dell'Archicenobio di Monte Oliveto Maggiore, direttore dell'orto botanico senese dal 1759 al 1782 e docente di Storia naturale presso lo Studio, pure va individuato, per contatti e autorevolezza, come figura di riferimento per tutto l'ambiente scientifico senese e fisiocritico del secondo Settecento. Il naturalista – non certo a caso – viene citato nel *Saggio orittografico* pochissime volte e solo per la sua riconosciuta esperienza nella conoscenza dei terreni del Senese o come casuale proprietario di un gasteropode rinvenuto nei dintorni di Montalcino. Relativamente più vicino al Soldani certamente Paolo Mascagni, attestato come compagno del frate almeno in qualche gita naturalistica fuori porta, e il botanico Biagio Bartalini, dal 1782 direttore dell'Orto botanico e dal 1786 docente di storia naturale nello Studio senese (Nannizzi, 1940; Ferri, 1999).

In sostanza, almeno da quello che emerge dalle opere, le esperienze di Soldani sono quantomai dirette, personali, condotte il più delle volte in solitudine. Il ricorso alla bibliografia precedente nelle sue opere risulta alla fine alquanto limitato, anche se svolto in modo corretto: "poco avendo io detto – come afferma onestamente nel *Saggio orittografico* – per relazione d'altri, e nulla senza citarne l'autore".

Quale formazione?

A rendere ancora più incerto il quadro di una ricostruzione puntuale della figura di Soldani, al di là del suo difficile inserimento in schemi di riferimento stabili e già indagati, contribuisce certamente la scarsezza di documentazione relativa alla sua dimensione personale e alla sua attività naturalistica e scientifica. Su questa si innesta anche la pressoché totale mancanza di informazioni sulla sua formazione. Vale a dire che molto poco conosciamo anche dei suoi maestri e delle sue ricerche precedenti al *Saggio orittografico*. Ignoriamo insomma da dove Soldani attinse, ad esempio, quella attitudine all'osservazione naturalistica – pure in quel torno di anni patrimonio diffuso nella cultura scientifica della Toscana granducale – che lo guiderà attraverso gli anni e che lo porterà, fra l'altro, all'uso sistematico del microscopio nelle sue ricerche. Più che le lezioni nella prevedibile ovattata atmosfera del fiorentino monastero di Santa Maria degli Angeli da parte del Padre Cantoni, che era stato allievo di Guido Grandi, è da credere che, almeno per una parte, la sistemazione delle copiose carte di quest'ultimo, camaldolese e docente nello Studio pisano, condotta dopo la nomina a bibliotecario del locale monastero di San Michele e che lo avrebbe impegnato per



Cerchio moltiplicatore di Reichenbach, Utzschneider e Liebherr, Monaco, 1802-1814 (Museo della Specola di Bologna).

Globo del pianeta Venere di Francesco Bianchini, Roma 1727 (Museo della Specola di Bologna).

lungo tempo, abbia costituito di fatto un'apertura sostanziale verso l'impostazione matematica e il mondo della scienza *tout court*. Illustre matematico, docente di astronomia e divulgatore delle elaborazioni di Leibniz e Newton, Grandi con le sue intuizioni aveva dato infatti una svolta decisa agli studi scientifici nell'ambiente dell'università pisana, raccogliendo la ricca e sedimentata tradizione galileiana e lasciando nella scia allievi di ottimo livello come Tommaso Perelli e costituendosi per lungo tempo come punto di riferimento sicuro per lo sviluppo delle scienze esatte e naturali in Toscana e non solo.

Ma queste sono solo ipotesi. Per avanzare qualche considerazione e colmare le vistose lacune sulla formazione del Soldani occorrerebbe forse almeno conoscere i *curricula* formativi all'interno dei monasteri camaldolesi (e di quel monastero specifico), insomma degli spazi preposti alla trasmissione del sapere da lui frequentati, ma anche lo *status* epistemologico delle discipline da lui praticate in seguito e le modalità o meno di insegnamento di queste ultime nel percorso didattico seguito. Tutto questo comunque nella considerazione generale che nessun uomo di scienza creativo è interamente comprensibile negli elementi tecnici della sua preparazione – se non altro perché essi furono a suo tempo comuni – e certo non sono sufficienti a spiegarne le eventuali peculiarità. Queste ultime rinviano semmai ad una dimensione privata che nel caso di Soldani risulta molto difficile da ricostruire e caratterizzata dall'assenza di testimoni documentari, personali e di rapporti esterni, affidabili. Insomma anche la dimensione di autodidatta ha bisogno di riscontri attendibili. Ma questi mancano per Soldani, così come fa difetto la trama di un suo carteggio, utile a scrutare le problematiche, le incertezze, i ritardi, le esitazioni, i travagli, il grado e il livello di partecipazione al fervore naturalistico che aveva caratterizzato non solo la Toscana per gran parte del Settecento.

In un quadro siffatto si possono tentare solo approcci superficiali, forzatamente approssimativi e sicuramente eventualmente smentibili alla luce di nuovi reperimenti documentari: Soldani come formazione si colloca nel pieno dell'espansione della scienza illuminista ma matura il corso della sua opera anche nel tramonto dei lumi, valicando la crisi rivoluzionaria e l'avvio della nuova stagione positivista. Non fu un prodotto di scuola e tanto meno di una scuola determinata. Il suo "programma di ricerca" finisce per esprimere una fusione di curiosità personali, di letture eterogenee e di studi autonomi. Valga per tutte la citazione relativa all'evoluzione terrestre e alle difficoltà di stabilire una affidabile teoria della Terra nel *Saggio orittografico*, reperita da Soldani decisamente al di fuori di un testo dichiaratamente scientifico, cioè i *Principes de la législation universelle* di Smidt d'Avestein: "Nous ignorons également les epoques, et les suites de ces grandes révolutions. L'histoire est trop récente, et la tradition trop obscure, pour que nous puissons avoir plus que des petits lueurs, à l'égard de ces événements interessans […] mais dans ses débris nous avons les documens de leur realité. Ce sont les Annales de nostre Globe, écrites par le mains de la Nature meme […] Il faudroit s'aveugler volontairement, ou vouloir soutenir un paradoxe par opiniatreté, pour douter, que la plus partie de nostre continent n'ait été couverte par la

Cannocchiale a grande campo di Gilbert, Londra 1787 (Museo della Specola di Bologna).

mer pendant un longue suite de siècles".

Una citazione che potrebbe far pensare anche ad una scarsa conoscenza della bibliografia coeva e del dibattito scientifico in corso, ma, più verosimilmente, a prudenza nello schierarsi fra le opposte fazioni in campo. Ipotesi questa certamente più credibile. Anche perché, come vedremo in seguito, la questione investiva in pieno il sempre tormentato rapporto fra Rivelazione e scienza, tra disegno della fede, osservazione naturalistica e ricerca scientifica: quello che in termini moderni si potrebbe definire come confronto fra creazione ed evoluzione.

Un tempo nuovo

Fu Soldani allievo del riminese Giovanni Bianchi, come afferma Ugo Baldini nel suo contributo sugli *Annali* della einaudiana *Storia d'Italia* dedicati a Scienza e tecnica? Si tratta di un'affermazione di fatto non suffragata dai documenti. Il Bianchi, naturalista insigne, docente di anatomia nello Studio senese, si era allontanato dalla città toscana in maniera precipitosa a metà degli anni Quaranta del secolo diciottesimo, dopo una pessima esperienza didattica nell'università senese e una quasi inevitabile rottura dei rapporti con l'ambiente accademico cittadino. I suoi contatti con Siena si sarebbero limitati in seguito solo a qualche nota polemica verso la città e il suo ambiente culturale e accademico attraverso gli scritti e una autobiografia pubblicata nelle *Vitæ italorum* raccolte dal pisano Angelo Fabroni (Viviani, 1918; Garosi, 1937; Mengozzi, 1893, 1897; Mazzi, 1985; De Gregorio, 1992).

Davvero difficile che Soldani abbia potuto in qualche misura avere contatti diretti con l'anatonomo e naturalista riminese, che a suo tempo era stato anche esplicitamente e fortemente critico verso l'Accademia dei Fisiocritici. D'altra parte del Soldani non esistono missive al Bianchi nel copioso carteggio di quest'ultimo, conservato quasi per intero nella Biblioteca Gambalunghiana di Rimini (Mazzatinti, 1892).

Invece la conoscenza delle opere del riminese risulta accertata per Soldani, soprattutto per quello che riguarda il *Saggio orittografico*, ma anche per la *Testaceographiæ*, opera quest'ultima dove viene riportata una citazione dal Bianchi che merita certamente grande attenzione e che si presenta oltremodo significativa nell'ambito della produzione soldaniana: "ad maximas Orbis terrarum revolutiones exundationesque comprobandas, nulla minus obscura magnæ ipsius Mundi vetustatis testimonia" (*Prolegomena*, p. XI).

Soldani insomma si serve del Bianchi per affrontare un tema decisivo. Il tempo della Terra, la sua età, i suoi cambiamenti, la sua evoluzione: problematiche appassionanti e laceranti in pieno secolo diciottesimo e che vedranno proprio nel reperimento, nello studio e nella classificazione dei fossili l'occasione per manifestarsi e, se possibile, incrudelirsi.

Nel 1739 Bianchi aveva pubblicato a Venezia il *De conchis minus notis*, dove aveva descritto la vita dei Foraminiferi e aveva discettato a lungo anche dei corni di Ammone, molluschi cefalopodi fossili, riscuotendo largo successo anche a livello europeo; ma sarebbe stato soprattutto il suo allievo Giovanni Antonio Battarra, con la sua *Istoria dei fossili dell'agro riminese, ed altri siti circonvicini*, pubblicata anch'essa, come il *Saggio orittografico*, nel 1780, a tentare di mettere a punto la com-

plessa e dibattuta questione (Di Carlo, 1998). In realtà gli studi sui fossili anche in Italia godevano di una tradizione ormai sedimentata, condivisa fra professionisti della scienza, docenti di storia naturale e dilettanti. Ad esempio Giovanni Battista Passeri, poi archeologo del Granduca di Toscana, a metà del Settecento aveva visto pubblicare la sua *Dell'istoria de fossili del Pesarese ed altri luoghi vicini* nei prestigiosi *Opuscoli* del Padre Calogerà (tomo L, Venezia 1754, pp. 246-247), ma in precedenza, dopo le intuizioni del bolognese Jacopo Bartolomeo Beccari (Lipparini, 1986 e 1987), era stato l'abate friulano Anton Lazzaro Moro a formulare nel 1740, nella sua opera *De' crostacei ed altri marini corpi che si truovano su' monti*, una originale teoria sull'origine dei fossili marini che conteneva brillanti anticipazioni della paleontologia moderna. Tutto questo in un quadro di contrapposizione fra due scuole naturalistiche, quelle che in seguito sarebbero state definite dei "nettunisti" e dei "plutonisti" (seguaci, rispettivamente, di Abraham Werner e di James Hutton), ma anche fra le due generali impostazioni presenti sull'accidentato campo delle scienze naturali: quella cartesiana, impegnata a spiegare il Diluvio biblico – elemento apparentemente imprescindibile della questione fossilifera – in termini scientifici; dall'altra quella newtoniana, che insisteva sul biblico e tradizionale carattere divino dello stesso Diluvio.

In particolare in pieno secolo diciottesimo continuavano le discussioni intorno alla pubblicazione delle opere di due studiosi inglesi, il teologo e giurista Thomas Burnet ed il naturalista John Woodward. Il primo, nella sua *Telluris theoria sacra,* del 1681, e successivamente con *Archaeologiae philosophica: sive Doctrina antiqua de rerum originibus*, del 1692, aveva cercato di conciliare il racconto biblico della creazione con le nuove teorie fisiche. Al contrario, Woodward, in *An Essay toward a Natural History of the Earth and Terrestrial Bodies, especially minerals, &c.*, maturata sulla scorta derl ritrovamento di corpose quantità di fossili nel Gloucestershire, e soprattutto in *An attempt toward a natural history of the fossils of England,* apparsa postuma fra il 1728 e il 1729, aveva – come afferma Paolo Rossi – rifiutato gran parte delle ipotesi di Burnet e tacciato come romanzesca la sua storia della Terra. "Tra i fossili reperiti in Inghilterra – sintetizza Rossi delle proposizioni di Woodward – ve ne sono molti di animali che popolano altre parti del globo. Ciò testimonia che il Diluvio universale fu, come affermano le Scritture, una vera e propria distruzione del mondo: una dissoluzione della materia nei suoi principi costitutivi, un rimescolamento e una nuova separazione. I fossili sono le testimonianze di quell'evento. Ma il nuovo ambiente che nasce dal Diluvio è funzionale alla vita dell'uomo. I mutamenti e le variazioni che si sono prodotti sulla Terra servono a uno scopo positivo".

Senza inoltrarsi, per assoluta mancanza di competenze e anche perché esulerebbe dall'oggetto specifico di questo contributo, in una specifica illustrazione del dibattito, già condotta da altri (Evans, 1971), che pure aveva visto in Italia anche i prestigiosi interventi di Arduino e Vallisnieri, i cui studi teorizzavano che i fossili giacessero negli strati rocciosi a causa dell'emersione del fondo marino, c'è da chiedersi quale sia stata la posizio-

Ricostruzione del sismografo progettato da Zhang Heng nel 132 d.C.

Astrolabio moresco attribuito a Ibn Baso, Granada?, 1280? (Museo della Specola di Bologna).

ne di Soldani in merito e se esista un rapporto con altre elaborazioni in ambito toscano e, come già messo in luce, con l'opera di Moro (Lipparini, 1988; Piutti, 1988).

Non va dimenticato, ad esempio, che un deciso sostenitore dell'origine organica dei fossili era stato nel secolo precedente Niels Steensen, noto con il nome latino di Stenone. Era stato questo medico danese, vissuto per lungo tempo alla corte dei granduchi di Toscana, a porre sul terreno la questione dei fossili, osservati nel corso di alcuni viaggi naturalistici nei monti del granducato. I fossili, secondo Stenone, non solo erano resti di veri e propri animali, ma dimostravano soprattutto che la Terra si era molto trasformata nel corso del tempo, e che ciò era avvenuto probabilmente a causa di terremoti, di eruzioni vulcaniche e di altri fenomeni destinati a mutare certe disposizioni degli strati terrestri, che spesso – aveva osservato – non hanno un'andatura orizzontale, ma sono discontinui e spezzati.

Molti anni dopo Soldani avrebbe, sulla scorta dello sviluppo delle conoscenze e delle opere specifiche sull'argomento, abbracciato per intero la teoria del sedimento marino dei fossili, pur evitando accuratamente di schierarsi apertamente ed esplicitamente con i sostenitori dell'una o dell'altra posizione filosofica generale che animava il contemporaneo dibattito scientifico.

"Bramo che questo Saggio sia considerato – scriveva nell'introdurre il *Saggio orittografico* – come un sistema puramente filosofico, e lo sottopongo nel tempo stesso al giudizio, e alla buona critica de' sapienti […] L'oggetto principale è di esporre le mie osservazioni non solo per far conoscere i copiosi prodotti naturali che esistono in alcune parti della Toscana […] ma anche per dimostrare la poca coerenza d'alcuni sistemi con l'osservazione naturale, unica regola di bene e rettamente filosofare".

In sostanza Soldani rifiutava il diluvialismo e aderiva ad una posizione più evoluzionista e progressiva del cambiamento geologico, dettata dall'osservazione naturalistica, dal primato di questa e dall'evidenza delle prove scientifiche.

"Senza impegnarmi adunque – scriverà ancora nel *Saggio orittografico* – a disputare sopra il più volte variato centro de' gravi, sopra la mutata obliquità dell'Eclittica, sopra la notabile ed universale diminuzione del fluido (di cui per altro non trovo nelle osservazioni una evidente ragione), o sopra tant'altre plausibili cause non affatto inverisimili, e adottate già da Filosofi celeberrimi, per conciliare il ritiramento del mare, l'abbassamento enorme del suo livello, la scoperta di nuove terre, con i tempi, che per sì sterminati cangiamenti si richiedevano; dirò solamente, che volendo noi dare orecchio alle voci della Natura, potremmo persuaderci, che una o più rivoluzioni del Globo Terraqueo, avessero alterata, ma con regolar cangiamento, ed a noi per mancanza d'osservazioni tuttavia incognito, la sostanza delle terre; onde le acque del mare, che una, o più volte le ricuoprirono, nel ritirarsene

non già repentinamente, ma a poco a poco, vi avessero lasciati, nel decorso di molti secoli, tanti e così chiari monumenti di sé medesime".

Siamo di fronte, al di là del riscontro di dati emergenti dall'osservazione sul territorio e, nello specifico, di un'identificazione esclusiva dei fossili da sedimenti marini, ad una nuova dimensione complessiva del tempo. Soldani, pure dalla cella del suo convento, aderisce all'affrancamento dalla cronologia stabilita sulla base dell'Antico Testamento, che, di fatto, rendeva inintellegibile la preistoria umana e naturale. Parallelamente, nel corso di tutta la sua opera, il religioso finisce per rigettare in termini espliciti anche una concezione statica dell'universo, secondo la quale ogni forma vivente era stata creata più o meno nella forma attuale, tanto che ogni generalizzazione sull'uomo e la natura era ugualmente applicabile alla totalità del tempo storico, il solo conosciuto. E questo allargamento di prospettiva dell'orizzonte intellettuale degli uomini non poteva non influenzare direttamente l'approccio al passato.

L'occasione per enunciare queste posizioni, che pure scontano chiaramente nella loro prudenza lo *status* ecclesiastico di Soldani, è determinata dall'indagine naturalistica compiuta sui Monti della Verna in Casentino. È incerto in questo caso – afferma Soldani – quale sia stato il mare che ha sedimentato fossili in così larga misura, certo è invece che il formarsi di questo sedimento investe una teoria generale dell'evoluzione della Terra e una estensione temporale che è problematica da stabilire ma che sicuramente è caratterizzata da una serie ininterrotta di mutamenti e trasformazioni profonde.

"Or se una gran parte del monte della Verna è un composto di lumachelle, vale a dire, d'infiniti rottami e di tritumi marini, qual sarà stato il mare formatore di sì vasta mole? Taluno forse dirà, ch'essendo altre volte state scoperte dalle acque, come una cordigliera d'isolette, le cime delle montagne, o Appennini più elevati di quello della Verna, fosse in una tale ipotesì, rimasta necessariamente sottacqua la fin qui descritta parte di questo monte. Quindi, fissata una tale altezza di mare, quante materie sciolte si dovevano unire infieme! quante rene scaricar da' fiumi, che scendevano o dagli Appennini di Tramontana, o da quelli di Levante, o da quelli di *Prato-Magno*, o da monti circonvicini posti a Ponente, o da tanti altri ora forse consumati, e distrutti! Quante correnti sotto un tal mare dovevano cooperare alla formazione dello stesso monte! Quanti erosioni comporsi per le semplici, torbide, bituminofe, calcaree, saline, ed altre deposizioni, e separazioni delle acque! Quanti spugnoni, quante rupi arenarie, quanti filoni calcarei e brecciosi formar si potevano, e collegare con un numero indicibile di vegetabili, di animali, e rottami di loro spoglie, alcuni de' quali nel divenir spatosi, o nello sciogliersi, e consumarsi, potevano entro quell' univerfale, e fempre attivo elaboratorio della natura conferir molto alla coesione di tante parti, che costituiscono le pietre, e terre di origin marina! Dirà forse qualche altro, che a forviar quello monte, ed a depositarvi sparsamente i testacei in una copia così prodigiosa dovevano concorrere naturalmente i tre mari di Mezzogiorno, di Levante, e di Ponente, perché appunto da queste parti, per quanto può ricavarsi dall'odierna faccia del luogo, essi comunicar potevano col golfo, il quale avrà allora colle sue acque superata l'altezza dell'attuale cima del monte medesimo.

Un altro finalmente dirà, che altri mari più antichi, in una o più volte, fossero concorsi alla formazione di questo monte, e che le stesse cause, le quali in una certa maniera produssero il monte di Volterra, avessero, combinate in un altra, formato quell'altissimo della Verna, sul fondamento della gran simiglianza, che tra l'uno e l'altro costantemente osserva. Chi filosofasse così, potrebbe certamente render qualche ragione della copia de' teftacei contenuti nel monte della Verna, ma non potrebbe spiegare, come i marini prodotti si trovino egualmente nelle più alte cime degli Appennini, e negli strati più bassi, o nei filoni più profondi delle montagne. La soluzíone di questo dubbio dipende in gran parte da una perfetta ed adeguata cognizione della Teoria della Terra, unita strettamente e collegata col Sistema universale dei Mondo. Ma per quanto io sia persuaso che il mare avesse cooperato alla formazione di quello e di altri simili monti, altrettanto diffido di poter formare una giusta idea della Teoria generale".

In conclusione la Natura, anche per Soldani, dimostrava palesemente una storia, una sua storia,

nonostante la lezione della Bibbia escludesse automaticamente ogni processo graduale di trasformazione sul lungo periodo. Soldani sembra allinearsi con quanti, esponenti dei lumi e animatori del rinnovamento delle scienze naturali, guardavano al lungo e non precisabile periodo di formazione e assestamento della Terra come ad una somma lenta ma continua di cambiamenti. Una posizione che, a partire dal Montesquieu delle *Lettres persanes*, aveva caratterizzato tutto il secolo dei lumi e si era messa di fatto contro l'interpretazione biblica, che, a seguirla alla lettera, attribuiva al globo un'età non superiore ai seimila anni. "Ceux qui connaissent la nature – scriveva il barone de la Brède – et qui ont de Dieu un'idée raissonnable peuvent-ils comprendre que la matière et les choses créées n'aient que sex milles ans?". A metà del secolo diciottesimo la grande antichità della Terra era ormai un fatto acquisito. Hume ne aveva parlato nei suoi *Dialoghi sulla religione naturale*, Diderot non aveva esitato a parlare a proposito di milioni di anni, Helvetius di un'infinità di secoli, Rousseau nel suo *Discours sur l'inegalité* aveva insistito molto sul fatto che la società più primitiva fosse comunque molto distante da quella dell'uomo naturale. Era stato poi d'Holbach, nel suo *Système de la nature*, ad essere più esplicito, introducendo un elemento fortemente dinamico connaturato all'evoluzione: "Des soleils s'éteignent et s'encroûtent, des planètes périssent et se dispersent dans les plains des airs; d'autres soleils s'allument, des nouvelles planètes se forment pour faire leurs révolutions ou pour décrire de nouvelles routes, et l'homme, portion imperceptible dans l'immensité, croit que c'est pour lui que l'univers est fait".

Nel pieno della elaborazione sui fossili di Soldani, poco prima della pubblicazione del primo volume della *Testaceographiae*, James Hutton avrebbe concluso la sua *Theory of the Earth or an Investigation of the Laws observable in the Composition, Dissolution, and Restoration of Land upon the Globe*, del 1788, con un riconoscimento esplicito dei grandi passi che si potevano ancora compiere in un settore nel quale nuove prospettive si erano aperte: "The result, threrefore, of our present enquiry is, that we find no vestige of a beginning, no prospect of an end" (p. 304).

La voce della Terra

Il suolo, insomma, nel secolo diciottesimo finalmente parlava, i fossili avevano una voce: raccontavano, anche per Soldani, dell'età del mondo e della vita e spazzavano via i racconti biblici e le paure degli uomini. Certo la materia era *border line* per un frate come Soldani, per di più responsabile di un convento, prodromo certo a qualche polemica e a qualche malumore che, nonostante la prudenza del naturalista, quasi sicuramente non avrebbe tardato a venire.

Certo i tempi erano mutati e l'inconciliabilità tra fede e scienza aveva tentato strade nuove e in qualche modo aveva trovato un punto di equilibrio nella pubblicazione, a Modena nel 1769, della traduzione da parte di un già prestigioso Lazzaro Spallanzani, ecclesiastico anch'egli, della *Contemplation de la nature* di Charles Bonnet (Trembley, 1794; Lemoine, 1850; Riquet de Craman, 1859), opera che aveva visto la sua prima edizione in francese ad Amsterdam fra il 1764 e il 1765 e che era stata in grado di suscitare ampi consensi anche fra chi, come Soldani, doveva coniugare il proprio *status* ecclesiastico con la passione per la ricerca e con il riscontro dei dati sperimentali. Bonnet infatti "con una poderosa sintesi, era riuscito a delineare il mondo naturale affrontando il problema della generazione e della evoluzione degli esseri viventi, alla luce teologica della grande catena degli esseri e di quella trasmigrazione delle anime che, pochi anni prima, aveva così ben sottolineato nel suo *Essai analitique des facultés de l'âme,* apparso nel 1760 a Copenaghen. Il testo della *Contemplation*, pur legato alla spiritualità protestante ed al metodo sperimentale, conteneva espliciti riferimenti all'azione creatrice di Dio ed alla sua costante manifestazione nel mondo. Era una prova dell'esistenza dell'Onnipotente, secondo un'ottica cristiana ed appariva un reale tentativo di conciliazione fra razionalismo e spirito religioso, alla luce dei più raffinati ideali illuministici" (Cipriani, 2007).

Ma, nonostante che il terreno fosse stato sgombrato da macigni ingombranti, Soldani non sarebbe mai entrato direttamente nel merito specifico di un dibattito che non poteva non essere aspro e lacerante: tenderà a mantenersi sempre sul versan-

te di una separazione netta fra verità della fede e interesse scientifico, non ignorando comunque che l'osservazione della natura contraddice spesso la verità rivelata. Le note che Spallanzani aveva approntato per l'opera di Bonnet certo costituivano un ponte accettabile, nel loro esplicito invito a "prestare attenzione ad ogni fenomeno della realtà circostante. Connettere parti diverse, alla luce della mirabile concatenazione presente in ogni parte del mondo naturale. Godere della vita inseriti nel fluire del ritmo sincronico del creato. Abbandonare ogni distrazione per cogliere ogni frutto della nostra mente e dei nostri sensi, i veri artefici del nostro processo cognitivo" (Cipriani, 2007), ma Soldani, comprensibilmente, nelle sue opere se ne sarebbe stato piuttosto sulle sue. Nonostante gli inviti contenuti nell'opera di Bonnet e il successo della traduzione italiana – ben cinque edizioni negli anni immediatamente successivi alla sua pubblicazione – che avrebbero indubbiamente favorito una diffusione corposa degli studi naturalistici in Italia, soprattutto in Toscana e in piena età leopoldina. Una diffusione che, a ben vedere, alla fine spiega molto di un clima generale e dell'interesse di Soldani verso i fossili, ma in generale anche del primato attribuito dal religioso all'osservazione naturalistica e dell'attenzione verso ogni tipo di fenomenologia della natura, compresa quella a prima vista incomprensibile o difficilmente interpretabile.

Come nel caso della pioggia di sassi.

Ostracismo scientifico

Un Soldani inserito nel pieno del clima del fervore naturalistico secondosettecentesco quindi, sia pure sulla base di una inevitabile mediazione tra fede e osservazione scientifica, che pure si era affermata nel tempo come patrimonio comune di molti ecclesiastici dediti allo studio dei fenomeni naturali. Cosa induce allora a quell'ostracismo della comunità scientifica che si rivelerà in maniera consistente nei confronti di Soldani all'indomani della pubblicazione della dissertazione sullo sciame di meteoriti? In altri termini: l'isolamento che caratterizzava la ricerca e l'osservazione naturalistica del frate, delineato brevemente all'inizio di questo contributo, spiega a sufficienza anche l'opposizione nei suoi confronti da parte del mondo scientifico riconosciuto e accreditato – quell'ostracismo che si manifesterà in maniera evidente dopo la pubblicazione dell'opera sulle meteoriti nel 1794? La vicenda di Soldani rappresenta sicuramente una conferma dei sedimentati comportamenti della comunità scientifica, sia pure questa all'epoca non fosse ancora strutturata in termini moderni e specialistici. La metodologia di osservazione di Soldani, praticamente condivisa dall'intero mondo dei cultori di scienza, praticata fino ad allora da parte del religioso soltanto sui fossili, costituiva di fatto una base di non sufficiente autorevolezza, sulla quale sarebbe intervenuta di fatto la messa al bando delle sue opinioni in merito ai bolidi. Il suo lavoro quasi pionieristico nel campo della micropaleontologia e dei foraminiferi, evidentemente al tempo non così accreditati e diffusi o comunque inerenti ad un settore frequentato da cultori poco numerosi, non servirono insomma ad evitare la levata di scudi contro la sua teoria litogenetica dei sassi caduti nel territorio di Cosona e Lucignano il 16 giugno 1794. È vero infatti, oggi come allora, che "affinché una nuova idea possa venire accettata dalla comunità di scienziati molto dipenderà dal credito che detiene in seno all'*establishment* scientifico colui il quale ne è il propugnatore. Tale fattore è inoltre direttamente proporzionale al grado di innovazione che la nuova idea introduce. È difficile pertanto che uno studioso di seconda fascia possa riuscire a convincere una platea sulla necessità di rivoluzionare idee e concetti consolidati, se i suoi ascoltatori non gli riconoscono sufficiente autorità" (Berni, 2005).

D'altra parte lo stesso Soldani era consapevole delle difficoltà che il suo intervento, così fuori dalle righe rispetto alle interpretazioni correnti, avrebbe incontrato, oltre che delle prevedibili polemiche in grado di suscitare. Non a caso aveva subito sollecitato le autorità granducali ad istruire un processo che testimoniasse l'effettivo svolgimento dei fatti. La richiesta insomma di una sorta di registrazione ufficiale dell'evento che mettesse al riparo l'autore della dissertazione almeno dai dubbi che sarebbero stati prevedibilmente avanzati sulla stessa effettività del fenomeno.

Com'è noto, sarebbe stato lo stesso Spallanzani ad avanzare per primo perplessità sull'interpretazione soldaniana di un'origine extraterrestre dei sassi, sulla "nube tempestosa" e sulle complicate dinamiche litogenetiche della loro formazione (Levi Donati, 1994): "Quel fingere un aereo ardente vulcano nel seno della nuvola fulminatrice – avrebbe scritto al conte di Wilzeck –, quell'attribuire a dei solfi, dei bitumi, degli olii, accompagnati da sovrabbondante elettrico fuoco la virtù di rassodare in pietre delle sottilissime sostanze terree e minerali accumulate in grembo alla nuvola; quell'immaginare vetrificate in massima parte coteste pietre, senza che dal fuoco se ne struggano le piriti, senza che il quarzo punto ne soffra; quel supporre la quetissima cristallizzazione di altre pietre in mezzo d'un vortice tumultuario veementissimo, e d'un irrequieto vulcano; quel volere questa cristallizzazione nata dal fuoco, quando ha decisi caratteri d'essere stata prodotta dall'acqua; questi ed altrettanti pensamenti (lo ripeto confessando la mia ignoranza) sono strani per me, e fanno urto al mio spirito" (Spallanzani, 1795).

Ma sarebbe stato il pientino Giorgio Santi, docente dello Studio pisano e già uomo di scienza di corposa formazione "leopoldina" (De Gregorio, 1989), a rincarare la dose e ad esprimere le posizioni di una parte dell'ortodossia scientifica del tempo, quella "vulcanista" sostenuta fra gli altri da Baudin, Gassendi, Fréret, Barthold, Deluc e De-Lalande, riconducendo i sassi all'eruzione vesuviana di qualche ora prima del manifestarsi dello sciame meteoritico nel Senese.

Sia Soldani che Santi in realtà ignoravano la pubblicazione, qualche mese prima della comparsa dell'opuscolo del religioso, dello studio sulle meteoriti ferrose di Ernst Chladni *Ueber der Ursprung der von Pallas Gefundene und anderer ihr Ähnlicher Eisenmassen*, dove veniva data per certa "la provenienza extra terrestre di alcune pietre cadute al suolo dopo spettacolari fragori nell'atmosfera, partendo dalle considerazioni sul ritrovamento di 'ferro malleabile' ad opera di Simon Pallas in Siberia nel 1749" (Berni, 2005). Un'opera che avrebbe contribuito a fare di Chladni, pur dopo qualche polemica e un dibattito non sempre sereno, il vero fondatore della meteoritica moderna.

L'opuscolo di Soldani, pubblicato praticamente in coincidenza con l'opera del tedesco, ha finito per rappresentare invece l'esempio della scarsa ricettività da parte della comunità scientifica coeva verso elaborazioni fortemente improntate all'innovazione ma soprattutto non caratterizzate da una condivisione preliminare dei risultati e, soprattutto, da un non inserimento dell'autore nel circuito diffuso e autorevole della comunicazione scientifica. Un destino che lo accomuna ad altre e numerose personalità, ma che trova un riscontro immediato nella vicenda del gesuita Franz Güssman che nel suo *Lithophylacium mitisianum* del 1785 aveva già ipotizzato la possibile origine extraterrestre di alcune pietre cadute dal cielo e il cui valore solo di recente è stato riportato alla luce dopo secoli di silenzio da parte della comunità scientifica (Burke, 1983; Di Trocchio, 1997).

[1] Le polemiche che investirono il Pistoi facevano seguito alla pubblicazione dell'opera *Del meccanismo col quale l'aria, e il fuoco elementare si fissano nei misti, e diventano principj costitutivi di quei corpi, nei quali si trovano*…(In Siena, nella stamperia di Vincenzo Pazzini Carli, e figli, 1775). Fu pubblicata una seconda edizione dell'opera, corredata da una serie di note fortemente critiche. Cfr. *Del meccanismo col quale l'aria, ed il fuoco elementare si fissano nei misti e diventano principi costitutivi di quei corpi ne'quali si trovano. Dissertazione di Candido Pistoi... Edizione seconda colle note critiche di due anonimi autori,* Parigi, appresso la vedova, 1775. Le note, anonime, sono state variamente attribuite, ma una notazione sull'esemplare conservato nella Biblioteca Comunale di Siena, appartenuto a Paolo Mascagni, chiarisce definitivamente la questione: "Gli autori delle note furono i prof.ri Bartaloni, e Fondelli. Queste note produssero una animosa dissenzione letteraria, ma nessuno seppe confutare le note, ed il povero Pistoj rimase avvilito. Visse poco più e morì col rincrescimento di aver perduta la pubblica oppinione di un uomo dotto, che egli ambiva. I suoi partitanti più appassionati furono il cav: Mario Bianchi, Antonio Borgognini, e pro. Stratico. Il secondo si provò a rispondere, ma gl'anonimi stamparono una replica divisoria, che lo rese ridicolo finché visse, adottandogli il nome burlesco di Calandrino".

[2] La testimonianza è in un manoscritto della Biblioteca Comunale di Siena e si riferisce direttamente all'opera sul terremoto del 1798. "In questa operetta poteva ben dire che molte notizie gli furono somministrate da me scrittore Giovacchino Faluschi sacerdote sanese ed antiquario" (BCS, ms. Z II 26: *Scrittori senesi*, II, c. 216v).

L'eredità scientifica di Ambrogio Soldani

Roberto Fondi, Ruggero Matteucci**, Roberto Mazzei**

*Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze della Terra, Via Laterina 8 – 53100 Siena
**Università degli Studi di Roma "La Sapienza", P.le A. Moro 5 – 00185 Roma.

La percezione della natura nel clima culturale del secolo XVIII

Nel clima intellettuale del secolo in cui visse Ambrogio Soldani (1736-1808), dominato dall'Illuminismo, la natura era percepita come una totalità includente non soltanto gli enti inanimati, ma anche gli organismi viventi e gli esseri umani con tutte le loro peculiarità sia fisiche che psicologiche. Pertanto il parlare di "stato di natura", di "ordine naturale della società" e simili era basato sulla premessa che gli uomini fossero membri di un sistema ordinato, da un punto di vista non soltanto semplicemente *razionale*, ma anche *etico*.

Alla genesi di questo modo di concepire la natura aveva contribuito in maniera determinante l'opera di Isaac Newton (1642-1727) (Fig. 1), la quale veniva considerata come il coronamento di tutto ciò che era stato fatto dai suoi predecessori. *"La natura e le leggi di natura giacevano nascoste nella notte / Ma Dio disse, Sia Newton! E tutto fu luce"*, aveva cantato il poeta Alexander Pope (1688-1744). Il mondo era armonioso e dominato da leggi altrettanto semplici quanto sublimi, e Newton era stato il primo a mostrare tutto questo ai suoi simili.

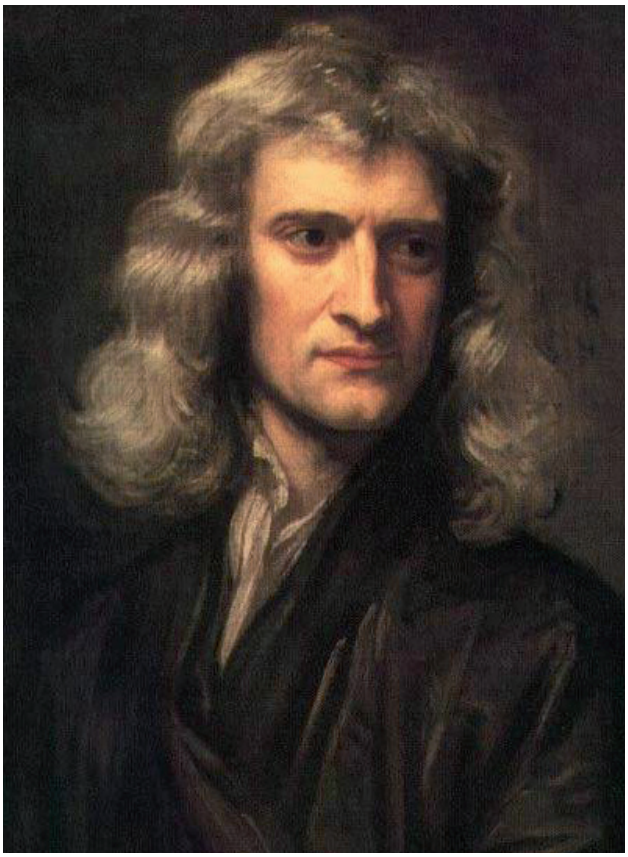


Fig. 1 - Ritratto di Isaac Newton (1642-1727) eseguito nel 1689 da Sir Godfrey Kneller (Farleigh House, Farleigh Wallop, Hampshire).

"Da dove deriva", si era domandato Newton nei suoi *Scritti di ottica* (1704), "tutto l'ordine e la bellezza che vediamo nel mondo? (…) E che cosa impedisce alle stelle fisse di cadere l'una sopra l'altra? Donde viene che i corpi degli animali sono stati composti con tanta arte, e per quali fini sono state formate le differenti parti? Fu l'occhio costruito senza alcuna intelligenza dell'ottica, e l'orecchio senza alcuna conoscenza dei suoni?". E a tali domande così il grande fisico britannico aveva risposto nei suoi *Principi matematici della filosofia naturale* (1686): "Questa elegantissima compagine del Sole, dei pianeti e delle comete non ha potuto nascere senza il disegno e la potenza di un ente intelligente e sublime".

L'evidenza dell'ordine razionale e della legge insiti nella natura indusse ad identificare tutto ciò che si presentava come ordinato e giusto con "naturale", estendendolo anche alla sfera sociale. E siccome l'ordine della natura era rigorosamente inviolabile ed uniforme, anche nelle discussioni di carattere sociologico e politico i concetti di naturale, razionale e giusto finirono con l'indicare ciò che è inviolabile ed uniforme, ovvero che nel profondo sussiste ed è valido universalmente, in netta antitesi con la varietà, i contrasti e le turbolenze delle culture ed istituzioni umane presenti alla superficie. Così si comprende perché il diritto della ragione, che in ogni tempo ed in ogni luogo doveva essere uniformemente ed invariabilmente

Fig. 2 - Immanuel Kant (1724-1804).

valido per tutti gli uomini, sia stato chiamato "diritto naturale".

Questo modo di pensare era suscettibile di tradursi – e infatti si tradusse – in un'arma irresistibile di critica nei confronti dei costumi tradizionali e dell'*Ancien régime*. Il solo confronto tra l'ordine "razionale" della natura e le strutture sociali basate su mille consuetudini, istituzioni, convenzioni, idee e forme di dominio, non doveva forse fare l'effetto di un potente invito a modificare le cose? Non imponeva la ragione di cercare nel mondo degli uomini leggi altrettanto semplici ed inviolabili di quelle naturali, nonché a provvedere – ed ecco il punto veramente rivoluzionario – a che tale mondo fosse adattato a queste leggi? Come poteva il presente giustificarsi di fronte a questo irresistibile appello alla ragione? Perché non impegnarsi a cercare di edificare un mondo nuovo, secondo quei principi della natura e della ragione che insegnano la stessa cosa?

Per Immanuel Kant (1724-1804) (Fig. 2) l'Illuminismo rappresentava appunto l'uscita dell'uomo dalla condizione di meschinità in cui egli, per sua propria colpa, si era fino ad allora mantenuto incarcerato. "Pigrizia e viltà", scriveva Kant, "sono le cause per cui una così gran parte dell'umanità, dopo che da un pezzo la natura l'ha liberata dalla guida altrui, rimane volentieri minorenne per tutta la vita." Questi uomini avevano bisogno di essere illuminati, ed a tal fine era necessaria una cosa soltanto: la libertà, grazie alla quale "poter fare sempre un uso pubblico della propria ragione." Questa libertà, tutti i pensatori del secolo XVIII la invocarono e la ottennero, con risultati stupefacenti per la insospettata quantità di energie e di mutamenti che – nel bene e nel male – ne scaturirono.

Nel campo più strettamente religioso, le conseguenze furono (1) una critica radicale della tradizione cristiana al lume della ragione e (2) la ricerca, sempre al lume della ragione, di una religione "naturale". Già Erasmo da Rotterdam (1466-1536) aveva manifestato questa aspirazione, ma per imporsi essa richiedeva un stretta alleanza con la scienza. Ora, finalmente, il momento era arrivato e l'ideale umanistico della dignità e divinità dell'uomo aveva modo di entrare in stretta collaborazione con il metro della ragione stabilito dalla filosofia e dalla scienza.

Vennero così a distinguersi in seno all'Illuminismo almeno tre correnti di pensiero: la prima, quella dei conservatori, non respinse la rivelazione cristiana, ma la lasciò sussistere accanto alla religione naturale, che non negò in alcun modo; la seconda, quella dei deisti alla maniera di François-Marie Arouet detto Voltaire (1694-1778), giudicò criticabile, superflua e perfino dannosa qualsiasi sorta di rivelazione religiosa, opponendo a quest'ultima semplicemente "i principi morali comuni a tutti gli uomini"; la terza, quella dei rivoluzionari, si formò soprattutto in Francia, dove l'alleanza tra la Chiesa e la classe monarchico-aristocratica aveva spinto l'opposizione alle conseguenze estreme, ed andò ben al di là dei conservatori e dei deisti, volgendo l'ormai forgiata ed affilata arma della critica razionale addirittura contro gli stessi principii della religione naturale e divenendo così atea e materialista.

Ovviamente, vivendo in un paese cattolico come l'Italia e considerando il suo ruolo nell'ambito della gerarchia ecclesiastica, Ambrogio Soldani non poté che appartenere alla corrente dei conservatori.

Sia come sia, con l'opera di Kant il pensiero illuministico era destinato a concludere il proprio percorso e, contemporaneamente, ad aprirsi a nuove prospettive. Se da una parte le argomentazioni presentate dalla *Critica della ragion pura* infersero un colpo mortale al razionalismo religioso, dall'altra il filosofo di Königsberg era già stato toccato dal movimento di pensiero avverso alla teologia razionale che in Germania, sotto l'insegna del Pietismo, aveva cercato di dare nuove basi alla religione fondandola sul puro e semplice sentimento misericordioso. Kant mostrò che il dominio della ragione aveva i suoi limiti e che pertanto, al di là di tali limiti, non potevano che aprirsi alla fede spazi nuovi ed illimitati.

Pregiudizi metafisici ed antagonismi circa la storia naturale della Terra

Inventato probabilmente intorno al 1620 da politori di lenti, il microscopio era stato applicato per la prima volta all'indagine naturalistica dall'inglese Robert Hooke (1635-1703) (Figg. 3-4), il quale aveva pubblicato le sue ricerche nell'opera *Micrographia* (1664) illustrandovi, fra l'altro, le

Fig. 3 - Robert Hooke (1635-1703).

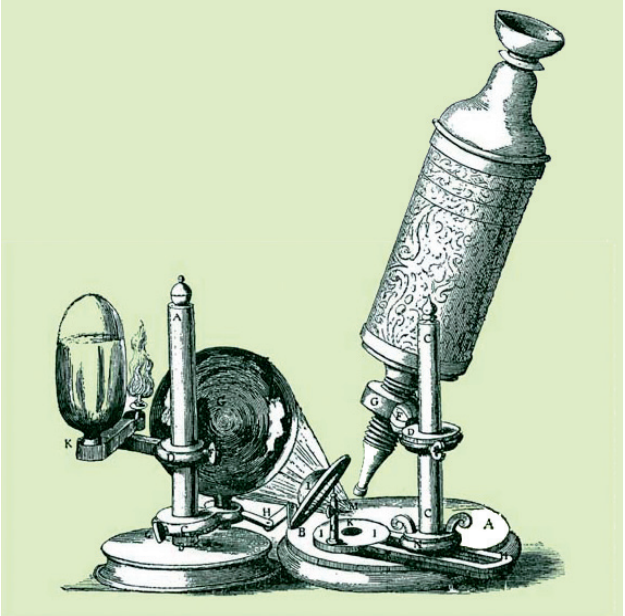


Fig. 4 - Microscopio composto usato da Hooke (da *Micrographia*, 1665).

"piccole cassette o celle" (il termine "cellula" risale appunto ad allora) della sostanza vivente (Fig. 5). A differenza di altri naturalisti come Antony von Leeuwenhoek (1632-1723), Jan Swammerdam (1637-1680), Marcello Malpighi (1628-1694) e Nehemiah Grew (1641-1712), che dedicheranno tutta la vita agli studi al microscopio scoprendo e descrivendo protisti ed altri piccoli organismi acquatici, nonché la complicata anatomia degli insetti e le strutture istologiche degli organismi, Hooke riservò all'indagine microscopica solo una piccola parte della sua attività scientifica. Affrontando con il suo *Discourse on Earthquakes* (pubblicato postumo nel 1705) il grandioso argomento della storia naturale della Terra, lo scienziato inglese fu probabilmente il primo autore che ammise ufficialmente l'instabilità della crosta terrestre con grandi variazioni paleogeografiche, da lui attribuite a terremoti e a vulcanesimo. Su questa base egli giustificò non solo la presenza di fossili su montagne come le Alpi, ma anche i fenomeni di estinzione (magnifiche furono le sue tavole illustrative di ammoniti) e la possibilità di comparsa di specie nuove.

Nei cento anni che separarono Hooke da Kant le discussioni relative alla storia naturale della Terra ebbero quali protagonisti Thomas Burnet (1635-1715), Wilhelm Leibniz (1646-1716), Benoit de Maillet (1656-1738), Edmund Halley (1656-1742), Luigi Ferdinando Marsilli (1658-

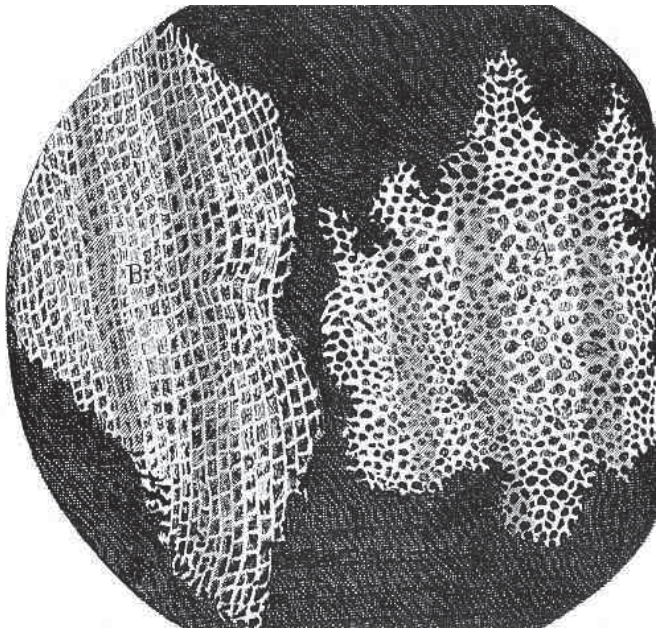


Fig. 5 - Tessuti vegetali osservati e riprodotti da Hooke nella sua *Micrographia* (1665).

1730), Antonio Vallisnieri (1661-1730), Richard Bentley (1662-1742), John Woodward (1665-1728), William Whiston (1667-1752), John Keill (1671-1721), René-Antoine Fershault de Réamur (1683-1757), Anton Lazzaro Moro (1687-1764), Noël-Antoine Pluche (1688-1761), George-Louis Leclerc de Buffon (1707-1788), Giovanni Arduino (1713-1795), Jean-Etienne Guettard (1715-1786), Johan Gottlob Lehmann (1719-1767), Georg Christian Füchsel (1722-1773), Paul-Henri Dietrich d'Holbach (1723-1789) e James Hutton (1726-1797). Ebbene, le discussioni suscitate da tutti questi autori si svolsero entro una cornice di alternative radicali, le quali non nascevano solo e semplicemente dal fatto di dover confrontare e valutare modelli differenti di storia della Terra e del cosmo, ma anche dal dubbio circa la *legittimità* o meno di fare della storia della Terra e del cosmo oggetto di indagine scientifica. Se la fisica e la filosofia naturale, ovvero le attività scientifiche, dovevano occuparsi del mondo così come esso era, aveva veramente senso occuparsi del problema di come esso si era originato? Questo problema non era destinato a rimanere al di fuori dell'ambito della scienza e perciò confinato nel dominio delle ipotesi gratuite o - come si diceva allora - dei "romanzi di fisica"?

Solo dopo che ci si accordò sulla legittimità di una considerazione "storica" della natura poterono aprirsi alternative fra teorie della Terra contrastanti quali quelle diluvialista o vulcanista, uniformista o catastrofista. Stabilire un tale accordo, comunque, non fu un'impresa facile. Nelle discussioni che accompagnarono il costituirsi della geopaleontologia, le demarcazioni fra la scienza e la pseudoscienza apparvero spesso difficilmente determinabili e per lungo tempo vi agirono in profondità presupposti metafisici. Descartes, Hooke, Newton e Leibniz non elaborarono solo teorie, bensì assegnarono alla ricerca finalità diverse. Nelle pagine degli studiosi di fossili e dei costruttori di storie della Terra si riaffacciarono di continuo grandi questioni legate ai rapporti con la rivelazione biblica e con la teologia, all'atteggiamento da assumere nei confronti della tradizione materialistico-lucreziana, all'alternativa fra una visione antropomorfica ed una visione naturalistica del mondo.

Se si prende, ad esempio, la teoria cosmologica delineata da Leibniz (Fig. 6) nella sua *Protogaea*, scritta fra il 1691 e il 1692, ci si rende conto che essa era fondata su tre presupposti metafisici: (1) la storia del mondo equivaleva allo svolgimento di

Fig. 6 - Wilhelm Leibniz (1646-1716) in un ritratto conservato nella Gottfried Wilhelm Leibniz Bibliothek ad Hannover.

possibilità le quali, come nell'embrione di una pianta o di un animale, erano state programmate in esso fin dal principio; (2) alla base della storia del mondo, dunque, non c'era il caos, bensì operavano le leggi di quell'universo possibile che Dio aveva liberamente deciso di rendere attuale; (3) pertanto il disordine dei mutamenti mostrati dalla storia del mondo era soltanto apparente e si configurava come tale unicamente alla limitata visione degli esseri umani. Per Leibniz, di conseguenza, il meccanicismo ed il finalismo non erano incompatibili, per cui diveneniva possibile parlare di storia dell'universo, di formazione del Sistema Solare e della Terra senza abbracciare le tesi ateo-materialistiche. Relativizzando il caos e il disordine, Leibniz neutralizzò le posizioni dei cartesiani ed aprì un ampio spazio alla ricerca empirica dei mutamenti passati e presenti dell'universo e della Terra.

Se si eccettua Leibniz, comunque, nel secolo XVIII le cosmologie di tipo cartesiano furono per lo più degradate ad opere di fantasia. Ad esse venivano costantemente contrapposti il valore, la certezza delle leggi ed il rigore delle definizioni della scienza newtoniana. Ma anche quest'ultima poggiava su tre presupposti la cui problematicità veniva regolarmente sottratta ad ogni discussione: (1) la storia della Terra e del cosmo non era spiegabile per intero sul solo terreno della filosofia naturale, per cui in tale storia dovevano avere operato azioni miracolose; (2) la verità del racconto biblico non poteva essere messa in dubbio; (3) era necessario riconoscere la presenza in natura di cause finali, per cui l'assunzione di un punto di vista antropomorfico si presentava come del tutto legittima anche in sede di indagine fisica.

In Italia, Soldani evitò sempre con cura di schierarsi con i sostenitori dell'una o dell'altra teoria della Terra. Nel suo *Saggio orittografico*, egli dichiarò di essere perfettamente consapevole della necessità di una "Teoria della Terra, unita e strettamente collegata col Sistema universale del Mondo"; tuttavia spiegò che egli non avrebbe nemmeno cercato di formularla in quanto diffidava "di poter formare una giusta idea della Teoria generale". D'altra parte, nel corso del suo secolo le indagini geopaleontologiche "locali" del tipo di quelle di Guettard nell'Alvernia e di Réamur nella Turenna erano andate progressivamente infittendosi ed avevano fatto sempre più risaltare l'eccessiva superficialità ed insufficienza delle varie teorie generali che pure erano state via via proposte.

Fin dall'inizio dei suoi studi, dunque, per Soldani fu scontato che occorreva incrementare al massimo il "grado di risoluzione" delle investigazioni, prima di tentare di collegare armonicamente gli esiti di queste ultime in una costruzione teorica unitaria che fosse veramente degna di essere definita scientifica. E l'abate casentinese procedette risolutamente in questa direzione, concentrandosi sui territori a lui familiari – il Senese, il Volterrano, il Casentino, la Val di Chiana, il Valdarno e la Maremma – e descrivendone con la cura più estrema i fossili che li caratterizzavano: tutti i fossili, non escludendo né mortificando, dal momento che l'uso sistematico del microscopio glielo consentiva, quelli di taglia più minuta.

L'impostazione scientifico-metodologica di Soldani, dunque, non soltanto fu assai moderna, ma anticipò addirittura in maniera sorprendente quella del padre della Paleontologia, George-Léopold-Chrétien Dagobert de Cuvier (1769-1832) (Fig. 7). Come Cuvier, infatti, Soldani volse le spalle ai "facitori di sistemi" troppo devoti alle speculazioni e troppo poco impegnati nella paziente, costante ed accurata ricerca sul campo. Come Cuvier, Soldani fu ben consapevole, nella descrizione dei pacchi di strati sedimentari, dell'importanza dei criteri della sovrapposizione, della continuità e dell'identità paleontologica. Come Cuvier, Soldani dette per scontato che il riferimento imprescindibile per una corretta interpretazione delle forme fossili poteva essere soltanto lo studio approfondito delle forme attuali. Del resto sarà a distanza di appena tre anni dalla morte di Soldani che Cuvier, insieme ad Alexandre Brongniart (1770-1847), getterà con l'*Essai sur la géographie des environs de Paris* le fondamenta della moderna biostratigrafia. Dopo di che la Paleontologia, costruendo pazientemente sulle fondamenta del criterio attualista e dei postulati della stratigrafia, avrebbe offerto alle scienze naturali contributi di informazioni enormi ed in continuo arricchimento, tanto che già nei primi anni del 1900 diveniva possibile delineare un quadro fedelmente rappresentativo della storia della biosfera. Nell'arco di pochi decenni, l'epoca dei *world*

Fig. 7 - Georges Dagobert de Cuvier (1769-1832) (disegno di R. Fondi).

makers e dei *flood makers* giungeva così al suo tramonto definitivo.

Nascita ed evoluzione della micropaleontologia

"La storia della scienza", ha scritto Störig (1956), "dovrebbe evitare quanto più possibile l'uso di superlativi quale 'il più grande', 'il più importante', ecc.; ma a proposito del microscopio è lecito affermare che nessun altro strumento (Fig. 8) influenzò in così larga misura l'evoluzione delle scienze. La sua scoperta aprì veramente una nuova era, ed i successivi perfezionamenti recati nel corso dei secoli (fino al microscopio elettronico) costituirono l'inizio di altrettanti e nuovissimi capitoli scientifici."

Due di questi capitoli furono appunto la microbiologia e la micropaleontologia. Con essi, l'uomo penetrò di colpo in un universo ancora più ricco e variegato di quello degli spazi planetari e stellari che un secolo prima il cannocchiale di Galileo Galilei (1564-1642) aveva iniziato a percorrere. Dopo la scoperta, fatta nel 1761 da Jacopo Bartolomeo Beccari (1682-1766) (Fig. 9), che le "sabbie gialle" delle colline bolognesi contenevano, accanto ai granuli di minerali, miriadi di conchigliette ravvoltolate e concamerate come tanti piccolissimi *Nautilus* o ammonoidi, Soldani si spinse nel nuovo universo che lì davanti a lui, a portata di mano, era in attesa di essere esplorato: sia nelle minute conchiglie attuali spiaggiate o raccolte sui fondali marini di Castiglioncello, Livorno, Piombino, Portoferraio, Follonica e Isola del Giglio o dragate più in profondità nel Tirreno e nell'Adriatico, sia in quelle fossili contenute nelle sabbie e nelle argille plioceniche del Senese e del Volterrano. Oltre all'uso della lente semplice e dei vetrini per contenervi ed osservarvi i preparati al microscopio, le tecniche di lavoro dell'abate camaldolese inclusero l'aceto come acido, la levigatura della roccia, l'immersione in acqua e la selezione tramite setacci a maglie progressivamente più piccole, nonché il conteggio, la pesatura e la misurazione accurati dei singoli reperti. Nei 27 anni di lavoro

Fig. 8 - Esemplare di microscopio del '700. Collezione privata del Prof. Fausto Casi. Foto Massimo Corazzi.

Fig. 9 - Jacopo Bartolomeo Beccari (1682-1766) in un ritratto conservato nella Quadreria dell'Università di Bologna.

che gli furono necessari per comporre i due tomi della *Testaceographiae ac zoophytogeographiae parvae et microscopicae*, Soldani descrisse prima un gran numero di micro-reperti attuali (di molluschi, anellidi e foraminiferi sia bentonici che planctonici) affinché potessero servirgli da riferimento; dopodichè passò ad esaminare gli svariatissimi micro-reperti fossili dei territori a lui noti, senza in ogni caso trascurare gli eventuali macrofossili nei quali si era imbattuto. Basta sfogliare soltanto alcune delle 228 tavole con circa 2500 figure di quest'opera, per rendersi conto che si tratta di una pietra miliare della storia della scienza.

Sembra che ad usare per la prima volta il termine "micropaleontologia" sia stato Arthur H. Foord nelle sue *Contributions to the micropaleontology of the Cambro-Silurian rocks of Canada*, una pubblicazione del Geological and Natural History Survey of Canada che vedeva la luce ben tre quarti di secolo dopo la morte di Soldani e che si occupava di briozoi e di coralli. Prima ancora, comunque, nel 1854, Christian Gottfried Ehrenberg (1795-1876) aveva usato il termine "microgeologia" per riferirsi allo studio di oggetti microscopici organici ed inorganici che egli aveva trovato in varie rocce. I primi microfossili che avevano attratto l'attenzione dei naturalisti erano stati i foraminiferi di maggiori dimensioni quali i nummuliti e i rotaliacei del tipo *Ammonia beccari*, interpretati rispettivamente come lenticchie pietrificate e come minuscoli molluschi cefalopodi. Nel 1826 Alcide Dessalines d'Orbigny (1802-1857) (Fig. 10), allievo di Cuvier, istituì i Foraminiferi quale ordine separato di cefalopodi, descrivendone nell'arco della sua vita centinaia di specie sia fossili che attuali. Nel 1835 Felix Dujardin (1801-1860) riconobbe che questi organismi non erano molluschi, ma appartenevano ad un gruppo di "forme più basse di vita" da lui denominate Rizopodi. D'Orbigny, in ogni caso, nel suo *Cours élémentaire de paléontologie stratigraphique* mise in evidenza sia l'enorme ricchezza delle specie di foraminiferi fossili, sia le loro ristrette distribuzioni temporali, proponendo dal Siluriano all'Attuale una successione di 28 piani stratigrafici, ciascuno dei quali iniziante con la creazione di determinati gruppi di specie e terminante con l'estinzione di altri gruppi di specie.

Dopo la morte di d'Orbigny, la sua idea di una scansione del tempo geologico in un succedersi di creazioni ed estinzioni venne ridicolizzata dall'emergente scuola evoluzionistica, in particolare dai

Fig. 10 - Alcide Dessalines d'Orbigny (1802-1857).

biologi inglesi di epoca vittoriana W.C. Williamson, W.B. Carpenter, W.K. Parker e T.R. Jones. Questi, anzi, diffusero un insieme di pregiudizi destinato a perdurare fino allo sviluppo della micropaleontologia industriale: (1) i foraminiferi rivelavano un campo di variabilità talmente vasto da rendere ad essi scarsamente applicabile l'ordinaria nozione di specie; (2) una classificazione realmente naturale dei medesimi doveva dunque consistere nel disporli in base al loro grado di divergenza da un piccolo numero di famiglie fondamentali; (3) dal Paleozoico all'attuale, i foraminiferi non rivelavano alcuna modifica fondamentale o progresso evolutivo. E mentre questi pregiudizi venivano pienamente recepiti e trasferiti *tout court* nella quarta edizione della *On the Origin of Species* di Charles Darwin (1809-1882), un grande seguace di quest'ultimo, Ernst Haeckel (1834-1919), si dedicava particolarmente allo studio dei radiolari, descrivendone nel 1862 le specie raccolte dalla *H.M.S. Challenger* nel corso della sua celebre spedizione oceanografica (Fig. 11).

A partire dagli ultimi decenni del 1800, allorché vennero praticati pozzi per vari scopi in Europa, Australia e Nordamerica, lo studio dei microfossili si incrementò con un'impennata esponenziale. Nel 1911, i campioni estratti da un pozzo d'acqua che perforava i letti sedimentari pleistocenici, terziari e cretacei di Richmond, nella Carolina del Sud, vennero inviati a Joseph Augustine Cushman (1881-1949) (Fig. 12), che già aveva pubblicato numerosi lavori paleontologici su vegetali, ostracodi, associazioni fossili, granchi, balani, rizopodi d'acqua dolce e foraminiferi, e che da due anni aveva concentrato la sua attività nello studio dei foraminiferi. Nel frattempo si era scoperto che tali protisti fossili potevano essere di grande aiuto nella soluzione dei problemi geologici insorti con il *boom* della ricerca petrolifera successivo alla Prima Guerra Mondiale. Fino al 1923 Cushman lavorò per l'industria petrolifera, dopodichè istituì un laboratorio proprio ed iniziò a pubblicare i *Contributions of the Cushman Laboratory for Foraminiferal Research*, i quali cesseranno di esistere soltanto con la sua morte avvenuta 25 anni dopo. Nel 1927 la American Association of Petroleum Geologists (AAPG) e la Society of Economic Paleontologists and Mineralogists (SEPM) si affiliarono e proposero una loro nuova rivista, l'ormai celebre *Journal of Paleontology*, affidandone a Cushman l'incarico di *editor*. Otto anni più tardi, d'altra parte, poiché il *Journal* pubblicava soprattutto lavori di carattere micropaleontologico ed assegnava ai macrofossili, meno utili dal lato economico, un ruolo subordinato, la Paleontological Society decise di unirsi alle due precedenti associazioni nella pubblicazione della rivista. Nel frattempo, per andare incontro alle esigenze dell'industria petrolifera, anche le università cominciavano ad istituire corsi di insegnamento in micropaleontologia, che nei due decenni successivi erano destinati ad affiancarsi ai normali *curricula* di scienze geologiche al ritmo di due scuole all'anno (Fig. 13).

Il grande successo ottenuto dall'applicazione dello studio dei microfossili alla soluzione di problemi connessi all'industria petrolifera unì e moltiplicò i paleontologi e diede loro un forte impulso di progresso; al medesimo tempo, comunque, separò in due campi distinti i micro-

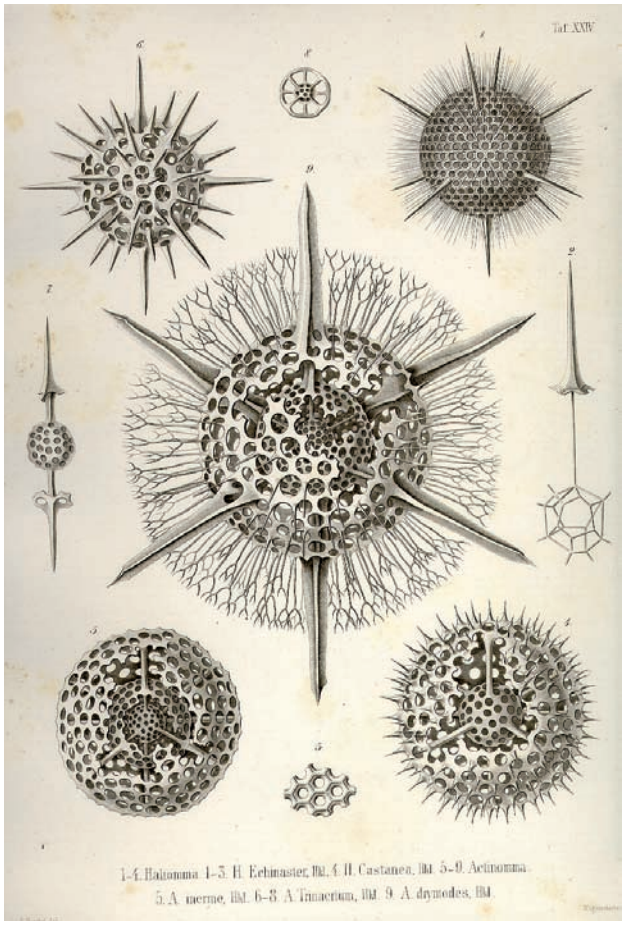


Fig. 11 - Una tavola tratta dall'opera di Ernst Haeckel, *Die Radiolarien (Rhizopoda Radiaria)*, Georg Reimer, Berlin 1862.

Fig. 12 - Joseph Augustine Cushman (1881-1949).

dai macropaleontologi. Quando, terminata la Seconda Guerra Mondiale, si sviluppò l'esplorazione oceanografica, anche la micropaleontologia si rivolse al mare aperto allo scopo di aiutare a risolvere i problemi geologici connessi ai substrati oceanici. E, di nuovo, quei problemi vennero da essa risolti con incredibile successo. Allorché furono estratte le prime "carote" di sedimenti marini profondi, la necessità immediata fu appunto quella di datarli e correlarli, ed i foraminiferi costituivano una base di partenza eccellente per svolgere questo compito; siccome però essi non fornivano tutte le necessarie informazioni, si è proceduto con lo studio sia di altri microfossili (come i radiolari, i silicoflagellati e le diatomee), sia di nannofossili calcarei (come i coccoliti ed i discoasteridi), giungendo alla costruzione di schemi stratigrafici integrati a quelli dei foraminiferi. In ultimo, l'analisi qualitativa e quantitativa del plancton calcareo vivente ed il confronto con quello fossile ha portato a ricostruzioni di natura paleoclimatica e paleoceanografica sempre più affidabili e dettagliate.

Peculiarità e prospettive della disciplina

Dal punto di vista dei suoi oggetti di studio, la micropaleontologia è una disciplina tutt'altro che omogenea, in quanto spazia dai protisti (foraminiferi, coccolitoforidi, radiolari, diatomee, dinoflagellati) alle piante (spore, pollini, oogoni di carofite) e agli animali (briozoi, pteropodi, ostracodi, conodonti, otoliti e squame di pesci). D'altra parte, essa non è identificabile neppure sulla base della metodologia di studio, ovvero l'uso sistematico del microscopio, in quanto oggi anche la macropaleontologia richiede spesso l'uso del microscopio. In effetti, poiché tutto ciò che viene fatto in micropaleontologia è fatto anche in macropaleontologia, i principi sui quali si basano entrambe le discipline rimangono rigorosamente gli stessi.

Ciò che identifica realmente la micropaleontologia è il fatto che i suoi oggetti di studio hanno in vari campi delle Scienze della Terra valenze *pratiche* incomparabilmente superiori a quelle dei macrofossili. A causa della loro piccola taglia e della loro abbondanza numerica, campioni di sedimento relativamente piccoli sono in grado di fornire dati sufficienti per l'applicazione di metodi più rigorosi di analisi quantitativa. Inoltre l'ampia distribuzione geografica della maggior parte dei microfossili di organismi planctonici, cioè trasportati passivamente dalle masse d'acqua, e di buona parte dei microfossili bentonici, cioè adattati a vivere sul fondo, li rende indispensabili sia per le comparazioni e correlazioni regionali che per le ricostruzioni paleoceanografiche.

Poiché microfossili marini sono contenuti nei sedimenti dal Precambriano all'attuale, qualsiasi tratto della colonna stratigrafica è suscettibile di fornire uno o più gruppi che risultino utili per le interpretazioni biostratigrafiche e paleoecologiche. Organismi marini minuti in grado di fossilizzarsi vivono in quasi tutte le zone del fondo marino, dalla mesolitorale all'abissale, e possono perciò registrare informazioni attendibili per quanto concerne i mutamenti paleoambientali. Ad esempio, i radiolari, i silicoflagellati, i coccolitoforidi, gli pteropodi ed alcuni foraminiferi e diatomee sono planctonici e vivono abbondanti fino a circa 200 m di profondità nell'oceano aperto, mentre diminuiscono rapidamente in prossimità dei conti-

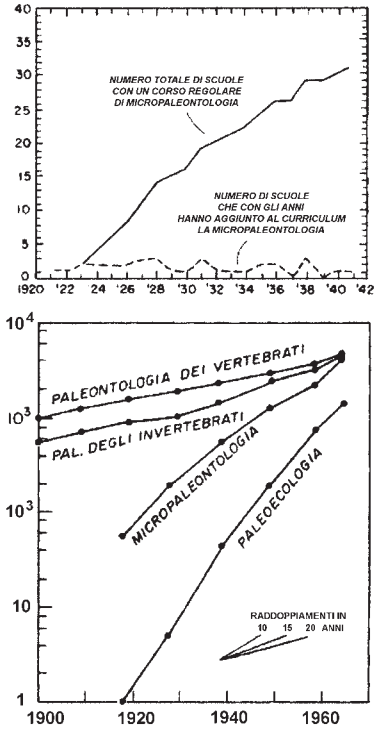


Fig. 13 - Incremento della micropaleontologia nei centri di studio nordamericani. In alto: nei corsi accademici dal 1920 al 1942. In basso: rispetto alle altre discipline ed in base al numero di pubblicazioni dal 1900 al 1968. Da Croneis e da Menard in Lipps (1981).

nenti: sono pertanto utili nel monitorare i cambiamenti dei paleoambienti oceanici, con in primo luogo quelli legati alla temperatura. Altri gruppi come gli ostracodi, i briozoi e parte dei foraminiferi e delle diatomee sono bentonici e poiché hanno distribuzioni ampiamente legate alla profondità, al tipo di substrato ed a numerose variabili fisico-chimiche dei volumi d'acqua, sono utili nel monitoraggio dei paleoambienti di fondo. Altri gruppi ancora come i dinoflagellati, i cui cicli riproduttivi sono interessati da fasi sia planctoniche che bentoniche, sono particolarmente utili negli studi paleoecologici delle zone marine prossime alla costa e dei mari interni quali il Mar Rosso o il Mar Nero. Gli estinti conodonti, a parte il loro valore biostratigrafico, erano elementi degli apparati masticatori di animali presumibilmente pelagici, per cui il loro uso nelle ricostruzioni paleoecologiche del Paleozoico e del Mesozoico iniziale rimane meno sicuro ed affidabile di quello di forme mesozoiche e cenozoiche dotate di discendenti attuali. Infine le spore ed i pollini, malgrado siano collegate a piante di terraferma, sono fortemente climatico-dipendenti, per cui la loro presenza e tipo di distribuzione nei sedimenti marini prospicienti alle coste, oltre a consentire interpretazioni dei climi continentali, può essere usata per monitorare i movimenti di corrente.

Spesso le peculiarità fortemente utilitaristico-applicative della loro disciplina hanno mantenuto i micropaleontologi ben uniti fra loro e separati dagli altri loro colleghi, inducendoli a non utilizzare al massimo le potenzialità della paleontologia intesa nel suo senso più pieno. I microbiota precambriani, ad esempio, contengono forme che sotto ogni punto di vista non possono non essere incluse nella "micropaleontologia"; eppure pochi ricercatori di questi fossili accetterebbero di essere schierati con i micropaleontologi ordinari in quanto, pur non trascurando in alcun modo gli aspetti descrittivi o stratigrafici dei fossili, essi sono principalmente interessati a risolvere problemi strettamente paleobiologici quali l'origine e l'evoluzione degli organismi durante i primi sette ottavi della storia terrestre.

Va anche riconosciuto che i microfossili sono talvolta difficili da inquadrare nel sistema di tutti i viventi, né in generale i rappresentanti viventi dei gruppi di microfossili sono molto conosciuti dai biologi. La protozoologia si è concentrata prevalentemente sulle specie d'acqua dolce e, più in particolare su quelle prive di guscio (la presenza del guscio rende più difficili le osservazioni citologiche e la pratica delle sezioni sottili), tanto che ancora oggi non soltanto la maggior parte dei paleobiologi, ma perfino qualche neontologo competente che dovrebbe conoscerli meglio, mostrano di trovarsi alquanto spaesati di fronte ad essi.

Malgrado tutto, non c'è dubbio che la documentazione paleontologica più raffinata e dettagliata sia proprio quella fornita dai microfossili, per cui essa dovrebbe essere considerata quale base di conoscenza imprescindibile anche per gli studi finalizzati a decifrare il processo biologico-evolutivo in generale. A questo proposito, comunque, i micropaleontologi non sempre dispongono di un bagaglio di conoscenze biologiche adeguato e questo fatto rende ad essi difficile delineare modelli che siano applicabili non soltanto a situazioni di campagna o di laboratorio ma essenzialmente a specie che si evolvono nell'arco di tempi geologici.

Queste ultime considerazioni invitano altresì ad interrogarsi su quali siano le prospettive future della micropaleontologia. Com'è risaputo, sia che si tratti dell'esplorazione di nuovi territori, della ricerca di nuove specie animali o dell'individuazione di giacimenti minerari o petroliferi, la storia della maggior parte dei tentativi di scoperta ha sempre seguito il medesimo andamento, comparabile nella sostanza a quello di una curva

logistica o sigmoidale. In un primo momento la ricerca avanza lenta e a tentoni (tratto iniziale della curva, tendenzialmente orizzontale); poi, come in virtù di un effetto di retroazione positiva – in quanto la conoscenza genera altra conoscenza e la potenza genera altra potenza – procede a ritmo esponenziale (tratto intermedio della curva, tendenzialmente verticale): man mano che un numero crescente di ricercatori è attratto nel campo delle indagini, insorgono nuove idee e nuovi strumenti ed il ritmo del progresso può diventare addirittura febbrile. Ad un certo punto, però, il numero delle scoperte che rimangono da fare comincia a diminuire e, malgrado l'elevata efficienza dei metodi messi a punto, il ritmo inizia a rallentare e la ricerca tende ad appianarsi (tratto finale della curva, tendenzialmente orizzontale). Ci si può ancora imbattere in aspetti marginali sfuggiti in precedenza o in particolari specie rare; ma la frequenza delle scoperte realmente significative diminuisce in modo progressivo e tende a diventare impercettibile. In quale posizione della sua curva di sviluppo, dunque, può essere oggi situata la micropaleontologia?

Rispondere a questa domanda non è facile. Oggi, a distanza di due secoli esatti dalla morte di Soldani, nello sfogliare un qualsiasi buon moderno trattato di paleontologia si può avere l'impressione, come scriveva già Paul nel suo *The Natural History of Fossils* (1980), "che tutto quello che si può conoscere in materia è già noto, che le grandi scoperte sono già state fatte nel secolo scorso e che tutto quello che possiamo fare è di riassumerle o interpretarle in modi diversi, provando tuttavia un vago senso di invidia per gli studiosi che vissero quei momenti nei quali la storia della vita veniva ricostruita per la prima volta. Questa impressione può essere resa ancora più forte dalla mia insistenza nel puntualizzare che la documentazione paleontologica è adeguata per tutti gli scopi usuali, e che già nel 1900 si era a buon punto nella ricostruzione delle principali tappe dell'evoluzione. In realtà nulla è più lontano dalla verità. Come spesso ho fatto presente, esiste ancora una enorme quantità di eventi che dobbiamo conoscere e che prima o poi conosceremo effettivamente, visto anche che praticamente ogni giorno vengono descritti nuovi fossili (…). Ancora negli anni '60 si riteneva che non esistessero fossili certi nel Precambriano: attualmente, invece, molte sono le forme conosciute e che costituiscono uno dei rami più eccitanti della paleontologia, proprio per la possibilità di studiare le forme di vita più primitive (…). Se da un lato è vero che molte scoperte fondamentali sono già state fatte, dall'altro io credo che non si conoscano ancora più della metà delle specie fossili che hanno potuto conservarsi. In questo caso almeno altrettante scoperte significative sono ancora nelle rocce in attesa di venire alla luce."

È evidente che solo campionando con alta risoluzione possiamo essere sicuri di disporre di una documentazione paleontologica appropriata. Non possiamo lamentarci del fatto che le testimonianze fossili siano "notoriamente incomplete", se lasciamo già la metà delle informazioni nella roccia. In realtà, si ha sempre più l'impressione che l'inadeguatezza della documentazione sia dovuta più alla nostra insufficienza che ad una sua originaria lacunosità.

Non è affatto irragionevole, dunque, pensare che la disciplina lasciataci in eredità da Ambrogio Soldani abbia ancora in riserbo notevoli potenzialità: non soltanto nel senso di portarci a raffinare ulteriormente le nostre conoscenze in materia di stratigrafia, paleoecologia, paleoclimatologia, paleoceanografia e paleobiologia, ma anche, soprattutto se considerata in relazione con l'analisi isotopica e la sedimentologia, in settori quali l'analisi dei bacini. Nell'ambito più limitato della paleoclimatologia quaternaria, d'altra parte, pronostici attendibili quanto meno per il futuro prossimo potranno senz'altro esserci offerti da un'accurata integrazione del classico criterio attualista con quello che potremmo definire "passatista", ovvero basato sullo studio accurato dei ritmi e delle fluttuazioni verificatisi prima del Recente.

Ambrogio Soldani: pioniere della tradizione sismologica senese

Viviana Castelli
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Sezione di Bologna), Via Donato Creti 12 - 40128 Bologna

Di terremoti, a dire il vero, pare che l'accademico fisiocritico Ambrogio Soldani si sia occupato una sola volta, nell'estate del 1798, quando pubblicò la *Relazione del terremoto accaduto in Siena il dì 26 maggio 1798, divisa in sei lettere*. Eppure, pur con quel libretto di nemmeno cento pagine, l'abate camaldolese ha davvero "fatto la storia" di Siena; quella sismica, almeno. La quinta delle sei lettere componenti la *Relazione* è infatti dedicata ad elencare i "Terremoti, che in diversi tempi hanno travagliato la città di Siena". È grazie a questo breve scritto che alle tante qualifiche di Soldani – ecclesiastico, docente universitario, matematico, naturalista – bisogna aggiungere anche quella di pioniere della tradizione sismologica senese.

Quello di "tradizione sismologica" è un concetto familiare solo ai sismologi storici, ricercatori che studiano i terremoti avvenuti prima che fossero inventati strumenti affidabili per registrare questi fenomeni naturali e misurarne la forza. Perché prendersi questa briga? Perché, se i sismologi studiassero solo i terremoti avvenuti nel limitato periodo per il quale sono disponibili in quantità sismogrammi ed accelerogrammi, non avrebbero dati sufficienti per studiarne adeguatamente il "funzionamento". I terremoti sono fenomeni complessi e molto variabili che possono durare pochi anni, secoli, millenni o milioni di anni; in alcune zone sono frequenti, in altre rarissimi. Capirci qualcosa non è mai facile e se si dispone di poche informazioni è anche peggio. La sismologia storica serve appunto ad ampliare quanto più possibile il periodo in cui possono essere analizzati gli andamenti della sismicità attraverso testimonianze, per lo più scritte, dei suoi effetti. Applicando le conoscenze storiche alla sismologia si può tentare di capire come funzionano i terremoti in generale, quelli di determinate aree in particolare e, soprattutto, cosa si può fare per porvi riparo.

Più propriamente, per "tradizione sismologica" si intende un complesso di testi, sia storici che scientifici, contenenti elenchi di terremoti verificatisi in successione cronologica e brevi descrizioni dei loro effetti ricavate da testimonianze di vario tipo. Di testi così in Italia ne sono stati scritti tantissimi, dalla seconda metà del Quattrocento in giù. Per quanto riguarda Siena, dicevamo, la tradizione sismologica ebbe inizio con Soldani, che per primo si pose il problema di ricostruirla fino al 1798 tramite la raccolta di dati storici su terremoti avvertiti per la loro stragrande maggioranza nella città, ma occasionalmente anche in altri luoghi della Toscana meridionale (vengono citati: Monte Oliveto Maggiore presso Asciano, Montingegnoli presso Radicondoli e Travale presso Montieri in provincia di Grosseto). Nell'Ottocento la raccolta di descrizioni dei terremoti che via via interessarono Siena fu proseguita da altri Accademici dei Fisiocritici: fino al 1843 da Giuseppe Pianigiani, fino al 1859 da Giovanni Toscani e Cesare Campani, fino al 1882 da Apelle Dei e fino al 1887 da Vitale Fondelli. I dati riuniti da questi autori confluiranno poi nel grande trattato enciclopedico *I terremoti d'Italia* (Torino, 1901) del geografo Mario Baratta (1868-1935), vera e propria *summa* della tradizione sismologica nostrana. Non fu invece recepito da Baratta – forse perché pubblicato troppo tardi – un breve ma originale elenco de *I più forti terremoti sentiti in Siena* comparso nella *Miscellanea Storica Senese* del 1898 a firma "A.L.": iniziali che probabilmente rimandano a quell'Alessandro Lisini che a Siena fu direttore dell'Archivio di Stato, Sindaco e promotore della epocale *Mostra*

d'arte antica del 1904. Il panorama della tradizione sismologica senese, d'altra parte, non sarebbe completo senza un accenno ad alcuni lavori pubblicati nel Novecento ma in linea con lo spirito dell'erudizione pre-Baratta, e in particolare a quelli di Amedeo Cardinali (1939) e di Padre Vittorio Benucci (1984), già direttore dell'Osservatorio Sismico di Poggio al Vento, la cui opera di raccoglitore di testimonianze sui terremoti recenti attende ancora di essere valorizzata come meriterebbe.

Nella seconda metà del Novecento, una generazione di sismologi si è basata sui dati raccolti da Baratta – opportunamente rivisti e controllati – per compilare i primi cataloghi sismici parametrici italiani, ossia raccolte dei parametri focali (epicentro, intensità, magnitudo, profondità) di tutti i terremoti conosciuti entro un arco di tempo compreso tra mille e duemila anni. Questi dati servono per avviare le complesse procedure scientifiche di stima della pericolosità sismica del nostro Paese, individuarne le zone sismiche ed arrivare ad una sempre più precisa classificazione sismica del territorio nazionale, nonché alla formulazione di leggi sempre più efficaci per la riduzione del rischio sismico.

Casentinese radicatosi a Siena, Soldani fu il primo a porsi il compito di stabilire quanti e che tipo di terremoti avessero colpito Siena precedentemente a quello "orribile" del 26 maggio 1798. L'abate camaldolese deve essersi messo a scartabellare cronache e storie, carte d'archivio e diari privati, con ogni probabilità approfittando anche dell'aiuto di amici e conoscenti e sicuramente richiamandosi anche ai propri ricordi personali. Certo è che egli, in quattro e quattr'otto, compilò un elenco di terremoti datati dal 1294 al 1798, corredandolo con notizie riprese da varie fonti storiche.

La "storia sismica" di un sito (cioè l'insieme di effetti sismici che in passato sono stati in esso osservati) può essere più o meno ricca. Quella di Siena è del tutto rispettabile, comprendendo testimonianze degli effetti di 84 terremoti nell'ultimo millennio (18 dei quali causarono danni più o meno gravi in città). Basti pensare che nello stesso intervallo di tempo la maggior parte dei capoluoghi toscani vanta da 30 a 60 osservazioni (il fanalino di coda è Grosseto, con effetti di appena 13 terremoti) e soltanto Firenze rivela una storia sismica più nutrita, con ben 136 osservazioni.

Se prendiamo in considerazione il periodo pre-ottocentesco, che d'altronde è quello in cui Siena ha subito i maggiori effetti sismici, la documentazione è dovuta pressoché esclusivamente a Soldani; tanto che i sismologi storici moderni non hanno fatto altro che "raccoglierne il testimone".

Le fonti storiche relative ai terremoti identificati dall'abate camaldolese sono state recuperate e studiate criticamente integrandole con altre che

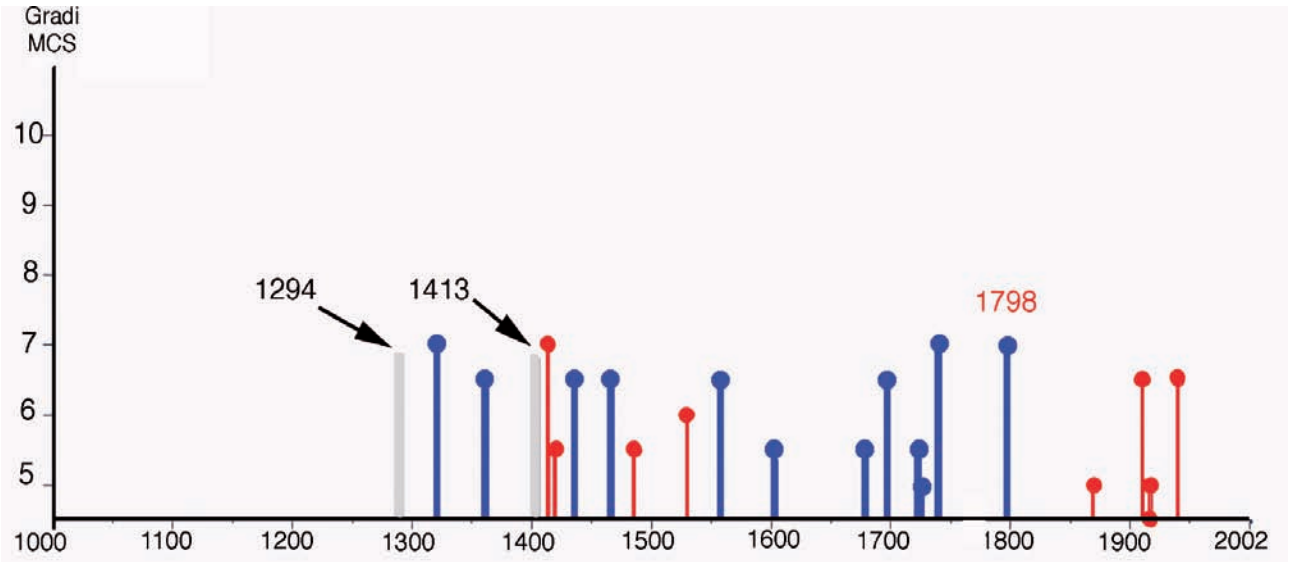


Fig. 1 - Effetti dei più forti terremoti avvertiti a Siena dall'anno 1000 in poi (in blu quelli identificati per la prima volta da Soldani; in rosso quelli identificati da compilazioni sismologiche più recenti; in grigio quelli segnalati da Soldani ma in realtà inesistenti).

DATA	EFFETTI A SIENA	FONTE
1786 gen 5	Forte	Bandini
1786 apr 5	Forte	Bandini
1787 ott 20	Forte	Bandini
1787 ott 21	Molto forte	Bandini
1787 ott 22	Leggero	Bandini
1787 ott 23	Molto forte	Bandini
1787 ott --	Molto forte	Soldani
1787 dic 26	Molto leggero	Bandini
1789 feb 25	Forte	Bandini
1789 feb 27	Forte	Bandini
1789 mar 1	Molto forte	Bandini
1789 set 30	Molto leggero	Bandini
1790 gen 27	Molto forte	Bandini
1790 ago 10	Molto forte	Bandini
1792 nov --	Molto forte	Bandini
1792 nov --	Molto forte	Soldani
1794 ago 10	Forte	Bandini
1795 feb 14	Danni leggeri	Bandini
1795 apr 25	Forte	Bandini
1796 mar 11	Forte	Bandini
1796 set 08	Forte	Bandini
1796 set 24	Forte	Bandini
1796 set 27	Forte	Bandini
1798 mag 26	Danni gravi	Bandini
1798 mag 26	Danni gravi	Soldani

Tab. 1 - Dodici anni di terremoti a Siena nei ricordi di Ambrogio Soldani e Anton Francesco Bandini.

egli non conosceva, per cui la qualità della storia sismica senese è notevolmente migliorata (Fig. 1). Si è perfino scoperto che alcuni dei terremoti segnalati da Soldani in realtà non erano mai avvenuti ed è per questo che il grafico della figura 1 comprende due "fantasmi": quelli dei presunti terremoti del 1294 e del 1413.

La storia di questi eventi fittizi è particolarmente interessante anche per la luce che può gettare sul metodo di lavoro adottato da Soldani per compilare il suo elenco. Nel caso di quello del 1413, più che di un falso terremoto si dovrebbe parlare di una duplicazione: Soldani ha avuto la sfortuna di imbattersi nell'unica fonte (una cronaca settecentesca) che spaccia per avvenuto in tale anno un terremoto che in realtà avvenne nell'agosto del 1414. Quanto al caso del 1294, vale la pena riportare testualmente – anche per il loro sapore di immediatezza – le parole dello stesso Soldani:

"Girolamo Gigli discorrendo de' Terremoti in un suo libro intitolato Città diletta di Maria così la discorre [sic] «È la città di Siena sottoposta quanto ogni altra a queste sincopi spaventose di natura [...]*». Dopo questo discorso purtroppo vero ei riporta una scossa in Siena di Terremoto come riferita dal Tizio, nel quale autore sebbene io non ce l'abbia saputa leggere, ciò non ostante ecco le sue* [cioè di Gigli, NdC] *stesse parole dalle quali dò principio alla serie de' Terremoti: «1294 Sigismondo Tizio fa menzione di più spaventosi Tremoti, che in diversi tempi atterrirono la città. Veggasi il Tom. II, fog. 145, dove descrive le scosse del 1294»."*

Insomma: Girolamo Gigli (in un libro del 1716) accenna a un terremoto del 1294, dicendo che se ne parla nelle *Storie senesi* di Sigismondo Tizio (morto nel 1528). Il guaio – e lo dice Soldani stesso – è che nell'opera di Tizio quella particolare notizia non c'è. Per la precisione, in data 1294 Tizio ricorda un violento incendio a Siena ed un terremoto a Pistoia. Quest'ultimo evento è ben attestato da fonti coeve, tra le quali una cronaca senese trecentesca (edita nella collezione *Rerum Italicarum Scriptores*) che ne descrive in dettaglio gli effetti senza minimamente accennare ad un suo seppur lieve corrispettivo a Siena.

Ambrogio Soldani, in ogni caso, non ha mai detto né preteso di dire "tutto" sui terremoti capitati a Siena sia nel corso dei secoli, che nel periodo della sua permanenza in città. Relativamente a quest'ultimo, è significativo confrontare i terremoti da lui segnalati per il dodicennio 1786-1798 e quelli registrati nello stesso tempo dal diarista Anton Francesco Bandini, vero e proprio "sismografo" *ante litteram*.

Ambrogio Soldani ha cominciato a dissodare un terreno che ai suoi tempi era del tutto incolto. Il modo migliore per onorare la sua memoria oggi è guardare oltre i limiti del terreno da lui coltivato alla ricerca di nuovi spazi per migliorare le nostre conoscenze della storia sismica senese. E di questi spazi, fortunatamente, ce ne sono non pochi.

BIBLIOGRAFIA RELATIVA AGLI ARTICOLI DELLA RUBRICA

AA. VV. (1996) – *La politica della scienza. Toscana e stati italiani nel tardo Settecento. Atti del convegno di Firenze, 27-29 gennaio 1994* (Barsanti G., Becagli V. & Pasta R. eds), Olschki, Firenze.

AA. VV. (2007) – *De situ Clanarum. La Valdichiana in collezione. Le carte della bonifica: libri, bandi, incisioni*. Catalogo della mostra. Montepulciano, Logge della Mercanzia in Piazza Grande, 26 maggio-30 giugno 2007, Le Balze, Montepulciano.

Arrigoni T. (1987) – *Uno scienziato nella Toscana del Settecento: Giovanni Targioni Tozzetti*, Gonnelli, Firenze.

Baldacci V. (2000) – *Le riforme di Pietro Leopoldo e la nascita della Toscana moderna*, Regione Toscana-Mandragora, Firenze.

Baldini U. (1989) – *La scuola galileiana*, in *Storia d'Italia, Annali*, III, Einaudi, Torino, 381-463.

Bandini A.F. – *Diario senese*. Manoscritto della Biblioteca Comunale di Siena.

Baratta M. (1901) – *I terremoti d'Italia*. Fratelli Bocca Editori, Torino. Ristampa anastatica: Forni, Bologna 1979.

Barsanti D. (1988) – *Il contributo di Grandi, Perelli e Ximenes alla bonifica della Toscana lorenese*, Rivista di storia dell'agricoltura, 28 (2), 71-85.

Barsanti D. & Rombai L. (1987) – *Leonardo Ximenes. Uno scienziato nella Toscana lorenese del Settecento*, Edizioni Medicea, Firenze.

Battarra G.A. (1780) – *Storia dei fossili dell'Agro Riminese ed altri siti circonvicini*. Pazzini Editore, Villa Verucchio (RN), 2006.

Benucci V. (1984) – *Siena città di Terremoti? Rispondono la storia, la letteratura e la scienza*, TAP, Poggibonsi (SI).

Berni S. (2005) – *Ambrogio Soldani e la pioggetta di sassi* (http://ambrogiosoldani.blogspot.com).

Bossi M. & Greppi C. (2005) – *Viaggi e scienza: Le istruzioni scientifiche per i viaggiatori nei secoli XVII-XIX*, Olschki, Firenze.

Brasier M.D. (1980) – *Microfossils*, George Allen & Unwin, London.

Burke J.J. (1983) – *Cosmic debris. Meteorites in history*, University of California Press, Berkeley.

Burnet T. (1681) – *Telluris theoria sacra: orbis nostri originem & mutationes generales, quas aut jam subiit, aut olim subiturus est, complectens. Libri duo priores de diluvio & paradiso...*, Londini, typis R[oger] N[orton] impensis Gualt. Kettilby, ad insigne Capitis Episcopi in Coemeterio Paulino, 1681.

Burnet T. (1692) – *Archaeologiae philosophicae: sive doctrina antiqua de rerum originibus...*, Londini; typis R.N., impensis Gualt. Kettilby, ad insigne Capitis episcopi in Coemeterio Paulino, 1692

Cardinali A. (1939) – *I terremoti del Senese: 1294-1938*. Atti della Regia Accademia dei Fisiocritici in Siena, Sez. Agr., 5, Siena.

Chladni E. (1794) – *Ueber der Ursprung der von Pallas Gefundene und anderer ihr Ähnlicher Eisenmassen*, J.F.Hartknoch, Riga and Leipzig.

Cipriani G. (2007) – *Lazzaro Spallanzani traduttore e commentatore della* Contemplation de la Nature *di Charles Bonnet*, *Cromohs*, 12 (2007): 1-15.

De Carolis S. & Turchini A. (1999) – *Giovanni Bianchi. Medico primario di Rimini ed archiatra pontificio*. Pazzini Editore, Villa Verucchio (RN).

De Gregorio M. (1989) – *Lettere a Giorgio Santi (1776-1822),* Nuncius. Annali di storia della scienza, 4 (2), 165-245.

De Gregorio M. (1992) – *Un "grand commis" al servizio delle scienze: Pompeo Neri e l'Accademia dei Fisiocritici*, in: *Pompeo Neri. Atti del colloquio di studi di Castelfiorentino (6-7 maggio 1988)* (Fratoianni A. & Verga M. eds), Castelfiorentino, 161-216.

Dei A. (1882) – *Terremoti avvenuti in Siena dall'anno 1294 al 12 agosto 1882*. Bollettino mensile di Moncalieri, Serie 2, Vol. 2 (1881-1882), Tipografia San Giuseppe, Torino 1882.

Di Carlo C. (1998) – *Sulla fortuna delle opere di G. A. B.*, in *Il libro in Romagna. Produzione, commercio e consumo dalla fine del secolo XV all'età contemporanea*, 659-671, Firenze.

Di Pietro G.F. (2006) – *Atlante della Valdichiana. Cronologia della bonifica*, Debatte, Livorno.

Di Trocchio F. (1997) – *L'Accademia non crede ai meteoriti*, in: *Il genio incompreso, uomini e idee che la scienza non ha capito*, 212-213, Mondadori, Milano.

Evans I.O. (1971) – *La Terra,* Mondadori, Milano.

Fantoni P. (1791) – *Relazione della visita fatta per ordine di Sua Maestà Imperiale Leopoldo II. &c. &c.&c. dal matematico canonico Pio Fantoni nel mese di giugno MDCCXC al Canal maestro della Chiana e considerazioni sopra il nuovo progetto di abbassare il regolatore di Valiano*, Firenze, Per Gaetano Cambiagi Stampatore Granducale, 1791.

Ferri S. (1999) – *Biagio Bartalini*, in: *Scienziati a Siena*, Accademia dei Fisiocritici, Siena.

Ferri S. & Miraldi M. (1993) – *Biagio Bartalini (1750-1822) e l'erbario conservato all'Accademia dei Fisiocritici di Siena*, Webbia, 48, 397-408.

Fondelli V. (1887) – *Della probabile origine dei terremoti e specialmente di quelli che funestano la città di Siena ed il suo territorio*, Siena. Torrini, 1887.

Galiani G. & Grandi G. (1989) – *Carteggio 1714-1729* (Palladino F. & Simonutti L. eds), Olschki, Firenze.

Garosi A. (1937) – *Di Giovanni Bianchi (Janus Plancus) notomista e naturalista riminese in un carteggio inedito con l'abate Ciaccheri*, Bullettino senese di storia patria, N.s., a. 8, fasc. 3.

Gennai M. (2005) – *L'orribil scossa della vigilia di Pentecoste: Siena e il terremoto del 1798*, Il Leccio, Monteriggioni.

Gigli G. (1716) – *La città diletta di Maria, ovvero notizie istoriche appartenenti all'antica denominazione che ha Siena di Città della Vergine*. Presso Francesco Gonzaga in via Lata al Corso, Roma.

Gillispie C.C. (1983) – *Scienza e potere in Francia alla fine dell'ancien régime*, Bologna, Il Mulino, 1983 (ed orig.: Princeton, 1980).

Gould S.J. (1987) – *Time's Arrow, Time's Cycle. Myth and Metaphor in the Discovery of Geological Time*, Harvard University Press, Cambridge (Mass.) & London.

Guarducci A. (2006) – *La cartografia delle bonifiche della Valdichiana (sec. XVI-XIX)*, in: Di Pietro G.F., *Atlante della Valdichiana. Cronologia della bonifica*, Debatte, Livorno.

L. A. (1898) – *I più forti terremoti sentiti in Siena*. Miscellanea Storica Senese, 6, 1-10.

Lamendola F. (2007) – *Anton Lazaro Moro e l'origine dei fossili marini*. Arianna Editrice, Bologna.

Lemoine A. (1850) – *Charles Bonnet,* Lecou, Paris.

Levi-Donati G.R. (1994) – *La meteorite di Siena: una pagina importante nella storia della scienza*, Atti Accademia dei Fisiocritici, s. XV, t. XIII, 19-26.

Lipparini T. (1986) – *J. B. Beccari e P. A. Soldani findatori della micropaleontologia*, Atti Accademia dei Fisiocritici, s. XV, t. V, 69-76.

Lipparini T. (1987) – *J. B. Beccari e P. A. Soldani fondatori della micropaleontologia. Contributo secondo*, Atti Accademia dei Fisiocritici, s. XV, t. VI, 133-137.

Lipparini T. (1988) – *Anton Lazzaro Moro e Ambrogio Soldani: un incontro ideale nell'atmosfera dell'Illuminismo italiano,* in *Anton Lazzaro Moro (1687-1787). Atti del Convegno di studi (San Vito al Tagliamento, 1988)*, GEAP, Pordenone.

Lipps J.H. (1981) – *What, if Anything, is Micropaleontology?*, Paleobiology, 7(2), 167-199.

Lisini A. & F. Iacometti F. (1939) – *Cronaca senese di autore anonimo del secolo XIV (a. 1202-1331).* (eds), *Cronache senesi*, Rerum Italicarum Scriptores [raccolta degli Storici italiani dal Cinquecento al Millecinquecento], vol. 15/6, Zanichelli, Bologna.

Mazzatinti G. (1892) – *Inventari delle biblioteche d'Italia: Rimini. Biblioteca Comunale*, Vol. II, *Fondo Gambetti*, pp. 160-165, Olschki, Firenze,

Mazzi V. (1985) – *Giovanni Battista Bianchi "Janus Plancus" ed i suoi rapporti con l'Uuniversità e la cittadinanza di Siena*. In: *Documenti per una storia della scienza senese*, Accademia dei Fisiocritici, Siena, 141-181.

Mengozzi N. – (1893, 1897) – *Il Monte dei Paschi di Siena e le aziende in esso riunite. Note storiche..., IV: I Monti di pietà e dei Paschi. Espansione lenta e laboriosa della loro attività,* Lazzeri, Siena; V: *I due Monti durante il regno del*

primo granduca lorenese, Lazzeri, Siena.

Montanari A. (1994a) – *La Spetiaria del Sole. Iano Planco giovane tra debiti e buffonerie*, Rimini.

Montanari A. (1994b) – *Modelli letterari dell'autobiografia latina di G. Bianchi,* Studi Romagnoli, 45, 277-299.

Montanari A. (1995) – *G. Bianchi studente di Medicina a Bologna (1717-19) in un epistolario inedito*, Studi Romagnoli, 46, 379-394.

Nannizzi A. (1940) – *L'opera botanico-agraria del naturalista senese Biagio Bartalini (1746-1822): Memoria letta il 17 marzo 1940 nella seduta a sezioni riunite della R. Accademia dei Fisiocritici in occasione del 250. anniversario della sua fondazione*, Tip. Combattenti, Siena.

Newton I. (1686) – *Philosophiae naturalis principia mathematica*, Royal Society, London; rist.: Thomson Blackburn, Glagow 1871 (tr. it.: *Principi matematici della filosofia naturale*, Utet, Torino 1965, 792-793).

Newton I. (1704) – *Opticks, or a Treatise of the Reflections, Inflextions and Colours of Light*, Smith & Walford, London (tr. it.: *Scritti di ottica*, Utet, Torino 1965, p. 576).

Ortes G.M. (1744) – *Vita del padre D. Guido Grandi abate camaldolese, matematico dello Studio pisano*, Pasquali, Venezia.

Pasta R. (1989) – *Scienza, politica e rivoluzione. L' opera di Giovanni Fabbroni (1752-1822) intellettuale e funzionario al servizio dei Lorena*, Olschki, Firenze.

Paul C. (1980) – *The Natural History of Fossils*, Weidenfeld & Nicolson, London (tr. it.: *Storia Naturale dei fossili*, Gruppo Editoriale Fabbri-Bompiani, Sonzogno, Etas S.p.A., Milano 1982, pp. 327-328, 329).

Pianigiani G. (1843) – *Delle osservazioni meteorologiche fatte nella Università di Siena*. Siena.

Pietro Leopoldo d'Asburgo Lorena (1969-1974) – *Relazioni sul governo della Toscana*, 3 voll. (Salvestrini A. ed), Olschki, Firenze.

Pistoi C. (1776) – *Lettere di Candido Pistoi p.p. di matematica nell'Università di Siena al signor conte Simone Stratico p.p. di matematica nell'Università di Padova*…, In Siena, per Francesco Rossi stamp. del pubblico.

Piutti R. (1988) – *Evoluzione di temi e problemi dalla Lettera del 1737 dell'*Origine de' Crostacei […] *diretta al Co. Carlo Maria di Polcenigo all'opera del 1740*, in *Anton Lazzaro Moro (1687-1787). Atti del Convegno di studi (San Vito al Tagliamento, 1988)*, GEAP, Pordenone.

Ricca M. (1810) – *Discorso sopra le Opere del P. D. Ambrogio Soldani (…) recitato nella Sala dell'Accademia dal P. Massimiliano Ricca (…) il dì 26 Febbraio (…)*, Onorato Porri, Siena.

Riquet de Craman L. de (1859) – *Charles Bonnet philosophe et naturaliste,* Amyot, Paris.

Rodolico N. (1945) – *La Toscana descritta dai naturalisti del Settecento. Pagine di storia del pensiero scientifico*, Le Monnier, Firenze.

Rossi P. (1988) – *La scoperta del tempo*. In: *Storia della scienza* (Rossi P. ed), vol. 2, 311-331, Utet, Torino.

Rossi P. (1992) – *La storia della Terra da Buffon a Hooke,* in *Storia delle scienze. Le scienze fisiche e astronomiche* (Shea W.R. ed), Einaudi, Torino.

Salvadori R.G. (1988) – *Pio Fantoni, idraulico italiano del Settecento*, Rivista di storia dell'agricoltura, 28 (2),145-177.

Salvadori R.G. – *Bibliografia aretina. Sezione XII - La Val di Chiana e la sua bonifica: rassegna bibliografica. Generalità. Idrogeologia e cartografia della valle* (www. unisi.it/bla/ bibliografia/Sezione12rasgen).

Soldani A. (1780) – *Saggio Orittografico ovvero osservazioni sopra le terre nautilitiche ed ammonitiche della Toscana. Con appendice o indice latino ragionato de' piccoli testacei, e d'altri fossili d'origin marina per schiarimento dell'opera. Dedicato a sua altezza reale Pietro Leopoldo granduca di Toscana arciduca d'Austria ecc. ecc. Dal padre D. Ambrogio Soldani abate camaldolese*. In Siena, nella stamperia di Vincenzo Pazzini Carli, e figli. Pagg. 173.

Soldani A. (1789-1798) – *Testaceographiae ac zoophytographiae parvae et microscopicae; Accedit supplementi loco Analysis marini sedimenti ex diversis locis collecti: tomus primus [-secundus] in quo minuta et minima testacea ac zoophyta maris nativa ...describit et explicat Ambrosius Soldani* ..., Senis, in typographia Francisci Rossi, Pagg. 665.

Soldani A. (1794a) – *Memoria sopra il terreno ardente di Portico di Romagna e altri simili fuochi Letta nell'Accademia de' Fisiocritici da P. Ab. D. Ambrogio Soldani*. Atti dell'Accademia delle Scienze di Siena detta de' Fisiocritici, VIII, 200-223.

Soldani A. (1794b) – *Sopra una pioggetta di sassi accaduta nella sera de'16 Giugno del MDCCXCIV in Lucignan d'Asso nel sanese dissertazione del P. D. Ambrogio Soldani ... dedicato a sua eccellenza Federico Hervey* ...., In Siena, per Francesco Rossi Stamp. Comunit. ed Arcivescovile. Pagg. 288.

Soldani A. (1795a) – *Sull'articolo di lettera stampata nel Tom. XVIII Opuscoli di Milano pag. 36 riguardante la pioggetta dè sassi accaduta nel sanese ai 16 Giugno 1794*. Opuscoli Scelti sulle Scienze e sulle Arti, XVIII, Milano, 285-289.

Soldani A. (1795b) – *Trasunto della dissertazione del p. D. Ambrogio Soldani*. Opuscoli Scelti sulle Scienze e sulle Arti, XVIII, Milano, 15 pp.

Soldani A. (1796) – *Osservazioni apologetiche del P. Don Ambrogio Soldani […] intorno alla pioggia de' sassi caduti nel sanese l'anno 1794 diretta agli Editori di questa Collezione*. Opuscoli Scelti sulle Scienze e sulle Arti, XIX, Milano, 26 pp.

Soldani (1798) – *Relazione del terremoto accaduto in Siena il dì 26 Maggio 1798 divisa in sei lettere dal reverendiss. p. ab. d. Ambrogio Soldani* ..., Siena, dai torchi Pazziniani. Pagg. 98.

Soldani A. (1802) – *Litogenesia. Lettera di D. Ambrogio Soldani Ab. Generale dell'Ordine Camaldolese P.P. dell'Università di Siena, Segretario dell'Accademia dei Fisiocritici, Accademico Italiano, Socio Onorario dell'Accademia dei Georgofili e della Società Colombaria, al Sig.r Can. Sacchetti P.P. nell'Università di Pisa, e Segretario dell'Accademia Italiana*. Pagg. 40.

Soldani A. (1808a) – *Storia di quelle Bolidi che hanno da sé scagliato Pietre alla Terra*. Atti dell'Accademia dei Fisiocritici, IX, 29 pp.

Soldani A. (1808b) – *Relazione di un fenomeno osservato nel Porto di Napoli*. Atti dell'Accademia dei Fisiocritici, IX, 8 pp.

Spallanzani L. (1795) – *Lettera al Conte di Wilzeck del 16 febbraio 1795*, Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti, 18, 185-196 (p. 195)

Störig H.-J. (1955) – *Kleine Weltgeschichte der Philosophie* (tr. it.: *Breve storia della filosofia*, Martello, Milano, pagg. i-xxx, 1-603).

Störig H.-J. (1956) – *Kleine Weltgeschichte der Wissenschaft,* 2 voll., Kohlhammer, Stuttgart (tr. it.: *Breve storia della scienza*, 321, Martello, Milano, pagg. 1-824).

Tizio S. – *Historiarum Senensium ab initio urbis usque ad annum 1528*. Manoscritto della Biblioteca Comunale di Siena.

Toccafondi D. (1994) – *Fantoni, Pio*, in: *Dizionario biografico degli Italiani*, 44, 689-692, Istituto dell'Enciclopedia italiana, Roma.

Toscani G. & Campani C. (1859) – *Su i terremoti avvenuti in Siena nell'aprile del 1859 e nei tempi precedenti*. Il Nuovo Cimento, 9, 274-293.

Trembley J. (1794) – *Vie privée et littéraire de Charles Bonnet,* Bern.

Viviani U. (1918) – *Il carteggio inedito del Prof. Giovanni Bianchi (Ianus Plancus), notomista riminese, coll'astronomo e medico aretino Prof. Tommaso Perelli*, estr. da "Cesalpino", a . XIV, Castiglion Fiorentino.

Woodward J. (1695) – *An Essay toward a Natural History of the Earth and Terrestrial Bodies, especially minerals, &c., Philosophical Transactions (1683-1775)*, Vol. 19. (1695 - 1697), pp. 115-124. (II ed. 1702, III ed. 1723).

Woodward J. (1728-29) – *An Attempt towards a Natural History of the Fossils of England*, 2 voll., Printed for F. Fayram, J. Senex, and J. Osborn and T. Longman, London.

Saltimpalo, *Saxicola torquata*
(Linnaeus, 1766)
Foto "Il Graffio", Follonica

I cambiamenti globali fra tempi storici e tempi biologici

Enzo Tiezzi, Nadia Marchettini

Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze e Tecnologie chimiche e dei Biosistemi
Via della Diana 2 - 53100 Siena

Conservazione senza evoluzione è morte, evoluzione senza conservazione è follia.
Gregory Bateson

L'effetto serra

Se ancora oggi non tutti i climatologi ritengono sono che le attività umane possano influenzare fortemente gli equilibri biologici, fin dal secolo XIX alcuni fisici avevano inquadrato bene il problema dell'anidride carbonica. Nel 1827 Jean Baptiste Fourier paragonava l'atmosfera ad un pannello di vetro, nel 1861 John Tyndall parlava del ruolo dell'anidride carbonica e del suo effetto serra, e nel 1896 Svante Arrhenius stimava che un raddoppio della concentrazione atmosferica di CO_2 avrebbe prodotto un riscaldamento globale di circa 6°C.

Altri scienziati minimizzavano il problema, attribuendo all'oceano la capacità di assorbire l'anidride carbonica prodotta industrialmente. Ma questo punto di vista è stato definitivamente smentito da due fondamentali ricerche:

- Roger Revelle, già professore ad Harvard e direttore di *Science*, ha dimostrato sperimentalmente la grande lentezza con la quale gli strati dell'oceano assorbono l'anidride carbonica (Revelle, 1982); ne consegue che fino all'80% dell'anidride carbonica di origine antropica rimane accumulato nell'atmosfera e che, in ogni caso, anche fermando le emissioni di CO_2, non sarà possibile bloccarne gli effetti negativi e restaurare la situazione "pre-CO_2" prima di molte centinaia di anni;

- a Mauna Loa nelle Hawaii e nelle basi USA del Polo Sud sono state installate apparecchiature di grande precisione che per molti anni hanno registrato il tasso di anidride carbonica, e i dati raccolti in entrambe le stazioni hanno inequivocabilmente dimostrato un regolare aumento di CO_2.

La registrazione, ormai storica, di Mauna Loa è riportata nella figura 1. Le fluttuazioni stagionali dipendono dall'attività delle piante. La concentrazione di CO_2 era salita da 314 ppm nel 1958 a 334 ppm nel 1978, corrispondenti ad un aumento netto di 42 miliardi di tonnellate di carbonio nell'atmosfera. Prima della rivoluzione industriale la concentrazione di anidride carbonica era di circa 270 ppm.

L'inaspettata importanza climatica di un gas come l'anidride carbonica, che nell'atmosfera si trova solo in tracce (0,03%), deriva da una sua speciale caratteristica: quella di assorbire energia radiante in quella parte dello spettro al quale il resto dei gas atmosferici sono trasparenti. In altre parole, radiazioni emesse dalla Terra le quali attra-

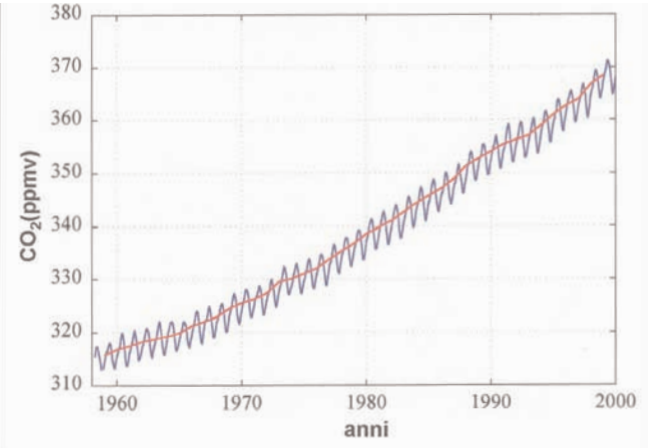


Fig. 1 - Mauna Loa: storica registrazione dell'aumento progressivo della CO_2 atmosferica.

Fig. 2 - Composizione delle atmosfere di Venere, di Marte e della Terra prima e dopo la comparsa della vita.

verserebbero l'atmosfera per disperdersi nello spazio esterno, rimangono invece intrappolate nella medesima a causa dell'anidride carbonica.

Il Sole emette uno spettro di radiazioni con diverse lunghezze d'onda: ultraviolette, visibili, infrarosse. Alcune di queste radiazioni vengono parzialmente assorbite, diffuse o riflesse dai gas atmosferici, dagli aerosol e dalle nuvole. L'ozono stratosferico assorbe fortemente nell'ultravioletto e nel visibile. Il vapore d'acqua assorbe principalmente nell'infrarosso. Le nuvole possono riflettere fino al 70% della radiazione totale incidente, secondo l'altitudine e lo spessore. Altri gas serra mostrano lo stesso fenomeno, ma la loro permanenza nell'atmosfera non è paragonabile alla CO_2, che esiste da miliardi di anni nell'atmosfera terrestre (Figg. 2-3). Quella parte di energia radiante che viene assorbita nell'atmosfera si aggiunge al contenuto termico globale dell'atmosfera stessa. L'energia che arriva sulla superficie terrestre viene assorbita ed in parte riflessa e rinviata nello spazio; questo dipende dalla riflessione della superficie, comunemente detta "albedo". L'energia radiante assorbita riscalda la superficie terrestre.

Affinché la temperatura della superficie terrestre rimanga stabile, la Terra e l'atmosfera devono, nel corso di un anno, disperdere nello spazio tanta energia quanta ne assorbono dal Sole: solo così è assicurato l'equilibrio naturale. La Terra e l'atmosfera possono disperdere energia nello spazio soltanto emettendo radiazioni nella regione spettrale dell'infrarosso. La lunghezza d'onda dell'energia infrarossa respinta è diversa da quella della radiazione solare in arrivo. Perciò gas come l'anidride carbonica e il vapor d'acqua, che non assorbono la radiazione solare in arrivo, possono assorbire la radiazione infrarossa di ritorno. Concentrazioni crescenti di questi gas nell'atmosfera assorbono quantità crescenti di energia infrarossa in certe specifiche regioni spettrali. L'energia assorbita da questi gas viene irradiata di nuovo verso la Terra come energia infrarossa, il che aumenta il flusso totale di energia radiante sulla superficie terrestre. Questo processo viene chiamato "effetto serra".

L'aumento di anidride carbonica nell'atmosfera provoca, tramite l'effetto serra, un incremento della temperatura della Terra. Le stime indicano che ad un raddoppio della CO_2 corrisponde generalmente un aumento di temperatura medio di circa 3°C, con oscillazioni da 1,5°C a 4,5°C, un aumento di 7-8°C al Polo Nord ed un incremento del flusso di energia radiante medio annuale di 4 watt per metro quadrato. Questi effetti sono dell'ordine di grandezza delle differenze di temperatura che hanno contraddistinto le maggiori epoche geologiche e possono indurre variazioni fisiche e biologiche della stessa entità di quelle caratteristiche di tali epoche. Se non che, stavolta le variazioni indotte dall'anidride carbonica avvengono nel corso di poche decine di anni. È come se il tempo geologico venisse accelerato dando luogo a una rapida e forse traumatica evoluzione fisica e biologica. La figura 4 illustra gli andamenti paleoclimatici.

Il climatologo Jim Hansen, direttore del God-

IL COMPLEANNO DELLA TERRA

4.600 MY	1 Gennaio	Compleanno
3.500 MY	1 Aprile	$CO_2 + H_2O \longrightarrow CH_2O + O_2$
500 MY	30 Ottobre	Ozono
400 MY	8 Novembre	21% O_2
350 MY	15 Novembre	Formazione del Suolo
200 MY	26 Dicembre	Comparsa dei Dinosauri
65 MY	30 Dicembre	Morte dei Dinosauri, Bombardamento di Meteoriti
1,7 MY	31 Dicembre, Mezzogiorno	Comparsa dell'Uomo
0,0002 MY	31 Dicembre, 23.59.59.99	Rivoluzione Industriale

Fig. 3 - Eventi verificatisi sulla Terra (colonna di destra) durante la sua storia (colonna di sinistra), immaginando quest'ultima concentrata in un solo anno (colonna di centro).

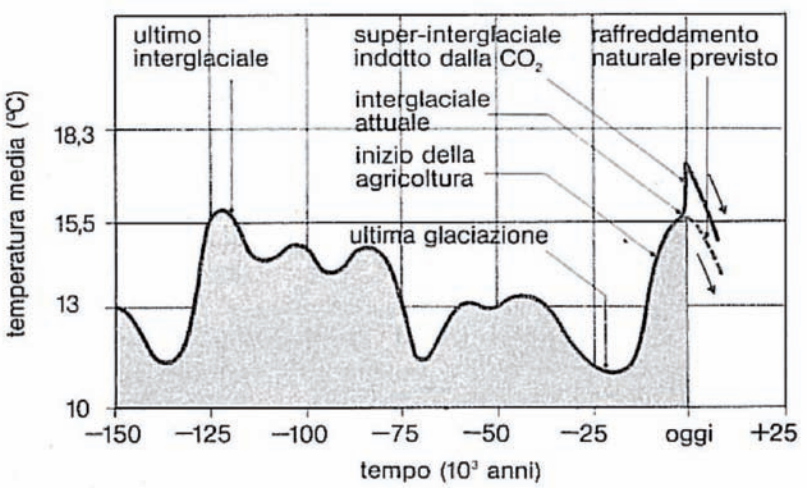


Fig. 4 - Andamento della temperatura media della Terra in funzione del tempo negli ultimi 150.000 anni (da Tiezzi, 1984).

dard Space Center della NASA e coordinatore di un gruppo di fisici atmosferici, ha messo a punto quello che è forse il più elaborato modello per la previsione del clima futuro. Questi i suoi dati e le sue conclusioni (Hansen, 1981): (a) entro il 2000 la CO_2 raggiungerà il livello di 600 ppm; (b) l'effetto di attività antropogeniche quali il consumo di combustibili fossili, la deforestazione e la distruzione del fitoplancton si tradurrà in un netto riscaldamento della superficie terrestre.

Hansen ha preso in considerazione tre scenari (Fig. 5). Lo scenario 1 prevede una crescita energetica rapida (3% all'anno), con un riscaldamento globale di 4,5°C. Lo scenario 2 prevede una crescita lenta (circa la metà del caso 1) con un riscaldamento di 2,5°C. Lo scenario 3 prevede "crescita energetica zero" con un riscaldamento di circa 1°C.

L'accumulo di anidride carbonica nell'atmosfera pone un problema atipico dal punto di vista politico. La cultura e le società si sono sviluppate in un periodo di praticamente assoluta stabilità climatica. Ora questo non è più vero e il problema dell'anidride carbonica è legato, fin dalle radici, all'uso delle riserve energetiche del pianeta. La posta in gioco è altissima, le incertezze molte.

Ciascuna tonnellata di carbone o petrolio bruciata produce 3 tonnellate di anidride carbonica: ogni 20 anni si ha un aumento della CO_2 atmosferica di 20 ppm, corrispondenti a circa 40 miliardi di tonnellate di carbonio. Dalla rivoluzione industriale ad oggi si calcola che il carbonio aggiunto nell'atmosfera sia oltre 100 miliardi di tonnellate, e c'è da notare che la quantità totale di carbonio nell'atmosfera è solo di 700 miliardi di tonnellate. Si può dunque affermare con B. Bolin, uno dei massimi esperti mondiali, professore all'Università di Stoccolma, che "l'uomo ha iniziato senza accorgersene una sorta di esperimento geochimico e climatico globale che può facilmente sfuggire ad ogni controllo" (Bolin, 1977). L'apprendista stregone, insomma, fa esperimenti su se stesso senza saperne controllare le conseguenze.

Gli effetti si fanno già sentire: dalla desertificazione in varie zone del mondo all'aumento dell'evaporazione delle acque con conseguenti improvvise inondazioni, dalle stranezze del clima alla diminuzione delle calotte polari. Nell'atlante geografico può essere disegnata una nuova isola, l'ex penisola di Ross nell'Antartide, ora resa circumnavigabile per il distacco di un iceberg grande come la Svizzera. Nel Nord America si è inoltre aperto il famoso passaggio a Nord-Ovest.

È stato stimato che se non ci fosse questo flusso addizionale di energia la superficie terrestre sarebbe più fredda di 30-40 °C. La superficie del pianeta Marte ha una temperatura di -50 °C a causa della rarefazione della sua atmosfera; viceversa Venere, nella cui atmosfera l'anidride carbonica abbonda, ha una temperatura superficiale di oltre 400 °C (Fig. 2).

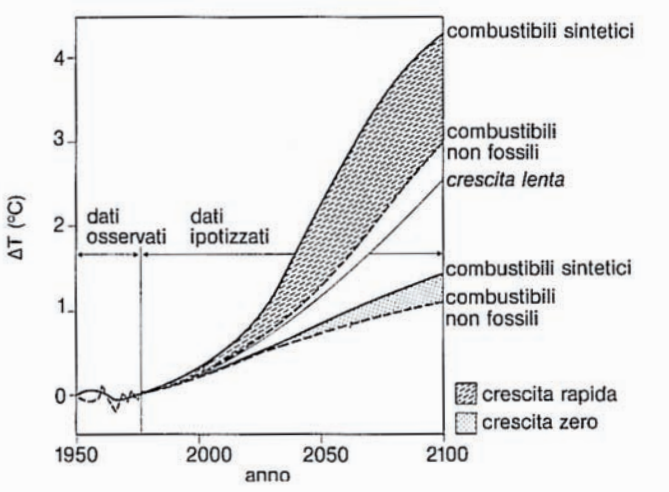


Fig. 5 - Aumento della temperatura terrestre secondo tre scenari possibili (da Hansen, 1981).

Concludendo, l'aumento di anidride carbonica e, più in generale, di gas serra nell'atmosfera porta a un aumento di energia infrarossa assorbita e rinviata sulla Terra e quindi ad un aumento di temperatura della superficie terrestre.

Enrico C. Lorenzini, dell'Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics di Cambridge (Massachusetts - USA), senese di origine, così oggi ci descrive gli scenari del futuro in una comunicazione personale:

"La composizione dell'atmosfera nel suo stato presente è il prodotto della stretta, lunga e continua interazione con la biosfera, l'una e l'altra essendosi influenzate a vicenda durante lo sviluppo geologico e biologico. Per fare alcuni esempi, l'ossigeno è apparso nell'atmosfera nell'ultimo miliardo di anni e la concentrazione attuale di anidride carbonica (CO_2) è stata principalmente influenzata dalla comparsa della fotosintesi che ha diminuito la concentrazione primordiale di CO_2 ed aumentato quella dell'ossigeno."

"L'anidride carbonica, il metano, il vapore acqueo ed altri gas minori che intrappolano la radiazione infrarossa riflessa dalla superficie terrestre illuminata dal Sole consentono alla Terra di avere una temperatura media globale alla superficie di circa 15 °C. Se l'atmosfera non avesse questi gas (anche chiamati "gas dell'effetto serra") la temperatura media globale alla superficie sarebbe di soli -18 °C, una temperatura non molto invitante per molte delle specie viventi attuali. L'effetto serra quindi contribuisce per ben 33 °C alla temperatura media attuale della Terra."

Il ruolo dell'anidride carbonica nella storia dell'evoluzione biologica è già stato sottolineato più volte nella letteratura scientifica: è un ruolo cruciale e delicato che, come sottolinea ancora Lorenzini, sta subendo notevoli variazioni.

"Con l'avvento della rivoluzione industriale e la diffusione dei mezzi di trasporto, l'interazione dell'uomo con l'atmosfera è sostanzialmente cambiata a causa delle emissioni di anidride carbonica e anidride solforica prodotte dalla combustione dei combustibili fossili e al rilascio nell'atmosfera di nuove sostanze chimiche quali i clorofluorocarburi (CFC), utilizzati negli impianti frigoriferi e di condizionamento. Di conseguenza, tre principali problemi ambientali a diffusione globale sono insorti: (1) le piogge acide dovute all'anidride solforica prodotta in maggioranza dalla combustione del carbone; (2) la diminuzione dell'ozono stratosferico dovuta al rilascio nell'atmosfera dei CFC; e (3) il riscaldamento globale della troposfera dovuto all'aumento della concentrazione di anidride carbonica (prodotta dai combustibili fossili), del metano e di altri gas minori. La temperatura media alla superficie è aumentata di quasi 0,5 °C nell'ultimo secolo; nello stesso lasso di tempo la concentrazione di CO_2 nell'atmosfera è aumentata di circa il 20%, da 300 a 350 parti per milione, e la concentrazione di metano quasi del 100%. È certo che l'aumento di questi gas contribuisce all'innalzamento della temperatura media globale; meno certa è la ripartizione fra i contributi antropogenici e quelli naturali. Il riscaldamento esiste e continua, ma il suo sviluppo futuro sarà anche determinato dal vapore acqueo nell'atmosfera e dai cambiamenti nei processi di formazione delle nuvole, ambedue meccanismi naturali dovuti all'interazione fra l'atmosfera e gli oceani, ma influenzati a loro volta dall'effetto serra."

"Bisogna precisare a questo punto che, a differenza dell'anidride solforica e dei CFC che possono essere fortemente ridotti o eliminati senza dover abolire l'uso del carbone o eliminare gli impianti di refrigerazione, *l'anidride carbonica è legata direttamente alla produzione di energia durante la combustione dei combustibili fossili e come tale non può essere eliminata senza eliminare tali combustibili*."

La denuncia è forte e senza mezzi termini. Del resto, l'economista americano Herman Daly, in sede di Banca Mondiale, ha più volte sottolineato che, per questa ragione, *i combustibili fossili non sono, per loro natura, energie sostenibili*.

Da una parte, quindi, la certezza del rischio dovuto all'effetto serra; dall'altra, le incertezze sugli scenari futuri. Prosegue Lorenzini:

"La stima più recente dell'aumento futuro della temperatura media globale alla superficie, dovuta all'incremento dei gas da effetto serra, è compresa fra 1 e 4 °C prima della fine del secolo, ipotizzando (come indicato dalle proiezioni odierne) che la concentrazione di CO_2 nell'atmosfera raddoppi durante lo stesso periodo di tempo. Il valore medio più probabile è quindi intorno a 2,5

°C in circa un secolo. Per capire meglio cosa significhi un aumento di questa portata bisogna guardare indietro nel tempo, alla storia climatica della Terra. Da studi paleoclimatici, mediante analisi dell'aria intrappolata, da migliaia di anni, nei ghiacci profondi della Groenlandia e dell'Antartide, si può determinare che la temperatura media della Terra aumentò di circa 10 °C durante un periodo di 4.000 anni dopo la fine dell'ultima glaciazione, che ebbe luogo 11.000 anni fa. La massima variazione della temperatura media della Terra, misurata su tempi dell'ordine del secolo, dall'ultima glaciazione in poi, è stata quindi di circa 0,25 °C al secolo. La variazione predetta per il prossimo secolo, dovuta all'aumento dell'effetto serra legato alle attività umane, è quindi 10 volte più grande dei valori storici (vedi anche Cicerone, 1990)."

Emergenze e nuove opportunità

Albert Gore, allievo di Roger Revelle e già vicepresidente degli USA, ha evidenziato (Gore, 2006) le emergenze possibili (Figg. 6-9).

In particolare sono da sottolineare gli effetti dell'anidride carbonica sull'aumentata frequenza dei cicloni (Figg. 10-11).

Già nel 2005, la Comunicazione della Commissione Europea *Winning the Battle against Global Climate Change* sottolineava la sfida contro il cambiamento climatico. Il Consiglio ed il Parlamento Europeo avevano entrambi confermato in questa pubblicazione l'obiettivo di limitare l'aumento della temperatura media ad un massimo di 2 °C sopra il livello del periodo pre-industriale. Il Consiglio Europeo aveva espresso già la necessità di esplorare più a fondo con le altre Parti dell'United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCC) le strategie per un'ulteriore riduzione delle emissioni in atmosfera e, contemporaneamente, aveva richiesto alla Commissione Europea un'analisi più approfondita. Il rapporto *Limiting Global Climate Change to 2 degree Celsius: Policy option for the EU and the world for 2020 and beyond* (Commission E.C, 2007), pubblicato nei primi giorni del 2007, risponde a questa richiesta.

Come provano le ultime indagini scientifiche – successive al *Third Assessment Report* (IPCC, 2001) – del *Report of the International Scientific Steering Committee Hadley Center* (Tirpak, 2005), i cambiamenti climatici previsti per i prossimi decenni sono già in azione, e con un'accelerazione superiore a quella prevista. L'aumento di temperatura della troposfera ammonta a 0,6 °C rispetto all'epoca pre-industriale (1750) e l'incremento attuale è di circa 0,2 °C per decade.

Gli studi e le ricerche sui cambiamenti globali si sono moltiplicati negli ultimi anni, anche a causa dell'importanza e della gravità del problema (Alley, 2000; Archer, 2005; Orombelli, 2006; Hansen, 2007). L'aspetto interessante è la diversità degli approcci: da quelli paleoclimatici a quelli modellistici, dalle ricerche su base geologica a quelle su base termodinamica e chimico-fisica, dagli studi geofisici a quelli biologici. In particolare, oltre all'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) delle Nazioni Unite, due centri americani hanno coinvolto migliaia di ricercatori e di climatologi: si tratta dell'Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics del Massachusetts e del

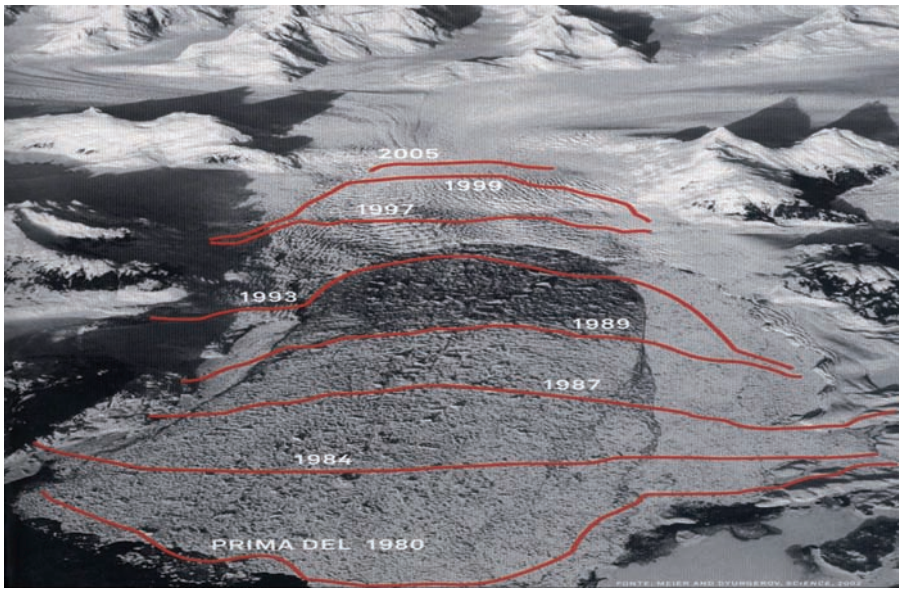


Fig. 6 - Il ghiacciaio Columbia, Prince William Sound, Alaska. Le linee rosse mostrano le tappe del ritiro del ghiacciaio a partire dal 1980.

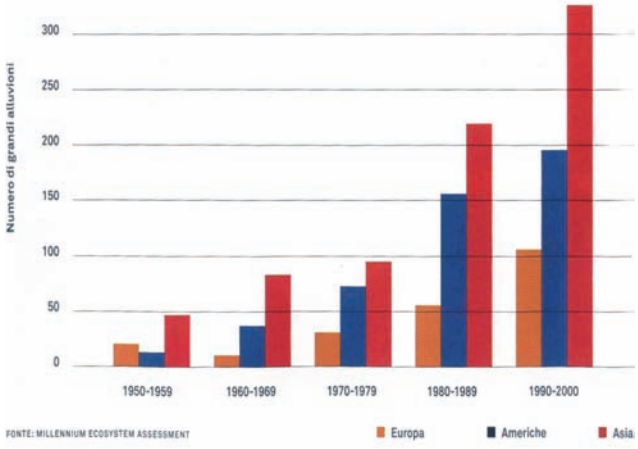


Fig. 7 - Numero di alluvioni per continente per decade.

Goddard Institute for Space Studies della Columbia University di New York. I dati paleoclimatici evidenziano la grande sensibilità del clima terrestre di fronte ai cambiamenti globali. Tutte le ricerche concordano sulla velocità delle variazioni attuali (tempi storici), rispetto alle variazioni più lente delle ere passate (tempi biologici). Tale differenza è la chiave per capire, oggi, l'effetto serra e le sue ripercussioni sugli equilibri chimico-fisici del nostro Pianeta (Archer, 2005; Hansen, 2007).

Gli studi più recenti hanno quindi ridotto l'incertezza relativa all'esistenza e all'impatto del cambiamento climatico. È ormai chiaro che l'entità di questo impatto dipende dal raggiungimento o meno di un livello di guardia nell'aumento della temperatura, costituito dai 2 °C di aumento rispetto alla temperatura del periodo pre-industriale. È questa una situazione tipica dei sistemi complessi, dei quali il "sistema clima" costituisce un eccellente esempio in quanto obbediente a dinamiche non lineari rispetto al tempo e pertanto suscettibili

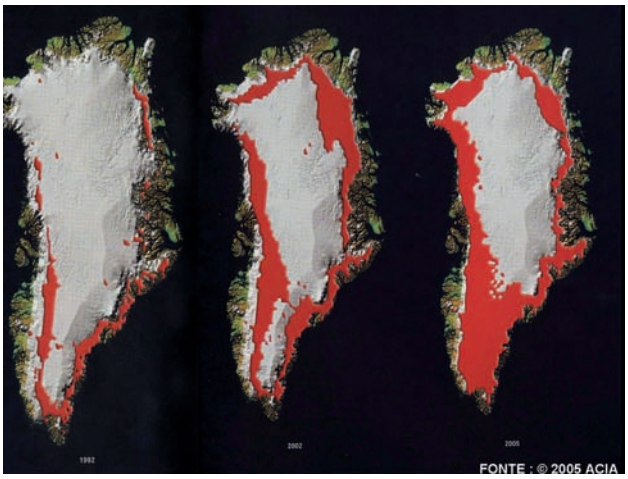


Fig. 9 - Progressivo scioglimento di ghiacci in Groenlandia, indicato in colore rosso (1992-2005).

di ricadere in stati di caos e di condurre a biforcazioni. Dire che i 2 °C di aumento costituiscono il livello di guardia del processo di innalzamento della temperatura equivale a trovarsi davanti ad una biforcazione, ovvero a un punto di non-ritorno, oltre il quale possono svilupparsi dinamiche caotiche non prevedibili. Si spiega così l'urgenza di riuscire a mantenere l'aumento della temperatura al di sotto di tale incremento.

L'importanza di questo limite è contenuta già nel Second Assessment Report e ribadito nel Third Assessment Report dell'IPCC, nei quali è illustrato come il rischio di un severo cambiamento climatico possa accrescersi in maniera considerevole nel caso di un incremento della temperatura superiore ai 2°C. Importanti conseguenze

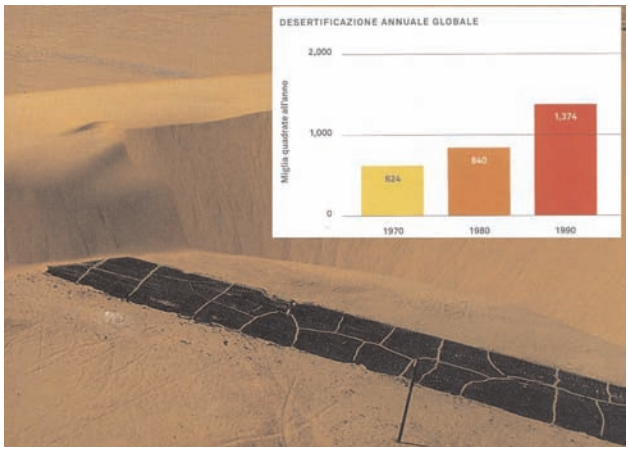


Fig. 8 - Strada interrotta da una duna di sabbia nella valle del Nilo (Egitto, 1991).

per gli ecosistemi e le risorse idriche sono comunque considerati probabili anche con un aumento di 1-2 °C, ma l'intensità dei fenomeni innescati in questo caso è di minor entità.

Albert Gore e l'IPCC hanno ricevuto il Nobel per la Pace per tali studi.

Nel rapporto europeo viene riportato che, per fare in modo che il limite dei 2 °C sia rispettato, è necessario che la concentrazione atmosferica dei gas – che attualmente si attesta intorno a 425 ppmv CO_2 eq ed aumenta di 2-3 ppmv CO_2 eq per anno – rimanga ben al di sotto dei 550 ppmv CO_2 eq. Secondo le proiezioni del rapporto, stabilizzando la concentrazione intorno ai 450 ppmv CO_2 eq nel lungo periodo, pur prevedendo una fase di massima emissione intorno al 2025, è possibile con una probabilità del 50% rimanere nel limite dei 2 °C di aumento della temperatura. Per ottene-

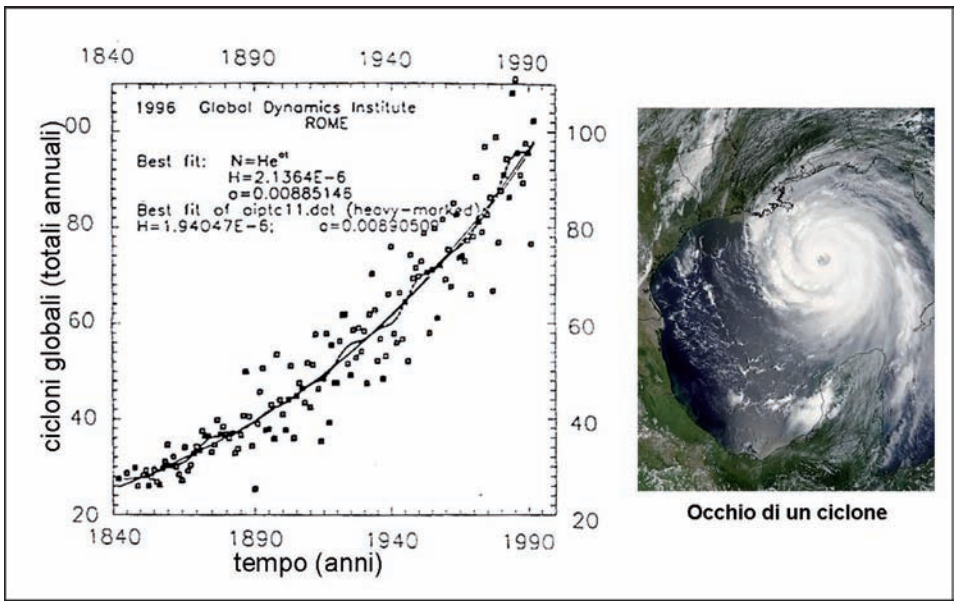


Fig. 10 - Frequenza di cicloni e uragani tropicali dal 1840 al 1990.

re questi risultati sarà necessario tagliare le emissioni di gas serra di ben il 50% entro il 2050 rispetto ai valori del 1990, anno utilizzato come *baseline* per le riduzioni considerate nel Protocollo di Kyoto. Stabilizzare le emissioni di CO_2 nell'arco temporale di alcune decadi significa dover ricorrere a drastiche misure di riduzione. Il rapporto europeo considera come misura obbligatoria per i Paesi industrializzati la diminuzione delle proprie emissioni del 30% entro il 2020. Il Protocollo di Kyoto era stato concepito come il primo di una serie di misure per il controllo, vincolante, delle emissioni di gas serra. La riduzione del 5,2% delle emissioni del 1990 per i soli Paesi industrializzati entro il 2012 non può in alcun modo permettere il raggiungimento dei 2°C di incremento della temperatura. Mentre è indispensabile un nuovo Protocollo per la gestione delle emissioni capace di guardare oltre il 2012, la Conferenza delle Nazioni Unite sul Clima tenutasi a Nairobi (Kenya) insieme con la 12ª Conferenza delle Parti dell'UNFCC, nel novembre 2006, non è riuscita a raccogliere l'assenso internazionale necessario.

Ed è qui la novità principale contenuta nel rapporto europeo, con il quale l'Unione Europea si impegna a farsi promotrice e *leader* della lotta alla riduzione delle emissioni dei gas serra. I paesi dell'UE si impegnano ad una diminuzione autonoma ed unilaterale delle proprie emissioni del 30% entro il 2020. Questo ambizioso progetto dovrà essere un chiaro segnale ed esempio per la comunità internazionale del ruolo guida che l'Europa intende avere. L'Unione Europea, infatti, non potrà vincere la sfida del cambiamento climatico agendo da sola, ma potrà divenire un punto di riferimento mettendo in atto un esempio convincente. Questo ambizioso obiettivo dovrà anche servire per convincere i Paesi industrializzati che non hanno ratificato il Protocollo di Kyoto (come gli USA) ed i Paesi in via di sviluppo a partecipare alla riduzione delle emissioni.

Sarà possibile trasformare queste emergenze in opportunità?

Studi economici, fra i quali la recente *Review* di Sir Nicholas Stern (Stern, 2006), Capo del Servizio Economico del governo inglese e primo economista della Banca Mondiale, dimostrano che i benefici ricavati da una tempestiva ed immediata azione per la riduzione dei cambiamenti climatici

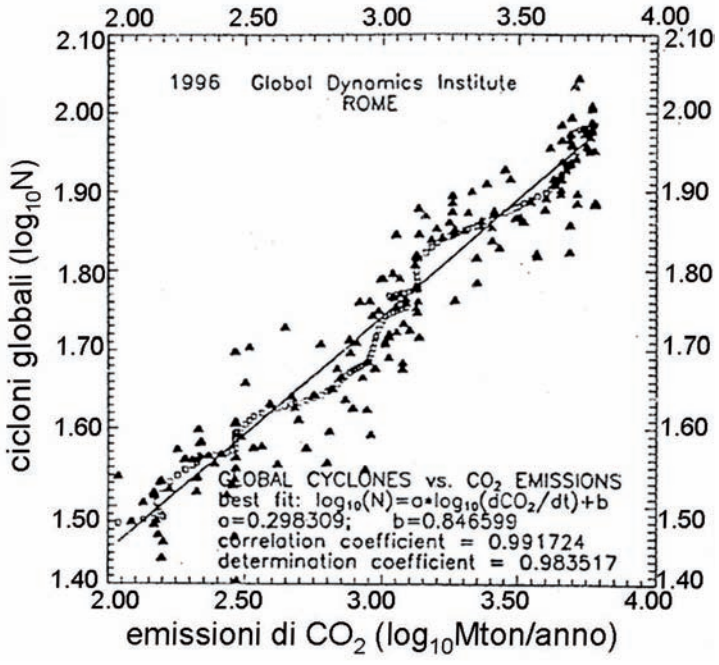


Fig. 11 - Correlazione tra emissioni di CO2 e numero globale di cicloni.

Fig. 12 - Il pedale del pianoforte per sostenere la nota nel tempo.

oltrepassano di gran lunga i costi sostenuti per ottenerli.

Queso significa usare in sostituzione del PIL nuovi indicatori di sostenibilità, quali l'Index of Sustainable Economic Welfare (ISEW) (Pulselli *et al*., 2007). Significa puntare su un ampio ventaglio di energie rinnovabili (biomasse, eolico, fotovoltaico, solare termico, idro e geo, risparmio energetico, uso razionale termodinamico dell'energia, ecc.). Significa infine puntare su un reale sviluppo sostenibile: parola che significa offrire opportunità alle future generazioni e che deriva dal nome del pedale del pianoforte (*sustain*), in grado di sostenere una nota nel tempo (Fig. 12). Uno sviluppo sostenibile che tenga conto dei miliardi di anni che ci separano dalla meravigliosa origine della vita e che tenga conto, altresì, delle generazioni future.

Testi citati

Alley R.B. (2000) - *The two-mile time machine: ice cores, abrupt climate change, and our future*. Princeton University Press, Princeton/Oxford.

Archer D. (2005) - *Fate of fossil fuel CO_2 in geologic time*. Journal of Geophysical Research, 110, C09S05.

Bolin B. (1977) - *Changes of land biota and their importance for the carbon cycle*. Science, 196, 613-615.

Cicerone R.J. (1990) - *Greenhouse cooling up high*. Nature, 344, (8), 104-105.

Commission E.C. (2007) - *Limiting Global Climate Change to 2 degree Celsius: the way ahead for 2020 and beyond*. In: Communication to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, 10 January 2007, Brussels.

Gore A. (2006) - *Una scomoda verità*. Rizzoli, Milano e referenze ivi citate.

Hansen J. (1981) - *Climate impact of increasing atmospheric carbon dioxide*. Science, 213, 957-966.

Hansen J. (2007) - *Climate change and trace gases*. Phil. Trans. R. Soc., 365, 1925-1954.

IPCC (2001) - Climate Change 2001: *The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton, J.T.,Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, & C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881.

Orombelli G. (2006) – *Il ghiaccio dell'Antartide: archivio del clima del passato*. Seminario Dottorato in Scienze Polari, Università di Siena.

Pulselli F.M., Bastianoni S., Marchettini N. & Tiezzi E. (2007) – *La soglia della sostenibilità*. Donzelli, Roma.

Revelle R. (1982) - *Anidride carbonica e clima*. Le Scienze, 170.

Stern N. (2006) - "*Stern Review on the economics of climate change*". Cambridge University Press. Cambridge, UK.

Tiezzi E. (1984) - *Tempi storici, tempi biologici*. Garzanti, Milano (n. ed. Donzelli, Roma 2001).

Tirpak, (2005) - *Report of the International Scientific Steering Committee*. International Symposium on the stabilisation of greenhouse gas concentrations. Hadley Centre, Met Office, Exeter, UK.

Il Gruccione (*Merops apiaster* Linnaeus, 1758) nella media Val d'Elsa: una specie in espansione

Marco Lebboroni, Duccio Migliorini**, Filippo Bacci****
*Centro Ornitologico Toscano, CP 470 – 57100 Livorno
**Loc. Agresto 14 – 53036 Poggibonsi (SI)
***Via S. Allende 13 – 50028 Tavarnelle Val di Pesa (FI)

"C'è un uccello di un tipo che prima non avevo mai visto e che si posa sui fili della luce… bello, coloratissimo, col becco lungo. Sembra una specie tropicale…". Da qualche anno capita di raccogliere sempre più spesso segnalazioni come questa da parte di osservatori della Val d'Elsa. Si tratta di segnalazioni le quali portano invariabilmente al medesimo animale, ovvero al Gruccione, che per la bellezza del piumaggio e per le peculiarità eco-etologiche rappresenta un elemento di forte interesse nel quadro della biodiversità italiana. L'articolo mostra come negli ultimi anni anche in Toscana questa specie abbia esteso il suo areale riproduttivo, recandosi a nidificare dal litorale al territorio valdelsano.

Il Gruccione

Appartenente ai Coraciformi, vasto ordine di origine tropicale che annovera in Italia altre specie dai colori "esotici" come il Martin pescatore (*Albedo atthis*), l'Upupa (*Upupa epops*) e la Ghiandaia marina (*Coracias garrulus*), il Gruccione (*Merops apiaster*, Linnaeus 1758) è un meropide dalla taglia poco più grande di un merlo (lunghezza 25-29 cm) e dal piumaggio inconfondibile: giallo brillante in corrispondenza della gola, castano vivo sul dorso (nei giovani dell'anno le parti superiori sono verdastre) e blu-verde metallico nelle parti inferiori (Fig. 1). Il lungo becco, le ali appuntite e la coda con le timoniere centrali sporgenti ne rendono caratteristica la sagoma durante il volo, che alterna eleganti planate a battiti rapidi con ampio angolo di movimento delle ali.

Fig. 1 - Particolare di un gruccione (foto di Alessandro Sacchetti).

L'areale di nidificazione del Gruccione occupa sia la Provincia Paleartica che quella Etiopica. Nella prima, esso rivela presenze irregolari nell'Europa centro-settentrionale, occupando invece completamente l'Europa meridionale dalla penisola iberica fino al Kazakhstan e l'Asia minore. Nella seconda occupa l'Africa nord-occidentale e meridionale (Del Hoyo *et al.*, 2001).

Specie migratrice, arriva in Europa in stormi numerosi nei primi di maggio. In Italia frequenta ambienti aperti, caldi e soleggiati, con vegetazione arborea ed arbustiva discontinua, dalla pianura fino a circa 600 m di quota, dove caccia insetti (imenotteri con in particolare api, odonati, ortotteri e lepidotteri) in volo, da posatoi elevati e seguendo bestiame al pascolo (Fig.2).

Fig. 2 - Un gruccione dopo la cattura di una libellula (foto di Alessandro Sacchetti).

La nidificazione e la riproduzione avvengono in cunicoli scavati dalle coppie in pareti sabbiose (es. terrazzi fluviali). Spesso più individui formano colonie riproduttive utilizzando la medesima parete: come in altre specie di meropidi coloniali, alcune coppie sono coadiuvate nell'attività riproduttiva da un aiutante, probabile parente o discendente di uno dei due partners. Altra caratteristica è la presenza di falsi nidi e di nidi intercomunicanti, probabilmente con funzione anti-predatoria (Inglisa & Vigna Taglianti, 1989).

Ogni anno la covata è unica e consiste di 5-7 uova che schiudono dopo 23-25 giorni. I nidiacei, inetti alla nascita, vengono nutriti al nido per altri 30 giorni circa prima dell'involo, che nel nostro territorio avviene verso la fine di luglio.

In agosto si cominciano a formare gruppi numerosi di adulti e di giovani, i quali progressivamente iniziano la migrazione autunnale verso i quartieri di svernamento nell'Africa a sud del Sahara, dal Senegal alla Nigeria.

Le popolazioni nidificanti in Europa hanno subito un moderato declino nel periodo 1970-1990, cui ha fatto seguito una fase di recupero tuttora in corso. Lo *status* di conservazione della specie è ritenuto comunque ancora sfavorevole (SPEC 3: in declino; BirdLife International, 2004). In Italia le stime relative allo scorso decennio valutavano la popolazione nidificante a 4000-6000 coppie (Spegnesi & Serra, 2003), con le maggiori densità riscontrabili in Sardegna e lungo il litorale tosco-laziale. Negli ultimi anni, comunque, per il Gruccione è stata riscontrata una decisa espansione soprattutto nella pianura Padana e nelle regioni adriatiche e meridionali, con una stima salita a 7.000-13.000 coppie (Brichetti & Fracasso, 2007), e questo *trend* positivo può essere confermato anche per la Toscana (Centro Ornitologico Toscano, dati inediti).

Il presente articolo illustra l'espansione e la distribuzione attuali del Gruccione in un settore della Val d'Elsa, ove il processo di colonizzazione è in opera soltanto da pochi anni.

Il territorio indagato

Il territorio oggetto dell'indagine, delimitato dai confini amministrativi dei comuni di Certaldo, Barberino Val d'Elsa, Tavarnelle Val di Pesa e Poggibonsi, corrisponde nel suo insieme al tratto medio della Val d'Elsa, comprendendo l'intero bacino in destra idrografica. Vi è inoltre inclusa la porzione di Val di Pesa compresa nel comune di Tavarnelle.

Mentre alle quote più basse della Val d'Elsa le formazioni geologiche consistono di depositi marini pliocenici ed includono per lo più conglomerati, arenarie e calcari organogeni dello Zancleano-Piacenziano, in Val di Pesa dominano depositi continentali pliocenico-quaternari attribuibili al Rusciniano-Villafranchiano (Carmignani & Lazzarotto, 2005). Più in particolare, nel fondovalle e nelle depressioni affiorano soprattutto argille e sabbie (più raramente ghiaie), per cui l'erosione vi agisce con maggiore intensità (Coltorti *et al.*, 2007).

La fascia lungo l'Elsa risulta fortemente urba-

nizzata per tutto il tratto compreso fra Certaldo e il limite del comune di Poggibonsi, mentre l'area collinare presenta numerosi insediamenti sparsi in alternanza con boschi decidui, vigneti, oliveti e seminativi. L'altitudine varia dai 60 m ai 540 m del Poggio Testa Lepre, al limite nord-est dell'area di studio.

Il reperimento dei dati

I fattori contingenti che hanno facilitato il reperimento dei dati includono sia la morfologia del territorio, con presenza di numerosi punti di rilievo ad ampio orizzonte visibile e densa rete carrabile, sia le caratteristiche del Gruccione, specie inconfondibile e facilmente avvicinabile. In particolare, l'accertamento della sua presenza viene facilitato dall'identificazione del richiamo, che in questa specie è udibile a buona distanza e viene emesso molto di frequente, come già riportava Paolo Savi (1827-1831): "….. *viaggiano in branchi, e sempre molto alto nell'aria, mandando continuamente una voce rauca che si può esprimere col gra, gra, gra, pronunziato con suono gutturale…. sovente si posano sopra gli alberi, e tanto allora che quando son sulla terra o per l'aria, quasi continuamente gridano…* "

I dati analizzati in questo articolo provengono: 1) da osservazioni casuali relative agli anni 2001-2006, direttamente eseguite da noi o comunicateci da altri; 2) dalla banca dati informatica del Centro Ornitologico Toscano (COT); 3) da rilievi standardizzati eseguiti durante la stagione riproduttiva 2007.

La banca dati del COT è stata consultata con riferimento a due tipi principali di archivi: *Cronaca*, che comprende dati derivati da osservazioni casuali non appartenenti a programmi standardizzati di monitoraggio, e *Monitoraggio Nidificanti* (dal 2001), con dati raccolti in modo standardizzato durante il periodo riproduttivo in una serie di stazioni lungo percorsi fissi.

Nel 2007 abbiamo condotto un'indagine di campo al fine di confermare la stabilità di presenza del Gruccione nelle zone segnalate e di ottenere un quadro distributivo omogeneo ricavato da una sola stagione riproduttiva.

L'area considerata è stata suddivisa in 240 unità di rilevamento, ciascuna delle quali consistente in un quadrato di 1 km^2. In ogni unità sono state effettuate due visite nel periodo 1 giugno – 31 luglio. Il monitoraggio si è svolto percorrendo in auto le strade carrabili e fermandosi in due o tre punti di osservazione ad ampia visibilità, in modo da coprire il più possibile l'intero quadrato. Inoltre, sono state ispezionate le pareti verticali ritenute maggiormente idonee, con un tempo medio di rilievo di 30 minuti per quadrato. Il rilievo aveva la finalità non soltanto di accertare la presenza del Gruccione, ma anche di stimarne il numero di individui e, in via approssimativa, il numero di coppie nelle colonie (considerando come tali i siti riproduttivi con oltre 10 individui). Il numero di coppie N_c è stato dedotto dal numero di individui N_{ind} in base alla relazione $N_c = 0.455 \times N_{ind}$, la quale tiene conto della monogamia e della presenza di un aiutante in circa il 20 % delle coppie (Fry, 1984). Il numero di gallerie scavate non corrisponde necessariamente al reale numero di coppie nidificanti, per cui una stima più precisa richiede tempi di osservazione prolungati anche su piccole aree (Tralongo & Finozzi, 2004). I giovani dell'anno non sono stati inclusi nel conteggio, mentre gli individui osservati nell'atto di scavare e di frequentare nidi (compresi voli periodici da e verso siti potenzialmente idonei, visibili ma difficilmente accessibili) sono stati considerati come nidificanti probabili o certi. Nei quadrati con sola osservazione di individui in volo di trasferimento o foraggiamento, senza una chiara relazione con i siti idonei alla nidificazione, la riproduzione non è stata considerata certa ma solo eventuale. Per valutare la concordanza tra le due serie di rilievi del 2007, sul totale dei quadrati è stato usato il "Mc Nemar test" relativamente alle frequenze delle quattro possibili combinazioni (presenza-assenza, primo-secondo rilievo). Per motivi logistici, in alcune zone (pari a circa 45 km^2) dei comuni di Certaldo e di Poggibonsi non è stato possibile ottenere un livello di copertura paragonabile alle aree rimanenti; pertanto le osservazioni in tali zone non sono state considerate nel test di concordanza.

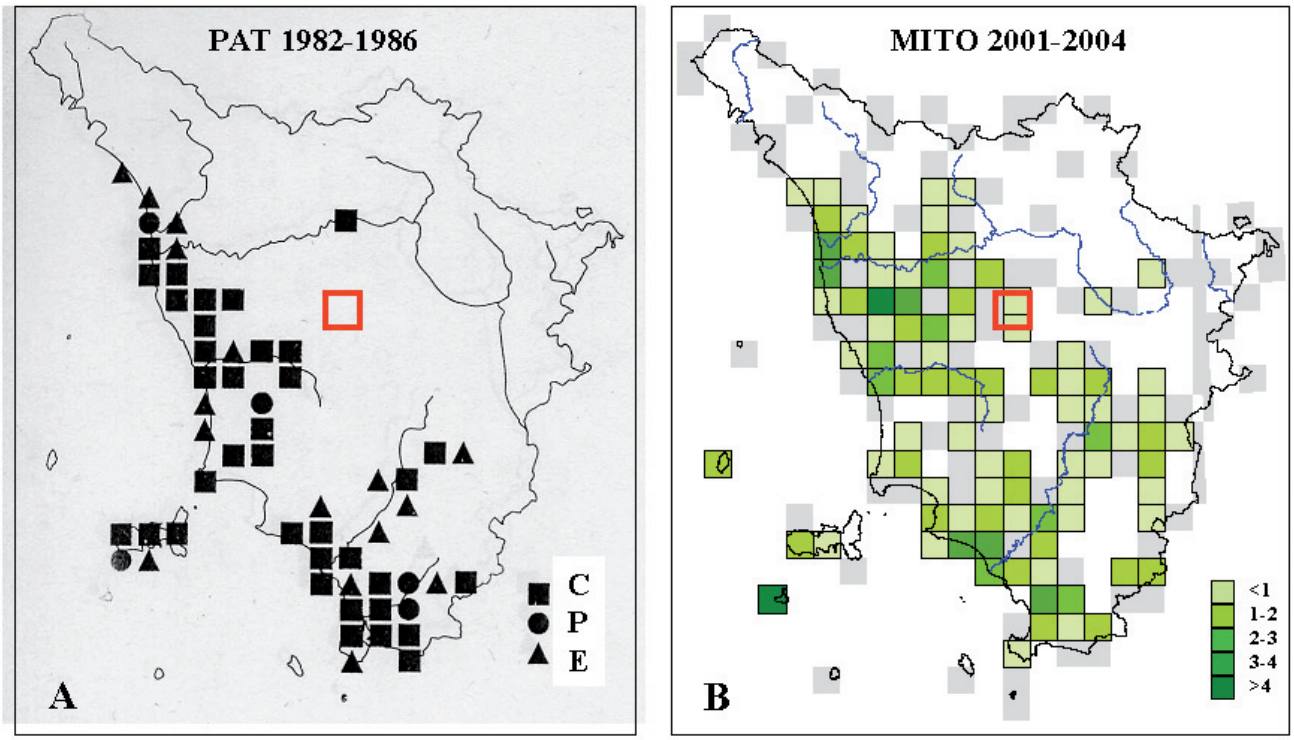


Fig. 3 - Nidificazione del Gruccione in Toscana nei periodi 1982-1986 (A - da Tellini *et al.,* 1997) e 2001-2004 (B - dati inediti del COT). In A i quadrati, i cerchi o i triangoli indicano rispettivamente punti di nidificazione certa (C), probabile (P) o eventuale (E). In B le classi di frequenza indicano il numero di stazioni positive su 5 visitate (in grigio i quadrati non rilevati). Il territorio oggetto dell'indagine è delimitato in rosso.

L'analisi dei dati e i risultati

FINO AL 2006

La recente comparsa del Gruccione nell'area in esame rientra nel più esteso processo di espansione della specie in Toscana, del quale si ritiene utile fornire una sintesi.

L'Atlante degli uccelli nidificanti in Toscana (Tellini Florenzano *et al.*, 1997), relativo ad osservazioni effettuate negli anni 1982-1986, evidenzia una distribuzione limitata prevalentemente alla costa ed ai bacini dei fiumi Cecina, Cornia, Ombrone ed Albegna, oltre che all'Isola d'Elba (Fig. 3 A). Negli anni successivi a tale indagine sono stati segnalati nuovi siti riproduttivi in molte zone della regione, in particolare nel senese e nell'aretino. I dati cumulativi del COT concernenti il *Monitoraggio Nidificanti* dal 2001 al 2004 confermano un'espansione verso la Toscana interna interessante, seppur marginalmente, anche la media Val d'Elsa (Fig. 3 B).

Con riferimento all'archivio *Cronaca*, le prime segnalazioni del Gruccione nell'area di studio risalgono al 2001 (Fig. 4 A). Per quanto riguarda gli anni successivi, la stessa banca dati riporta altre segnalazioni che interessano in particolare il comune di Poggibonsi. L'archivio del *Monitoraggio Nidificanti* fornisce un maggior numero di segnalazioni, in particolare per il 2005 e per il 2006, per cui la distribuzione territoriale della specie risulta ampliata. Altri siti di presenza riguardano alcune colonie già note agli AA. fin dal 2002-2003, seppur non seguite negli anni con continuità. La banca dati fornisce inoltre, per gli stessi anni, segnalazioni in aree limitrofe a quella considerata, in particolare nei comuni di San Gimignano, Colle Val d'Elsa e Castellina in Chianti. Il quadro finale rivela una presenza in 19 quadrati, concentrati prevalentemente alle quote intermedie e nel settore del comune di Poggibonsi. Le segnalazioni di anni diversi tendono ad essere separate spazialmente, in particolare quelle derivate dal *Monitoraggio Nidificanti*, in quanto il piano di campionamento non prevede la copertura delle stesse stazioni anno per anno. La distribuzione nel periodo 2001-2006 sembra comunque evidenziare una tendenza all'espansione, anche se questa potrebbe essere avvenuta attraverso un processo di colonizzazione ed "estinzione" che ha interessato quadrati diversi in anni diversi.

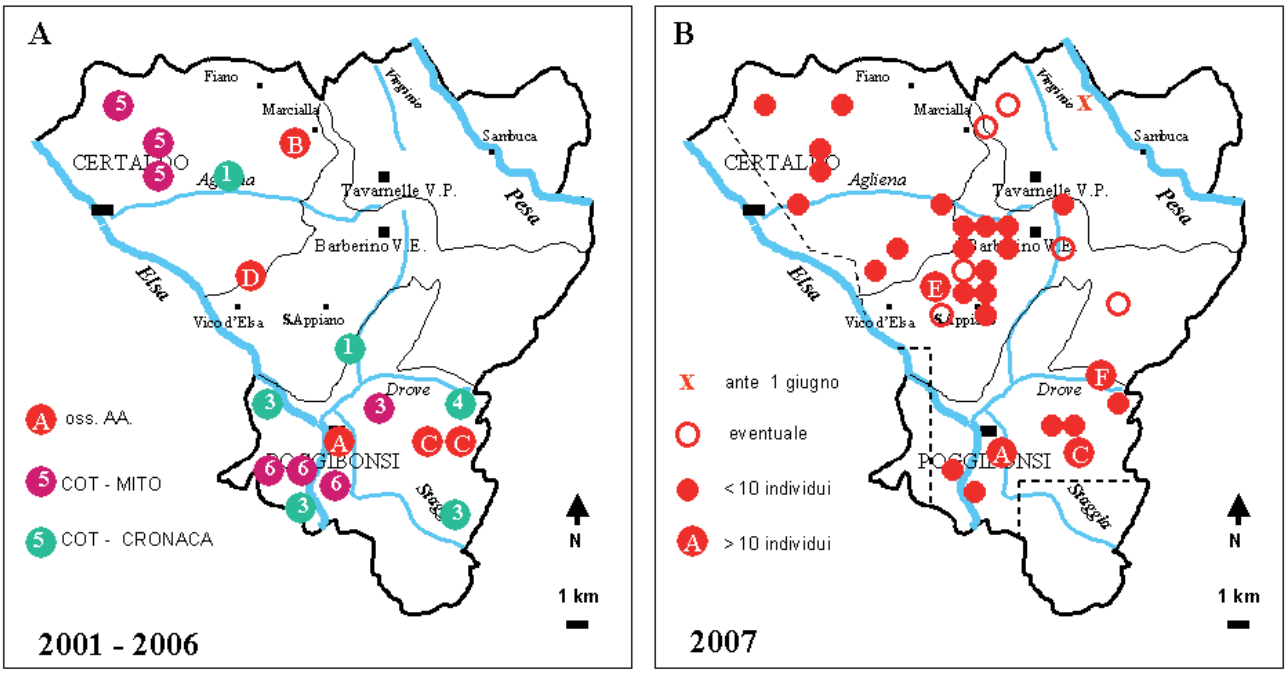


Fig. 4 - Presenza del Gruccione nel territorio dell'indagine durante il periodo 2001-2006 (A) e nell'anno 2007 (B). Il tratteggio delimita le aree a minore intensità di rilievo (vedi il testo)

NEL 2007

Le due serie di rilievi hanno mostrato una concordanza altamente significativa (con $c^2 = 0.25$, df = 1, P > 0.1, N = 195). Le presenze o assenze del primo rilievo sono state cioè confermate nella grande maggioranza dei quadrati, riducendo così il margine d'errore imputabile a false assenze o a presenze irregolari.

Il quadro di distribuzione (Fig. 4B) mostra con pochi scostamenti un areale corrispondente a quello complessivo delle segnalazioni pregresse, che appare quindi interamente occupato nel corso di una singola stagione riproduttiva. Alcuni quadrati che prima del 2007 includevano colonie (Marcialla, Sciano) non sono risultati occupati nel corso di questo anno, mentre in altri casi (Agresto) la colonia si è spostata pur mantenendosi nell'ambito del medesimo quadrato. Si aggiungono inoltre altri siti per un totale di 33 quadrati, con il comune di Barberino Val d'Elsa caratterizzato dal maggior numero di quadrati contigui occupati.

Il crinale tra i fiumi Elsa e Pesa sembra segnare come un limite alla presenza del Gruccione. Le

comune		località	anno	2007	num. ind. min	num. ind. max	num. coppie min	num. coppie max
POGGIBONSI	A	POGGIO BONIZZO	2002	si	20	30	9	13
	C	AGRESTO	2003	si	20	30	9	13
	C	MELINI	2006	si	5	10	2	4
	F	CEPPARELLO	?	si	10	20	4	9
		altri siti		si	15	25	7	11
BARBERINO V.ELSA	B	MARCIALLA	2002	no				
	E	PONETA	?	si	30	40	13	18
		altri siti		si	14	20	6	9
CERTALDO	D	SCIANO	2006	no				
		altri siti		si	16	24	7	11
TAVARNELLE V.PESA		altri siti		si	5	10	2	4

Fig. 5 - Stima della consistenza numerica del Gruccione nell'area indagata (sono esclusi i giovani dell'anno). Le colonie indicate con le lettere corrispondono a quelle della figura 4B. La colonna "anno" indica il primo

osservazioni in Val di Pesa hanno interessato individui in foraggiamento (in particolare su seminativi e pascoli con attività di apicoltura), oltre a gruppi di migratori (forse la stessa popolazione locale) che in località Romita, per il periodo 2002-2007, sono risultati di presenza regolare nei primi giorni di maggio.

In totale si stima una popolazione di 130 – 210 individui, corrispondenti a 60 – 90 coppie nidificanti (Fig. 5). Questo dato potrà essere ulteriormente precisato da ricerche mirate e più dettagliate.

In generale, i territori frequentati dal Gruccione corrispondono ai tratti iniziali delle vallecole degli affluenti dell'Elsa (es. Agliena, Drove, Borro di Gamberaia), dove è presente un diversificato mosaico ambientale formato da vigneti, seminativi, boschetti e bacini idrici artificiali. Per quanto riguarda la tipologia dei siti di nidificazione, pur avendosi affioramenti sabbiosi in parete verticale naturale, più di frequente i nidi sono scavati in pareti strutturalmente simili ma di origine antropica. Ad esempio, la numerosa colonia di Poneta ed i nuclei dell'Agresto occupano pareti prodotte da lavori di scavo per fondamenta e di spianamento, mentre singole coppie sono state osservate in cumuli di terra di riporto entro cantieri edilizi. Tali siti sono spesso interessati anche da una costante presenza antropica nelle immediate vicinanze (strade, fabbricati, orti) (Fig.6).

I casi di frequentazione di ambienti antropizzati sono numerosi e documentati in tutta Italia: ad esempio, nel Lazio la colonizzazione di tali ambienti appare in aumento (Biondi *et al.*, 2001), mentre in provincia di Salerno solo il 20 % dei nidi si rinviene in habitat naturali (Mancuso & Ceruso, 1997). Questi ultimi, anzi, in quanto soggetti a minore stabilità, potrebbero costituire perfino un fattore limitante. In ogni caso, anche le caratteristiche granulometriche del suolo, che differiscono in modo significativo da un sito all'altro, possono influire sulla selezione del medesimo (Heneberg & Simecek, 2004).

Da uno studio condotto nel Parco dello Stirone (Parma), la riproduzione del Gruccione in ambienti antropizzati non sembra essere disturbata dall'attività di cantieri e di macchine agricole o dal passaggio di veicoli. Al contrario, al di sotto di una certa soglia di distanza la presenza umana induce reazione di fuga e di abbandono, in particolare durante la fase di scavo dei nidi (Pavarani, 2001). Gli individui, inoltre, pur avendo la tendenza a far parte della medesima colonia dopo il primo anno, solo raramente riutilizzano i vecchi nidi, scavando quindi ogni anno un nuovo nido (Fry, 1984). Tale comportamento porterebbe nel tempo ad un'elevata densità di nidi sulla medesima parete, riducendone forse l'idoneità.

Questi due fattori, disturbo e "saturazione" della colonia, potrebbero spiegare la tendenza, verificata nell'area di studio nel periodo 2002-2007, all'abbandono di alcuni siti ed alla colonizzazione di altri in anni successivi; ma i dati finora disponibili non permettono di quantificare la suddetta tendenza. Al momento, la distribuzione che emerge appare conformarsi a quella di una metapopolazione, ossia ad un insieme di popolazioni (in questo caso le colonie) fra loro

Fig. 6 - Alcune entrate dei nidi della colonia di Sciano.

connesse da fenomeni di colonizzazione-estinzione, dove ogni anno l'areale è un "lampeggio" (*winking*) manifestante un *pattern* diverso. È dunque importante un'azione di conservazione dei siti riproduttivi, la quale interessi non solo quelli contestualmente utilizzati, ma anche quelli idonei al momento non occupati e che potranno esserlo successivamente (Hanski, 1999).

Per quanto riguarda gli strumenti normativi per la tutela, anche a livello comunale possono essere individuate semplici norme di rispetto, come ad esempio quelle indicate nel Regolamento per la tutela degli animali del Comune di Riparbella (Pisa), dove l'articolo 36 riguarda espressamente la "Tutela delle colonie di Gruccione"'.

In generale l'espansione del Gruccione è stata attribuita a vari fattori, quali il cambiamento climatico, la riduzione della pressione venatoria e la disponibilità di siti riproduttivi. Quali che siano le ragioni, i dati esposti confermano tale espansione come un fenomeno ormai stabile per il territorio studiato, formando la base per successive indagini su una tra le specie più belle del nostro patrimonio ornitologico.

Ringraziamo Marco Rustioni e Marco Corti per la partecipazione ai rilievi di campo, Franco Balducci ed Egidio Montini per le informazioni fornite su alcune colonie.

Testi citati

Biondi M., Pietrelli L. & Guerrieri G. (2001) – *Il monitoraggio del Gruccione* Merops apiaster *nel Parco del Litorale Romano e stima dell'intera popolazione laziale*. Gli Uccelli d'Italia, 26, numero speciale: 43-48.

BirdLife International (2004) – *Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status*. BirdLife Conservation Series n. 12, Cambridge UK.

Brichetti P. & Fracasso G. (2007) – *Ornitologia italiana. Vol. 4. Apodidae – Prunellidae*. Oasi Alberto Perdisa Editore, Bologna.

Carmignani L. & Lazzarotto A. (2005) - *Carta Geologica della Toscana*. Università degli Studi di Siena, Centro di GeoTecnologie – Regione Toscana.

Coltorti M., Della Fazia J., Pieruccini P. & Sacchi G. (2007) – *La carta geomorfologia della Provincia di Siena, uno strumento di conoscenza per la gestione del territorio*. Etrurianatura anno IV: 19-30.

Del Hoyo J., Elliott A. & Sargatal J. eds. (2001) – *Handbook of the Birds of the World. Vol. 6. Mousebirds to Hornbills*. Lynx Edicions, Barcelona.

Fry C.H. (1984) – *The Bee-eaters*. T & AD Poyser, Calton.

Hanski I. (1999) – *Metapopulation ecology*. Oxford University Press.

Heneberg P. & Simecek K. (2004) – *Nesting of European bee-eaters (Merops apiaster) in Central Europe depends on the soil characteristics of nest sites*. Biologia, 59 (2), 205-211.

Inglisa M. & Vigna Taglianti A. (1989) – *Una complessa strategia adattativa : i nidi intercomunicanti del Gruccione (*Merops apiaster*)*. In: SROPU – Atti V Convegno Italiano Ornitologia. Suppl. Ric. Biol. Selvaggina XVII: 101-105.

Mancuso C. & Ceruso A. (1997) – *Il Gruccione* Merops apiaster *in Provincia di Salerno*. Gli Uccelli d'Italia, XXII: 39-44.

Pavarani E. (2001) - *Indagine sul disturbo antropico nei confronti del Gruccione* Merops apiaster. In: Dominici M. & Mora F. (a cura di) – Ricerche naturalistiche nel Parco dello Stirone. Regione Emilia Romagna, Parco Fluviale Regionale dello Stirone. Tipolitografica Salsese, Salsomaggiore Terme, pp. 82-85.

Savi P. (1827-1831) – *Ornitologia Toscana. 1(1827); 2(1830); 3(1831)*. Nistri, Pisa.

Spegnesi M. & Serra L. (2003) – *Uccelli d'Italia*. Quaderni Conservazione Natura 16, Ministero Ambiente, INFS.

Tellini Florenzano G., Arcamone E., Baccetti N., Meschini E. & Sposimo P. (1997) - *Atlante degli uccelli nidificanti e svernanti in Toscana (1982-1992)*. Quad. Mus. Stor. Nat. Livorno – Monografie, 1.

Tralongo S. & Finozzi M. (2004) – *Il Gruccione* Merops apiaster *nel Parco dello Stirone*. Regione Emilia Romagna, Parco Fluviale Regionale dello Stirone. Tipolitografica Salsese, Salsomaggiore Terme.

Meteoriti antartiche: un laboratorio naturale per lo studio dell'origine e dell'evoluzione del Sistema Solare

Luigi Folco
Università degli Studi di Siena, Museo Nazionale dell'Antartide, Via Laterina 8 – 53100 Siena.

Le meteoriti sono rocce extraterrestri catturate dal campo gravitazionale della Terra, le quali ne raggiungono la superficie sopravvivendo ai processi di fusione che avvengono per riscaldamento da attrito con l'atmosfera. *Oggetto di venerazione e patrimonio dell'immaginario dell'uomo fino al XVIII secolo, le meteoriti sono per la scienza moderna un laboratorio naturale per lo studio dell'origine e dell'evoluzione del Sistema Solare. Il loro studio, infatti, fornisce una prospettiva unica per la definizione dei meccanismi attraverso i quali si è passati in 4,6 miliardi di anni dalla condensazione della nebulosa solare all'attuale organizzazione in pianeti, asteroidi e comete in orbita intorno al Sole. Con oltre 30.000 esemplari di meteoriti rinvenuti in soli 40 anni di ricerche, l'Antartide rappresenta l'Eldorado per gli studiosi di scienze planetarie.*

Antartide: un giacimento di meteoriti

L'analisi in laboratorio delle proprietà chimiche, fisiche e strutturali delle meteoriti - frammenti di asteroidi, comete e pianeti (Scheda 1) - fornisce informazioni uniche sui 4,6 miliardi di anni di storia del Sistema Solare (McSween, 1999; Zanda & Rotaru, 1996). A titolo di esempio, le meteoriti condritiche, frammenti di asteroidi primitivi che non hanno subito sostanziali modificazioni dalla nascita del sistema solare, ci offrono l'opportunità di esplorare le sorgenti astrofisiche delle polveri interstellari, di determinare la composizione della materia originaria del sistema solare (nota in letteratura come "materia primordiale" o *cosmic abundance* o *solar abundance*) e di studiare le fasi di condensazione della nebulosa solare primitiva ed i successivi meccanismi di accrezione dei pianeti. Lo studio delle acondriti, delle mesosideriti, delle pallasiti e delle meteoriti metalliche, frammenti di asteroidi più evoluti, ha consentito di formulare ipotesi sui successivi processi di riscaldamento e differenziazione magmatica in nucleo, mantello e crosta. Altro esempio è fornito dai risultati delle analisi petrografiche, geochimiche e geochimico-isotopiche delle meteoriti lunari che, unitamente ai campioni recuperati dalle missioni spaziali Luna ed Apollo tra il 1969 e il 1976, ci hanno reso familiari concetti geologici grandiosi come gli oceani magmatici, ovvero scenari a scala planetaria che avrebbero caratterizzato le prime centinaia di milioni di anni della storia geologica di tutti i pianeti rocciosi e dei loro satelliti. E ancora, le rare meteoriti provenienti dalla superfici di Marte ci offrono l'opportunità non solo di studiare le caratteristiche litologiche, idrologiche ed atmosferiche del pianeta che più di tutti gli altri assomiglia alla Terra, ma anche di esplorare la possibilità di vita extraterrestre come ipotizzato nel 1996 sulla base del rinvenimento di microstrutture simili a cellule nanobatteriche all'interno della meteorite antartica Allan Hills 84001. Recenti studi, infine, sostengono la parentela tra comete e polveri cosmiche (Maurette, 2006). Sarà quindi lo studio di queste particelle di dimensioni micrometriche, unitamente ai campioni raccolti *in situ* sulla cometa WILD II dalla missione STARDUST (1996-2006), a migliorare la nostra conoscenza sulla natura di questi affascinanti corpi celesti che, secondo alcune teorie (Gounelle *et al*., 2005), avrebbero portato acqua e materia organica sulla Terra dalle regioni più esterne del Sistema Solare.

Le calotte glaciali dell'Antartide hanno aperto una nuova frontiera nello studio dell'origine del

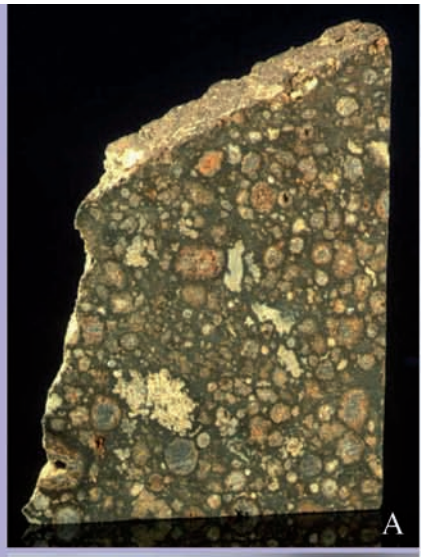
Scheda 1. Cosa sono le meteoriti

Origine: le meteoriti sono piccoli frammenti (diametri generalmente compresi tra 1 mm e 1 m) di asteroidi, pianeti e comete catturate dal campo gravitazionale della Terra, che raggiungono la sua superficie sopravvivendo ai processi di ablazione (fusione e sublimazione) che avvengono al passaggio nell'atmosfera. Il loro arrivo è annunciato da scie molto luminose seguite da forti boati. Solo molto raramente il loro impatto può essere esplosivo così da alterare il corso della storia della Terra. La massima parte delle meteoriti provengono dalla fascia degli asteroidi; sono però note con sicurezza anche meteoriti provenienti dalla Luna e da Marte. Il loro studio permette di esplorare l'origine e la evoluzione del Sistema Solare.

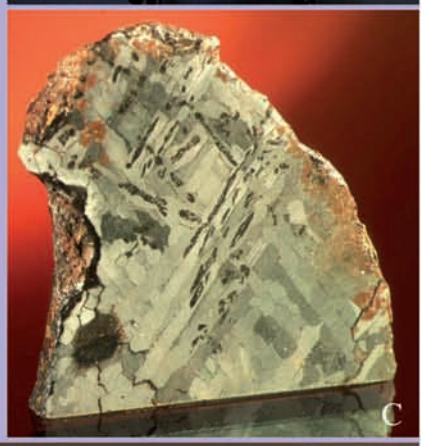
Età: le meteoriti sono gli oggetti più antichi esistenti sulla Terra. Tutte le meteoriti provenienti dagli asteroidi hanno circa 4,6 miliardi di anni di età. Le meteoriti lunari e marziane sono relativamente più giovani, con età fino ad alcune centinaia di milioni di anni.

Composizione: la massima parte delle meteoriti è costituita principalmente da minerali silicatici, aggregati a formare un gran numero di sferule millimetriche (*condrule*) saldate tra loro; in questo caso, la meteorite prende il nome di *condrite* (A). Le condrule rappresentano la fase iniziale di condensazione della materia che, 4,6 miliardi di anni fa, ha dato origine al Sistema Solare. Nel caso di assenza di condrule, si parla invece di *acondrite* (B); le acondriti rappresentano una ulteriore evoluzione della materia solare, legata a quei processi di differenziazione geochimica che accompagnano la formazione dei pianeti; le acondriti provengono quindi dagli asteroidi più grandi (p.e. Vesta) e dai corpi con caratteristiche terrestri (Luna e Marte). Circa l'84% delle meteoriti viste cadere appartiene alla famiglia delle condriti; l'8 % sono acondriti a camposizione silicatica. Le restanti meteoriti (anche esse differenziate) sono costutuite da leghe metalliche di ferro e nichel (*sideriti*, 7% del totale) (C), o sono costituite da una associazione di metalli e minerali silicatici (*sideroliti*; 7% del totale) (D). La superficie lucidata e aggredita con soluzione acida della maggior parte delle sideriti mostra le figure di Widmastätten (C), alternanze di lamelle di spessore millimetrico di taenite e kamacite lungo piani di ottaedro. D) Le sideroliti della classe delle pallasiti sono caratterizzate da spettacolari cristalli centimetrici di olivina gialla immersi in una ganga di lega metallica di Fe-Ni.

Analoghi terrestri: mentre non esistono rocce terrestri paragonabili alle condriti, le acondriti hanno caratteristiche simili a quelle dei basalti (B) e delle peridotiti che formano crosta e mantello terrestre; le sideriti sono probabilmente analoghe alle rocce che formano il nucleo della Terra, mentre le sideroliti trovano la loro corripondenza nelle zone di transizione tra nucleo e mantello terrestre. Proprio dallo studio delle meteoriti sono emerse le prime ipotesi sulla struttura interna del pianeta Terra.


A

B


C

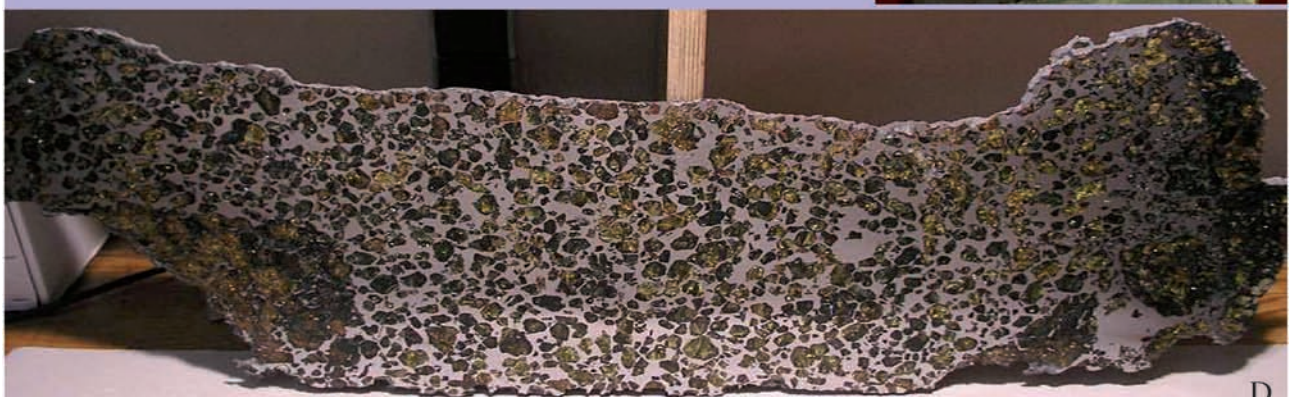

D

Fig. 1 - Una meteorite (DEW 03001, condrite, 700 g) rinvenuta nell'area di ghiaccio blu di Mount DeWitt (77° 12' S – 159° 50' E).

Sistema Solare, in quanto terreno privilegiato per la raccolta di meteoriti (Fig. 1). Recenti spedizioni sull'altopiano antartico hanno scoperto straordinari accumuli di meteoriti, giacimenti di materia extraterrestre di inestimabile valore scientifico ed accessibili a costi contenuti se paragonati a quelli delle missioni spaziali. Il grande progresso della conoscenza del Sistema Solare cui si è assistito negli ultimi cinquant'anni è dovuto all'efficace sinergia tra l'osservazione astronomica, l'esplorazione spaziale e lo studio delle meteoriti, ivi incluso le migliaia di esemplari della collezione antartica, che è di gran lunga la più rappresentativa della materia extraterrestre presente nel Sistema Solare.

La scoperta

Le meteoriti sono state parte della storia dell'Antartide sin dal periodo eroico della sua esplorazione agli albori del XX secolo (Harvey, 2003). I primi ritrovamenti furono del tutto incidentali. La prima meteorite antartica, denominata Adelie Land, fu trovata nel 1912 da un membro della spezione geologica australiana di Douglas Mawson, che era alla volta del polo magnetico. Le meteoriti Lazarev, Neptune Mountains e Thiel Mountains vennero trovate durante le campagne geofisiche che seguirono l'Anno Geofisico Internazionale del 1957-58.

La storia delle meteoriti antartiche diviene straordinaria nel 1969, allorché un gruppo di glaciologi giapponesi rinvenne casualmente 9 pietre scure in una piccola area di ghiaccio blu dei Monti Yamato. La presenza di crosta di fusione, pellicola di colore nerastro che si forma per riscaldamento da attrito nell'attraversamento dell'atmosfera terrestre (Fig. 1), indicava trattarsi di meteoriti. Le successive analisi di laboratorio rivelarono che le 9 meteoriti appartenevano a ben 5 classi distinte cadute in tempi e luoghi diversi dell'Antartide, indicando perciò la presenza di meccanismi di concentrazione nei ghiacciai antartici.

A questa scoperta seguirono numerose spedizioni di ricerca da programmi nazionali giapponesi, americani, cinesi e, dal 1990, anche italiani (Scheda 2), le quali hanno portato alla localizzazione di numerose aree di concentrazione ed al rinvenimento di oltre 30.000 campioni. Anche ammettendo (per la possibilità che più frammenti appartengano alla stessa caduta) che questi 30.000 frammenti rappresentino non più di 3.000 meteoriti distinte, il risultato è paragonabile alle meteoriti raccolte altrove in tutto il mondo ed in tutti i tempi.

Il meccanismo di concentrazione

Lo straordinario numero di ritrovamenti di meteoriti in Antartide, che è sicuramente facilitato dall'evidente contrasto cromatico tra la crosta di fusione (Fig. 1) e la superficie del ghiaccio, non dipende da una maggiore frequenza di cadute. Nell'immenso ghiacciaio della calotta polare antartica agiscono invece meccanismi di concen-

Fig. 2 - Una panoramica di alcune aree di ghiaccio blu nella zona degli Outback Nunataks in Terra Vittoria settentrionale (72° 45' S – 160° 30' E).

Foto di gruppo dei ricercatori italiani durante le ricerca di meteoriti presso Frontier Mountain, 72°59'S - 160° 30' E

Scheda 2. La ricerca italiana

A caccia di meteoriti: a partire dal 1990, i ricercatori italiani del *Programma Nazionale delle Ricerche in Antartide* (PNRA) hanno intrapreso sette spedizioni per la ricerca di meteoriti nelle aree di ghiaccio blu dell'altopiano polare della Terra Vittoria. Le ricerche hanno portato al rinvenimento di oltre 700 esemplari di meteoriti, oggi custodite presso il Museo Nazionale dell'Antartide (vedi Scheda 3).

"Trappole per meteoriti": la grande produttività di meteoriti dell'Antartide è dovuta a meccanismi di concentrazione ad opera della dinamica della calotta glaciale. Secondo alcuni modelli, le meteoriti che cadono sullo sconfinato altopiano polare verrebero concentrate dal flusso glaciale in aree di ghiaccio blu non più vaste di poche decine o centinaia di km^2, dette "trappole per meteoriti". Studi di dinamica glaciale della trappola di Frontier Mountain, Terra Vittoria, sono in corso per verificare questi modelli.

Le meteoriti e la formazione dei pianeti: meteoriti condritiche, acondritiche e metalliche sono oggetto di studi mineralogici, geochimici e isotopici principalmente per approfondire le conoscenze sui meccanismi di accrezione degli asteroidi e dei pianeti rocciosi avvenuti 4,6 miliardi di anni fa, agli albori del Sistema Solare, i successivi processi di differenzazione magmtica in nucleo, mantello e crosta.

Un nuovo giacimento di micrometeoriti: le micrometeoriti recentemente scoperte da ricercatori italiani e francesi sulle cime delle Montagne Transantartiche sono oggetto di studi mineralogici e geochimici con lo scopo di identificare il loro corpo genitore (asteroidale e/o cometario). Inoltre sono in corso studi per definire il loro flusso per definire l'apporto della materia extraterrestre alla chimica globale della Terra.

Sulle tracce di un impatto catastrofico: i recercatori italiani, che hanno scoperto le microtektiti in Antartide, sono attualmente impegnati nella localizzazione del cratere da impatto che le avrebbe generate, il quale, verosimilmente, non è avvenuto in Antartide.

Dicembre 2003. Il campo italiano per la ricerca di meteoriti presso Johannessen Nunataks

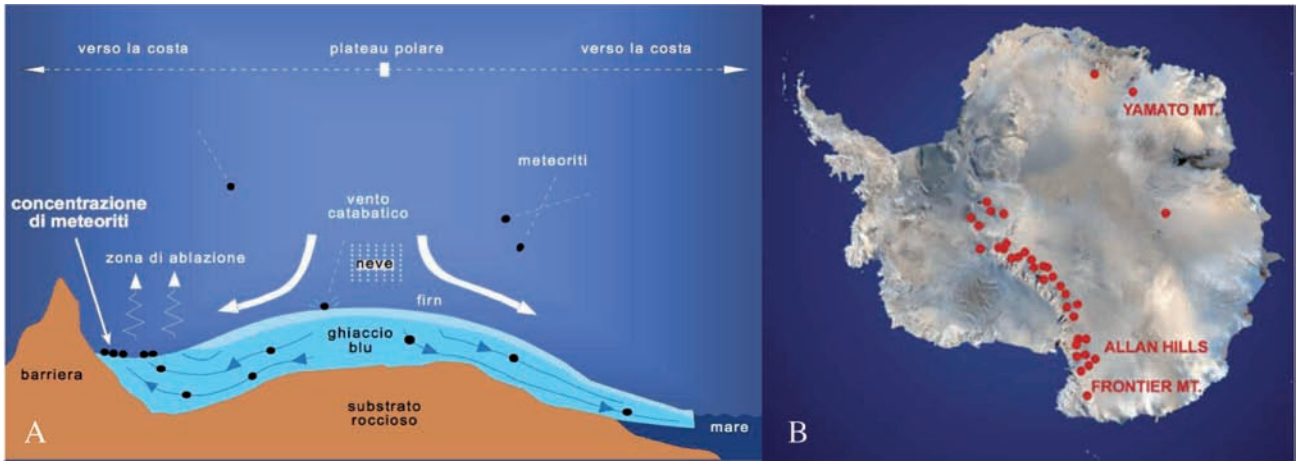


Fig. 3 - A) Sezione schematica del continente antartico che mostra il meccanismo glaciologico producente le concentrazioni di meteoriti nelle aree di ghiaccio blu dell'altopiano polare (vedi il testo per la spiegazione). B) Mosaico di immagini satellitari (falsi colori) dell'Antartide ove sono indicate le principali aree di concentrazione di meteoriti (pallini rossi).

trazione, i quali trasportano in zone ristrette le meteoriti cadute anche centinaia di migliaia di anni fa sui vasti bacini di alimentazione glaciale.

Le zone di concentrazione, chiamate "trappole per meteoriti" (Cassidy *et al.*, 1992), sono aree di ghiaccio blu alla base dei *nunataks* (montagne emergenti dalla calotta: Fig. 2). Sono caratterizzate da alta ablazione (erosione dovuta principalmente alla sublimazione del ghiaccio durante l'irraggiamento solare nel periodo estivo) e da assenza di movimenti orizzontali del ghiaccio, qui impediti dall'ostacolo montuoso. Il ghiaccio perduto per erosione ne richiama di nuovo dal bacino di alimentazione glaciale e col tempo il materiale solido trasportato si concentra sulla superficie di erosione: frammenti di roccia strappati dal basamento roccioso e meteoriti cadute dal cielo (Fig. 3).

La concentrazione è favorita dal clima polare: le basse temperature e l'assenza d'acqua rallentano notevolmente i processi di degradazione (alterazione) e disgregazione delle meteoriti. Mentre una meteorite in climi temperati sopravvive poche decine di migliaia di anni, nel freddo asciutto dell'Antartide si arriva al milione di anni (Jull, 2001). Ciò è verificato da datazioni isotopiche della "età terrestre della meteorite" (ovvero del tempo passato dalla caduta), basate sul contenuto in isotopi quali ^{14}C, ^{41}Ca, ^{81}Kr, ^{36}Cl, ^{26}Al e ^{10}Be, la cui produzione ad opera della radiazione cosmica cessa con l'ingresso nell'atmosfera terrestre.

La maggior parte delle trappole per meteoriti è allineata lungo le Montagne Transantartiche (Fig. 3), ostacolo al flusso del ghiaccio verso il mare, poste a poche centinaia di chilometri dalla costa e dalle stazioni scientifiche più accessibili.

La loro individuazione segue fasi successive: studio di foto aeree ed immagini satellitari che mostrano la distribuzione del ghiaccio blu; scelta dei siti possibili; ricognizione preliminare con elicottero; campagne di raccolta in aree ristrette; misure delle condizioni della trappola (venti dominanti, ablazione del ghiaccio, dinamica del ghiacciaio, andamento del basamento roccioso).

Le campagne di raccolta

La campagna di raccolta è il momento più appariscente del lungo lavoro che precede e segue la spedizione. È effettuata da gruppi limitati di esperti e guide alpine (4-10 persone), dotati del necessario (tende, viveri, combustibile, motoslitte) per operare in sicurezza nella breve estate antartica (generalmente, dicembre-gennaio), con temperature medie di -20 °C e venti di 20-40 nodi per periodi di 4-5 settimane. Alla prima spedizione italiana a Frontier Mountain (1990-91) presero parte tre ricercatori ed una guida alpina: in un mese raccolsero 250 meteoriti.

La ricerca di meteoriti si svolge in motoslitta rastrellando le aree di ghiaccio blu secondo maglie ragionate sulla base della direzione del flusso glaciale e del vento, che può spostare

Fig. 4 - A) Il ritrovamento della meteorite MIB 01001 presso Miller Butte (72° 42' S – 160° 15' E). B) Ricerche sistematiche di meteoriti con motoslitte nell'area di ghiaccio blu di Johannessen Nunataks (72° 52' S – 161° 11° E). C). Una fase della ricerca presso Mount Koons (72° 43' S – 160° 22' E). D) Immagine satellitare (LANDSAT TM) dell'area di ghiaccio blu di Frontier Mountain con indicata la distribuzione delle meteoriti (pallini rossi). La concentrazione di meteoriti si forma al termine di un flusso glaciale proveniente dal *plateau* polare ostacolato dal basamento roccioso (per dettagli, vedi Folco *et al*., 2000, 2006).

frammenti anche di 100 grammi sulla superficie di ghiaccio e generare locali concentrazioni (Fig. 4). Laddove vi siano dense concentrazioni, come nell'accumulo eolico di Frontier Mountain dove si può trovare anche un frammento ogni metro quadrato, si procede a piedi restringendo le maglie. Ad esempio durante la campagna italiana del 2003-2004 furono trovate 170 meteoriti dopo aver percorso 1200 km in motoslitta, coprendo circa 40 km^2 di ghiaccio blu.

La raccolta segue un attento protocollo: assegnazione del nome (che, per le meteoriti antartiche, è costituito non solo dal toponimo della località di ritrovamento, spesso abbreviato come avviene per tutte le meteoriti, ma anche da un numero a cinque cifre che indichi l'anno ed un numero progressivo: ad esempio MIB 03002 è il nome della seconda meteorite trovata nel 2003 a Miller Butte), posizionamento GPS, foto del campione, breve descrizione dei caratteri macroscopici e classificazione preliminare (recentemente sono entrati in uso metodi geofisici rapidi e non distruttivi come la classificazione magnetica: Folco *et al*. 2006). Per minimizzare la contaminazione chimica e l'innesco di alterazione, queste preziose rocce extraterrestri vengono manipolate con pinze e conservate fino al loro arrivo in laboratorio in buste di materiale inerte a -20 °C.

Come definito dallo *Scientific Committee for Antarctic Reasearch* (SCAR), tutti i reperti antartici di qualsivoglia natura, ivi incluso le meteoriti, rappresentano un patrimonio scientifico per l'umanità; pertanto i programmi nazionali coinvolti nelle ricerche di meteoriti si prendono l'onere di classificare i reperti, conservarli e metterli a disposizione della comunità scientifica mondiale (Scheda 3) per studi sull'origine e sull'evoluzione del Sistema Solare. Gli obiettivi delle ricerche scientifiche di dettaglio sono molteplici e generalmente mirano alla determinazione dell'età di caduta sulla Terra, dell'età di eiezione dal corpo celeste progenitore e dell'età e meccanismo di formazione, oltreché a verificare la presenza di eventuali tracce di materia organica, d'acqua e di altre condizioni necessarie alla sussistenza di possibile vita extraterrestre.

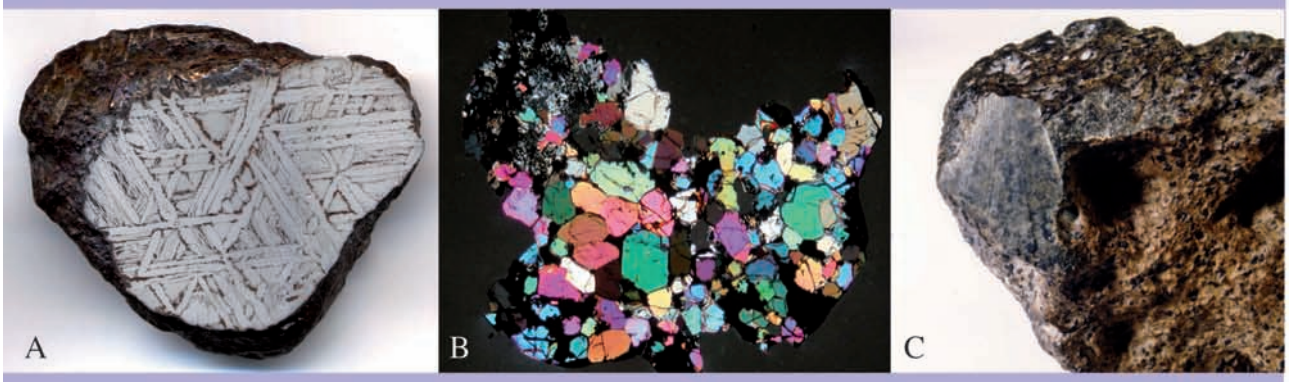
Scheda 3. La collezione di meteoriti del *Museo Nazionale dell'Antartide* (MNA)

Il Museo Nazionale dell'Antartide cura una delle più prestigiose collezioni di meteoriti al mondo. Oltre a 700 esemplari antartici, la collezione contiene 500 meteoriti provenienti da altre regioni del nostro pianeta, ivi incluso un frammento dello storico sciame meteoritico di Siena caduto presso Pienza nel 1794, e una meteorite di orgine marziana trovata nel deserto del Sahara. La collezione del museo è inoltre arricchita da migliaia di micrometeoriti provenienti dai giacimenti delle Montagne Transantartiche.

Più di 50 campioni di meteoriti e micrometeoriti vengono distribuiti ogni anno alla comunità scientifica mondiale per ricerche sull'origine ed evoluzione del sistema solare. In occasione di mostre temporanee, il Museo Nazionale dell'Antartide mette a disposizione di altri musei e scuole una selezione di esemplari di meteoriti, nell'ambito del suo programma di divulgazione scientifica. Il catalogo della collezione è accessibile on-line @ www.mna.it

La sezione di Scienze della Terra del Museo Nazionale dell'Antartide in Siena organizza visite guidate e seminari divulgativi sulle meteoriti e l'origine del Sistema Solare, nonchè su altre tematiche polari di grande attualità, ivi incluso la storia climatica della Terra e i cambiamenti climatici globali in atto.

scrivici: mna@unisi.it info: www.mna.it



Alcune meteoriti della collezione del Museo Nazionale dell'Antartide. A) Miller Butte 03002, siderite di 80 g trovata in Antartide. B) Frontier Mountain 03001, acondrite, trovata in Antartide (microfotografia di sezione sottile). C) Dettaglio della meteorite marziana Dar Al Gani 489, trovata nel deserto del Sahara.

Parte della zona espositiva del Museo Nazionale dell'Antartide in Siena dedicata alle meteoriti.

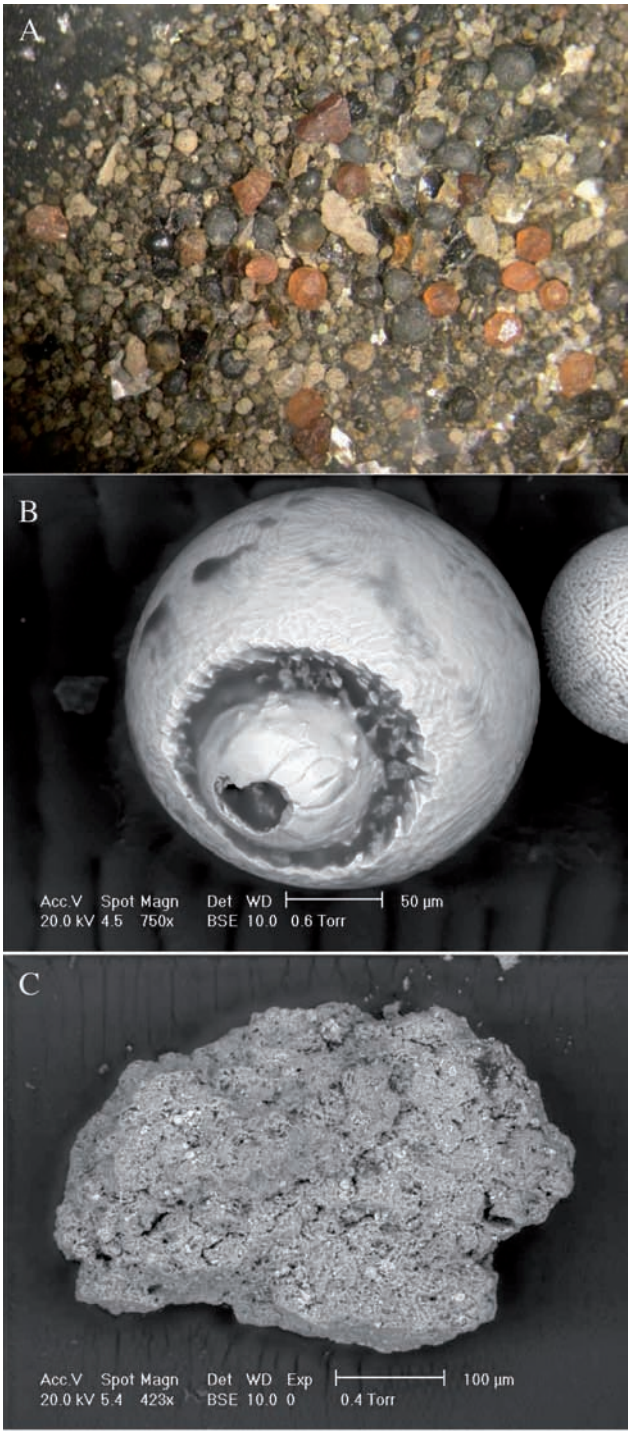


Fig. 5 - A) L'estratto magnetico del detrito di Timber Peak: tutte le sferule grigie sono cosmiche. B) Immagine al microscopio elettronico a scansione di una sferula cosmica. C) Immagine al microscopio elettronico a scansione di una micrometeorite.

Informazioni nuove

Grazie al grande numero di ritrovamenti, la collezione di meteoriti antartiche è di gran lunga la più rappresentativa raccolta di materia extraterrestre messa a disposizione dei laboratori. Nel grande numero, sono stati riconosciuti numerosi campioni rari o addirittura unici, il cui studio ha fornito nuove informazioni sull'origine e l'evoluzione del Sistema Solare.

Un primo esempio è dato da alcune meteoriti appartenenti al gruppo delle acondriti (Scheda 1). Sono rocce basaltiche che, assieme alle sideriti, hanno registrato i primi processi di differenziazione planetaria in nucleo, mantello e crosta, come accadde sulla Terra 4,5 miliardi di anni fa. È verosimile che molte acondriti non siano state individuate sul terreno di altri continenti, dal momento che assomigliano più di ogni altra meteorite alle rocce terrestri.

Altro esempio è dato dal ritrovamento di alcuni esemplari del suolo lunare e marziano. Lo studio della meteorite EETA 79001, trovata ad Elephant Moraine (Terra Vittoria) nel 1979, dimostrò che questa e simili meteoriti (Shergottites, Nakhlites, Chassignites) non potevano che provenire da Marte. ALH 84001, raccolta ad Allan Hills (Terra Vittoria) nel 1984, è l'unica meteorite che testimonia processi magmatici di 4 miliardi di anni fa su Marte.

Un importante contributo delle meteoriti antartiche alle scienze planetarie deriva dal fatto che le loro caratteristiche geochimiche originarie sono meglio preservate rispetto a quanto accade alle meteoriti cadute ad altre latitudini. Grazie infatti alle basse temperature del clima antartico ed alla pressoché totale assenza di acqua liquida, gli scambi chimici tra la meteorite e l'ambiente circostante sono notevolmente rallentati. L'analisi di migliaia di meteoriti antartiche ha così consentito di raccogliere un numero statisticamente significativo di dati geochimici non inficiati dai processi di alterazione causati dagli agenti atmosferici: il che ha costituito una base particolarmente solida per una più accurata lettura dei processi di formazione dei corpi celesti del Sistema Solare.

Micrometeoriti antartiche

La Terra, anno dopo anno, aumenta la sua massa ("ingrassa") grazie ad una pioggia continua di materia extraterrestre stimata tra le 10.000 e le 100.000 tonnellate all'anno (Maurette, 2006). La maggior parte di essa è catturata sotto forma di micrometeoriti, con dimensioni tra il millimetro ed i dieci micrometri. Alcune di esse, dette sferule cosmiche, fondono per impatto con

l'atmosfera terrestre, altre non fondono affatto e sono note col nome di micrometeoriti *s.s.* (Fig. 5). Si tratta in ogni caso di polveri interplanetarie, rilasciate principalmente da comete e da asteroidi.

Grazie alla limitata presenza di polveri terrestri, siano esse di origine naturale o antropica, ed a condizioni ambientali favorevoli ad una lunga conservazione nel tempo, la calotta glaciale antartica rappresenta un eccellente collettore di micrometeoriti. La raccolta è basata sulla fusione di grosse quantità di ghiaccio (tonnellate di ghiaccio fuso portano alla raccolta di migliaia di micrometeoriti), filtraggio dell'acqua e separazione delle varie frazioni granulometriche. Recenti ricerche condotte da scienziati italiani (del *Programma Nazionale delle Ricerche in Antartide*: PNRA) e francesi hanno individuato un nuovo tipo di giacimento di micrometeoriti su antiche superfici deglaciate delle Montagne Transantartiche (Fig. 6). Le micrometeoriti qui si trovano frammiste al detrito locale che si accumula nelle fratture delle rocce.

L'interesse scientifico principale per questa incessante pioggia di polveri cosmiche è che le micrometeoriti sono ricche in carbonio ed acqua (fino a 10% in peso). Lo studio del loro flusso nel tempo è quindi di grande importanza per comprendere l'apporto della materia extraterrestre alla chimica globale della Terra ed il suo possibile contributo allo sviluppo della vita sul nostro pianeta.

Microtektiti antartiche

Le trappole per micrometeoriti recentemente scoperte dai ricercatori del PNRA (Fig. 6) sono straordinari collettori del particolato solido che piove dal cielo: accanto a migliaia di micrometeoriti, infatti, sono state trovate anche centinaia di microtektiti (Fig. 7). Queste sono microscopiche sferule di vetro (Montanari & Koeberl, 2000) prodotte dagli impatti catastrofici di asteroidi o comete che colpiscono la Terra (fortunamente, con frequenze di circa 1 impatto per milione di

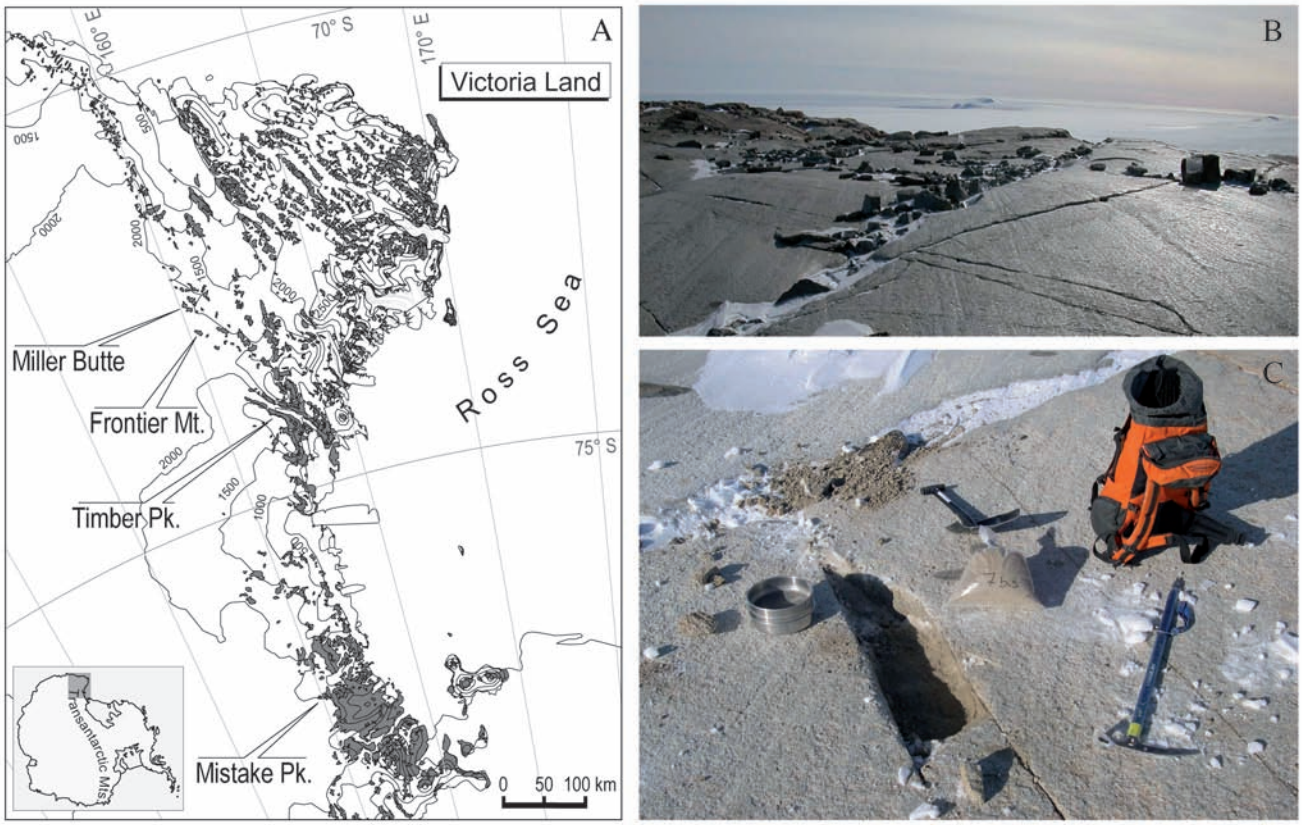


Fig. 6 - A) Carta schematica della Terra Vittoria, Antartide, con indicate le cime delle montagne sulle quali sono state trovate concentrazioni di micrometeoriti e microtektiti. B) Superficie di erosione glaciale alla sommità di un *nunatak* presso Timber Peak ove sono stati effettuati i ritrovamenti. C) Un giunto della stessa superficie da cui è stato campionato il detrito locale contenente micrometeoriti e microtektiti.

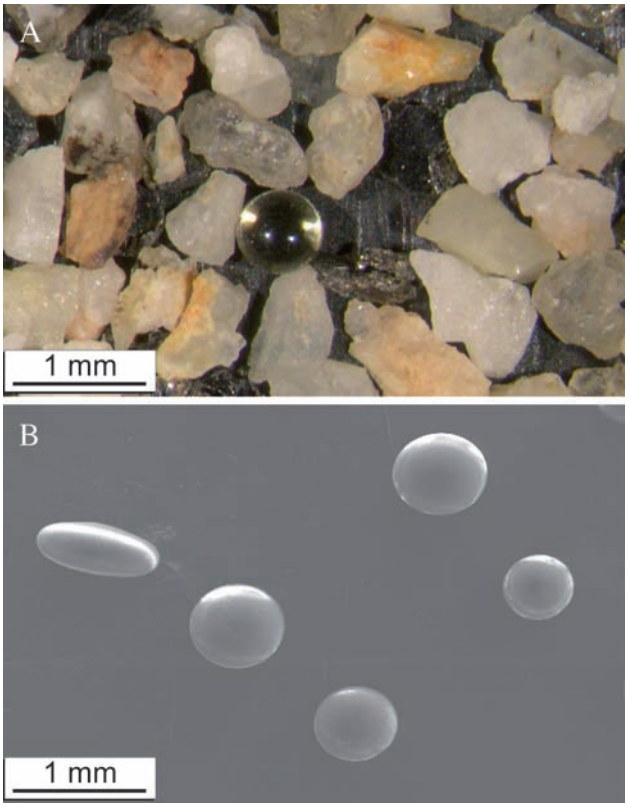


Fig. 7 - A) Immagine ottenuta allo stereomicroscopio di una microtektite antartica (la sferula giallina, trasparente e lucida al centro del fotogramma) assieme al detrito in cui è stata trovata. B) Immagine al microscopio elettronico a scansione di un gruppo di microtektiti. Alcuni rari esempi hanno forme oblate.

anni, o inferiori). Più in particolare, esse si formano dalla solidificazione dei grossi volumi di crosta terrestre fusa dalle altissime energie associate all'impatto, i quali vengono scagliati a distanze di migliaia di chilometri (a titolo di esempio, le microtektiti associate all'impatto che 65 milioni di anni fa devastò il nostro pianeta causando l'estinzione dei grandi rettili e l'affermarsi dei mammiferi hanno una distribuzione globale). Secondo studi in corso (Folco *et al.*, 2008), le microtektiti antartiche rappresenterebbe un'unica popolazione, generata da un impatto catastrofico avvenuto nel Quaternario (ultimi 1,8 milioni di anni). È quindi verosimile che l'impatto non sia avvenuto in Antartide, perchè se così fosse stato la calotta glaciale antartica, formatasi circa 14 milioni di anni fa, sarebbe stata catastroficamente destabilizzata con conseguenze climatiche globali delle quali, al momento, non vi è traccia. La ricerca dell'immediato futuro è quindi focalizzata sulla localizzazione di un cratere da impatto, sicuramente di decine di chilometri di diametro, a latitudini più basse.

Testi citati

Cassidy W., Harvey R., Shutt J., Delisle G. & Yanai K. (1992) – *The meteorite collection sites of Antarctica*. Meteoritics, 27, 490-525.

Folco L., Capra A., Chiappini M., Frezzotti M., Mellini M. & Tabacco I. E. (2002) – *The Frontier Mountain meteorite trap (Antarctica)*. Meteoritics and Planetary Science, 37, 209-228.

Folco L., Welten K.C., Jull A.J.T., Nishiizumi K. & Zeoli A. (2006) – *Meteorites constrain the age of the Frontier Mountain blue ice field (northern Victoria Land)*. Earth and Planetary Science Letters, 248, 209-216.

Folco L., Rochette P., Gattacceca J. & Perchiazzi N. (2006) – *In situ identification, pairing and classification of meteorites from Antarctica by magnetic methods*. Meteoritics and Planetary Sciences, 41, 343–353.

Folco L., Rochette P., Perchiazzi N., D'Orazio M., Laurenzi M. & Tiepolo M. (2008) – *Microtektites from northern Victoria Land Transantarctic Mountains*. Geology, 36, 291-294.

Gounelle M., Engrand C., Alard O., Bland P.A., Zolensky M.E., Russell S.S. & Duprat J. (2005) – *Hydrogen isotopic composition of water from fossil micrometeorites in howardites*. Geochimica et Cosmochimica Acta 69, 3431-3443.

Harvey R. P. (2003) – *The origin and significance of Antarctic meteorites*, Chemie der Erde, 63, 93-147.

Jull A.J.T. (2001) – *Terrestrial ages of meteorites*. In: *Accretion of extraterrestrial matter through Earth's history* (Peucker-Ehrenbrink B. & Schmitz B. eds), 241-266, Kluwer Academic/Plenum Publisher.

Maurette M. (2006) – *Micrometeorites and the mysteries of our origins*. Springer, Dordrecht.

McSween H.Y., Jr. (1999) – *Meteorites and their parent planets*. 2 ed. Cambridge University Press, Cambridge.

Montanari A. & Koeberl C. (2000) – *Impact stratigraphy, the Italian record*. Springer, Dordrecht.

Zanda B. & Rotaru M. eds (1996) – *Les Météorites*. Muséum National d'Historie Naturelle. Bordas, Paris.

Zolensky M.E. (2005) – *Extraterrestrial water*. Elements 1, 39-44.

L'evoluzione degli Equidi: un ingarbugliato albero genealogico... dai rami scollegati

Roberto Fondi

Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze della Terra, Via Laterina 8 – 53100 Siena

"Le storie più sbagliate", scrive Stephen Jay Gould, "sono quelle che pensiamo di conoscere meglio: per questo non le esaminiamo a fondo e non le mettiamo in dubbio. Chiedete a qualcuno di citare la più familiare fra tutte le serie evolutive e quasi sicuramente vi risponderà: 'Quella del cavallo, naturalmente'. L'ideale ippodromo filetico in cui corrono i nostri cavalli, dal piccolo protocavallo digitigrado denominato in termini tecnici Hyracotherium *ai grandi unguligradi come il clydesdale, che conduce il carretto della Budweiser, oppure come Man O'War che saetta lungo la pista, è senz'altro il più diffuso di tutti gli esempi evolutivi. Non è forse vero che lungo le pareti o al centro della sala principale di tutti i più importanti musei sono esposte serie lineari di scheletri che illustrano trionfanti tendenze evolutive? (…) Certo, se il nostro scopo è solo quello di unire punti, possiamo tracciare una genealogia corretta, connettendo il punto in cui si trova l'*Hyracotherium *con quello del moderno* Equus. *Ma questa visione è molto limitata e fuorviante. La linea evolutiva dall'*Hyracotherium *all'*Equus *rappresenta solo un percorso attraverso un albero assai complesso, che negli ultimi cinquantacinque milioni di anni è andato crescendo e riducendosi secondo uno schema davvero complicato. Questo percorso particolare non può essere legittimamente interpretato come un riassunto di tutte le ramificazioni, come sommario di una storia più vasta, né come tendenza principale dell'evoluzione dei cavalli. È invece un piccolo esempio scelto fra la totalità per una sola ragione: l'*Equus *è l'unico genere vivente di cavalli, e perciò l'unico animale* moderno *che possa servire come punto finale di una serie."*

Il riesame accurato della storia dei cavalli, oggi corredata da una documentazione paleontologica insolitamente abbondante, si presta particolarmente bene a mettere in luce il vero volto del processo evolutivo. Questo non è affatto ciò che credevano i padri fondatori del pensiero evoluzionistico, ovvero un mero insieme di connessioni diacroniche a carattere semplicemente causale o deterministico-lineare. Il principale contributo della Paleontologia alle scienze della natura consiste nell'aver dimostrato non soltanto la realtà dell'evoluzione biologica, ma anche l'impossibilità di rappresentare quest'ultima tramite il modello canonico dell'albero genealogico.

Introduzione

Nell'ambito della classe dei Mammiferi, i cavalli intesi in senso lato sono raggruppati nella famiglia degli Equidi, a sua volta facente parte dell'ordine degli ungulati Perissodattili, il cui peso corporeo viene scaricato sulle dita mediane degli arti. La documentazione fossile dei cavalli ha sempre avuto un ruolo importante nello studio dell'evoluzione biologica: tanto che da oltre un secolo e mezzo gli specialisti la studiano facendo continuamente nuove scoperte, distinguendovi nuove specie, reinterpretandone i dati precedentemente acquisiti e, in generale, definendone sempre meglio le implicazioni anatomiche, ecologiche e storico-evolutive.

Nel tardo Ottocento gli Equidi divennero il principale gruppo di mammiferi di cui i paleontologi nordamericani si sforzarono di presentare la storia evolutiva come sequenza lineare di antenati e discendenti da forme comparse all'inizio dell'era Cenozoica all'unico genere, *Equus*, tuttora vivente. Un tale impegno era stimolato da almeno cinque ragioni concomitanti: 1) i cavalli rimanevano un mezzo di trasporto popolare ed ancora ampiamente diffuso; 2) la conquista del West aveva portato alla scoperta nei suoi territori di sequenze sedimentarie abbraccianti l'intero Cenozoico e particolar-

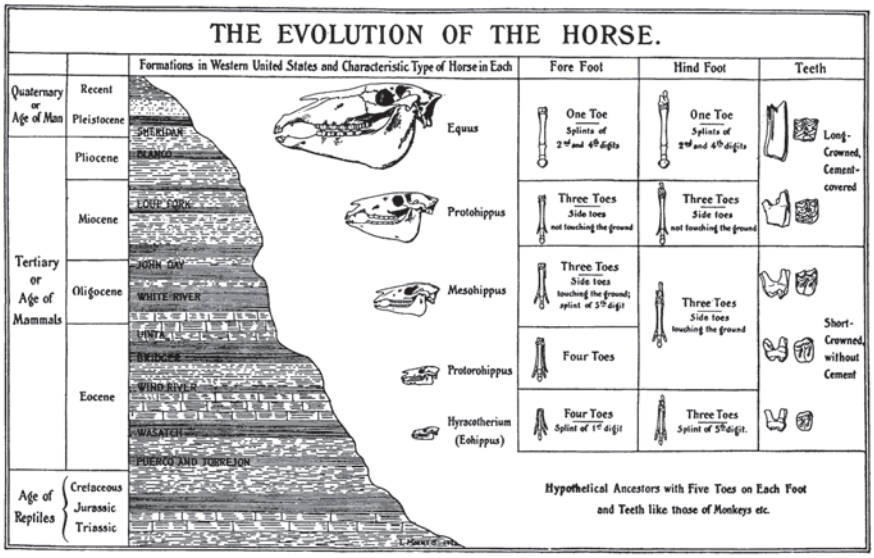


Fig. 1 - La celebre "linea diretta di successione" da *Hyracotherium* ad *Equus* proposta nel 1903 da William D. Matthew per l'American Museum of Natural History. Matthew precisava che esistevano anche altre ramificazioni laterali più o meno strettamente accostate a quella da lui messa in evidenza, ma che però avevano portato "a forme specializzate e aberranti di equidi ormai estinte".

mente ricche di fossili di questi animali; 3) i principali cambiamenti osservabili nelle successioni fossili di equidi – la crescita di taglia, il passaggio dei denti da bunodonti ad ipsodonti e la riduzione del numero delle dita – risultavano evidenti anche ai non specialisti; 4) tali cambiamenti potevano essere interpretati come progressivi in quanto descriventi forme sempre più specializzate ed adattate al grande mutamento in senso arido verificatosi nel Cenozoico, cioè il passaggio dalla foresta alla savana e alla prateria; 5) infine, il fatto che la maggior parte dell'evoluzione degli Equidi si fosse svolta nel Nordamerica anziché nel Vecchio Mondo aggiungeva al tutto una nota di orgoglio nazionalistico.

Per tutto il Novecento, il quadro evolutivo dei cavalli ha mostrato un duplice volto: mentre gli specialisti studiavano nuovi reperti e scoprivano una storia sempre più intricata, le esposizioni museali e gli scritti divulgativi resistevano al cambiamento e sacrificavano l'accuratezza alla semplicità. Gould (1996) fa notare che lo schema evolutivo degli equidi proposto nel 1903 da William Matthew in un opuscolo dell'American Museum of Natural History (Fig. 1), "negli anni Cinquanta (…) era ancora in vendita al negozio del museo, e da allora è stato continuamente riprodotto." Nel frattempo, comunque, la "linearità" degli alberi genealogici via via proposti dagli specialisti

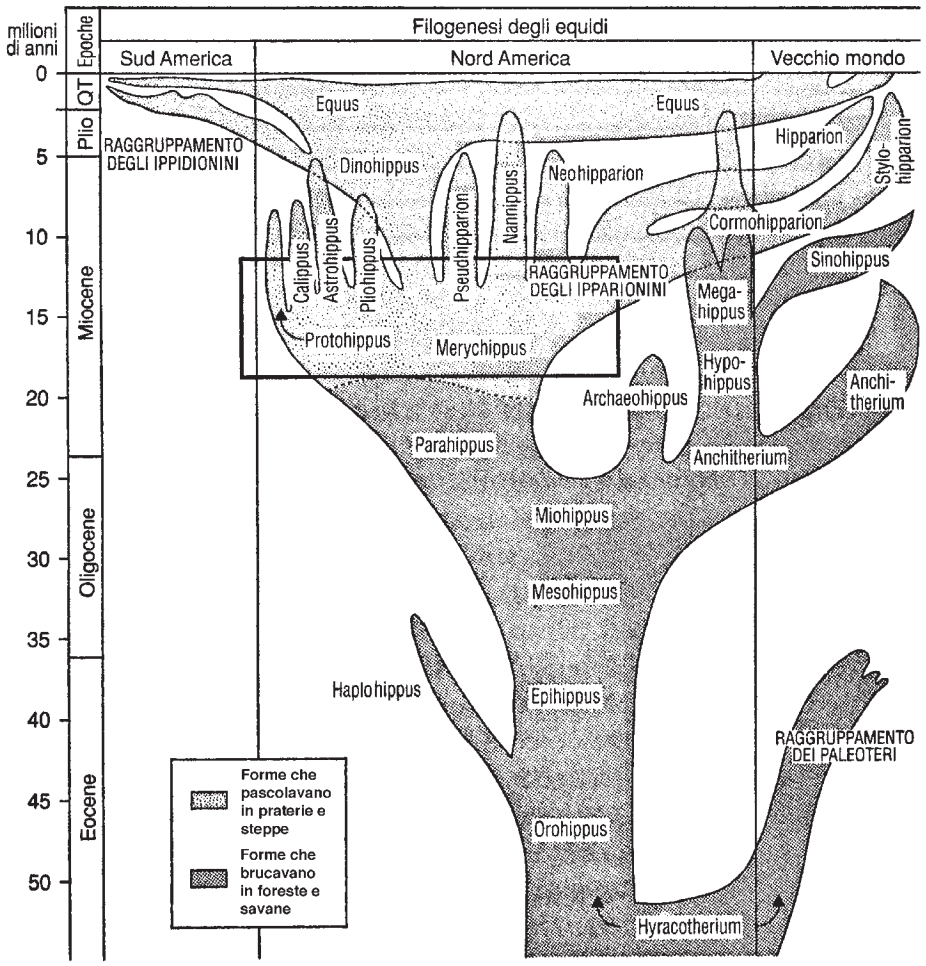


Fig. 2 - Schema evolutivo degli Equidi proposto nel 1992 da Bruce J. MacFadden. La porzione delimitata nel settore rettangolare, relativa alla grande diversificazione miocenica degli Equini, è analizzata in modo più dettagliato nelle figure 10 e 17.

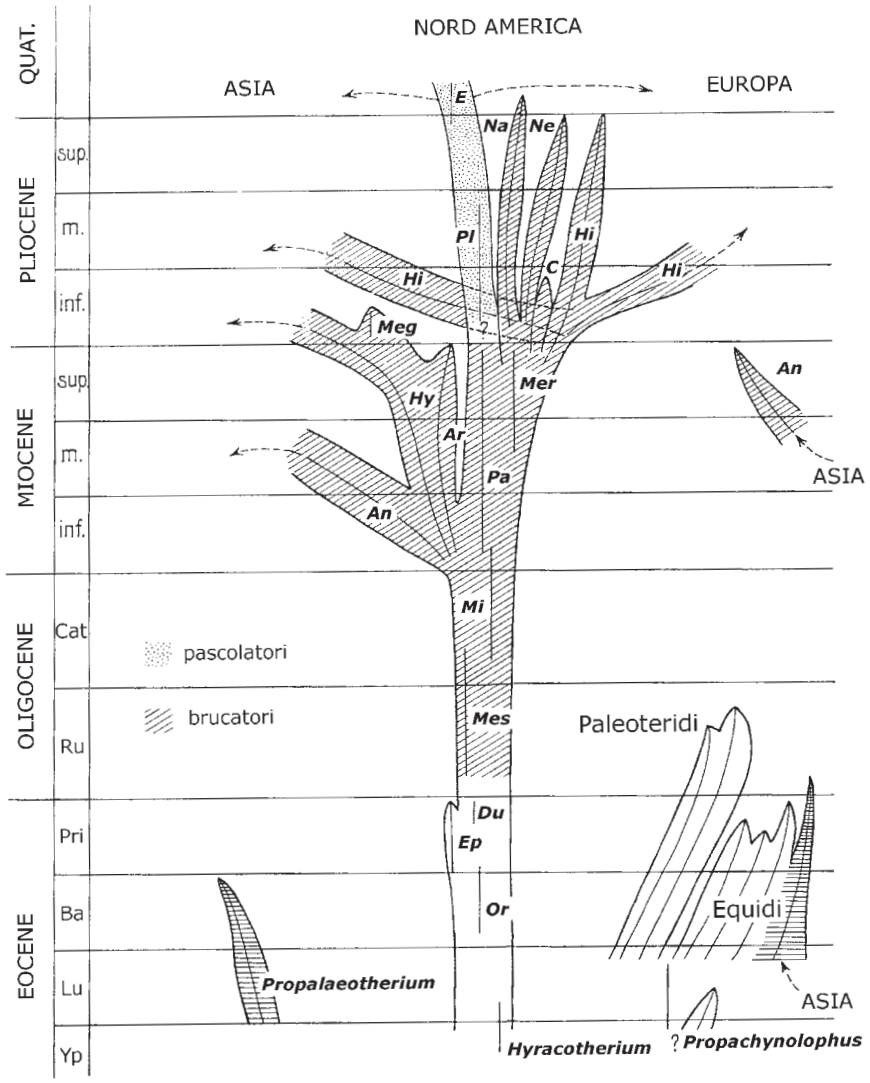


Fig. 3 - Schema evolutivo degli Equidi proposto nel 1978 da Jean Piveteau *et al.*. Dal basso verso l'alto: Or – *Orohippus*; Ep – *Epihippus*; Du – *Duchesnehippus*; Mes – *Mesohippus*; Mi – *Miohippus*; An – *Anchitherium*; Hy – *Hypohippus*; Ar – *Archaeohippus*; Pa – *Parahippus*; Mer – *Merychippus*; Meg – *Megahippus*; Hi – *Hipparion*; C – *Calippus*; Pl – *Pliohippus*; Na – *Nannippus*; Ne – *Neohipparion*; E – *Equus*.

(Gidley, 1907; Matthew, 1930; Stirton, 1940; Simpson, 1951; Quinn, 1955; Piveteau *et al.*, 1978; MacFadden, 1992) andava sempre più ingarbugliandosi.

L'attuale "stato dell'arte" della paleontologia evolutiva degli equidi sarà qui delineato tenendo presente non soltanto il più recente fra gli schemi riassuntivi finora proposti, dovuto a MacFadden (Fig. 2), ma anche quello di Piveteau *et al.* (Fig. 3), che sebbene sia più datato ha il pregio di mettere in evidenza tanto le *discontinuità* implicite ai vari generi succedutisi nel tempo, quanto le non poche forme coeve ad *Hyracotherium* – stranamente trascurate da MacFadden – che pure risultano aver vissuto in Eurasia durante l'Eocene.

Eocene inferiore-Oligocene medio: il cespuglio dei brucatori con arti anteriori tetradattili

Come molte altre famiglie di mammiferi, anche gli Equidi comparvero per la prima volta all'inizio dell'Eocene, ovvero intorno ai 57 milioni di anni fa. In quell'epoca la configurazione geografica del globo e l'assetto climatico generale erano notevolmente diversi da quelli odierni. Il paesaggio vegetale non includeva praterie o steppe e fino ai Circoli Polari consisteva essenzialmente di foreste e di savane. Il Nordamerica e l'Europa erano connessi fra loro tramite le isole canadesi settentrionali, la Groenlandia e la Scandinavia, e tale connessione consentiva un esteso interscambio di animali di terraferma fra i due continenti, con faune molto simili tra loro.

Tra queste faune trotterellava *Hyracotherium* (Fig. 4), un genere erbivoro brucatore dagli arti snelli e dalla taglia relativamente piccola (4-11 kg) che è stato suddiviso in un certo numero di specie unicamente sulla base di differenze di taglia e di particolari molto fini della dentatura. Nel Nordamerica, il giacimento di Costillo Pocket nel Colorado ha fornito a tutt'oggi 8 individui di una specie più piccola e 24 individui di una specie più grande, la quale ha rivelato un dimorfismo sessuale notevolmente più accentuato di quello degli equidi moderni (Fig. 5). Dati di natura paleobotanica fanno ritenere che questi piccoli e remoti predecessori degli equidi attuali vivessero non tanto in dense foreste umide, quanto piuttosto in foreste rade con arbusti e felci adattate a terreni relativamente asciutti.

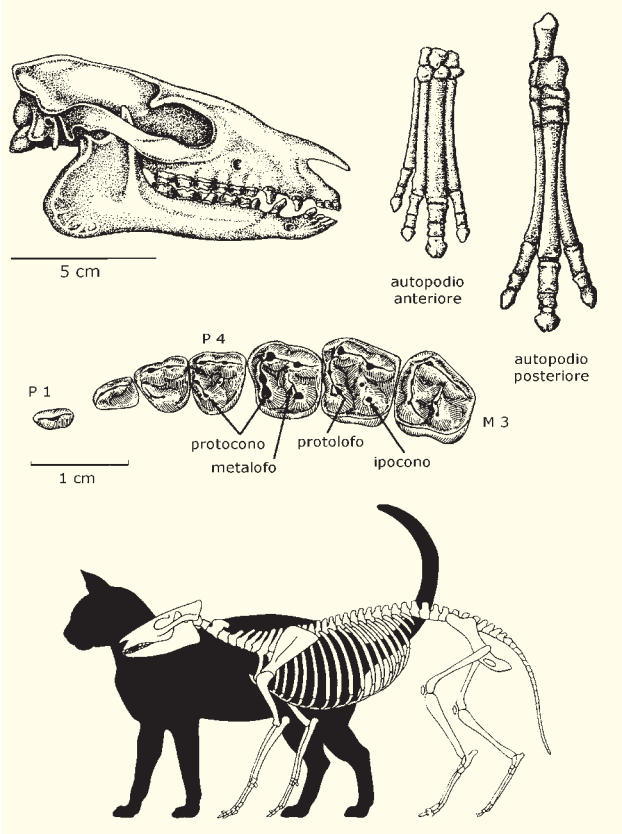


Fig. 4 - Equidi con autopodi anteriori tetradattili e posteriori tridattili dell'Eocene. In alto e al centro: cranio in norma laterale, autopodii e fila dentaria superiore (sono state annerite le parti di dentina messe allo scoperto dall'usura) di *Hyracotherium*. In basso: scheletro del più piccolo equide conosciuto, *H. sandrae* dell'Eocene inferiore del Wyoming, accanto alla *silhouette* di un gatto domestico di taglia media. Figure non in scala. Da Cope in Viret (1958) e da Gingerich in MacFadden (1992).

Molto abbondante nel Nordamerica, *Hyracotherium* sembra invece essere stato alquanto più recente e piuttosto raro in Europa, dove invece era diffusamente stanziato un genere ad esso convergente ma non identico, *Propachynolophus*, che è stato attribuito ad un'altra famiglia di Perissodattili vissuta esclusivamente in Europa dall'Eocene inferiore all'Oligocene medio: i Paleoteridi.

A partire dalla fine dell'Eocene inferiore, allorché il moto di deriva continentale iniziò a formare l'Atlantico settentrionale, l'Europa non soltanto cessò di mantenersi collegata con il Nordamerica, ma cominciò ad essere interessata da episodi di isolamento anche dall'Asia a causa di periodiche trasgressioni di un braccio marino epicontinentale non molto diverso dal Mare di Turgai del tardo Cretacico. Al medesimo tempo i climi, pur mantenendosi globalmente caldi, divennero sempre più stagionali, con stagioni asciutte ogni anno: il che darà luogo, nell'Oligocene e nel Miocene, ad un estendersi progressivo delle savane a detrimento delle foreste umide, le quali andranno sempre più a restringersi nella fascia equatoriale.

Nell'Eocene medio comparvero in Europa vari generi nuovi di brucatori con arto anteriore a quattro dita, dei quali uno soltanto, *Propalaeotherium*, estese il proprio areale di distribuzione fino all'Asia sud-orientale. Circa l'esatta collocazione sistematica di questi generi gli specialisti rimangono divisi: secondo alcuni essi sarebbero tutti da includere nei Paleoteridi, mentre secondo altri sarebbero da assegnare in parte a Paleoteridi (es.: *Palaeotherium*, *Plagiolophus*) ed in parte ad Equidi (es.: *Lophiotherium*, *Pachynolophus*, *Anchilophus*, *Propalaeotherium*). Esemplari particolarmente ben conservati di *Propalaeotherium* sono stati rinvenuti nei sedimenti lacustri a grana fine del lagerstätten tedesco di Grube Messel presso Francoforte, in associazione con contenuti gastrici testimonianti una dieta composta da foglie e germogli d'albero accompagnati in un reperto da chicchi d'uva. In ogni caso, malgrado non sempre sia agevole distinguere le due famiglie, *il fatto importante è che nell'Eocene medio-superiore vissero in Europa forme equoidee notevolmente differenti, molto più diversificate e talvolta anche nettamente più grosse (di taglia paragonabile a quella di un tapiro) delle loro contemporanee nordamericane*. Tutte queste forme, comunque, si estingueranno completamente fra l'Eocene superiore e l'Oligocene medio, mentre quelle del Nuovo Mondo proseguiranno nella loro evoluzione divenendo sempre

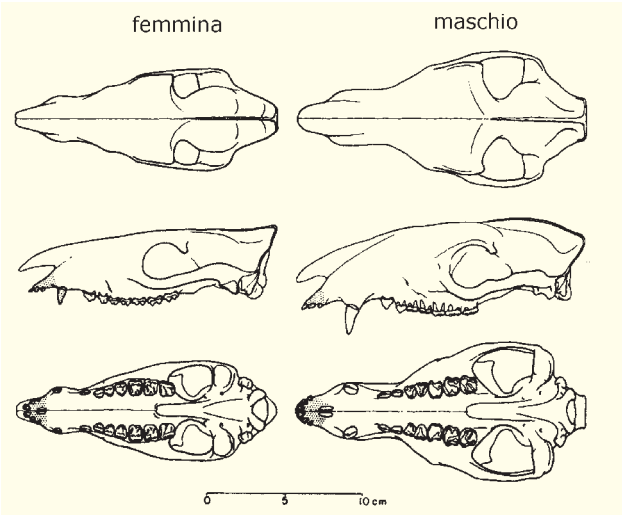


Fig. 5 - Il notevole dimorfismo sessuale esibito a livello craniale da *Hyracotherium tapirinum*, dell'Eocene inferiore del Colorado. Da Gingerich in MacFadden (1992).

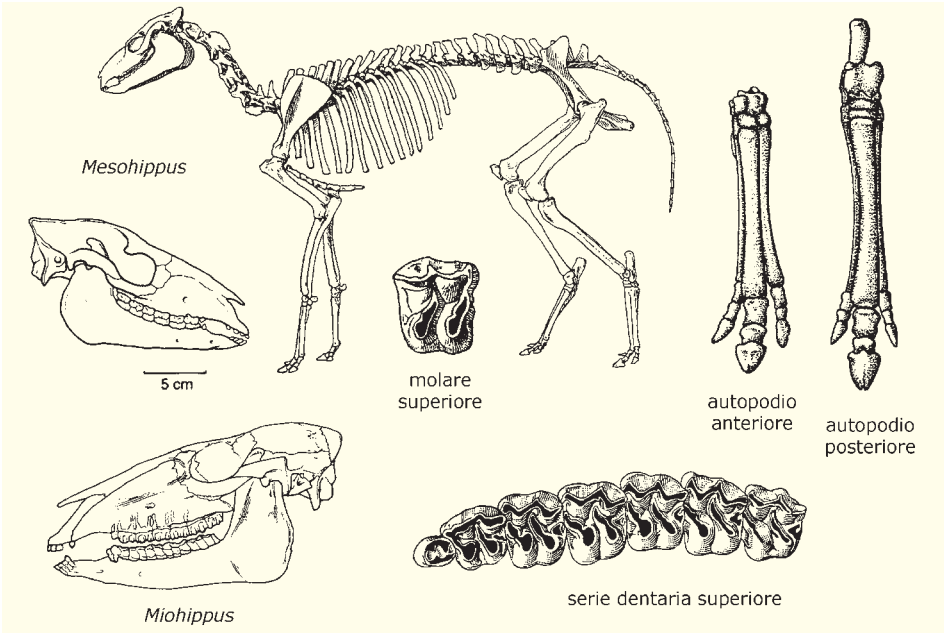


Fig. 6 - Equidi tridattili dell'Oligocene nordamericano. In alto a sinistra: cranio, scheletro completo e molare superiore di *Mesohippus*. In alto a destra e in basso: autopodii (notare i metapodii laterali completi), cranio e fila dentaria superiore di *Miohippus*. Nei denti di entrambi i generi sono state annerite le parti di dentina messe allo scoperto dall'usura. Figure non in scala. Da Scott e da Osborn in Viret (1958) e da Gregory e da Radinsky in Carroll (1988).

più idonee alla vita in ambienti aperti, dove assume un ruolo fondamentale la possibilità di effettuare lunghi spostamenti in maniera rapida.

Fino a tutto l'Eocene medio-superiore negli Equidi nordamericani non vi fu alcuna tendenza, nei confronti del più antico *Hyracotherium*, ad un incremento di taglia o a qualche novità significativa nella struttura degli arti, i soli cambiamenti essendosi verificati a livello della dentatura con la tendenza alla molarizzazione dei premolari. Le forme con uno e con due premolari molarizzati sono state assegnate rispettivamente ai generi *Orohippus* ed *Epihippus*, cui nell'Eocene superiore si aggiunse il leggermente diverso *Haplohippus*.

Eocene superiore-Oligocene superiore: il cespuglio dei brucatori tridattili a metapodi laterali completi

Improvvisamente, però, nell'Oligocene il Nordamerica venne popolato da due nuovi generi di Equidi, *Mesohippus* e *Miohippus*, molto più avanzati e rispondenti alla classica morfologia "cavallina" rispetto ai loro predecessori eocenici: taglia più grossa; dorso meno arcuato; muso, collo ed arti più lunghi; ultimi tre premolari molarizzati (Fig. 6). In questi nuovi equidi, che hanno lasciato una documentazione paleontologica incredibilmente abbondante (fra i 34 e i 29 milioni di anni fa, 5-6 specie di entrambi i generi coesistettero in vari tempi nel Dakota Meridionale, nel Texas, nella Florida, nell'Oregon e nelle Grandi Pianure sia statunitensi che canadesi), non soltanto gli arti posteriori, ma anche quelli anteriori erano dotati di tre metapodi completi, con quello centrale maggiormente sviluppato; il peso del corpo, comunque, veniva parzialmente sopportato

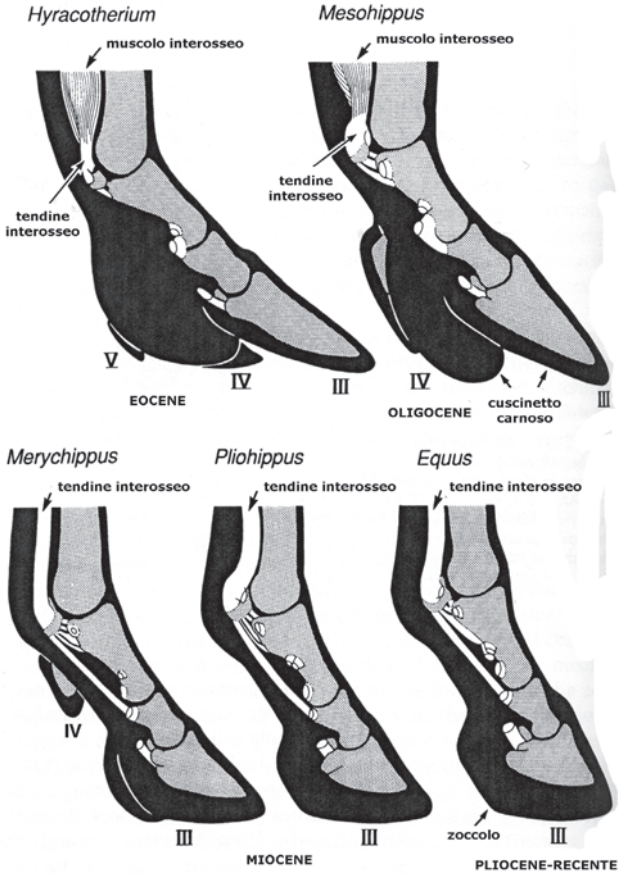


Fig. 7 - Evoluzione dell'insieme falangeale o acropodio (in questo esempio l'anteriore sinistro) in alcuni generi scelti di equidi fossili e recenti, sulla base di interpretazioni anatomiche dei reperti fossili. La figura mostra la riduzione delle dita, il passaggio di predominanza dal muscolo al tendine interosseo ed il cambiamento di postura da relativamente digitigrada su cuscinetti carnosi ad unguligrada. Da Camp & Smith in MacFadden (1992).

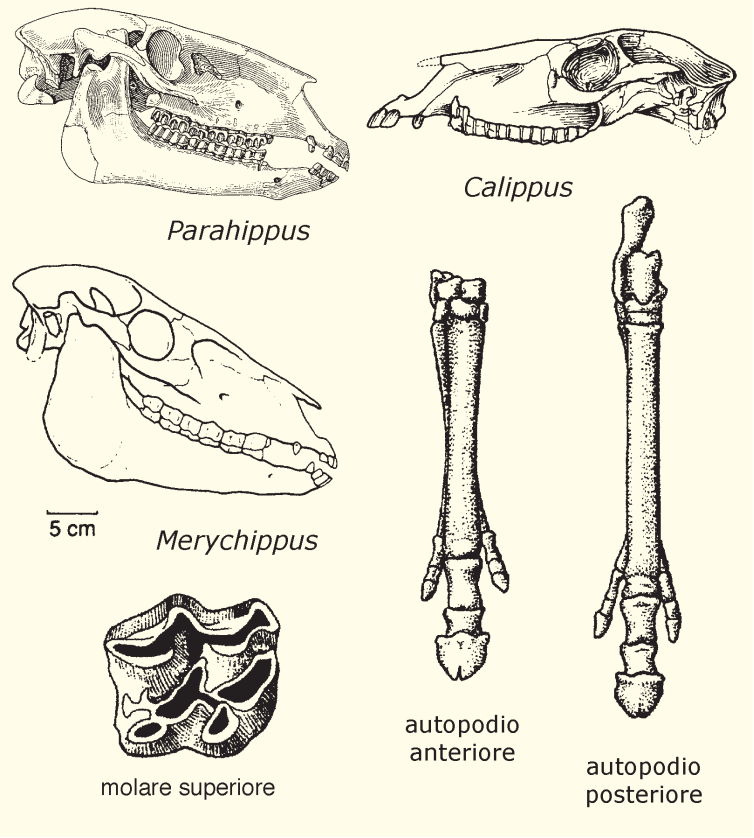


Fig. 8 - Equidi tridattili del Miocene nordamericano. In alto: crani in norma laterale di *Parahippus* e *Calippus*. Al centro ed in basso: cranio in norma laterale, autopodii (notare i metapodii laterali incompleti) e molare superiore (ove sono state annerite le parti di dentina messe allo scoperto dall'usura) di *Merychippus*. Figure non in scala. Da Peterson, da Osborn e da Matthew in Viret (1958), da Radinsky in Carroll (1988), da MacFadden (1992) e da Olsen (2003).

da cuscinetti carnosi situati dietro le dita (Fig. 7). Simpson (1951) ipotizzò una trasformazione graduale e continua da *Mesohippus* a *Miohippus*, ma le evidenze fossili accumulatesi nei decenni successivi hanno indotto Prothero & Shubin (1989) a confutare decisamente una tale ipotesi. I due generi differivano non soltanto per la taglia, la lunghezza del muso e la profondità della fossa faciale preorbitale (una depressione ubicata nella regione delle guance, la cui funzione rimane poco chiara, che negli equidi ha sviluppo variabile), ma soprattutto ed in maniera netta per le caratteristiche delle ossa del piede.

Mentre *Mesohippus* scomparve alla fine dell'Oligocene, *Miohippus* continuò ad esistere ancora per poco nel Miocene iniziale, dopodichè venne soppiantato da due nuovi cespugli di Equidi. Uno di questi cespugli era costituito da equidi con morfologia non molto dissimile dai loro predecessori oligocenici, ma con taglie e pesi corrispondenti a quelli del cavallo attuale. Riunite nei generi *Anchitherium*, *Hypohippus* e *Megahippus*, queste specie non rimasero stanziate unicamente in tutto il Nordamerica, ma tramite la Beringia raggiunsero anche il Vecchio Mondo, popolandolo fino al Miocene superiore.

Miocene inferiore: il cespuglio dei brucatori tridattili a metapodi laterali ridotti

Accanto al cespuglio anciterino, sempre nel Miocene inferiore comparvero in Nordamerica anche *Archaeohippus* e *Parahippus*, ovvero i primi rappresentanti di quel vastissimo insieme di Equidi caratterizzato da arti con ulna, fibula e metapodi laterali ridotti a corti stiletti e le dita posteriormente prive di cuscinetti carnosi (Fig. 8). Queste novità strutturali erano strettamente connesse alla capacità di correre in modo più veloce ed efficiente in ambienti aperti. Più in particolare, durante la normale deambulazione su terreno duro l'intero peso del corpo si scaricava unicamente sullo zoccolo del dito centrale; d'altra parte, una serie di robusti legamenti decorreva dalla parte posteriore del metapodio centrale a quella delle assottigliate dita laterali, le quali terminavano con un minuscolo zoccolo e fornivano al piede un supporto accessorio e una funzione di molla, entrando in gioco solo nella deambulazione su terreno morbido oppure durante le impennate di partenza, gli spostamenti laterali rapidi ed i momenti di galoppo più veloce.

Sebbene nel cranio e nella dentatura non differisse molto dal cespuglio anciterino, *Archaeohippus* era tuttavia una forma pigmea, di taglia equivalente a quella di un piccolo *Mesohippus*. Al contrario, *Parahippus* si distingueva per un cranio dal muso più allungato e dall'orbita quasi chiusa posteriormente da una barra ossea, nonché per la dentatura maggiormente ipsodonte, dotata di cemento e contraddistinta nei molari superiori da due creste addizionali. Malgrado fosse ancora un brucatore, insomma, *Parahippus* doveva aggiungere alla sua dieta una consistente quantità di erba.

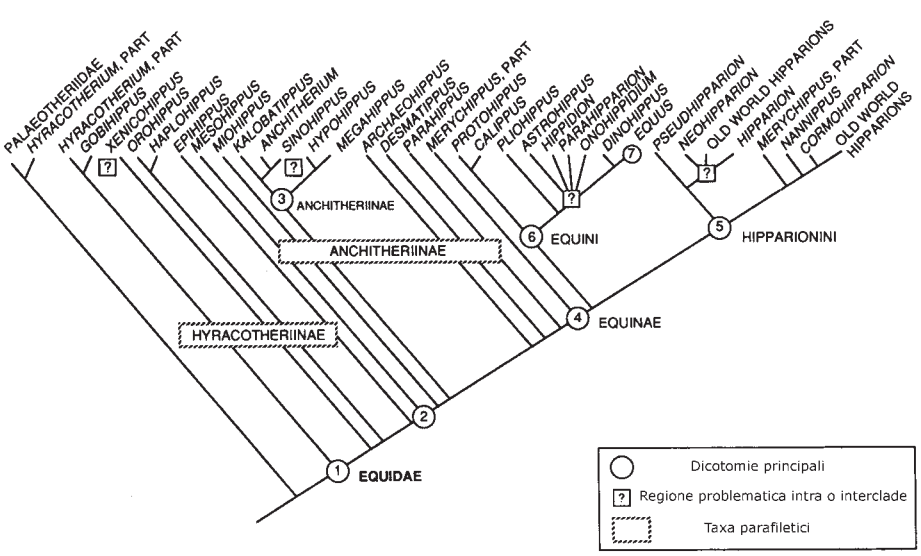


Fig. 9 - Cladogramma degli Equidi includente tutti i generi riconosciuti, compilato da numerose fonti. Da MacFadden (1992).

Miocene medio: la cosiddetta "radiazione merychippina" e la comparsa dei pascolatori

La grande diversificazione che cambiò in maniera radicale il cammino evolutivo degli Equidi dando luogo alla comparsa dei primi rappresentanti della sottofamiglia degli Equini è rappresentata essenzialmente da *Merychippus*, comparso nel Miocene inferiore terminale (Fig. 8). Alto circa 1 metro al garrese, questo nuovo genere era di aspetto ormai interamente cavallino ed era dotato di un cervello e di un cervelletto notevolmente più voluminosi di quelli di *Mesohippus*. Nel cranio, dal muso allungato, le orbite erano chiuse e spostate in corrispondenza dell'ultimo molare. I denti, dalle lunghe radici, pienamente alto-coronati e rivestiti da uno spesso strato di cemento, mostravano le medesime creste di *Parahippus*. Come gli arti di quest'ultimo, anche quelli di *Merychippus* terminavano con tre dita prive di cuscinetti carnosi posteriori: l'animale, pertanto, doveva scaricare interamente il suo peso sulla punta delle dita centrali, supportate da robusti ed elastici legamenti. Le dita laterali erano ancora complete, ma variavano di dimensioni: in alcune specie erano interamente sviluppate, mentre in altre erano piccole e toccavano il suolo unicamente durante la corsa. La fusione del radio con l'ulna e la riduzione della fibula a mero prolungamento della cresta tibiale facevano sì che le gambe non ruotassero su se stesse, divenendo in tal modo organi specializzati per un'unica funzione: la corsa veloce su terreno duro.

"I dettagli della transizione fra *Parahippus* e *Merychippus*", ha scritto MacFadden, "sono stati per tradizione uno dei problemi più difficili da risolvere nella filogenesi degli equidi. Fino a tempi recenti, questi due generi sono stati considerati come gradi morfologici polifiletici, e l'esatta specie di *Parahippus* che presumibilmente diede origine ai merychippini ipsodonti pascolatori è rimasta enigmatica." (MacFadden *et al*., 1991, p. 244). Lo stesso autore, comunque, ritiene che grazie alla tassonomia filogenetica o cladistica di Willi Hennig (1968) sia possibile gettare più luce su questo problema. Secondo tale metodologia, infatti, "*Parahippus"* e "*Merychippus"* (MacFadden li cita generalmente così, tra virgolette), lungi dal rivelarsi come due vasti e relativamente uniformi complessi polifiletici, risulterebbero essere invece insiemi di taxa monofiletici per la maggior parte accostabili a generi equini comparsi successivamente (Fig. 9). Assumendo *"Parahippus" leonensis* come gruppo estraneo di riferimento (*outgroup*), insomma: (a) specie come *"Merychippus" gunteri* e *"M." primus* (le meno distanti dall'*outgroup*) si distinguerebbero da tutte le altre; (b) "*M." carrizoensis* e "*M." stylodontus* risulterebbero accostabili alla tribù degli Equini veri o monodattili (*Astrohippus*, *Pliohippus*, *Equus*, *Hippidion*); (c) "*M." intermontanus* si accosterebbe al piccolo insieme dei cosiddetti protohippini (*Protohippus*, *Calippus*); (d) "*M." tertius-isonesus*, "*M." sejunctus*, *"M." republicanus*, *"M." coloradense* e *"M." goorisi* sembrerebbero più vicine alla tribù degli Ipparionini (Fig. 10).

Come numerosissimi altri autori, soprattutto neontologi, MacFadden ritiene che quella cladistica sia la sola ed unica procedura suscettibile di condurre a valide ricostruzioni sia sistematiche che evolutive; d'altra parte Hennig, che non assegnava

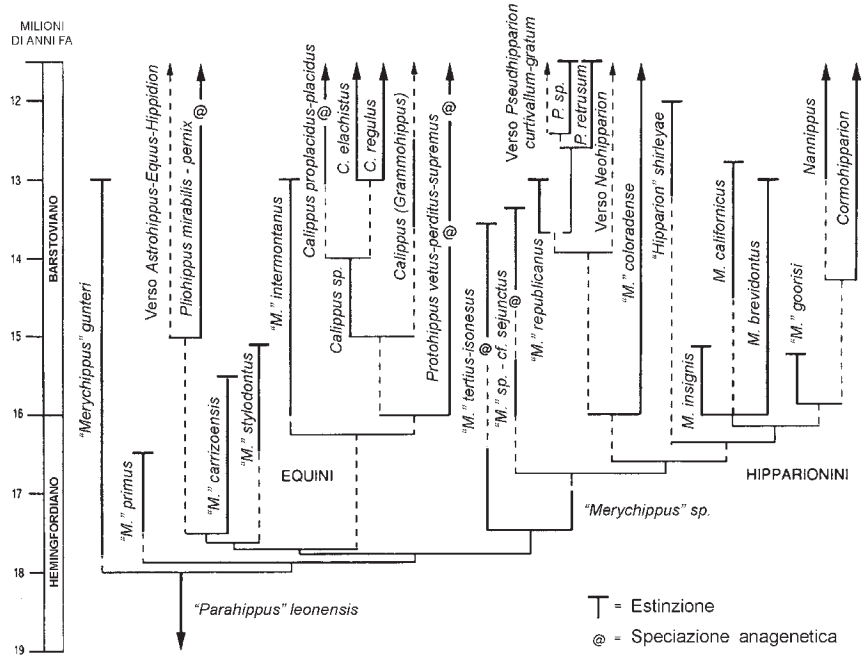


Fig. 10 - Distribuzione biostratigrafica, relazione cladistica e tipo di speciazione (anagenetico o cladogenetico) per 29 taxa equini del Miocene medio nordamericano (l'Hemingfordiano e il Barstoviano sono "età a mammiferi" regionali). La specie *outgroup* di riferimento per l'analisi cladistica è *"Parahippus" leonensis*. Da MacFadden (1992).

molto valore ai dati della paleontologia, rimarrebbe oggi molto deluso di vedere applicare il suo metodo anche a reperti fossili e, molto spesso, sulla base di caratteri o strutture che egli avrebbe ritenuto biologicamente pressoché insignificanti.

Di fatto, e a prescindere dalla validità o meno della tassonomia cladistica, la cosiddetta "radiazione merychippina" consistette nella comparsa, nell'arco di soli 3 milioni di anni, di un numero senza precedenti di specie coesistenti di equini – da 8 a 12 o più – e già differenziate nei tre cespugli principali degli ipparionini, dei protohippini e degli "equini veri".

Va inoltre precisato che non è detto che tutti gli equini miocenici dai denti ipsodonti fossero esclusivamente pascolatori come gli attuali. Con ogni probabilità, almeno alcuni di essi rimasero erbivori a dieta mista. Né è detto che anche i pascolatori si nutrissero necessariamente dello stesso tipo di erbe, considerando il fatto che studi dettagliati sull'ecologia dei pascolatori viventi nelle odierne savane africane hanno rivelato una spartizione delle risorse notevolmente più complessa di quanto precedentemente era stato supposto.

Fulgore e tramonto del cespuglio ipparionino

Dal tardo Miocene medio al Pliocene inferiore l'intero Nordamerica venne popolato soprattutto dagli equini ipparionini, cui si affiancarono altri due cespugli equini secondari costituiti da forme tridattile con dentatura di tipo arcaico (*Protohippus* e *Calippus*, con il secondo di taglia piccola) (Fig. 8) e da forme monodattile con dentatura progredita come quelle odierne (*Astrohippus* e *Pliohippus*).

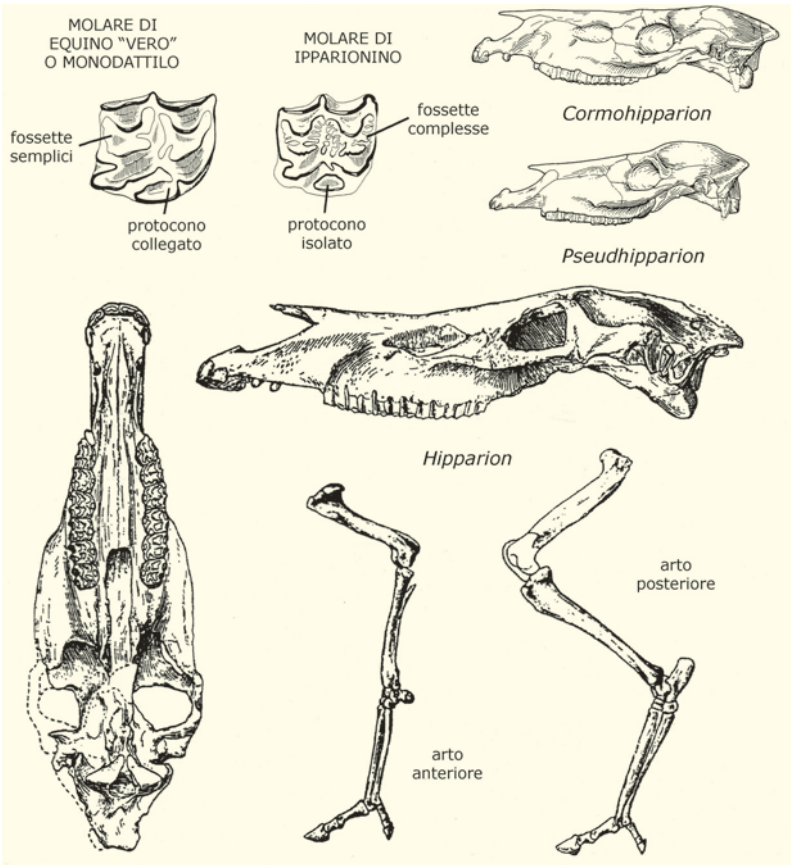


Fig. 11 - Equini tridattili del ceppo ipparionino. In alto: superficie masticatoria di un molare superiore di equino "vero" o monodattilo tipo *Equus* comparata con quella di un ipparionino. Al centro ed in basso: cranio (in norma laterale e palatale) ed arti completi di *Hipparion*. Figure non in scala. Da Gromova (1968), da MacFadden (1992) e da Olsen (2003).

Malgrado la tridattilia dei loro autopodii li mantenesse in una condizione primitiva, a livello della dentatura gli Ipparionini furono equini pascolatori avanzati ad un grado sicuramente non inferiore a quello delle specie monodattili . Da queste ultime, in ogni caso, essi risultano immediatamente distinguibili per il protocono isolato dagli altri tubercoli e per i contorni notevolmente più frastagliati delle due fossette semilunari (Fig. 11). Attualmente vengono distinti almeno 6 generi di ipparionini: *Hipparion*, *Pseudhipparion*, *Cormohipparion* (Fig. 11), *Stylohipparion*, *Neohipparion* e *Nannippus*. Due di essi, *Nannippus* e *Pseudhipparion*, erano pigmei, mentre gli altri avevano le dimensioni di un pony.

All'inizio del Miocene superiore, intorno cioè agli 11 milioni di anni fa, gli ipparionini raggiunsero e popolarono anche il Vecchio Mondo tramite la Beringia. Rapidamente essi si diffusero dapprima in Asia, in Europa e nell'Africa settentrionale (dove coesistettero per un certo tempo con i brucatori anciterini), poi colonizzarono anche l'India e l'Africa meridionale.

Giungiamo così alla fine del Miocene, allorché il deterioramento climatico globale cominciò a rendersi intenso ed a configurarsi in un *trend* destinato a culminare con l'alternarsi degli episodi glaciali ed interglaciali degli ultimi 3 milioni di anni. Gli equidi tridattili, i rinoceronti ed i proboscidati mastodonti furono duramente colpiti da un tale deterioramento: tanto che durante il successivo Pliocene e fino a circa 2 milioni di anni fa nel Nordamerica sopravvissero unicamente due specie di *Nannippus* ed una di *Cormohipparion*, mentre in tutto il Vecchio Mondo gli ipparionini si ridussero drasticamente di numero.

Nel Pliocene inferiore della Cina comparve un genere molto progredito, *Stylohipparion*, che esibiva nella dentatura e negli arti caratteristiche comuni con *Neohipparion*, il più avanzato genere nordamericano, e con *Equus*. Gli specialisti interpretano questo genere cinese o come derivato da popolazioni di *Neohipparion* emigrate dal Nordamerica, oppure come dovuto a convergenza. Sia come sia, rami di questo genere asiatico si diffusero in Europa ed in Africa entrando per un certo tempo in competizione con *Equus*. L'estinzione definitiva degli ipparionini avvenne dapprima in

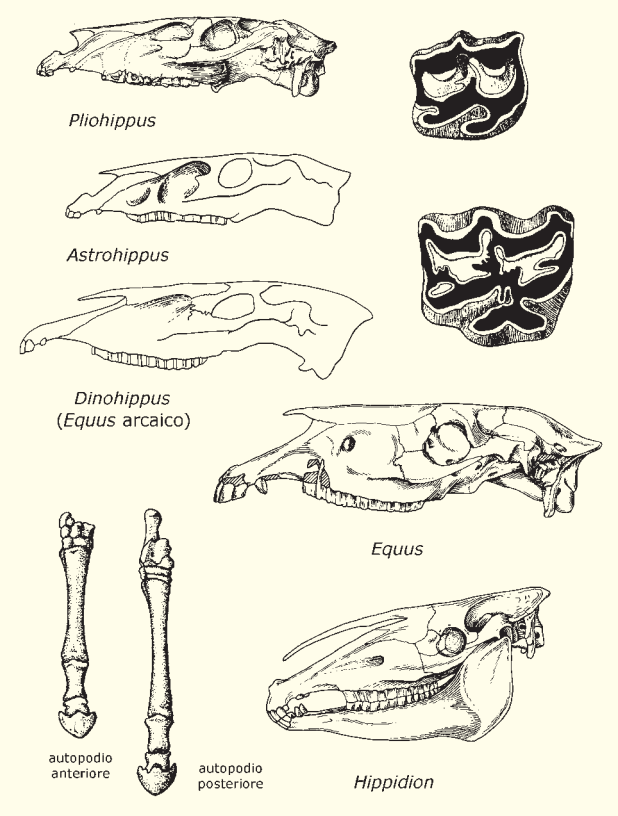


Fig. 12 - Equini "veri" o monodattili. In alto: cranio in norma laterale e molare superiore di *Pliohippus*. Al centro e a sinistra: crani in norma laterale di *Astrohippus* e *Dinohippus* (?*Equus* arcaico). Al centro e a destra ed in basso a sinistra: molare superiore, cranio in norma laterale e autopodii di *Equus*. In basso a destra: cranio in norma laterale di *Hippidion*. Nei molari sono state annerite le parti di dentina messe allo scoperto dall'usura. Figure non in scala. Da Matthew in Viret (1958), da MacFadden (1992) e da Olsen (2003).

Europa (durante il tardo Pliocene), poi in Asia (durante il Pleistocene inferiore) ed infine in Africa (durante il Pleistocene medio, cioè intorno ai 400.000 anni fa).

Il cespuglio degli equini "veri" o monodattili

Malgrado gli equidi monodattili, o "equini veri", siano generalmente presentati come corridori più efficienti di quelli tridattili, rimane il fatto che l'acquisizione della monodattilia – verificatasi nel Miocene superiore – per lo meno inizialmente non assicurò loro grandi vantaggi in fatto di abbondanza numerica. D'altra parte, tale acquisizione sembra essere insorta indipendentemente in tre generi distinti: *Astrohippus*, *Pliohippus* ed *Equus* (Fig. 12), con gli ultimi due di grossa taglia in rapporto a quella media degli ipparionini loro contemporanei.

Fig. 13 - Zebra reale o di Grevy, *Equus grevyi* Oustalet 1882.

La geografia mostra di aver giocato un ruolo importante nell'evoluzione degli equini monodattili. *Pliohippus* ed *Equus*, ad esempio, erano comuni (assieme al tridattilo *Calippus*) in tutta la parte orientale del Nordamerica e completamente assenti in quella occidentale. Circa 19 milioni di anni fa, varie specie equine includenti i primi rappresentanti del cespuglio monodattilo erano presenti in California e nell'Utah, e poiché allora i bacini intramontani dell'Ovest erano molto più aridi delle grandi pianure centrali, è stato ipotizzato che molti degli adattamenti di tale cespuglio siano emersi in correlazione con quel tipo di ambiente (a tutt'oggi, in effetti, la maggior parte delle specie di *Equus* risultano essere anatomicamente, ecologicamente e fisiologicamente ben adattate ad ambienti aridi).

Vi è un certo disaccordo sui limiti sistematici di *Equus*, i cui rappresentanti più antichi sono stati talvolta assegnati ad un genere distinto: *Dinohippus*. Se questa distinzione non viene accettata, *Equus* rimonta a non meno di 7-8 milioni di anni fa, ovvero al Miocene terminale. Comunque sia, il nuovo genere si diffuse rapidamente dall'ovest verso est, rimanendo tuttavia poco comune fino a quando gli ipparionini e gli altri equidi tridattili non andarono in estinzione.

Contemporaneamente o poco dopo ai primi *Equus* comparvero inoltre due nuovi generi monodattili, *Onohippidion* e *Hippidion*, ben distinguibili per la testa voluminosa in rapporto al corpo e per le peculiari morfologie delle fosse faciali preorbitarie e dei nasali, ampiamente separati dai premascellari da un'incisura assai profonda (Fig. 12). Gli ippidionini saranno i primi equidi a raggiungere il Sudamerica immediatamente dopo la formazione dell'istmo di Panama (che ebbe luogo intorno a 2,5 milioni di anni fa, nel tardo Pliocene), diffondendovisi e precedendovi l'arrivo di *Equus* di circa 1 milione di anni.

Dai 6 ai 4,5 milioni di anni fa il Nordamerica fu dominato da *Equus* e da *Astrohippus*; dopodiché tutti gli equini eccettuato *Equus* si estinsero ed il dominio, fino a 2,5 milioni di anni fa, passò ad un'unica specie il cui scheletro è praticamente indistinguibile da quello dell'attuale Zebra reale o di Grevy (Fig. 13), *E. simplicidens*.

Caos ed oscurità nella sistematica del genere *Equus*

A questo punto la sistematica di *Equus* diviene caotica. Un gran numero di "specie", istituite per lo più su resti tutt'altro che abbondanti, hanno oscurato il panorama. Tra le forme dagli arti robusti, popolazioni della taglia di un pony hanno spesso coesistito con popolazioni di taglia più grande; ed accanto alle forme suddette vi fu, soprattutto nel Pleistocene inferiore e medio, almeno una forma di taglia media e dagli arti più snelli che forse apparteneva al ceppo degli asini asiatici. E questa situazione si è mantenuta fino al termine del Pleistocene, allorché in tutto il mondo, in concomitanza con la fine dell'ultimo episodio glaciale (Würm/Weichsel/Wisconsin) e per motivi ancora oggi tutt'altro che chiari, una gran quantità di mammiferi – dai mammuth ai mastodonti, dai bradipi di terraferma agli armadilli giganti, dai rinoceronti lanosi ai cavalli, dai felini con denti a sciabola agli innumerevoli marsupiali australiani – andò bruscamente in estinzione.

Dal Nordamerica, *Equus* si diffuse durante il Pliocene medio nel Vecchio Mondo e durante il Pleistocene medio nel Sudamerica, convivendovi con gli ippidionini fino a quando l'estinzione del Pleistocene terminale non li travolse entrambi. In Eurasia, *Equus* comparve intorno ai 2,5 milioni di anni fa con una forma molto simile ad *E. simplicidens*, però dotata di una fossa faciale preorbitaria

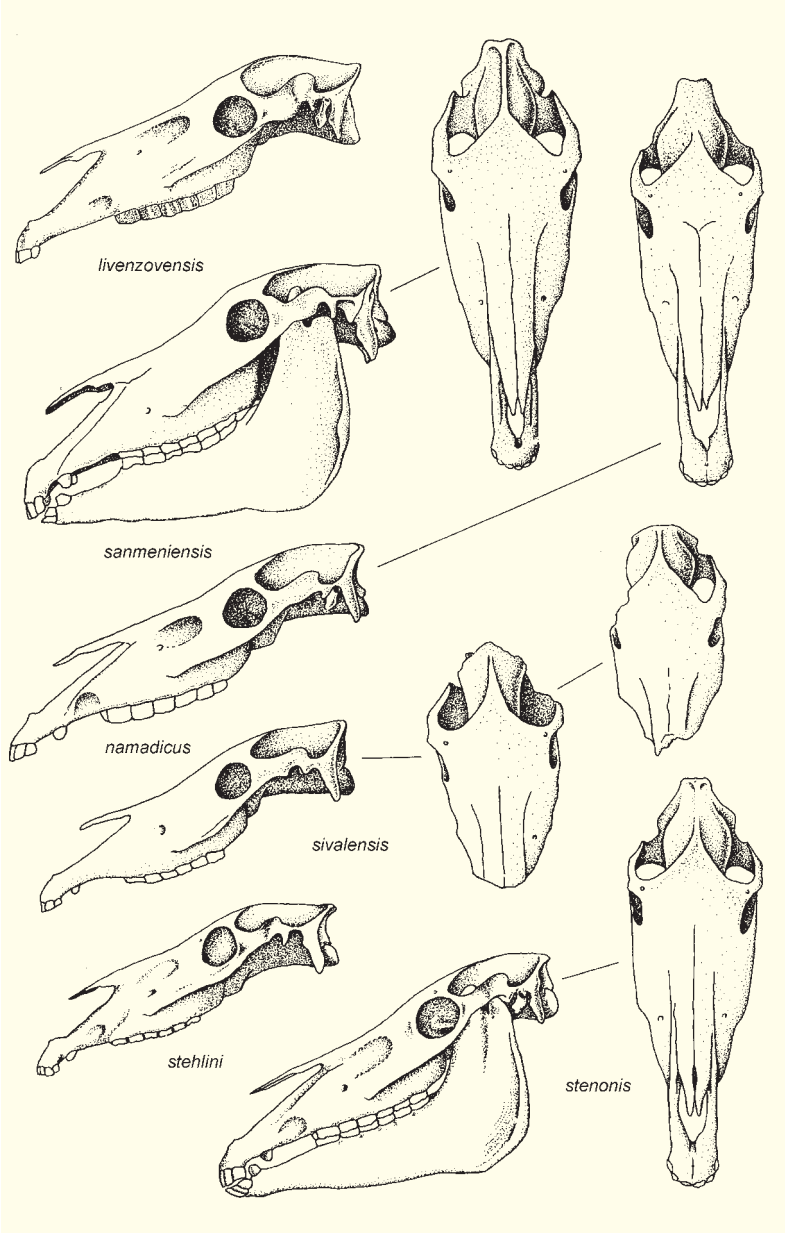


Fig. 14 - I principali tra i più antichi rappresentanti eurasiatici di *Equus*. Da Azzaroli (1982).

più tenue e di arti più lunghi: *E. livenzovensis* (Fig. 14). Poco dopo questa forma fu sostituita da *E. stenonis* (Fig. 14), caratterizzato da una fossa faciale preorbitaria ancora più tenue e da un'incisura nasale più profonda. E quali possibili discendenti di *E. stenonis*, che divenne piuttosto comune nel Pliocene superiore e nel Pleistocene inferiore eurasiatici, sono ampiamente considerati: in Europa, *E. süssenbornensis*, il più grande equide del Vecchio Mondo (1,7-1,8 m al garrese); in India, *E. namadicus* e simili; nel Nordafrica, *E. mauretanicus* ed *E. numidicus* (Fig. 14), predecessori delle attuali zebre (*E. grevy* ed *E. zebra* il primo, *E. burchelli* il secondo).

Il cavallo vero e proprio (*E. caballus* se accettiamo la determinazione di Linneo basata sulla forma domestica; *E. ferus* se accettiamo quella di Boddaert basata sulla forma finora ritenuta selvatica o tarpan) ebbe origine con ogni probabilità in Nordamerica, da cui emigrò in Eurasia nel Pleistocene medio iniziale convivendovi per un certo tempo assieme agli ultimi discendenti di *E. stenonis*. I primi cavalli europei si distinguevano dagli attuali unicamente per la presenza di alcune caratteristiche arcaiche (riscontrabili comunque occasionalmente anche tra le forme odierne) quali una doccia lungo la sutura dei nasali ed il primo premolare superiore ben sviluppato. Durante il rimanente del Pleistocene, invece, si riscontrano modificazioni anche notevoli nella taglia ed in alcuni caratteri scheletrici e dentari, ed è difficile stabilire se ciò dipenda da cambiamenti verificatisi in sede locale o da forme migrate dall'Asia che, a più riprese, hanno sostituito quelle locali. In generale è possibile distinguere abbastanza bene i cavalli precedenti l'ultima glaciazione, in quanto dotati di taglia maggiore, da quelli würmiani, di taglia media o piccola. Le differenze di taglia, comunque, sono state interpretate sia come effetto della legge di Bergmann sia in maniera del tutto contraria. Vari paleontologi, infatti, ritengono che le forme di piccola taglia fossero correlate ad ambienti aridi di tipo glaciale, e questa interpretazione è sostenuta dal fatto che la più notevole diminuzione di taglia nei resti cavallini si situa appunto in concomitanza con l'inizio dell'ultima glaciazione. Nel Maddaleniano, ossia dai 15.000 ai 10.000 anni fa, dominò un tipo di cavallo piuttosto tozzo, sgraziato ed a statura ancora più ridotta (m 1,30-1,38 al garrese), probabilmente dovuto a sottoalimentazione, che si trova regolarmente rappresentato nei dipinti e graffiti paleolitico-superiori ed il cui aspetto ricorda un po' l'attuale cavallo selvatico della Mongolia o di Przewalskij (Fig. 15). Sia come sia, anche la sistematica del cavallo pleistocenico

Fig. 15 - Cavallo selvatico della Mongolia o di Przewalskij, *Equus przewalskij* Poliakov, 1881.

europeo rimane perduta nel caos: la Gromova propone di distinguere 2 specie (il cavallo in senso stretto ed il cavallo della Mongolia, *E. przewalkij*); Prat ammette l'esistenza di un'unica specie; Nobis ne distingue non meno di 6; la Eisenmann ne ipotizza almeno 9; mentre Samson ne elenca addirittura 8… per la sola Romania!

Certo è che all'inizio dell'Olocene il cavallo, decimato dai cacciatori tardo-paleolitici, era giunto all'orlo dello sterminio in quasi tutto il nostro continente, sopravvivendo unicamente in poche e ristrette aree steppose dell'Europa centrale e della Russia. Qui i resti scheletrici hanno rivelato un cavallo piuttosto uniforme e visibilmente più slanciato e più alto (m 1,48-1,55 al garrese) di quello sgraziato e denutrito delle rappresentazioni paleolitiche. D'altra parte, nei siti neolitici dell'Ucraina e della Russia sud-orientale i resti di cavallo risultano regolarmente rari: per cui se ne può dedurre che esso non era ancora entrato nel novero degli animali domestici e veniva cacciato solo saltuariamente. Al contrario, con l'avvento dell'Eneolitico, ad oriente del Dniepr e del Volga il Cavallo divenne improvvisamente molto abbondante, fino a costituire l'80% dei resti di Ungulati ivi rinvenuti, mentre dalla Romania fino alle sponde occidentali degli stessi fiumi rimase raro e quindi ancora oggetto di caccia o, al massimo, di scambi commerciali.

Ne seguirebbe, pertanto: (a) che la selezione ad opera dell'uomo delle prime forme domestiche di cavallo deve essersi verificata pochi secoli prima dell'Età del Bronzo nelle regioni che si estendono ad oriente del Volga, forse fino al fiume Ural e alle steppe dell'Asia nord-occidentale; (b) che nè il tarpan, estintosi nel 1918 e del quale non si conoscono resti fossili sicuri, nè il cavallo della Mongolia possono essere considerati come i veri progenitori del cavallo domestico, in quanto troppo diversi dagli esemplari che popolavano l'Eurasia all'inizio dell'Olocene. Con ogni probabilità, quindi, il tarpan fu una forma rinselvatichita o degenerata, mentre il cavallo della Mongolia può essere interpretato come relativo ad un ceppo rimasto confinato nelle regioni centro-asiatiche del Gobi, ove tuttora sopravvive in piccole comunità.

Rimarrebbero infine da considerare le altre specie attuali di *Equus*, cioè l'asino e l'onagro o emione (Fig. 16). Resti fossili di un equino dagli arti snelli attribuibile ad un emione, *E. hydruntinus*, sono noti da molto tempo nel Pleistocene superiore dell'Europa meridionale. Secondo Azzaroli, equini dalle caratteristiche più o meno asinine vivevano sicuramente in Nordamerica durante il Pleistocene e, con ogni probabilità, già durante il Pliocene; per cui essi avrebbero cominciato a differenziarsi nel Nuovo Mondo e da lì sarebbero poi migrati nel Vecchio dandovi origine alle forme attuali. Per altri autori come la Forsten, invece, non esisterebbe alcuna indicazione di un'invasione di questi equini dal Nordamerica, ed essi sarebbero perciò esclusivi del Vecchio Mondo. A tutt'oggi, pertanto, le origini dell'asino e dell'onagro rimangono oscure.

Verso una visione olistica del processo evolutivo

"L'evoluzione", scrive Gould (1996), "raramente procede per trasformazione di ogni singola popolazione statistica da uno stadio al successivo;

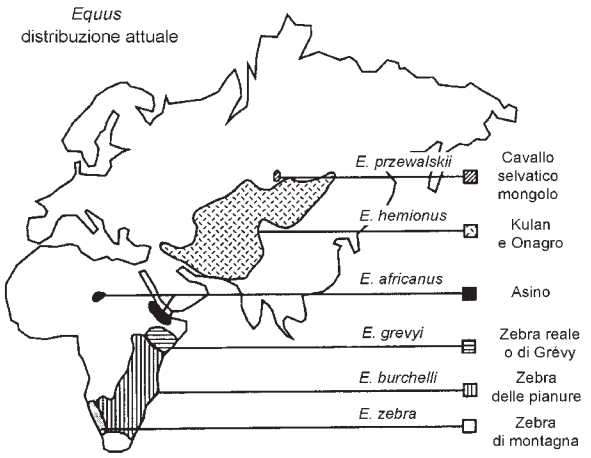


Fig. 16 - Distribuzione delle specie attuali di *Equus*. Da MacFadden (1992).

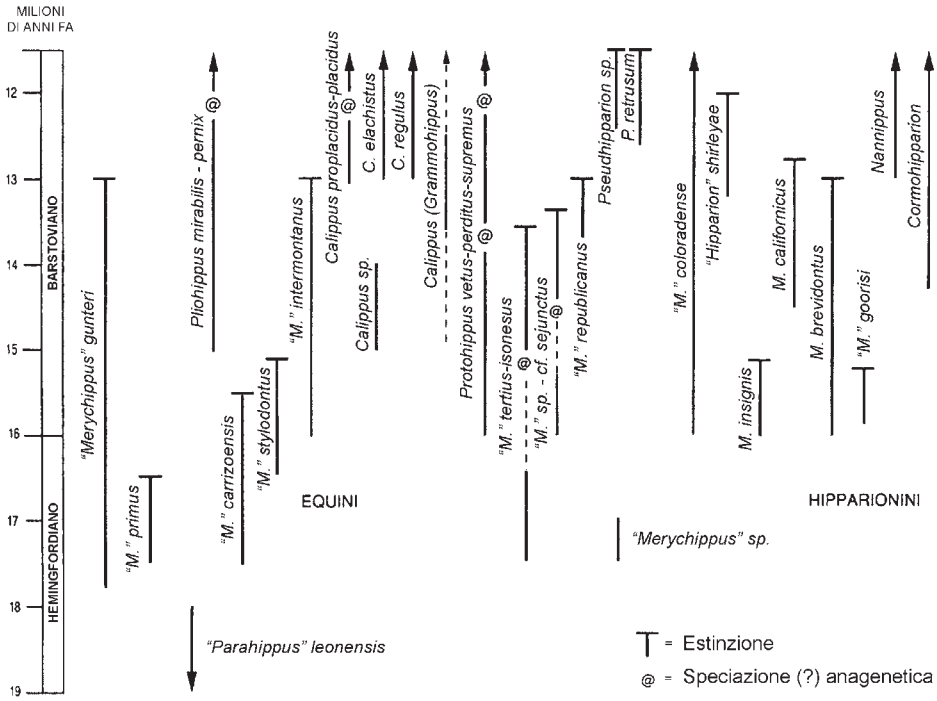


Fig. 17 - Rappresentazione oggettiva della cosiddetta "radiazione merychippina" del Miocene medio nordamericano ricostruita nella figura 10, ammettendo la validità delle distinzioni tassonomiche effettuate da MacFadden (1992).

un tale tipo di evoluzione, tecnicamente chiamato 'anagenesi', permetterebbe di usare una scala o una catena o qualche simile metafora della linearità come immagine appropriata di cambiamento. Invece l'evoluzione procede attraverso un'elaborata e complessa serie di eventi o episodi di speciazione che creano nuove ramificazioni (questo tipo di evoluzione è tecnicamente chiamato 'cladogenesi' o formazione di rami). Un andamento evolutivo non è una marcia lungo un percorso rettilineo, ma una serie complessa di spostamenti o passi laterali, da un evento di speciazione ad un altro, con ramificazioni su ramificazioni. In questa foresta dov'è il tronco principale?" (pp. 69-70, 76). Secondo Gould, pertanto, è necessario riconoscere "la supremazia della *variazione all'interno di un intero sistema* (corsivo nostro) e la natura deduttiva delle astrazioni o degli esempi scelti per rappresentare questa totalità così varia. *L'intero albero evolutivo del cavallo è un sistema* (corsivo nostro), mentre la linea appiattita dall'*Hyracotherium* all'*Equus* non è altro che uno fra i tanti percorsi nel labirinto, senza nessuna caratteristica speciale (rispetto agli altri percorsi del medesimo)." (p. 72). "Affermo, dunque, che la storia di qualsiasi gruppo, istituzione, linea evolutiva debba essere seguita attraverso i cambiamenti nella variazione di tutti i componenti – il *full house* – e non falsamente desunta da un singolo elemento che si muova lungo un percorso lineare, sia esso un'astrazione come il valore medio o un supposto esempio tipico." (p. 83).

Molto frequenti nella documentazione paleontologica – ad esempio tra i mammiferi plio-pleistocenici europei: vedi il caso delle varie "specie" succedutesi nel tempo (*megarhinus, jeanvireti, etruscus, hundsheimensis, hemitoechus* e *kirchbergensis*) del rinoceronte *Stephanorhinus leptorhinus* (Cuvier, 1822) –, i fenomeni di cambiamento graduale o "anagenetico" non comportano l'insorgere di novità e possono essere interpretati semplicemente come adattamenti ecofenotipici dovuti a "norma di reazione" della medesima specie alle variazioni ambientali nello spazio e nel tempo (Fondi, 2005b, 2007). Come sottolinea anche Gould, diviene perciò appropriato parlare di "speciazione" unicamente quando nel percorso evolutivo si ha un'emergenza di novità, manifestantesi con una *discontinuità* nel percorso medesimo.

Se non che, come più organicamente abbiamo spiegato altrove (Fondi, 2005a), noi non riusciamo a dare per scontata – diversamente da Gould e dalla stragrande maggioranza degli autori – la tesi che l'evoluzione proceda per speciazioni dovute a cladogenesi o biforcazioni successive. Se davvero così fosse, sarebbe senz'altro giusto e possibile equiparare il processo evolutivo a quello di sviluppo di un albero o di un cespuglio, in quanto ne verrebbe sancito il carattere di *continuità*. Ma in realtà è proprio questa continuità ad essere sistematicamente e clamorosamente smentita dalla documentazione fossile. Le transizioni o connessioni causali che MacFadden ritiene di dover stabilire tra le numerose specie nelle quali si espresse la cosiddetta "radiazione merychippina" (Fig. 10), in realtà non sono

sostanziabili con alcuna prova paleontologica. Per essere maggiormente aderente al dato reale, dunque (e sempre ammesso che le distinzioni tassonomiche eseguite da Mac Fadden siano valide), lo schema da lui proposto dovrebbe essere sostituito con quello privo di biforcazioni della figura 17.

Dove invece Gould, secondo noi, mostra veramente di intuire lo stato reale delle cose è quando egli insiste nel ritenere che i decorsi evolutivi dei taxa di qualsiasi livello debbano essere interpretati come altrettanti *sistemi* o *totalità*. Se ci si pone in questa prospettiva, la realtà si converte in una gerarchia di sistemi, ciascuno dei quali non è un mero assembramento di cose tra loro indipendenti, bensì un tutto coerente – a sua volta costituito da sistemi di più basso livello di complessità e facente parte di un sistema di più elevato livello di complessità – i cui elementi sono dinamicamente interdipendenti e la cui evoluzione obbedisce a regole proprie, sicuramente non rigide e non escludenti più o meno ampi margini di libertà, ma in ogni caso sempre condizionate da quelle del più ampio sistema di appartenenza. E poiché ogni gruppo vivente è legato inscindibilmente a tutti gli altri gruppi che concorrono a formare il sistema ecologico di cui esso è parte integrante, non è pensabile che la sua evoluzione sia avvenuta indipendentemente dalle regole organizzatrici di tale sistema.

Questo, del resto, è proprio quanto emerge anche da un semplice sguardo panoramico dell'intero decorso della vita sulla Terra, che non si presenta affatto sotto forma di un immenso albero genealogico sviluppatosi nel tempo con gradualità e continuità, bensì come una successione di "Unità Ecologiche Evolutive" (EEUs) a grande estensione geografico-temporale, ben distinte l'una dall'altra e costituite a loro volta da subunità formate da consistenti aggruppamenti di taxa in regolare stasi evolutiva. Introdotto da Arthur Boucot almeno una ventina di anni fa, questo modello è divenuto ormai ampiamente diffuso in paleontologia. Dall'inizio dell'Era Paleozoica ad oggi è possibile distinguere almeno 9 unità del tipo suddetto (Fig. 18), e ciascuna di esse mostra di essere comparsa praticamente all'improvviso, di essersi mantenuta relativamente stabile per un tratto di tempo più o meno lungo – dell'ordine di 10-100 milioni di anni – e, infine, di essersi estinta altrettanto improvvisamente come era apparsa.

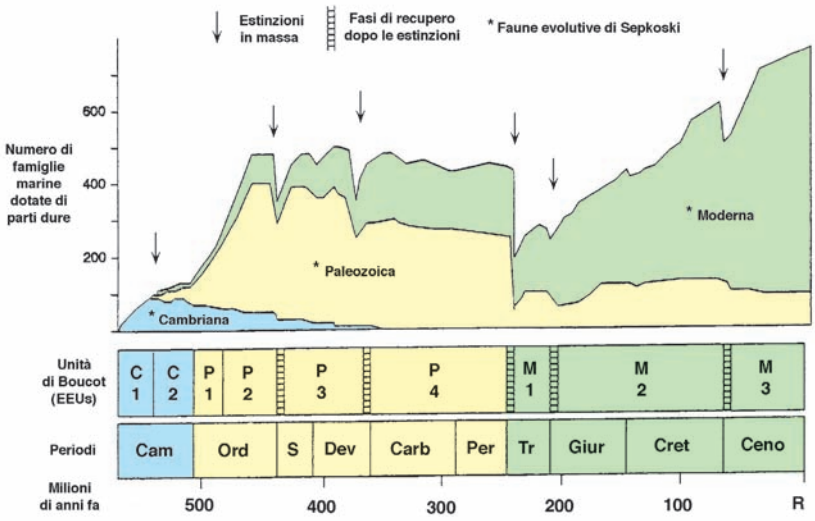


Fig. 18 - Successione delle unità ecologiche evolutive nelle faune marine dotate di parti dure dall'inizio dell'Era Paleozoica ad oggi. C: unità di tipo cambriano; P: unità di tipo paleozoico; M: unità di tipo moderno. Da Sheehan (1996).

Lunghi intervalli temporali di stasi, "punteggiati" da brevissimi tratti di cambiamento evolutivo. Sbagliamo, oppure il modello dei *punctuated equilibria* non risulta essere altro che un caso particolare di quello di Boucot?

Testi citati e consultati

Azzaroli A. (1982) – *On Villafranchian Palearctic Equids and their Allies*. Palaeontogr. Ital., 72, 74-97.

Azzaroli A. (1999) – *The Genus* Equus *in Europe*. In: *European Neogene Mammal Chronology* (Lindsay E.H., Fahlbush V. & Mein P. eds), 339-56, Plenum Press, New York.

Bernor R.L., Tobien H. & Woodburne M.O. (1990) – *Patterns of Old World Hipparionine Evolutionary Diversification and Biogeographic Extension*. In: *European Neogene Mammal Chronology* (Lindsay E.H., Fahlbush V. & Mein P. eds), 263-319, Plenum Press, New York.

Boucot A.J. (1983) – *Does Evolution Take Place in an Ecological Vacuum? II*. Journ. Paleont., 57, 1-30.

Boucot A.J. (1990) – *Evolution of Communities*. In: *Palaeobiology: A Synthesis* (Briggs D. & Crowther P. eds), 391-394, Blackwell, Oxford.

Camp C.L. & Smith N. (1942) – *Phylogeny and functions of the digital ligaments of the horse*. Univ. California Mem., 13, 69-124.

Carroll R.L. (1988) – *Vertebrate Paleontology and Evolution*. Freeman & Co., New York.

Eisenmann V. (1983) – *Family Equidae*. In: *Koobi Fora Research Project (II), The Fossil Ungulates: Proboscidea, Perissodactyla and Suidae* (Harris J.M. ed). Oxford University Press, Oxford.

Fondi R. (2005a) – *Evoluzionismo e olismo: due paradigmi interpretativi differenti per il fenomeno dell'evoluzione biologica*. In: *La logica dell'evoluzione dei viventi. Atti del XII Convegno del Gruppo Italiano di Biologia Evoluzionistica (Firenze 18-21 febbraio 2004)* (Scapini F. ed), 25-43, Firenze University Press, Firenze.

Fondi R. (2005b) – *Introduzione alla conoscenza dei mammiferi del Plio-Pleistocene italiano. I: Problematiche tassonomiche e inquadramento biostratigrafico*. Etrurianatura, 2, 37-49.

Fondi R. (2007) – *Introduzione alla conoscenza dei mammiferi del Plio-Pleistocene italiano. II: Proboscidati*. Etrurianatura, 4, 40-50.

Forsten A. (1989) – *Horse Diversity Through the Ages*. Biological Reviews, 64, 279-304.

Gidley J.W. (1907) – *Revision of the Miocene and Pliocene Equidae of North America*. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., 23, 865-934.

Gingerich P.D. (1981) – *Variation, Sexual Dimorphism and Social Structure in the Early Eocene Horse* Hyracotherium *(Mammalia, Perissodactyla)*. Paleobiology, 7, 443-455.

Gould S.J. (1996) – *Full House*. Harmony Books, Crown Publishers, New York (tr. it.: *Gli alberi non crescono fino in cielo*, Mondadori, Milano 1997).

Gromova V.I. (1968) – *Mammals*. In: *Fundamentals of Paleontology* (Orlov Yu.A. ed), vol. 13, Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem.

Hennig W. (1968) – *Grundzüge einer Theorie der phylogenetischen Systematik* (tr. sp.: *Elementos de una sistemática filogenética*, Eudeba, Buenos Aires).

Hulbert R.C. (1993) – *Taxonomic Evolution in North American Neogene Horses (Subfamily Equinae): the Rise and Fall of an Adaptive Radiation*. Paleobiology, 19, 216-234.

MacFadden B.J. (1992) – *Fossil Horses: Systematics, Paleobiology, and Evolution of the Family Equidae*. Cambridge University Press, Cambridge.

MacFadden B.J., Bryant J.D. & Mueller P.A. (1991) – *Sr-isotopic, paleomagnetic, and biostratigraphic calibration of horse evolution: Evidente from the Miocene of Florida*. Geology, 19, 242-245.

Matthew W.D. (1903) – *The Evolution of the Horse*. Am. Mus. Nat. Hist., Suppl. Am. Mus. J. Guide Leaflet 9 (3): 1-30.

Matthew W.D. (1930) – *Pattern of Evolution*. Sci. Amer., 143, 192-196.

Olsen S.L. (2003) – *Horses Through Time*. Roberts Rinehart Pub. For Carnegie Museum of Natural History, Lanham (MD).

Piveteau J., Lehman J.-P. & Dechaseaux C. (1978) – *Précis de Paléontologie des vertébrés*. Masson, Paris.

Prothero D.R. & Shubin N. (1989) – *The Evolution of Oligocene Horses*. In: *The Evolution of Perissodactyls* (Prothero D.R. & Schoch R.M. eds), 142-175. Oxford University Press, Oxford.

Quinn J.H. (1955) – *Miocene Equidae of the Texas Gulf Coastal Plain*. Bur. Econ. Geol. Univ. Texas, Pub. 5516, 1-102.

Radinsky L. (1966) – *The Adaptive Radiation of the Phenacodontid Condylarths and the Origin of the Perissodactyla*. Evolution, 20, 408-417.

Radinsky L. (1969) – *The Early Evolution of the Perissodactyla*. Evolution, 23, 308-328.

Sheehan P.M. (1996) – *A New Look at Ecologic Evolutionary Units (EEUs)*. In: *New Perspectives on Faunal Stability in the Fossil Record* (Ivany L.C. & Schopf K.M. eds), Spec. Issue, *Palaeogeog. Palaeoclim. Palaeoecol.*, 127: 21-32.

Simpson G.G. (1951) – *Horses*. Oxford University Press, Oxford.

Stirton R.A. (1940) – *Phylogeny of North American Equidae*. Univ. California Pub. Bull. Dept. Geol. Sci., 25, 165-198.

Viret J. (1958) – *Perissodactyla*. In: *Traité de Paléontologie* (Piveteau J. ed), Tome 6 (2), 368-475, Masson, Paris.

La “pietra da torre” nel centro storico di Siena

Anna Gandin, Giovanni Guasparri**, Sonia Mugnaini**, Giuseppe Sabatini***

* Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze della Terra - Via Laterina 8, 53100 Siena
** Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze Ambientali “G. Sarfatti”, U.R. Conservazione del Patrimonio Culturale Lapideo - Via Laterina 8, 53100 Siena

Il grande storico dell’arte senese Cesare Brandi nella sua famosa opera sulla teoria del restauro, che a tutt’oggi ha grande credito, formulò l’assioma “si restaura solo la materia dell’opera d’arte”. Nella conservazione dei monumenti lapidei è dunque imprescindibile un’adeguata conoscenza dei materiali costitutivi per comprenderne il comportamento nei confronti dei processi di alterazione e per una appropriata programmazione degli interventi di recupero conservativo. Tra i materiali lapidei naturali degli edifici del centro storico di Siena domina la “pietra da torre”, una pietra di provenienza locale peculiare delle antiche torri e dell’edilizia romanica senese.

Introduzione

“Un geologo giunga in qualche paese a lui sconosciuto, bende agli occhi, e lo vedrete rendersi conto della geologia locale, gettato che abbia lo sguardo ai materiali usati negli edifici”. Con queste parole, Francesco Rodolico, mineralogista e geologo, poneva in evidenza il legame inscindibile che esiste tra un territorio e l’architettura che lo contraddistingue (Rodolico, 1953).

Il centro storico di Siena non costituisce un’eccezione: gli edifici che lo compongono, sorti per lo più tra l’XI e il XIV secolo, anche se in gran parte interessati da ristrutturazioni successive, esibiscono molti materiali da costruzione di prevalente derivazione locale.

Il laterizio rappresenta quello di gran lunga preponderante, in virtù della presenza di estesi affioramenti di argille plioceniche nell’areale immediatamente ad est della città.

Il territorio senese ha fornito nei secoli anche numerosi materiali lapidei naturali per l’edilizia del centro storico, tra cui pregiati marmi, arenarie, calcari di vari colori, serpentiniti e travertini. Tra essi, per diffusione e significatività di impiego, domina senz’altro la “pietra da torre”, così designata nel gergo comune per il suo impiego più tipico nelle strutture turriformi di età medievale.

Il presente lavoro si propone innanzi tutto di precisare le caratteristiche litologiche di questa pietra da costruzione, che è stata spesso impropriamente denominata “calcare cavernoso” (e in parte lo è tuttora nella letteratura non specialistica) ma che in realtà è, come vedremo, costituita da più litologie a differente significato geologico.

Il lavoro si propone anche di entrare nel merito della distribuzione e delle modalità di impiego della pietra nell’architettura del centro storico di Siena, nonché di evidenziare aspetti peculiari e significativi delle superfici del materiale in opera. Si tratta di conoscenze di rilievo sia per una valorizzazione storico-artistica dei manufatti in cui la pietra è utilizzata, sia per una corretta pianificazione degli interventi di restauro e conservazione.

Cenni sull’uso storico della pietra

La massima diffusione a Siena della “pietra da torre” è soprattutto da mettere in relazione con la costruzione delle torri gentilizie medievali, ma strutture turriformi, secondo alcuni studi storici, erano presenti nel paesaggio urbano almeno fin dal IX secolo (vedasi in proposito Castelli e Bonucci, 2005 e bibliografia ivi citata,

da cui sono tratte anche le altre notizie riportate in questo paragrafo).

L'edificazione delle torri, e di conseguenza l'escavazione e l'uso del materiale lapideo in oggetto, ebbe un acme nel periodo romanico (dall'XI secolo alla prima metà del XIII secolo), quando Siena doveva presentarsi come una vera città turrita, potendosi contare quasi un centinaio

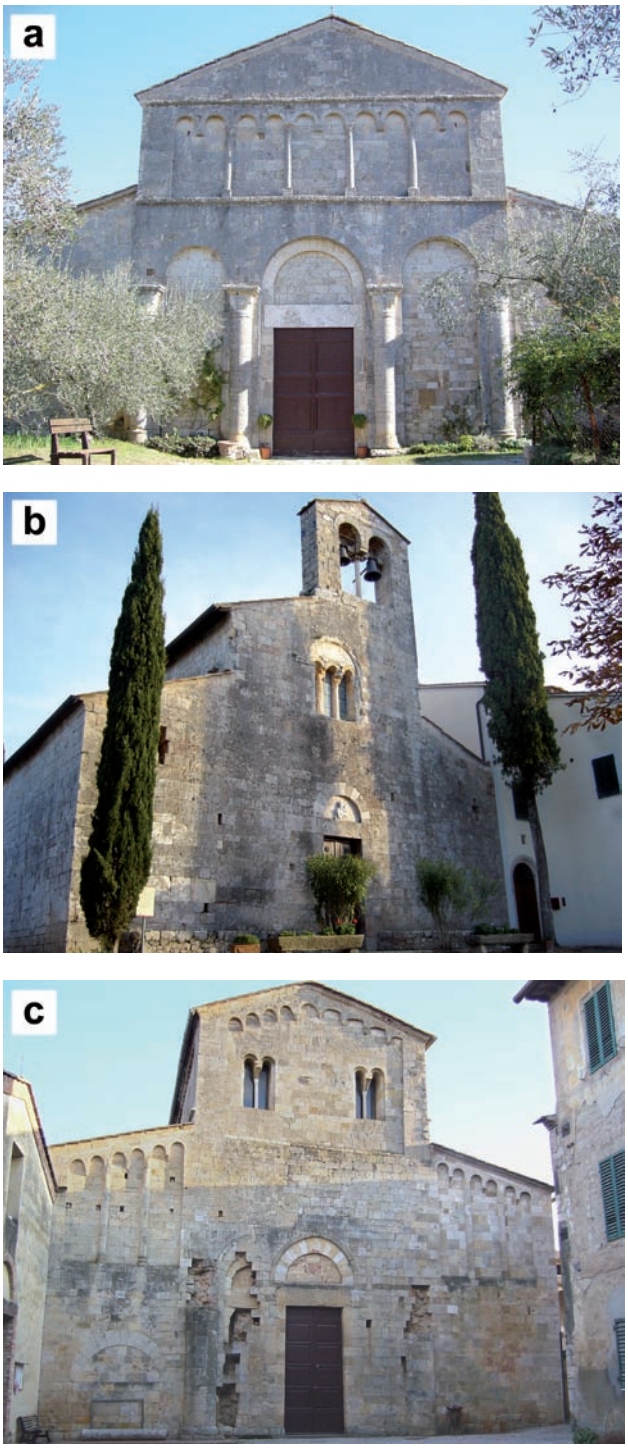


Fig. 1 - Alcuni esempi di edifici religiosi romanici prevalentemente costruiti con "pietra da torre". **a**: Pieve di San Giovanni Battista a Corsano. **b**: Pieve di San Giovanni a Pievescola. **c**: Ex abbazia dei Santi Salvatore e Cirino ad Abbadia a Isola.

di queste strutture. Inizialmente la funzione delle torri doveva essere in parte difensiva, ma con la loro altezza, talora notevole, esse erano soprattutto simboli di potenza e di prestigio delle casate nobiliari senesi.

Già dalla fine del XIII secolo e soprattutto nel XIV secolo, a seguito di alcuni crolli dovuti a cataclismi naturali quali fulmini e terremoti che suscitarono nell'opinione pubblica la convinzione della pericolosità delle torri, si avviò una serie di demolizioni, abbassamenti o anche solo ristrutturazioni e restauri al fine di garantirne la statica. Abbassamenti, per tante "braccia" di altezza a seconda della gravità del reato, erano anche ordinati dalla antica Repubblica di Siena per infliggere una punizione a trasgressori e ribelli. Ebbe inizio in questa epoca un forte reimpiego del materiale delle torri abbattute o abbassate, pratica che si è protratta fino a tempi relativamente recenti. Il reimpiego avveniva sia come conci tal quali, sia per la produzione della calce. Nelle nuove costruzioni la pietra si accompagnava di norma, anche se in via subordinata, al laterizio che divenne, già a partire dal XIII secolo, il principale materiale da costruzione del centro storico e delle zone limitrofe.

La conquista di Siena da parte degli Spagnoli nel XVI secolo e successivamente una profonda trasformazione urbanistica avvenuta nel XVIII secolo portarono alla scomparsa della maggior parte delle torri medievali, anche in questo caso con un forte reimpiego dei materiali ricavati dalle demolizioni per la costruzione di nuovi edifici.

La "pietra da torre" ha trovato largo uso anche nelle fortificazioni della città, comprendendo, tra queste, anche le cinte murarie più antiche.

Nell'ambito dell'architettura religiosa, l'impiego della "pietra da torre" nelle chiese del centro storico di Siena si limita a casi sporadici; assai più diffuso è l'utilizzo nelle numerose pievi e canoniche romaniche dei territori prossimi alla città (Moretti e Stopani, 1981). Le immagini di figura 1 ne mostrano alcuni esempi significativi.

In tempi recenti e attuali la "pietra da torre" è tornata ad essere usata, anche se in misura esigua, per lo più in rifacimenti o in opere pubbliche di modesta entità.

Lineamenti geologici del territorio storico di approvvigionamento

Le fonti bibliografiche attestano che la "pietra da torre" dei monumenti senesi proviene per lo più dalla Montagnola Senese, un rilievo ubicato pochi chilometri ad occidente della città. Sono citate in particolare, zone situate sulle pendici orientali del suddetto rilievo (Parenti, 1995 con bibliografia), come riportato nella figura 2, che riassume anche le caratteristiche geologiche dell'area.

Nella Montagnola Senese e nelle zone limitrofe che si estendono verso Siena affiorano litologie appartenenti a tre distinte Unità, la cui storia è strettamente correlata all'evoluzione tettono-metamorfica terziaria dell'Appennino settentrionale (Giannini & Lazzarotto, 1970; Liotta, 2002; Carta Geologica Regionale 1:25000, 2003):

1. Unità di Monticiano-Roccastrada (Complesso metamorfico), costituita da litologie silicoclastiche e carbonatiche di età mesozoica interessate da metamorfismo di basso grado (facies scisti verdi), sormontata con contatto tettonico dalla Falda Toscana;

2. Falda Toscana, non metamorfica; sulla Montagnola Senese è rappresentata essenzialmente dal Calcare Cavernoso, un litotipo derivato dalla Formazione evaporitico-dolomitica delle Anidriti di Burano, di età triassica, a seguito di una lunga e complessa serie di processi geologici e geochimici, tra cui una pervasiva dedolomitizzazione, avvenuti in gran parte successivamente alla riesumazione (Gandin *et al.*, 2000 con bibliografia);

3. sedimenti neogenici, costituiti da: a) brecce a prevalenti elementi di Calcare Cavernoso e argille, sabbie e conglomerati/brecciole fluvio-lacustri (Miocene superiore-Pliocene inferiore); b) sabbie più o meno litificate, argille e conglomerati marini di età Pliocenica; c) depositi continentali del Quaternario.

Le ruditi del Miocene superiore - Pliocene inferiore sono state descritte, sebbene spesso con denominazioni diverse, in vari lavori geologici, prima per piccoli affioramenti e, dalla seconda metà del Novecento, per areali più vasti, prevalentemente ubicati sulle pendici orientali della Montagnola Senese (e.g. Giannini e Lazzarotto, 1967 e 1970). La frequente e stretta associazione in campagna del Calcare Cavernoso con queste litologie ha permesso di interpretare queste ultime come il risultato di una rielaborazione del Calcare Cavernoso che varia da situazioni prossimali con brecce

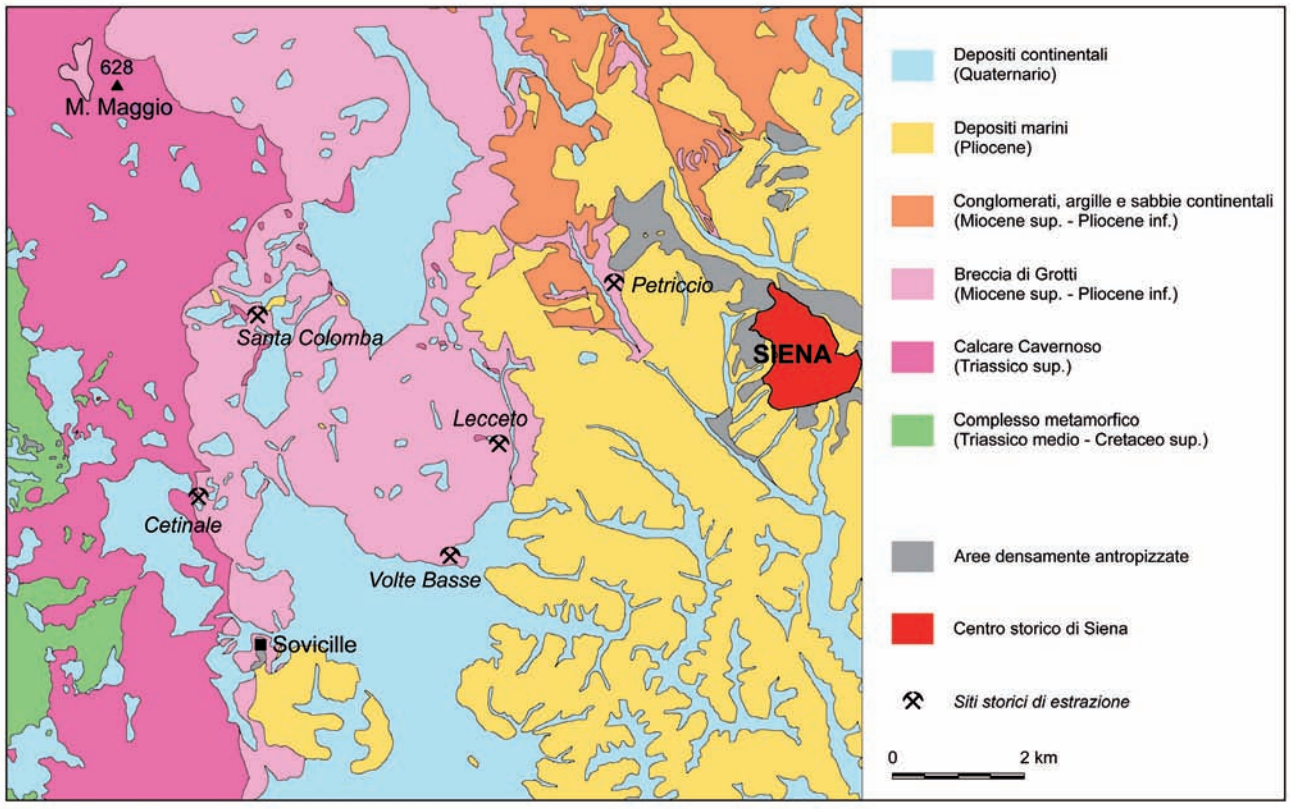


Fig. 2 - Carta geologica dell'area ad ovest di Siena (tratta con modifiche dalla Carta Geologica Regionale 1:25000, 2003), con indicazione delle principali località storiche di approvvigionamento della "pietra da torre" per l'edilizia senese.

colluviali (Breccia di Grotti, secondo la denominazione di Signorini, 1966, ripresa nella nuova Carta Geologica Regionale, 2003), a condizioni più distali di tipo fluvio-lacustre con materiali conglomeratici trasportati, a ciottoli anche arrotondati (Lazzarotto & Sandrelli, 1977; Costantini *et al*., in stampa). Tuttavia nell'ambito della Montagnola Senese, una distinzione cartografica di massima tra Calcare Cavernoso e le ruditi derivate è stata eseguita solo recentemente (Carta Geologica Regionale, 2003; Fig. 2).

Le osservazioni di dettaglio nelle località di provenienza storica della "pietra da torre" hanno permesso di rilevare come affioramenti di Calcare Cavernoso di dimensioni ridotte, tali da renderne difficile la restituzione cartografica, si possano spesso trovare associati ai sedimenti continentali del Miocene superiore - Pliocene inferiore. Come preciseremo di seguito, è proprio da questo mosaico di affioramenti che scaturisce la molteplicità degli aspetti litologici della "pietra da torre".

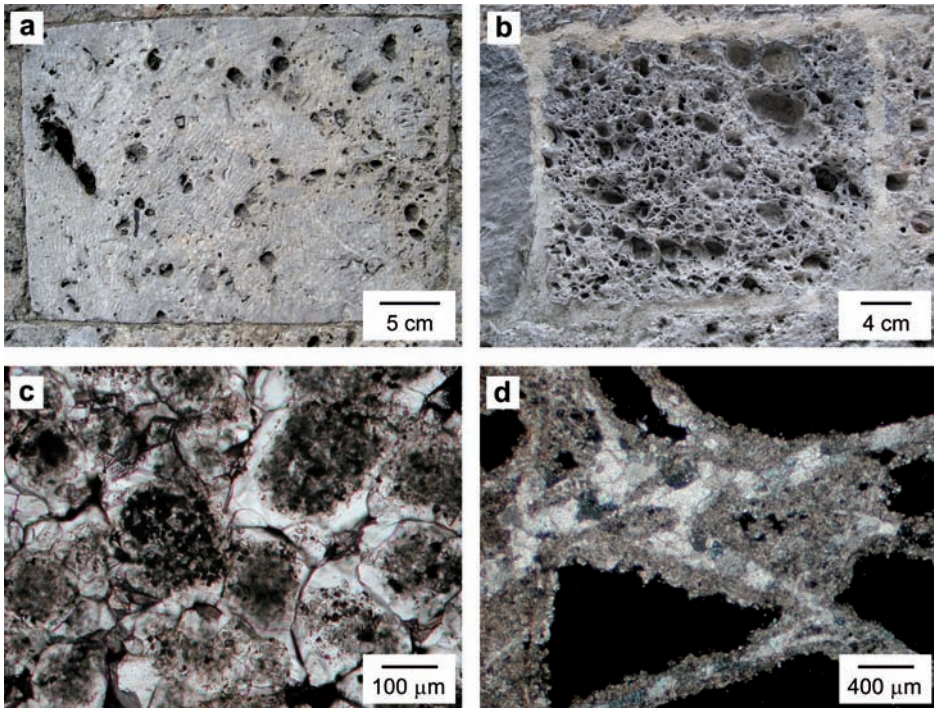


Fig. 3 - Aspetti petrografici del Calcare Cavernoso. **a**: macroporosità dovuta a dissoluzione selettiva ed eterogeneità cromatica legata a variazioni del contenuto in sostanza carboniosa ed ossidi di ferro (paramento murario di Palazzo Salimbeni). **b**: struttura di tipo "boxwork": setti di calcite individuano cavità derivanti dalla asportazione di dolomite incoerente ("cenerone"), in parte ancora presente all'interno di alcuni macropori (paramento murario di Palazzo Chigi-Saracini). **c**: mosaico di calcite pecilotopica che include minuti cristalli di dolomite e residui carboniosi scuri (microscopia ottica in sezione sottile, solo polarizzatore). **d**: aspetto microscopico della facies di tipo "boxwork": i setti sono composti da calcite che ingloba cristalli di dolomite (porzioni brunastre nella foto); le porzioni nere corrispondono a vuoti (microscopia ottica in sezione sottile, Nicol incrociati).

Caratteri petrografici

Osservazioni dirette e analisi di campioni prelevati dai monumenti hanno consentito di stabilire che la "pietra da torre" è rappresentata, nel centro storico, dal Calcare Cavernoso e da elevate quantità di litofacies continentali da esso derivate.

Oltre che sui monumenti, lo studio petrografico si è fondato su ricerche parallele svolte nelle principali località storiche di approvvigionamento. Ci limitiamo qui di seguito a riferire sinteticamente alcuni dei principali risultati acquisiti.

IL CALCARE CAVERNOSO

Il Calcare Cavernoso è già stato oggetto di un nostro studio specifico (Gandin *et al*., 2000) al quale si rimanda sia per i dettagli sia per le problematiche petrogenetiche ivi discusse.

Si tratta di un calcare più o meno dolomitico avente una colorazione irregolarmente variabile dal grigio chiaro al grigio scuro, ma sono anche presenti sporadiche pigmentazioni sul rosso, sul giallo e sul rosato (Fig. 3a).

Tra le facies di colore più scuro, assai caratteristica è quella in cui setti di calcite ad andamento relativamente casuale isolano porzioni ancora interamente dolomitiche (relitti del precursore triassico), in genere scarsamente coerenti o ridotte ad una polvere dolomitica nota nella letteratura geologica come "cenerone". L'erosione selettiva agendo in particolare su dette porzioni incoerenti genera una peculiare struttura di tipo "boxwork" (Fig. 3b).

Carattere macroscopico tipico della roccia è la sua spiccata porosità, evidenziata da cavità che variano in dimensione da vacuoli appena visibili ad occhio nudo a macropori di dimensioni pluricentimetriche.

Dal punto di vista microstrutturale si evidenziano mosaici di calcite pecilotopica, in cui cristalli di calcite spatica ("blocky calcite") ad abito subedrale-anedrale, aventi dimensioni variabili da poche decine ad alcune centinaia di μm, includono cristalli di dolomite di dimensioni intorno alla decina di μm. Alla dolomite si trova associato materiale carbonioso di colore scuro (Fig. 3c), la cui quantità condiziona la colorazione più o meno scura della roccia. I relitti dolomitici sono invece costituiti da mosaici dolomicrosparitici. Nelle facies di tipo "boxwork", i setti che isolano le porzioni interamente dolomitiche o i vuoti lasciati dalla loro asportazione sono costituiti da mosaici di calcite pecilotopica affini a quelli già descritti (Fig. 3d). Le tonalità rossastre, giallastre e rosate sono dovute alla presenza diffusa di ossidi di ferro microcristallini, prevalentemente sotto forma di spalmature o piccoli aggregati ubicati all'interfaccia tra i cristalli di calcite.

LA BRECCIA DI GROTTI E LE FACIES DETRITICHE ALLUVIALI

Sono state distinte quattro litofacies, di seguito elencate secondo la frequenza rilevata sui monumenti del centro storico di Siena.

a) *Calciruditi grano- e matrice-sostenute*. Questa facies, riferibile alla vera e propria Breccia di Grotti, è quella di gran lunga più diffusa, ed è rappresentata essenzialmente da brecce ad elementi pluricentimetrici subangolosi, mal cerniti, con matrice calcarenitica (Fig. 4a). I clasti, sia dello scheletro sia della matrice arenitica, sono costituiti da Calcare Cavernoso, cui talora si associano rari elementi derivati da litologie riferibili al substrato metamorfico della Montagnola Senese e alle unità alloctone liguri affioranti in aree limitrofe. I clasti, localmente incrostati da calcite micritica, sono legati da un tessuto alveolare/septale o pellettoidale, con cemento di calcite spatica limpida, di tipo "calcrete" (Fig. 4b), riferibile a precipitazione interstiziale di carbonato indotta da microrganismi in ambiente pedogenetico.

b) *Calciruditi grano-sostenute prive di matrice*. Sono costituite da clasti centimetrici da subarrotondati a subangolosi, ben cerniti, di prevalente Calcare Cavernoso, per lo più cementati da calcite a disposizione isopaca (Fig. 4c).

c) *Calcareniti massicce*. Si tratta di calcareniti da fini a grossolane, sostanzialmente simili alla matrice della facies *a*.

d) *Facies laminate*. Si tratta di facies sedimentarie caratterizzate da laminazione piano-parallela o incrociata, in cui livelli di calcareniti fini e calcilutiti si alternano a livelli di calciruditi (Fig. 4d).

Dalle prime indagini di campagna appare confermata l'abbondanza relativa delle litofacies riconosciute sui monumenti. I risultati acquisiti consentono inoltre di ribadire che tutte le litofacies studiate sono riferibili ad un sistema deposizionale continentale, composto da corpi di conoide (Breccia di Grotti) associati ad affioramenti di Calcare

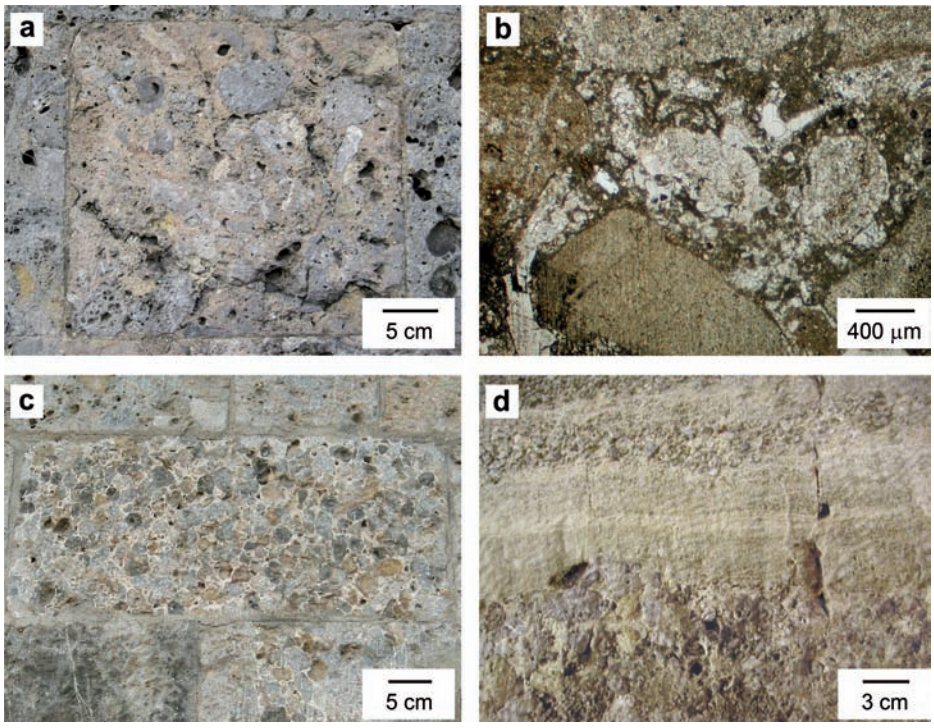


Fig. 4 - Aspetti petrografici delle litofacies neogeniche (le foto a, c, d si riferiscono al paramento murario di Palazzo Salimbeni). **a**: calcirudite matrice-sostenuta. **b**: aspetto microscopico della matrice della precedente litofacies; i clasti calcarei sono legati da un tessuto alveolare/septale o pellettoidale di tipo "calcrete" caratterizzato da cemento micritico interstiziale e da cemento di calcite spatica limpida (microscopia ottica in sezione sottile, solo polarizzatore). **c**: calcirudite grano-sostenuta priva di matrice, con clasti ben cerniti e arrotondati, cementati da calcite isopaca. **d**: facies laminata.

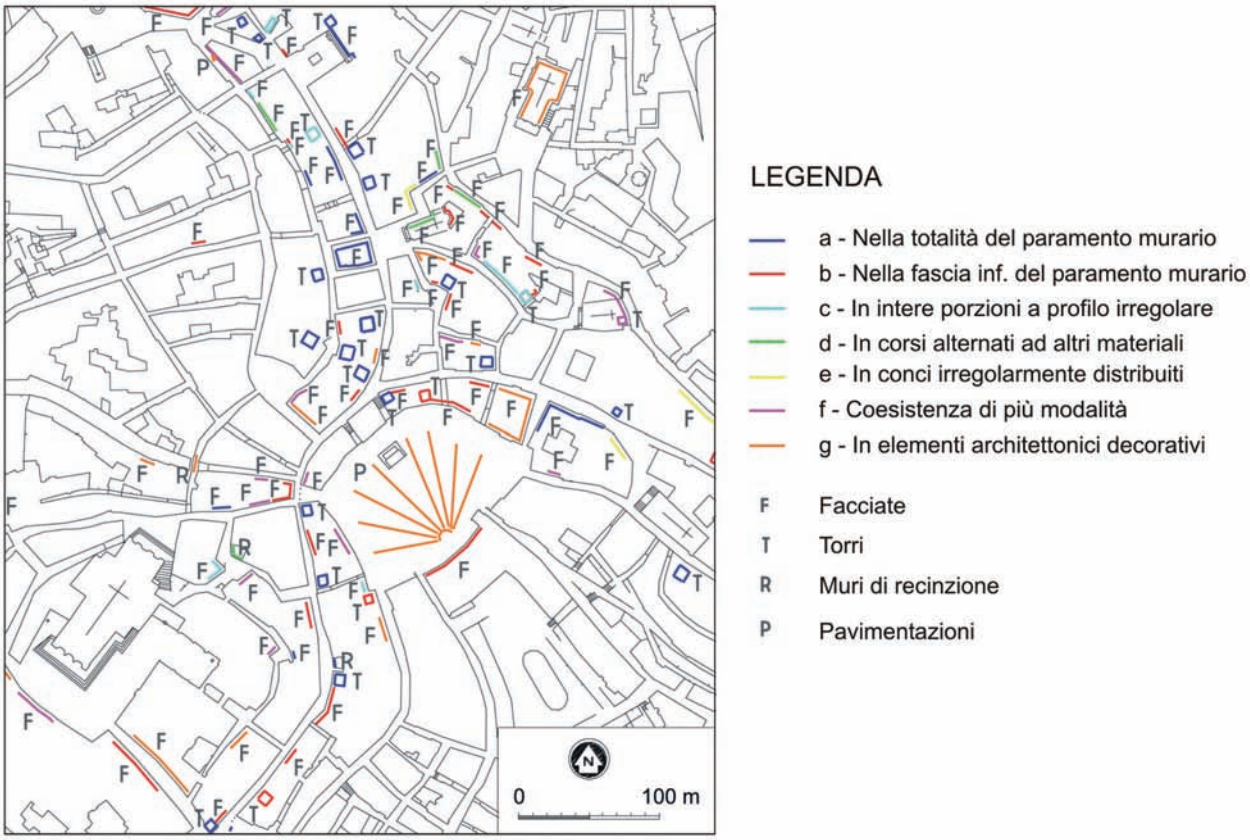


Fig. 5 - Distribuzione e modalità di impiego della "pietra da torre" nel centro storico di Siena (estratto della carta originale relativo alle zone di Piazza del Campo e del Duomo).

Cavernoso, e da depositi di piana alluvionale (facies ruditiche ben cernite, facies arenitiche e facies laminate); nell'ambito di tale sistema ciascuna litofacies può trovare una collocazione nei diversi sottoambienti costitutivi.

Le quattro litofacies descritte, e soprattutto quelle più diffuse, presentano caratteri macroscopici che, senza una analisi di dettaglio, possono essere confusi con quelli del Calcare Cavernoso. I motivi principali di somiglianza sono due:

- la spiccata vacuolarità, derivata prevalentemente da processi tardivi di dissoluzione carsica che hanno agito su tutte le litologie analizzate;

- l'aspetto brecciforme, che nelle litofacies neogeniche è dovuto all'accumulo di clasti provenienti dalla disgregazione del Calcare Cavernoso, mentre nel Calcare Cavernoso lo stesso aspetto è connesso essenzialmente con fenomeni di fratturazione e di dedolomitizzazione dell'originaria dolomia triassica, che hanno determinato una generale disomogeneità della roccia di neoformazione.

Queste analogie, insieme alla stretta associazione giaciturale tra i litotipi in questione, rendono la loro distinzione in campagna non facile e giustificano l'impropria denominazione di "calcare cavernoso" attribuita in passato anche alle ruditi a prevalenti elementi di Calcare Cavernoso del Miocene superiore - Pliocene inferiore.

Distribuzione e modalità d'impiego della pietra nel centro storico

CENSIMENTO E MAPPATURA

È stato eseguito un censimento e una dettagliata catalogazione di tutti i manufatti del centro storico di Siena in cui la "pietra da torre" è usata in modo significativo. Questo lavoro rappresenta un approfondimento rispetto ai dati del rilevamento dei materiali da costruzione dell'architettura senese riportati in Giamello *et al.* (1992). Il censimento e la catalogazione si riferiscono a quanto emerso nel lavoro di tesi di laurea di Mugnaini (1998).

Sono state prese in esame solo le opere visibili dalla pubblica via. I risultati del rilevamento sono stati riportati in una specifica carta tematica che sintetizza la distribuzione e l'impiego del materiale nell'intero centro storico. In questa sede se ne

Fig. 6 - Esempi di modalità d'impiego della "pietra da torre". **a**: nella totalità del paramento murario (Torre Forteguerri). **b**: nella fascia inferiore del paramento murario (Palazzo Pubblico). **c**: in intere porzioni a profilo irregolare (Palazzo Bandinelli). **d**: in corsi alternati ad altri materiali (Palazzo Del Taja). **e**: in conci irregolarmente distribuiti (Chiesa di S. Andrea). **f**: coesistenza di più modalità di impiego (cinta muraria presso Porta Camollia). **g**: in elementi architettonici decorativi (Palazzo Guglielmi).

mostra uno stralcio relativo alla zona comprensiva del Duomo e di Piazza del Campo (Fig. 5). Nella carta ogni opera è identificata con una lettera, indicativa della tipologia, e con un colore, indicativo della modalità d'impiego. Quest'ultima si riferisce alla situazione osservabile al momento del rilevamento, e quindi non tiene conto dell'evoluzione storico-architettonica del manufatto.

Le opere sono ripartite in cinque tipologie su basi architettoniche:

- facciate di edifici (palazzi storici, chiese e altre simili opere monumentali, nonché edifici genericamente adibiti ad abitazione), contraddistinte con la lettera **F**;

- torri e case-torri, contraddistinte con la lettera **T**. È da precisare che sono state inserite in questa tipologia quelle strutture che tuttora conservano come tali la loro individualità, o anche quelle strutture che, pur attualmente inglobate in edifici, per le loro dimensioni e per l'assetto degli stessi materiali costitutivi, manifestano, ad una diretta osservazione dall'esterno, le caratteristiche di originarie torri. Non sono stati quindi per questo censimento seguiti criteri storici ed architettonici che porterebbero ad aumentare le opere comprese in questa tipologia, come emerge dal lavoro di

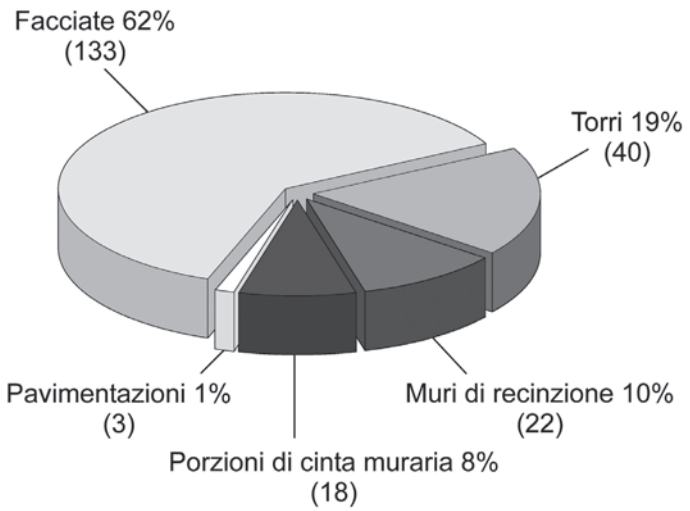


Fig. 7 - Abbondanze relative dell'uso della "pietra da torre" nelle varie tipologie di manufatti. Tra parentesi è indicato il numero dei casi osservati.

Castelli e Bonucci (2005). In questa sede alcune strutture che per l'apparecchiatura della pietra appaiono di fatto inserirsi nel contesto di una facciata di un edificio sono state comprese nelle opere già contraddistinte con la lettera F;

- muri di recinzione e/o di sostegno (**R**);
- porzioni del paramento murario interno della cinta muraria del centro storico (**M**);
- pavimentazioni (**P**).

Le modalità di impiego della pietra in ogni manufatto sono state distinte con diversi colori secondo i seguenti criteri:

a) con il colore *blu* sono state contrassegnate le opere in cui si realizza un impiego pressoché totale sul paramento murario, salvo eccezioni in cui altri materiali sono usati in piccole sopraelevazioni, in porzioni sostituite in tempi recenti o in rari conci sparsi nella muratura. Per tutti questi casi i materiali diversi dalla pietra in questione non costituiscono più del 10% della superficie totale del paramento (Figura 6a);

b) il colore *rosso* indica l'impiego della pietra in una fascia inferiore del paramento murario, che può occupare una superficie variabile dal 20 all'80% del totale; in tale porzione possono essere rinvenuti anche altri materiali, per un quantitativo comunque non superiore al 10% della superficie della fascia stessa. Nelle porzioni superiori è presente, in prevalenza, laterizio più o meno rivestito da intonaco, talora con rari conci della pietra in esame. In questo caso, come nel precedente, la pietra può anche costituire alcuni elementi architettonici decorativi (Figura 6b);

c) il colore *celeste* contraddistingue i manufatti nel cui paramento si osservano porzioni di "pietra da torre" a contorno irregolare; molto spesso sono anche in corrispondenza di residui di antichi elementi architettonici quali cornici, pilastri, archi, etc. (Figura 6c);

d) con il colore *verde* si indicano le opere in cui la pietra è disposta in corsi che si alternano ad altri materiali. Su tali murature è spesso possibile osservare relitti di intonaco variamente diffusi (Figura 6d);

e) il colore *giallo* individua le opere in cui la "pietra da torre" è rinvenibile in conci irregolarmente distribuiti sul paramento. Anche in queste opere è frequente la presenza di relitti di intonaco (Figura 6e);

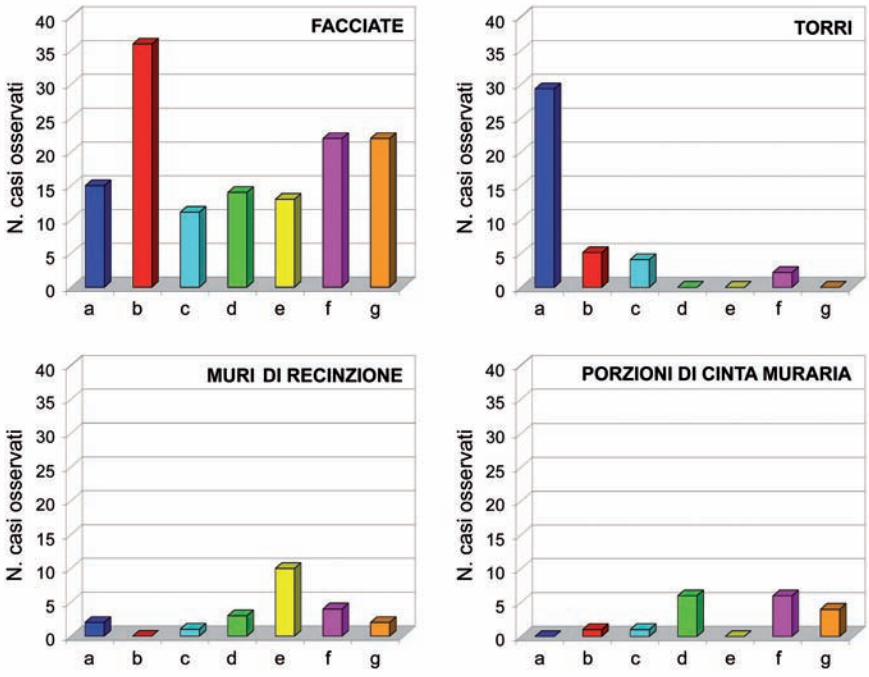


Fig. 8 - Sintesi quantitativa delle modalità d'impiego relative ad alcune tipologie di manufatti (per il significato delle lettere *a-g* vedasi testo).

OPERA ED UBICAZIONE DEL SETTORE ANALIZZATO	NUMERO CONCI ANALIZZATI	DIMENSIONE CONCI	QUANTITA' RELATIVE CALCARE CAVERNOSO/ LITOFACIES NEOGENICHE	MATERIALI ASSOCIATI NEL SETTORE ANALIZZATO
Paramento interno della cinta muraria sulla sinistra di Porta Camollia	768	Lunghezza: 14÷48 cm Altezza: 15÷30 cm	Calcare Cavernoso: 22% Litofacies neogeniche: 66%	- Arenaria pliocenica (8%) - Laterizio (2%) - Altre litologie carbonatiche (2%)
Paramento del Palazzo delle Poste, facciata su Piazza Matteotti	344	Lunghezza: 15÷46 cm Altezza: 17÷27 cm	Calcare Cavernoso: 8% Litofacies neogeniche: 92%	
Paramento della Abbazia di S. Donato, Piazza dell'Abbadia (con esclusione dello zoccolo)	100	Lunghezza: 15÷60 cm Altezza: 21÷37 cm	Calcare Cavernoso: 14% Litofacies neogeniche: 84%	Arenaria pliocenica (2%)
Paramento di Palazzo Salimbeni, Piazza Salimbeni	1200	Lunghezza:15÷68 cm Altezza: 18÷31 cm	Calcare Cavernoso: 5% Litofacies neogeniche: 94.5%	Altre litologie carbonatiche (0.5%)
Raggio della pavimentazione di Piazza del Campo	540	Lunghezza: 12÷56 cm Altezza: 10÷43 cm	Calcare Cavernoso: 16% Litofacies neogeniche: 82%	- Arenaria pliocenica (1%) - Altre litologie carbonatiche (1%)
Paramento di Palazzo Pubblico, facciata su Piazza del Campo	546	Lunghezza: 20÷38 cm Altezza: 16÷25 cm	Calcare Cavernoso: 41% Litofacies neogeniche: 59%	Un concio di arenaria pliocenica, un concio di travertino
Paramento del Santa Maria della Scala, Piazza del Duomo	424	Lunghezza: 12÷59 cm Altezza: 21÷32 cm	Calcare Cavernoso: 26% Litofacies neogeniche: 70%	- Arenaria pliocenica (1%) - Travertino (2%) - Laterizio (1%)
Paramento di Palazzo Chigi-Saracini, Via di Città	536	Lunghezza: 10÷97 cm Altezza: 17÷52 cm	Calcare Cavernoso: 15% Litofacies neogeniche: 80%	- Travertino (4%) - Altre litologie carbonatiche (1%)
Torre della Rocchetta, Via S. Quirico (paramento verso Istituto S. Teresa)	158	Lunghezza: 10÷48 cm Altezza: 17÷26 cm	Calcare Cavernoso: 17% Litofacies neogeniche: 77%	- Arenaria pliocenica (4%) - Travertino (1%) - Laterizio (1%)
Pavimentazione di Piazza Manzoni	465	Lunghezza: 10÷35 cm Altezza: 10÷28 cm	Calcare Cavernoso: 2% Litofacies neogeniche: 95%	- Arenaria pliocenica (2%) - Travertino (0.5%) - Pietra serena (0.5%)

Tab. 1 - Stima quantitativa dei conci di Calcare Cavernoso e di litofacies neogeniche in alcune opere del centro storico di Siena.

f) con il colore *viola* si indicano i casi in cui si osserva la presenza contemporanea di due o più tipologie di impiego tra quelle sopra descritte (Figura 6f);

g) con il colore *arancio*, infine, viene indicato l'uso della pietra, in maniera esclusiva, negli elementi architettonici decorativi (cornicioni, zoccoli, marcapiani, cornici, pavimentazioni; Figura 6g).

I materiali associati alla "pietra da torre" sono quasi sempre rappresentati da laterizio con frequenti relitti di intonaco; più raramente sono presenti conci di arenaria pliocenica e travertino.

Dall'elaborato cartografico relativo all'intero centro storico emerge che la distribuzione segue l'andamento dello sviluppo primario della città, a conferma dell'uso antico della pietra in questione. Del resto anche Balestracci e Piccinni (1977, p. 100) affermano che la maggior parte delle torri, di cui la pietra costituisce il materiale più caratteristico, "... erano sorte sulle arterie più importanti della città, e i loro resti sono ancora oggi rilevabili lungo la Francigena...".

Complessivamente sono 216 le opere catalogate in cui la pietra trova nel paramento murario un impiego significativo, tale cioè che la superficie coperta dal materiale abbia un'estensione almeno pari al 10% dell'intero paramento. Fanno eccezione quelle opere in cui l'impiego della pietra si realizza esclusivamente negli elementi architettonici decorativi (tipologia **g**), opere nelle quali l'entità dell'uso del materiale è piccola rispetto alla superficie totale, ma la significatività dell'elemento architettonico ne giustifica il censimento (es. i raggi in "pietra da torre" della pavimentazione in laterizio di Piazza del Campo). In Figura 7 si riporta una stima delle abbondanze relative, dalla quale emerge che le facciate sono di gran lunga preponderanti nell'impiego della pietra, anche se occorre tenere conto che in alcuni edifici esse accorpano antiche torri che però non trovano distinzione nel criterio di rilevamento in questa sede adottato. I diagrammi di Figura 8 costituiscono invece una sintesi quantitativa delle modalità di impiego relative a tutti i tipi di manufatti distinti, ad eccezione delle pavimentazioni, che si limitano a soli tre casi significativi.

QUANTIFICAZIONE DELL'IMPIEGO DEL CALCARE CAVERNOSO E DELLE LITOFACIES NEOGENICHE

In un numero significativo dei manufatti del centro storico interessati da recente restauro o da degrado trascurabile è stata effettuata, mediante un conteggio dei conci, una stima dell'abbondanza del Calcare Cavernoso e delle litofacies neogeni-

che da esso derivate.

Le stime possono ritenersi di rilievo sul piano statistico poiché hanno riguardato complessivamente dieci manufatti, e in ciascun manufatto è stato esaminato un numero di conci variabile da un minimo di 100 ad un massimo di 1200.

I risultati di queste stime, riportati in Tabella 1, consentono di evidenziare che, alla scala del singolo concio, le litologie neogeniche sono normalmente di gran lunga prevalenti, rappresentando oltre il 75% del totale della "pietra da torre".

Le proporzioni quantitative stimate trovano una corrispondenza nelle situazioni rilevate in campagna nei luoghi di provenienza storica del materiale, dove, come già detto, il Calcare Cavernoso si trova spesso, e sempre in quantità subordinata rispetto alle facies neogeniche, a costituire lembi del substrato e/o blocchi immersi nelle stesse formazioni mio-plioceniche.

Tracce di antichi trattamenti superficiali

Sulle superfici dei manufatti monumentali in "pietra da torre" si sono potute correntemente osservare, nel corso dei numerosi studi affrontati nel centro storico senese, anche in relazione ad importanti interventi di restauro, residui di pellicole ad ossalato di calcio, rilevate sulla base di analisi microscopiche e diffrattometriche. La pellicola che di norma è presente sulla pietra è del tipo di quella rappresentata nelle figure 9a e 9b che ne evidenziano rispettivamente l'aspetto macroscopico e microscopico. In tutti i casi osservati, l'analisi al microscopio polarizzatore in sezione ultrasottile permette di rilevare che si tratta di una pellicola composita, a duplice strato: un primo strato a solo ossalato, a contatto con la pietra calcarea, di norma costituito da ossalato di calcio monoidrato (whewellite); ad esso è sovrapposto un secondo strato, solitamente costituito da ossalato di calcio biidrato (weddellite) contenente un carico pigmentante di ocre rosse e gialle con nero di carbone.

Al fine di inquadrare il significato di queste pellicole giova ricordare che gli studi eseguiti hanno messo in evidenza che esistono molteplici tipologie di pellicole ad ossalati di calcio, e che la loro distribuzione su un dato monumento non è casuale, ma appare anzi relazionata al tipo di materiale e/o alla funzione architettonica dell'elemento su cui si rinvengono (Droghini *et al.*, 2005; Giamello *et al.*, 2005a; Giamello *et al.*, 2005b). Gli aspetti più comuni delle pellicole in oggetto vengono di seguito riassunti, facendo riferimento a varie situazioni studiate.

In generale, le pellicole appaiono soprattutto diffuse, in forma relitta, nelle facciate degli edifici antichi e interessano le superfici dei materiali lapidei sia naturali che artificiali; tra questi ultimi, in particolare, il laterizio (Droghini *et al.*, 2007a). In senso cronologico, su basi storico-architettoniche, tali pellicole si trovano frequentemente in strutture medievali che nel centro storico di Siena, come già accennato, si trovano difficilmente conservate in maniera inte-

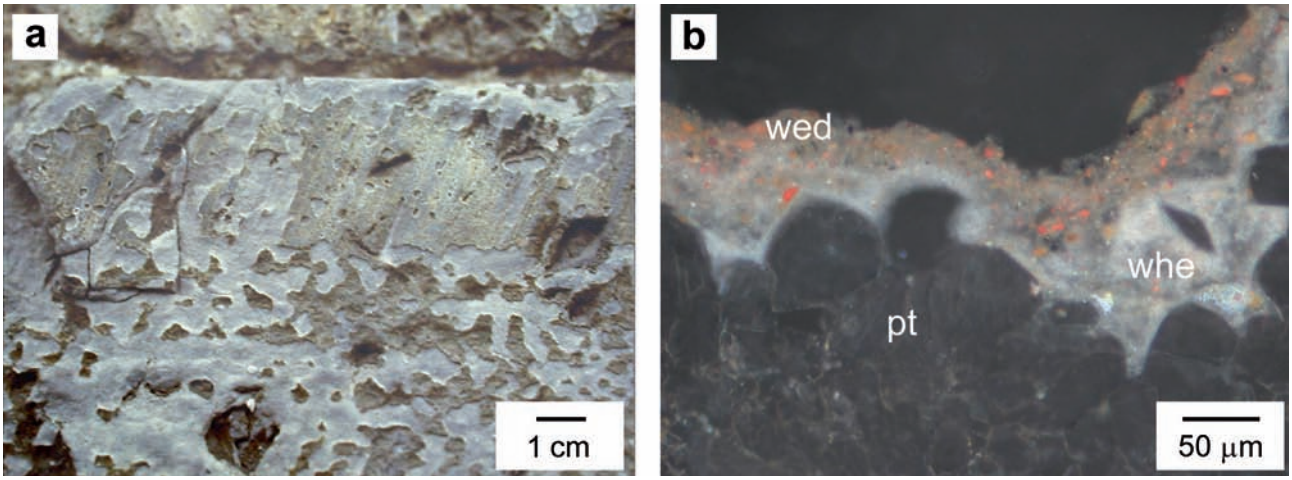


Fig. 9 - Pellicole ad ossalati di calcio sul paramento murario del Palazzo Pubblico. **a**: aspetto macroscopico. **b**: microstratigrafia in sezione sottile trasversale, luce riflessa campo scuro (pt = substrato lapideo; whe = pellicola a whewellite parzialmente solfatata; wed = pellicola a weddellite con pigmenti di ocre rosse e brune e raro nero di carbone).

grale; si possono tuttavia trovare con relativa frequenza anche sulle superfici delle facciate di palazzi cinquecenteschi. Recentemente le stesse pellicole sono state rilevate sulla superficie di materiali lapidei della facciata del Duomo di Siena oggetto di rifacimenti settecenteschi (Droghini *et al*., 2007b).

Le osservazioni fenomenologiche condotte sui monumenti sono state accompagnate da studi che si fondano anche su prove sperimentali (Bralia *et al*., 1989a, b; Appolonia *et al*., 1996; Camaiti *et al*., 1996). L'insieme dei dati acquisiti consente di riferire le pellicole in questione ad antichi trattamenti effettuati sulle superfici lapidee a fini estetici e forse anche conservativi. Come si rileva anche da recenti ricerche storiche d'archivio (Giorgi & Moscadelli, 2005), la sostanza originaria principalmente utilizzata al riguardo, di cui le pellicole ad ossalato sono i prodotti di trasformazione, doveva essere per lo più rappresentata da olio di lino, applicato da solo o accompagnato da variabili, ma comunque scarse, quantità di ocre e/o nero di carbone. Le osservazioni microscopiche rilevano che tale sostanza veniva applicata sotto forma di finitura assai sottile (lo spessore μm di norma compreso tra 20 e 100 μm), finitura che in origine lasciava trasparire il substrato lapideo (è quanto risulta da prove sperimentali in corso) e aveva lo scopo di esaltarne il colore, come per esempio nel laterizio, se applicata come semplice olio di lino; di conferire, invece, una più calda e uniforme tonalità cromatica, ma senza nascondere l'aspetto tipico del materiale, se l'olio era applicato con un lieve carico pigmentante. Nell'ambito di una stessa facciata in laterizio questi due tipi di trattamenti talora contraddistinguono, rispettivamente, il paramento murario dagli elementi architettonici decorativi (lesene, cornici, archi, ecc.). In alcuni casi, come già visto nel caso specifico per la "pietra da torre", i due tipi di trattamento si sovrappongono: la prima stesura funge, verosimilmente, da preparazione per la stesura superiore provvista di carico pigmentante. Nel caso peculiare del marmo la mano preparatoria diviene ancor più importante ai fini estetici, come si è potuto accertare dalle citate prove sperimentali: il primo strato senza pigmenti, infatti, occludendo la porosità del materiale, evita l'eccessiva penetrazione della successiva stesura che altrimenti può provocare "macchie" indesiderate nelle zone a maggiore porosità.

In definitiva, dopo questi trattamenti, che potevano essere anche rinnovati nel corso di importanti ristrutturazioni, il palazzo era pronto per essere consegnato nelle migliori condizioni estetiche. I trattamenti sono inevitabilmente andati incontro, nel tempo, a fenomeni di alterazione, e cioè: alla trasformazione della originaria sostanza proteica in ossalato di calcio, alla progressiva riduzione della loro estensione per effetto dell'erosione dovuta al dilavamento da parte delle acque meteoriche, ed infine, soprattutto in epoca industriale, all'azione di processi di solfatazione che hanno interessato in varia misura lo stesso ossalato. Il risultato di questi fenomeni è dato da ciò che oggi si osserva: relitti degli originari trattamenti variamente diffusi nel paramento murario in funzione della diversa esposizione ai fenomeni erosivi delle superfici lapidee e sostanziale mutamento cromatico dei trattamenti che da trasparenti, quali erano in origine, appaiono generalmente opachi e per lo più di colore giallo-brunastro o grigiastro.

Considerazioni conclusive

Il lavoro svolto sulla "pietra da torre" ha fatto leva su uno studio di carattere essenzialmente petrografico per giungere poi a delineare le caratteristiche di distribuzione e le modalità d'impiego della pietra nel centro storico di Siena, attraverso una mappatura ed una catalogazione dei principali manufatti che ne fanno uso. Le tematiche affrontate portano contributi di conoscenze di base utili per la conservazione e valorizzazione di un materiale litoide che, per la sua diffusione geologica, trova largo impiego anche in antichi borghi o paesi del territorio senese (Fig. 10).

Le osservazioni condotte sui monumenti si sono rivelate di grande interesse, e spesso di utilità ben superiore alle stesse osservazioni di campagna, per la maggiore facilità di lettura dei

Fig. 10 -Il Castello di Monteriggioni, prevalentemente costruito con "pietra da torre".

caratteri tessiturali. Esse hanno, infatti, costituito il punto di partenza per definire la natura composita di una pietra che è stata per lungo tempo confusa o impropriamente identificata, e in parte lo è tutt'ora, con il Calcare Cavernoso, e ciò a causa delle notevoli similitudini nei caratteri macroscopici di litotipi che si trovano in stretta associazione sia nei paramenti murari degli edifici storici sia nelle naturali condizioni di giacitura. La natura composita della pietra ha come conseguenza diretta, di non secondaria importanza, un diverso comportamento delle varie litofacies ai fenomeni di degrado.

Un'attenzione particolare, in sede conclusiva, deve essere rivolta agli interventi di restauro che sono in atto nel centro storico di Siena nell'ambito del "Piano del colore" su edifici in cui è impiegata la "pietra da torre". Per quanto detto e circostanziato in precedenza sulla base degli studi eseguiti nel centro storico, suffragati da prove sperimentali, la pressoché costante presenza di relitti di pellicole ad ossalato di calcio sulle superfici della pietra è certamente indicativa del fatto che il materiale era stato messo in opera a facciavista. Pertanto, gli interventi che tendono ad obliterare l'aspetto naturale della pietra, inteso sia come caratteristiche cromatiche che tessiturali, vanno contro al ruolo estetico che era stato conferito in origine al materiale come tale.

Testi citati e consultati

Appolonia L., Giamello M. & Sabatini G. (1996) - *Caratterizzazione stratigrafica delle pellicole ad ossalati mediante osservazioni in sezione ultrasottile e microdiffrattometria*. Atti del Convegno "The oxalate films in the conservation of works of art", Centro CNR "Gino Bozza", Milano, 359-376.

Balestracci D. & Piccinni G. (1977) - *Siena nel Trecento. Assetto urbano e strutture edilizie*. Ed. Clusf, Firenze.

Bralia A., Matteini M., Moles A. & Sabatini G. (1989a) - *La sintesi degli ossalati di calcio nella interpretazione delle patine presenti sui marmi esposti all'aperto. Risultati preliminari*. Atti del Convegno "Le pellicole ad ossalati: origine e significato nella conservazione delle opere d'arte", Centro CNR "Gino Bozza", Milano, 75-84.

Bralia A., Matteini M., Moles A. & Sabatini G. (1989b) - *Ossalati di calcio sulla Fonte Gaia di Siena*. Atti del Convegno "Le pellicole ad ossalati: origine e significato nella conservazione delle opere d'arte", Centro CNR "Gino Bozza", Milano, 289-297.

Camaiti M., Fommei C., Giamello M., Sabatini G. & Scala A. (1996) - *Trattamenti di superfici lapidee secondo antiche ricette: primi risultati sulla formazione di ossalati di calcio*. Atti del Convegno "The oxalate films in the conservation

of works of art", Centro CNR "Gino Bozza", Milano, 287-298.

Carta Geologica Regionale CARG 1:25000, Foglio 296 - Siena (2003).

Castelli V. & Bonucci S. (2005) - *Antiche torri di Siena*. Ed. Betti, Siena.

Costantini A., Decandia F.A., Lazzarotto A., Liotta D., Mazzei R., Pascucci V., Salvatorini G. & Sandrelli F. (in stampa) - *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000: Foglio 296 - Siena*. Servizio Geologico d'Italia, Roma.

Droghini F., Giamello M., Guasparri G., Mugnaini S., Nardelli M.G., Sabatini G. & Scala A. (2005) - *Ancient treatments on the Sansedoni Palace façade*. In: "The Sansedoni Palace" (Gabbrielli F., ed.), Protagon Editori, Siena, 349-368.

Droghini F., Gabbrielli F., Giamello M., Guasparri G., Mugnaini S., Sabatini G. & Scala A. (2007a) - *I colori delle facciate del centro storico senese. Le pellicole ad ossalato sul laterizio dei palazzi quattro-cinquecenteschi*. Abstract di presentazione al Convegno Nazionale dell'A.I.Ar. "Colore e Arte. Storia e tecnologia del colore nei secoli" (Firenze, 28 febbraio - 2 marzo 2007).

Droghini F., Giamello M., Guasparri G., Mugnaini S., Sabatini G. & Scala A. (2007b) - *Le antiche finiture dei "marmi" della facciata del Duomo di Siena*. In "La facciata del Duomo di Siena" (Lorenzoni M. ed.), 175-187, Editrice Silvana, Cinisello Balsamo, Milano.

Gandin A., Giamello M., Guasparri G., Mugnaini S. & Sabatini G. (2000) - *The Calcare Cavernoso of the Montagnola Senese (Siena, Italy): mineralogical-petrographic and petrogenetic features*. Miner. Petrogr. Acta, 43, 271-289.

Giamello M., Guasparri G., Neri R. & Sabatini G. (1992) - *Building materials in Siena architecture: type, distribution and state of conservation*. Science and Technology for Cultural Heritage, 1, 55-65.

Giamello M., Guasparri G., Mugnaini S., Sabatini G. & Scala A. (2005a) - *I colori della facciata del Palazzo Pubblico di Siena nell'età medievale. Un tentativo di ricostruzione tramite le pellicole ad ossalati di calcio*. In "Il colore delle facciate: Siena e l'Europa nel Medioevo" (Tolaini F. ed.), Atti del convegno (Siena, 2-3 marzo 2001), Quaderni CERR, Pacini Editore, Pisa, 35-51.

Giamello M., Guasparri G., Sabatini G. & Scala A. (2005b) - *La competenza dell'esperto scientifico. Lo studio delle "patine" in sezione ultrasottile*. In "Le patine. Genesi, significato, conservazione" (Tiano P. & Pardini C. eds.), Atti del workshop (Firenze, 4-5 maggio 2004), Kermesquaderni, Nardini Editore, Firenze, 89-96.

Giannini E. & Lazzarotto A. (1967) - *Sulla giacitura, origine ed età della coltre di "cavernoso" alla Montagnola Senese*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., ser. A, 74, 63-77.

Giannini E. & Lazzarotto A. (1970). *Studio geologico della Montagnola Senese*. Mem. Soc. Geol. It., 9, 451-495.

Giorgi A. & Moscadelli S. (2005) - *Costruire una cattedrale. L'Opera di Santa Maria di Siena tra il XII e il XIV secolo*. Deutscher Kunstverlag, München.

Lazzarotto A. & Sandrelli F. (1977) - *Stratigrafia e assetto tettonico delle formazioni neogeniche del bacino del Casino (Siena)*. Boll. Soc. Geol. It., 96 (5-6), 747-761.

Liotta D. (2002) - *Stratigraphic and structural outline of the Montagnola Senese area (Southern Tuscany)*. Boll. Soc. Geol. It., 121, 705-714.

Moretti I. & Stopani R. (1981) - *Romanico senese*. Salimbeni Libreria Editrice, Firenze.

Mugnaini S. (1998) - *Il Calcare Cavernoso. La roccia, la pietra da costruzione. Un caso reale: l'intervento di restauro sul Palazzo Pubblico di Siena*. Tesi di Laurea, Università di Siena.

Parenti R. (1995) - *Approvvigionamento e diffusione dei materiali litici da costruzione di Siena e dintorni*. In "Le pietre delle città d'Italia. Atti della giornata di studi in onore di F. Rodolico" (Lamberini D. ed.). Le Monnier, Firenze.

Rodolico F. (1953) - *Le pietre delle città d'Italia*. Le Monnier, Firenze.

Signorini R. (1966) - *I terreni neogenici del Foglio "Siena"*. Boll. Soc. Geol. It., 85 (3-4), 639-654.

Martin pescatore, *Alcedo atthis* (Linnaeus, 1758)
Foto "Il Graffio", Follonica

Il messaggero della Maremma

Oggi più che mai il Cavallo maremmano, recando in sé l'impronta di una natura rimasta nel suo fondo ancora selvaggia ed incontaminata, ma nel medesimo tempo aperta, generosa e disponibile, si afferma in Italia e nel mondo come forse il più autentico "messaggero" del suo territorio d'origine.

Il Cavallo maremmano

Maria Gabriella Ascenzi
Associazione Nazionale Allevatori Cavalli di Razza Maremmana
Via Canova 13/A – 58100 Grosseto)

Le prime testimonianze di popolazioni cavalline lungo il litorale tirrenico tosco-laziale risalgono alla civiltà etrusca. Per molti secoli, i componenti di tali popolazioni si sono mantenuti com'erano in origine: tozzi, forti ed ombrosi; poi, intorno al 1870, essi cominciarono ad essere incrociati con cavalli dall'aspetto più gentile e slanciato. Nel 1902, con la nascita nelle scuderie reali di San Rossore dello stallone Fauno, risultante dall'incrocio di un esemplare di Maremmano con un altro di Purosangue inglese, si giunse a quella che viene definita "la nuova generazione" della razza equina di cui trattiamo: generazione che, oltre ad averne ingentilito la vecchia e rustica figura, ne ha anche aumentato la statura e la nevrilità.

Malgrado sia stato da sempre allevato allo stato brado (Fig. 1) ed in condizioni ambientali spesso difficili, sviluppando perciò doti di robustezza, frugalità e resistenza alla fatica ed alle avverse condizioni meteorologiche, negli anni successivi alla Seconda Guerra Mondiale il Cavallo maremmano ha seriamente rischiato di estinguersi. La tenacia degli allevatori toscani e laziali, comunque, ha fatto sì che la razza preservasse la propria identità, garantendone altresì un futuro con la fondazione nel 1979 dell'Associazione Nazionale Allevatori Cavalli di Razza Maremmana (ANAM) da parte delle Associazioni Provinciali Allevatori di Grosseto, Roma, Rieti e Viterbo. Dotata di personalità giuridica dal 5 dicembre 1990 per Decreto del Presidente della Repubblica, l'ANAM ha sede a Grosseto e conta tra i suoi soci 19 Associazioni Provinciali Allevatori (APA).

Con un attento e complesso lavoro di ricostruzione genealogica, in quasi trent'anni di attività l'associazione ha consentito di ricondurre tutta la popolazione iscritta nel Libro Genealogico a quattro stalloni attualmente riconosciuti come capostipiti: Otello (Maremmano nato nel 1927), Aiace (Purosangue inglese, 1926), Ussero (razza Moscati, degli anni '20) e Ingres (Purosangue, 1946). D'altra parte, oltre a salvaguardare la razza, trami-

Fig. 1 - Maremmani in corsa.

Fig. 2 - Butteri a lavoro.

te opportune selezioni l'ANAM l'ha straordinariamente migliorata dal punto di vista sia morfologico che attitudinale: tanto che oggi è possibile affermare con orgoglio che il Cavallo maremmano, compagno di lavoro dei butteri (Fig. 2), rimane l'unico vero "cavallo da sella italiano". Di temperamento docile, generoso e pronto ad adeguarsi alle più svariate esigenze, esso risulta infatti eccellente non soltanto per l'equitazione "da diporto" per adulti e bambini, ma anche per quella propriamente agonistico-sportiva, dimostrandosi in grado di competere alla pari con le altre razze equine impiegate in tal senso. È stato inoltre il primo cavallo da sella italiano ad essere selezionato con i più moderni criteri quali gli indici genetici ed il *performance test*.

Va precisato che l'utilizzazione in senso sportivo della razza maremmana non l'ha affatto privata di quelle caratteristiche di forza, resistenza e rusticità che per secoli ne hanno reso agevole ed economico l'allevamento. D'altra parte, opportune selezioni ed affinamenti delle tecniche di allevamento ne hanno garantito e valorizzato sia la naturale attitudine a superare ogni tipo di ostacolo che la docilità.

Già pioniere nelle bonifiche delle paludi, veloce ed instancabile mezzo di trasporto nei sentieri impervi della macchia mediterranea e strumento insostituibile per il controllo delle mandrie brade, il Cavallo maremmano mantiene ancora oggi inalterato il suo fascino leggendario, profondamente legato all'evoluzione del suo territorio. Per converso la valorizzazione di quest'ultimo in quanto meta sempre più ambita di un turismo internazionale desideroso di rivivere antiche emozioni legate alle tradizioni contadine, al lavoro della terra ed al rapporto diretto con la natura, non può prescindere dalla presenza di questo straordinario animale.

Nei suoi primi 25 anni di attività, l'ANAM ha operato essenzialmente al fine di ottenere un *pool* genetico che assicurasse la salvaguardia di una razza destinata a scomparire. L'importante e rivoluzionario lavoro di selezione svolto dall'associazione ha puntato soprattutto all'esaltazione delle caratteristiche atletiche ed attitudinali del Cavallo maremmano; e i risultati non hanno tardato a premiare un tale grosso sforzo, portando ad un animale migliorato nel suo aspetto (nella lunghezza dell'incollatura, nell'altezza e nell'armonia delle forme in relazione alla testa) e particolarmente piacevole da montare (per il carattere, la docilità, il tipo di allevamento e l'elasticità delle andature).

Il "nuovo" cavallo maremmano si caratterizza come segue: tipo meso-dolicomorfo con mantello di colore baio o morello generalmente scuro; altezza al garrese 160-172 cm; peso 450-500 kg; equilibrato, energico, molto resistente e buon saltatore, ha i piedi di buona forma e resistenti all'usura (Fig. 3). Pur rispondendo in modo egregio a tutte le esigenze del classico cavallo militare, il maremmano ha incontrato favore nel mercato e si è diffuso su scala nazionale sia per lo sport che per il tempo libero. Nell'ambito agonistico, ogni stagione lo ha visto competere a qualsiasi livello e battersi spesso per la vittoria (Figg. 4-5), com'è stato magnificamente dimostrato da Quotidiana e da Ursus del Lasco (cavalcati rispettivamente dai campioni olimpionici Raimondo D'Inzeo e Graziano Mancinelli) nel salto degli ostacoli e da Rondinella (cavalcata da Stefano Meattini) nella cosiddetta "monta da lavoro". Quest'ultima non è altro che una trasposizione in forma agonistica, regolarmente riconosciuta ed apprezzata dalla

Fig. 3 - M. Nakano di Sterpeti.

Federazione Sports Equestri, dei gesti e delle difficoltà incontrate dal buttero a cavallo nel suo lavoro quotidiano.

Sull'onda di vittorie come quelle ricordate e di fronte agli intenti di rendere il maremmano l'unico cavallo da sella autoctono in grado di eccellere negli sports equestri, era subentrato ed aveva suscitato disaccordi e polemiche non soltanto nella base ma anche nei vertici dell'associazione il timore che questa avesse in qualche modo finito per alterare gli aspetti maggiormente legati alla tradizione ed alla tipicità della razza. L'ANAM, comunque, ha dimostrato che la razza equina maremmana avrebbe potuto conservarsi unicamente grazie alla saggia politica fino ad allora da essa perseguita, basata sulla filosofia secondo cui "tra selezione e tradizione non c'è antagonismo". È stato infatti realizzato un *pool* genetico importante dal lato sia qualitativo che quantitativo, nel quale i caratteri più tipici della razza – ovvero la rusticità, la forza e la resistenza – permangono "a monte" intatti e disponibili per attività sportive di qualsiasi sorta.

Negli ultimi anni, forse anche come motivo di evasione da un ritmo di vita troppo pressato dal lavoro e dalla competizione sociale, nel pubblico è andata sempre più diffondendosi l'esigenza di tornare a stabilire un rapporto di simpatia e di compagnia con il cavallo. I nuovi amici ed appassionati di questo animale associano perciò particolarmente alla razza maremmana la riscoperta delle antiche ricette gastronomiche e, più in generale, della cultura contadina dell'area tosco-laziale con le sue tradizioni legate alla coltivazione della terra e all'allevamento degli animali, nonché una maggiore consapevolezza circa il valore della biodiversità e la necessità del suo mantenimento. Tenendo conto di questa realtà, l'associazione ha perciò creato nel viterbese una struttura adibita alla selezione attitudinale e all'addestramento del Cavallo maremmano tipico, eseguiti appunto con le procedure tradizionali. A tutto ciò i tecnici del-

Fig. 4 - Graziani su Califfo III al salto.

l'associazione aggiungono *stages* organizzati sia per la pratica dell'equitazione, sia per la conoscenza, diffusione e perfezionamento della monta maremmana tradizionale. L'ANAM, del resto, nel corso degli anni ha sempre tenuto in grande considerazione quanti si sono impegnati per mantenere viva la tradizione: tanto che, in ogni manifestazione nazionale o internazionale, essa si è sempre preoccupata di farsi rappresentare da gruppi di butteri impeccabili nell'abbigliamento ed accompagnati da cavalli di prima scelta nell'aspetto e nell'addestramento. In tal modo, la cultura dei nostri territori viene trasmessa all'esterno riscuotendo ovunque grande rispetto e successo.

Le suddette attività di valorizzazione rimangono in ogni caso complementari all'opera di selezione del Libro Genealogico. Questa inizia con la valutazione attitudinale dei soggetti maschi dell'età di due anni: una tappa fondamentale per la prosecuzione dell'*iter* conducente all'approvazione di un riproduttore. I migliori soggetti vengono di nuovo controllati a tre anni di età. Nel settembre di ogni anno i candidati stalloni vengono riuniti nel Centro Genetico dell'ANAM per essere sottoposti nuove e ripetute valutazioni con giudici interni ed esterni. Dopo tre mesi verranno "promossi" i 6 migliori soggetti dell'annata, i quali subiranno un ulteriore controllo presso il *performance test* dell'Unione Nazionale per l'Incremento delle Razze Equine (UNIRE) al fine di ricevere l'abilitazione alla monta anche delle giovani Fattrici Sella italiane.

Vera iniziativa d'avanguardia dell'ANAM per il miglioramento genetico del Cavallo maremmano, è stata quella di sottoporre al *performance test* anche le fattrici. Nella primavera di ogni anno si radunano presso il Centro Genetico, in due o tre turni, dalle 40 alle 60 puledre di tre anni di età, allo scopo di essere valutate sia nella morfologia che nelle attitudini e nello stato di salute. Alcune di esse vengono anche fatte fecondare gratuitamente dall'Associazione in base a progetti di accoppiamento mirati.

Oltre alla valutazione genetica, ed in collaborazione con l'Istituto di Incremento Ippico, l'ANAM cura anche la gestione del Parco Stalloni della Regione Toscana di Migliarino-San Rossore, nonché l'assegnazione dei riproduttori nelle varie

Fig. 5 - M. Lasco al salto.

stazioni di monta pubblica del centro Italia, mettendo gratuitamente a disposizione delle migliori fattrici il seme dei migliori stalloni purché in base a piani di accoppiamento programmati.

Oltre alla mostra nazionale dei riproduttori iscritti al Libro Genealogico, allo scopo di far conoscere i risultati del lavoro svolto annualmente l'ANAM, con il sostegno del Comune, della Provincia e della Camera di Commercio di Grosseto – i quali hanno visto in questa iniziativa un'importante azione promozionale del territorio e delle risorse produttive grossetane, nell'anno in cui il tradizionale Premio Nazionale di Allevamento (PNA) lasciava definitivamente la sua sede storica locale –, ha istituito dal 2000 il Campionato Nazionale del Cavallo Maremmano: un evento che riunisce l'intera filiera produttiva di questa razza equina italiana, fino agli utilizzatori finali, e che rappresenta un ideale traguardo dell'attività sportiva stagionale in tutte le discipline, come il salto di ostacoli, il *dressage* e la monta da lavoro, nelle quali il maremmano è maggiormente utilizzato.

Rivitalizzare la tradizione e l'orgoglio dei butteri maremmani

Mariano Molinari
Associazione Butteri della Maremma
Via Senese 7 – 58100 Grosseto

Il turista che pensa alla Maremma ha quasi sempre impressa nella mente l'immagine di una terra ancora incontaminata e ricca di tradizioni legate al mondo del cavallo, insomma l'immagine che l'ha contraddistinta per secoli.

La Maremma, infatti, è sempre stata descritta come quell'area costiera, un tempo paludosa e malsana, che Dante collocava tra Cecina e Corneto, ma che nella realtà va con alcune interruzioni da Pisa a Terracina. Fino alla prima metà del 900 era il regno del latifondo, dove l'attività prevalente rimaneva l'allevamento brado.

La figura incontrastata di questo ambiente era il buttero in sella al suo rustico maremmano, intento a sorvegliare mandrie di vacche dalle lunghe corna a lira e branchi di cavalli selvaggi.

Le stagioni scandivano le varie attività che i butteri svolgevano nelle immense aziende agrarie: in primavera, prima le nascite e la formazione dei gruppi di monta per i bovini e le "razzette" per i cavalli, poi, la *scafatura* (cioè la mutazione del pelo) e la *merca* dei vitelli e dei puledri di un anno (ossia l'operazione tramite la quale questi erano contrassegnati con il marchio a fuoco riportante il numero dell'anno di nascita e le iniziali del proprietario dell'azienda) (Figg. 1-4); in estate, il trasferimento ai pascoli e la doma dei puledri di 3 anni destinati al servizio e dei buoi destinati al giogo; in autunno, la *spocciatura* o svezzatura, cioè la separazione dei vitelli e dei puledri di circa sei mesi dalle madri; e in inverno, finalmente, di nuovo il trasferimento ai pascoli. E tutti i giorni, sia con il sole che con la pioggia, sia con il caldo che con il freddo, il buttero a cavallo controllava le mandrie a lui affidate (Fig. 5). Perché grande era la sua responsabilità, avendo egli il compito di curare il capitale più importante dell'azienda: il bestiame.

Oggi, invece, tutto è cambiato. La bonifica ha debellato la malaria e laddove un tempo solo poche decine di famiglie trovavano sostentamento, la riforma fondiaria prima e i nuovi modelli economici poi hanno favorito il moltiplicarsi della piccola proprietà contadina, un forte insediamento urbano e, alla fine, un fiorente turismo balneare.

Fig. 1 - Butteri al lavoro. La merca: l'impastoiatura.

Sporadici allevamenti di bestiame brado e rari butteri a cavallo permangono solo in territori marginali quali le aree salmastre alle foci dell'Ombrone ed in alcune zone collinari ricche di macchie e pascoli, dove non è redditizia alcuna forma di attività agricola.

Pertanto l'aspettativa del turista (magari ospite di uno dei tanti e ben organizzati agriturismi maremmani) di rintracciare ed assaporare nell'attuale realtà i segni e

Fig. 2 - Presa del puledro brado con la lacciaia.

l'atmosfera di quegli scenari da *Far West* nostrano, così fortemente radicati nell'immaginario collettivo, rimane il più delle volte delusa.

La mia esperienza di oltre 15 anni nell'Associazione Butteri della Maremma, istituzione che si prefigge di mantenere e tramandare la figura del buttero nelle sue forme tradizionali, mi ha portato a constatare non solo che tale figura sta gradualmente scomparendo, ma anche e soprattutto che nelle nuove generazioni di cittadini dell'area grossetana va facendosi sempre più forte il distacco dalla storia, dalla cultura e dalle tradizioni del loro territorio. Probabilmente ciò è dovuto anche al fatto che l'incremento demografico verificatosi a seguito della bonifica, della più recente riforma fondiaria e, infine, del successivo sviluppo industriale, è avvenuto in buona parte per immigrazione da altre zone, inizialmente da province limitrofe (come i pastori dell'Appennino toscano che venivano a stabilirsi in Maremma), poi anche da altre regioni (come i contadini provenienti dal Veneto). Tutto questo, in aggiunta alla massa di dipendenti della pubblica amministrazione, ha introdotto culture e tradizioni differenti.

La realtà di cui parliamo, analoga a quella dell'Agro pontino (provincia di Latina), è invece meno evidente nella Maremma viterbese fino ai monti della Tolfa, dove una popolazione più stabile conserva tuttora un forte amore per il cavallo ed un radicato attaccamento a tutto quello che è tradizione maremmana.

In tale contesto, per la difesa e la preservazione delle nostre radici culturali non può non risultare fondamentale l'attività finora svolta in provincia di Grosseto – città unanimemente riconosciuta come capitale della Maremma, dove sorgono le più importanti aziende di allevamento di bovini e cavalli maremmani e dove ha sede l'Associazione Nazionale Allevatori cavalli di razza Maremmana (ANAM) – da gruppi privati costituiti da alcuni butteri e da appassionati e cultori delle tradizioni maremmane. Il problema sta nel fatto che le varie manifestazioni organizzate da questi gruppi, sebbene rappresentino attualmente le uniche testimonianze delle tradizioni messe a disposizione dei turisti e di chiunque in ogni caso ne sia interessato, soffrono dei limiti derivanti dalla frammentazione dei gruppi medesimi, dalle loro carenze organizzative, dalla scarsezza dei mezzi e delle persone a loro disposizione e, non ultimo, dall'acceso senso

Fig. 3 - La merca: la marchiatura del vitello.

Fig. 4 - La merca: presa a lotta del vitello.

di rivalità esistente fra loro.

Per promuovere adeguatamente la cultura territoriale è necessario pensare più in grande, è necessario inventare e realizzare un evento della città e nella città, con momenti di alta spettacolarità e di forte impatto mediatico, che abbia una regolare cadenza annuale. Per dare a tale evento una sua originalità nel panorama degli appuntamenti equestri italiani, si potrebbe pensare ad un incontro fra le tradizioni maremmane e le "monte da lavoro" di altre aree geografiche.

Nel 1990, l'Associazione Butteri della Maremma realizzò una manifestazione del genere in occasione della ricorrenza del centenario della storica sfida tra i butteri laziali e Buffalo Bill (Fig. 6), che nel 1890 aveva presentato a Roma il suo *Wild West Show* (Fig. 7). Ne risultò uno spettacolo magnifico, con autentici *cow-boys* americani e butteri provenienti da tutta la Maremma, ciascuno di essi portando con sé le proprie tradizioni e la propria professionalità. Il successo di pubblico fu notevole e coloro che vi parteciparono la ricordano come una delle loro esperienze più emozionanti e gratificanti. L'anno successivo, sempre l'Associazione Butteri della Maremma organizzò la rievocazione della "Transumanza" lungo l'antico percorso dei pastori, nella quale un gruppo di butteri a cavallo condusse una mandria di puledri bradi dal Casentino fino a Talamone.

Purtroppo, però, in entrambi i casi lo sforzo organizzativo e soprattutto finanziario risultò esorbitante per l'associazione, a tal punto che essa dovette rinunciare a ripetere eventi di simile portata.

Partendo da questi precedenti, si può dunque pensare ad iniziative che colleghino le nostre tra-

Fig. 5 - La merca: presa a lotta del vitello.

Fig. 6 - Foto storica di Buffalo Bill.

dizioni ad altre realtà ed esperienze similari, le quali in ogni caso agiscano come cassa di risonanza anche per un pubblico distratto o, peggio ancora, apatico e superficiale.

Risulta comunque evidente che per realizzare un'iniziativa di questo tipo diviene indispensabile una stretta sinergia fra soggetti amatoriali ed istituzionali. Si potrebbe, ad esempio, dare vita ad un comitato organizzatore che riunisca esponenti delle varie associazioni di butteri, degli enti pubblici (Comuni, Province, Camere di Commercio, Industria e Artigianato) e delle associazioni di categoria economico-turistico-culturale, con il compito di elaborare un progetto, individuare l'area nel quale realizzarlo, valutarne l'impegno finanziario e le risorse da esso reperibili.

Al turista che viene in Maremma e che spesso, invano, cerca nella campagna grossetana un buttero a cavallo con in mano il suo lungo uncino di *crognolo* (il tipico bastone fatto con un ramo di corniolo addrizzato a fuoco vivo), dobbiamo offrire non soltanto un comodo posto letto, ma anche il "valore aggiunto" della nostra cultura e delle nostre tradizioni. Al medesimo tempo, al giovane dell'area tosco-laziale dobbiamo restituire l'identità e l'orgoglio di sentirsi nuovamente un autentico maremmano.

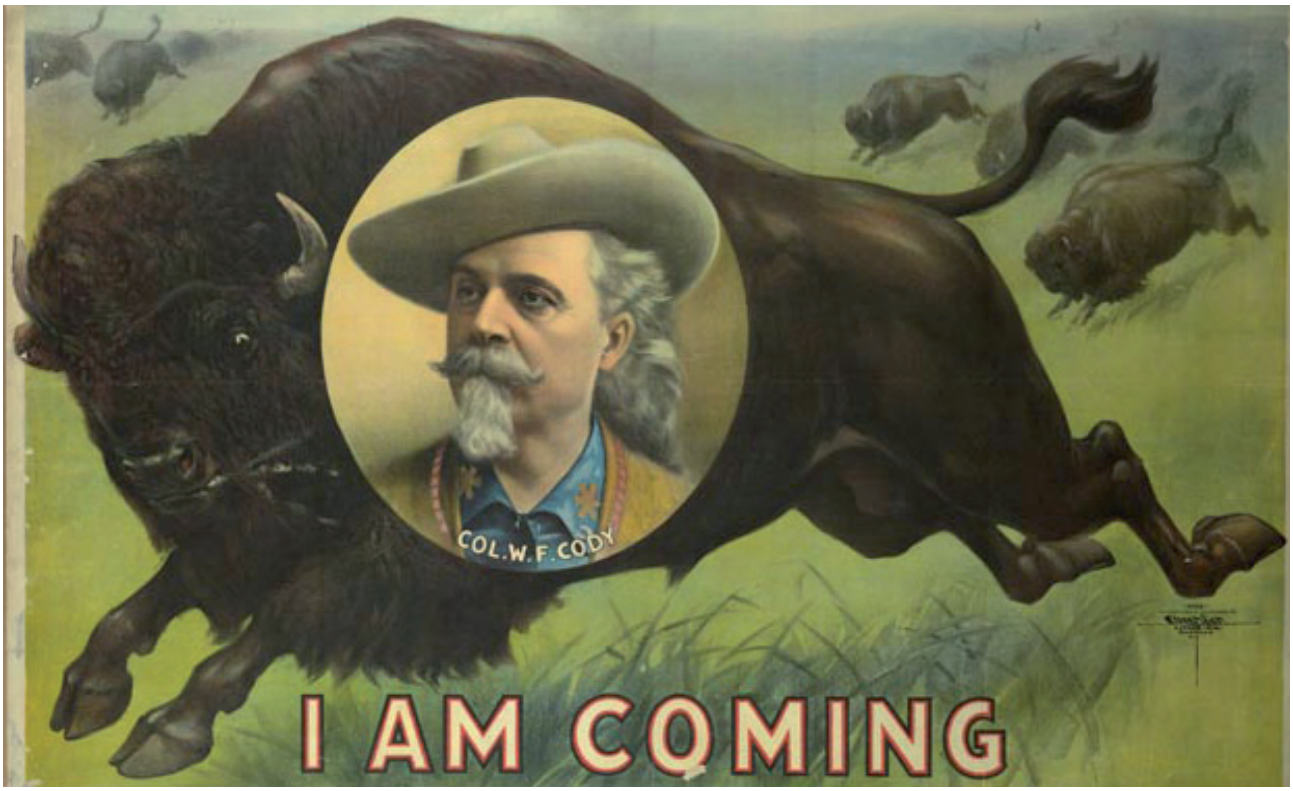


Fig. 7 - Locandina del *Wild West Show*.

Il turismo equestre in Maremma

Piergianni Rivolta
Via del Borgo 1 - Civitella Marittima (GR)

Il modo migliore per conoscere a fondo un territorio è quello di percorrerlo lentamente, a passo d'uomo. Se questo poi avviene dalla sella di un cavallo, si hanno tutte le condizioni per vivere un'esperienza incantevole e indimenticabile.

Seppure meno che in altri Stati europei come l'Inghilterra, i Paesi Scandinavi, la Germania, l'Olanda, la Svizzera e l'Austria, dove le tradizioni in proposito sono maggiormente diffuse e consolidate, il turismo equestre attira molte persone anche in Italia. Questo perché in esso si coniugano due interessi forti: da un lato l'equitazione ed il rapporto con il cavallo, inteso sia come sport che come lavoro o passatempo; dall'altra, un tipo particolare di turismo, sempre finalizzato a conoscere altri luoghi ed altre genti, ma in maniera molto più approfondita in quanto concentrato su aree territoriali più modeste.

Percorrere a cavallo strade, sentieri, boschi, valli e colline, guadare corsi d'acqua ed attraversare borghi e cittadine (Fig. 1) permette di cogliere miriadi di particolari e sfumature stimolando riflessioni ed affinando le capacità di osservazione e di analisi. E la Maremma, ovvero la parte della Toscana meridionale confinante con il Lazio, offre condizioni difficilmente eguagliabili per chiunque intenda fare turismo equestre.

In primo luogo, perché è una terra di cavalli. Anche per i non appassionati di equitazione, il buttero in sella al suo maremmano – razza equina robusta, fiera e generosa – rappresenta una figura simbolica e perfino quasi leggendaria, che nell'immagine collettiva

Fig. 1 - Guado del torrente Olpeta presso le rovine di Catro.

riunisce in sé molti degli aspetti "forti" dell'andare a cavallo: il lavoro in sella, la fatica ed il rapporto di unione pressoché inscindibile con il proprio animale, nel contesto di uno scenario di grandi spazi nei quali pascolano pigramente vacche dalle grandi corna (Fig. 2).

In secondo luogo, perché è una terra aperta verso il mare. Essa, infatti, include una lunga e magnifica costa nella quale si trovano luoghi splendidi ed ancora in gran parte integri come il Parco della Maremma o la Torre Trappola, nei quali andare a cavallo vuol dire spiaggia (Fig. 3), macchia e pineta mediterranea, cinghiali, caprio-

Fig. 2 - La tagliata di Catro.

Fig. 3 - Sara, Zaffiro e il mare.

li, volpi, istrici, mandrie brade di vacche e di cavalli ed uccelli di diverse specie svernanti a centinaia nel padule (Fig. 4).

In terzo luogo, perché è una terra impregnata di storia quanto meno fino dal tempo degli etruschi, i quali vi hanno lasciato tali e tante tracce da essere ancora fortemente presenti nel nostro tempo. In varie zone, in particolare laziali come Vulci presso Montalto di Castro, San Giovenale presso Blera e il parco di Marturanum presso i Monti Cimini, è possibile girare a cavallo per giorni e giorni fra necropoli rupestri e tagliate attraversando torrenti su ponti vecchi 2500 anni.

E che dire degli innumerevoli castelli medioevali, divenuti spesso residenze fisse di fortunate persone o di vacanza per altrettanto fortunati turisti, nelle quali si vive ancora come un tempo? In pochi giorni è possibile trasferirsi a cavallo dalla Maremma alla Val d'Orcia passando presso i castelli di Casenovole, Monte Antico, Poggio alle Mura, Argiano, Ripa d'Orcia e la rocca di Tentennano: tutti fortilizi che da secoli dominano un territorio di rara bellezza nel quale pure si trovano disseminate pievi romaniche e gioielli come l'Abbazia di Sant'Antimo, centro della cristianità per molti secoli.

In quarto luogo, perché è una terra di foreste (Fig. 5). Il parco regionale dei torrenti Farma e Merse e la riserva integrale del Belagaio sono la parte più conosciuta di una vasta area boscata che dalla Maremma arriva fino a Siena ed oltre: un immenso polmone verde, a tratti integro e selvaggio, nel quale vivono il lupo e forse ancora la lontra, da percorrere a cavallo facendo tappa in vecchi essiccatoi di castagne e presso l'abbazia cistercense di San Galgano, un po' spettrale ma affascinante nella sua solitudine.

In quinto luogo, perché è una terra che offre olio e vino di qualità, accompagnati ad una cucina semplice e dai sapori forti cui si può fare onore nelle numerose locande sparse nei borghi ed in campagna.

A chi vuole percorrerla a cavallo, insomma, la Maremma offre molto. Sicuramente molto di più di quanto non offrano altre località europee – come la Camargue in Francia, l'Andalusia in Spagna e l'Hortobágy in Ungheria – che sul turi-

Fig. 4 - Nel Padule di Torre Trappola.

Fig. 5 - Equituristi con cavalli maremmani nella valle del Gretano.

smo a cavallo hanno costruito una vera e propria industria, consolidandola nel tempo tramite strutture ricettive di grandi dimensioni in grado di ospitare cavalieri in numero elevato e di registrare ogni anno decine di migliaia di presenze, tra cui moltissimi italiani.

Ma questo in Maremma sembra difficile da realizzare. I centri equestri che offrono un servizio di qualità sono in numero limitato e con pochi cavalli, nonché affidati alla buona volontà ed all'iniziativa di singoli. Pochissimi, poi, sono quelli che utilizzano esclusivamente cavalli maremmani con le tipiche bardature e che puntano alla loro valorizzazione.

Tutto ciò anche per mancanza di iniziativa imprenditoriale, ma soprattutto per una carenza di interventi promozionali (tramite una capillare e costante campagna pubblicitaria su scala sia nazionale che estera) e di iniziative di coordinamento che vedano impegnate Regioni, Province, Comuni ed altre istituzioni locali. Attraverso una azione sinergica andrebbe favorita la costituzione di forme consortili al fine di giungere ad un turismo equestre di qualità, inteso come cavalli e bardature, itinerari, sistemazione degli ospiti ed assistenza da parte di personale esperto. Sarebbe inoltre necessario: realizzare una maggiore messa a fuoco dei centri che fanno turismo equestre, con particolare riguardo a quelli che valorizzano il cavallo maremmano; segnalare, attraverso un intervento coordinato e controllato, i percorsi più interessanti dal punto di vista paesaggistico-culturale e le loro peculiarità (difficoltà, interesse storico, assistenza, ospitalità), garantendone l'agibilità nel tempo; favorire, anche con aiuti economici, la costituzione di punti di sosta per cavalli nei vari agriturismi.

Per incoraggiare questi ed altri interventi, non sono sufficienti le sollecitazioni dei singoli. È necessario, invece, che scendano in campo le associazioni interessate al cavallo maremmano ed alle varie forme di turismo, le quali possono giocare un ruolo importante nel dare ossigeno alle aziende operanti nel settore. Le potenzialità che tali associazioni esprimono, infatti, sono sicuramente suscettibili di ricadere in senso positivo sull'economia e sull'occupazione di questo territorio.

In definitiva, occorrono spirito di iniziativa, coordinamento, risorse e, soprattutto, una forte convinzione che sia necessario e possibile fare un salto di qualità.

Orizzonti

Airone guardabuoi, *Bubulcus ibis*
(Linnaeus, 1758)
Foto "Il Graffio", Follonica

Il Museo di Scienze Planetarie della Provincia di Prato

Vanni Moggi Cecchi
Museo di Scienze Planetarie Via Galcianese, 20/h – 59100 Prato

Introduzione

L'idea di realizzare un Museo di Scienze Planetarie nasce dalla volontà, espressa dalla nascente Provincia di Prato a partire dalla fine degli anni '90, di valorizzare le competenze e le realtà scientifiche locali mediante la creazione di una struttura che fosse, al contempo, legata al territorio e proiettata su uno scenario internazionale.

L'architettura degli interni è strutturata in modo da creare un percorso continuo che va dall'Universo al Sistema Solare fino alla Terra e che mette in relazione le conoscenze su questi argomenti con gli oggetti esposti, consistenti in campioni di meteoriti e in minerali.

Ciò è stato realizzato per mezzo di una parete curva continua che si snoda lungo tutto il perimetro museale e nella quale trovano posto grandi spazi espositivi a vetri concavi e convessi, con ripiani interni che ospitano sia campioni che pannelli descriventi le diverse tipologie di oggetti esposti (meteoriti condritiche, meteoriti differenziate, rocce da impatto e minerali), oltre a numerose postazioni multimediali contenenti filmati, immagini, figure e testi incentrati sulle tematiche incontrate nel percorso espositivo.

Costituiscono parte integrante del percorso la struttura detta "quadrisfera" ed un maxischermo nel quale viene proiettato un breve filmato a carattere scientifico.

Particolare attenzione è stata rivolta all'illuminazione: nel percorso prevale la luce artificiale proveniente dalle vetrine, con *spots* che concentrano più luce sui campioni maggiormente meritevoli di attenzione. L'effetto generale è quello di un'atmosfera avvolgente e suggestiva.

Le principali attività del Museo sono la didattica e la divulgazione, la ricerca scientifica e la conservazione del materiale presente nelle collezioni. Per quanto riguarda la divulgazione scientifica il Museo organizza mostre temporanee, conferenze e lezioni su argomenti quali l'astronomia, l'astrofisica, la planetologia, la geologia e la mineralogia.

Il Museo ha rapporti di collaborazione scientifica con prestigiose istituzioni scientifiche internazionali e rivolge la sua attività di ricerca principalmente a meteoriti, tectiti, impattiti e minerali. Dall'analisi dei minerali presenti all'interno di meteoriti e di impattiti, infatti, si possono ricavare informazioni preziose per affrontare problematiche connesse all'origine del Sistema Solare e alla storia evolutiva dei pianeti. Nel corso dell'attività di ricerca, del resto, sono stati scoperti anche nuovi minerali. Nella figura 1 si può osservare il nuovo minerale melliniite (da Marcello Mellini, ordinario di mineralogia presso l'Università di Siena e direttore della sezione senese del Museo Nazionale dell'Antartide), scoperto all'interno della meteorite acapulcoite NWA 1054. Particolare inte-

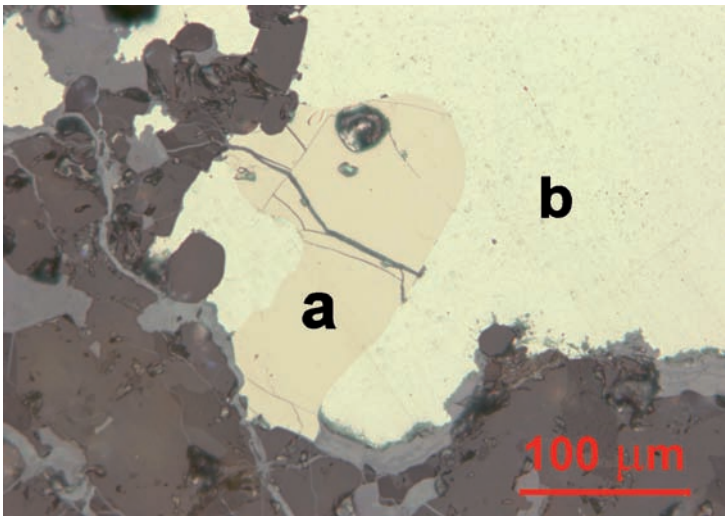


Fig. 1 - Fotografia al microscopio ottico in luce riflessa del nuovo minerale melliniite (a) associato alla lega ferro-nichel (b).

resse riveste poi la ricerca sul campo di meteoriti e di crateri da impatto, la quale comporta l'organizzazione di spedizioni dirette principalmente verso il deserto del Sahara.

Di proprietà della Provincia di Prato, il Museo di Scienze Planetarie è gestito dalla Fondazione Prato Ricerche, della quale fanno parte la Provincia di Prato, l'Università degli Studi di Firenze e la Fondazione Pro Verbo (Istituto Geofisico Toscano).

Il percorso museale

L'eterogeneità degli argomenti trattati e degli oggetti esposti ha suggerito l'utilizzo, nel percorso museale, di strategie descrittive diverse. All'ingresso del Museo è visibile la quadrisfera (Fig. 2), una multiproiezione che, grazie ad un complesso gioco di specchi, racconta con suoni ed immagini gli eventi che vanno dalla formazione dell'Universo e del Sistema Solare fino alla nascita della vita sul nostro pianeta.

Nella prima sezione, dedicata all'Universo ed al Sistema Solare, sono rappresentati rispettivamente una porzione della Via Lattea (mediante fasci di fibre ottiche) ed il Sistema Solare, con modelli dei pianeti realizzati in dimensioni proporzionali alle loro grandezze reali. L'esposizione dei contenuti di questa sezione avviene esclusivamente tramite postazioni multimediali, le quali sopperiscono alla mancanza di campioni od oggetti in grado di introdurre il visitatore a questo affascinante mondo. La figura 3 mostra questa sezione del Museo.

Il percorso prosegue con l'ingresso nello spazio museale vero e proprio, dove all'interno delle vetrine contenenti campioni ed oggetti vengono descritti i fenomeni che hanno portato alla formazione delle meteoriti condritiche e di quelle differenziate (tra le quali le marziane e le lunari), i principali criteri usati per la loro classificazione, i fenomeni legati all'ingresso delle meteoriti nell'atmosfera terrestre, i criteri usati per il loro riconoscimento sul terreno e le metodologie con cui sono studiate. La figura 4 mostra la vetrina delle condriti.

L'esposizione dei suddetti argomenti avviene in questa sezione tramite il supporto sia di pannelli descrittivi che di postazioni multimediali, suscetti-

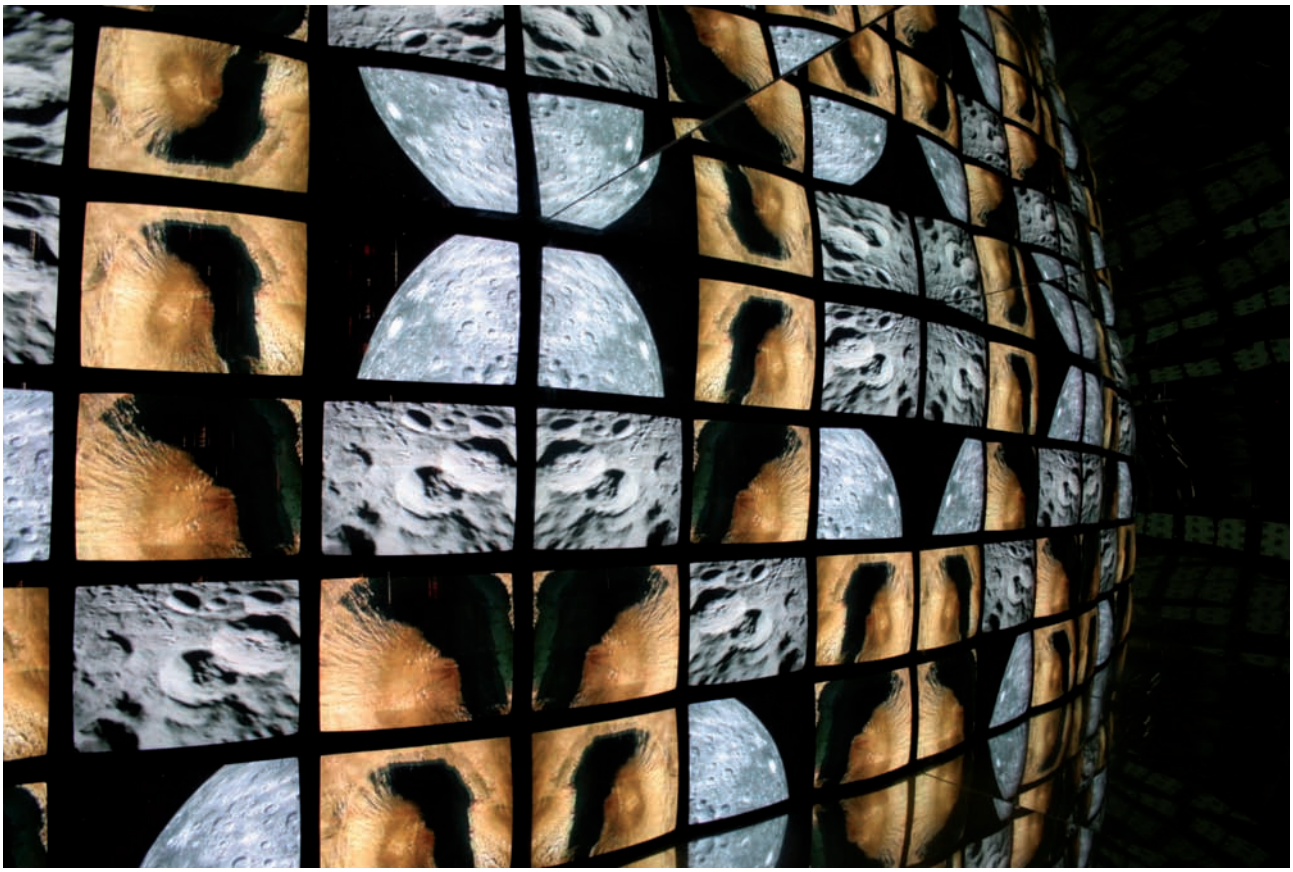


Fig. 2 - La "quadrisfera".

Fig. 3 - Ingresso del museo con i modelli in scala dei pianeti.

bili di fornire ulteriori approfondimenti.

La sezione successiva è dedicata alle più comuni aree di rinvenimento delle meteoriti (ossia ai deserti ed alle aree glaciali), nonché ai crateri dovuti all'impatto di grandi asteroidi e comete sulla Terra e sugli altri corpi del Sistema Solare, alle loro caratteristiche morfologiche ed ai criteri di identificazione dei crateri stessi e dei prodotti dell'impatto.

Anche in questo caso l'esposizione dei campioni di impattiti, tectiti e rocce da impatto avviene col supporto di pannelli descrittivi e di postazioni multimediali che, tra gli altri, introducono il concetto di rischio da impatto ed illustrano le ipotesi sulle relazioni esistenti tra gli impatti di grandi corpi asteroidali e l'evoluzione della vita sulla Terra.

L'ultima parte del percorso, dedicata ai minerali, non presenta pannelli descrittivi in quanto i campioni esposti sono stati scelti per le loro eccezionali caratteristiche estetiche e non sono ordinati secondo un criterio sistematico. Le loro principali proprietà sono pertanto illustrate nella postazione multimediale ubicata all'ingresso della sezione.

Una parte determinante del percorso espositivo è rappresentata appunto dalle postazioni multimediali. Il Museo annovera 17 postazioni interattive, le quali contengono itinerari ad ipertesto (filmati,

Fig. 4 - La vetrina delle meteoriti condritiche nella sala centrale del museo.

Fig. 5 - Immagine di una delle postazioni multimediali sulla parete.

immagini, figure e testi scritti) sulle differenti tematiche incontrate nel percorso espositivo. L'accesso ai contenuti è reso possibile cliccando su immagini e/o testi evidenziati proposti sullo schermo e attraverso una struttura costituita da *home pages*, menù e sottomenù. Ciascun sottomenù presenta le pagine di testo corredate da immagini suscettibili di essere di volta in volta ingrandite e da filmati per la maggior parte corredati di commento parlato (Fig.5).

La quasi totalità delle postazioni (15) è dedicata ad un pubblico di adulti. I testi scritti e le immagini sono stati preparati da personalità internazionali del mondo scientifico particolarmente competenti nei rispettivi settori. Ogni argomento contiene anche interviste con gli autori dei testi sugli argomenti trattati, con risposte a domande sulle questioni più dibattute a livello scientifico.

Le due postazioni rimanenti, progettate per i bambini, contengono prevalentemente immagini ed animazioni con commenti sonori piuttosto che parti testuali e propongono in modo piacevole ed efficace contenuti analoghi a quelli presenti nelle altre postazioni del Museo. In ogni caso, qualora sia presente un gruppo di bambini, il contenuto di queste due postazioni può essere consultato anche dalle altre 15 grazie al coordinamento affidato ad una regia.

Per quanto riguarda la tipologia delle collezioni, il Museo ne possiede due distinte: (a) di meteoriti e rocce da impatto, includente circa 600 campioni dei quali 120 esposti; (b) di minerali, includente circa 4400 campioni dei quali 130 esposti. Della collezione di minerali fanno parte anche i campioni donati da due collezionisti pratesi (Ciatti e Farina).

Fra i campioni esposti spiccano: la meteorite metallica di Nantan (Guangxi, Cina), che con il suo peso di 272 kg rappresenta la più grande meteorite esistente in Italia (Fig. 6); una "fetta" di considerevoli dimensioni e di notevole pregio estetico della meteorite litico-metallica di Imilac (deserto di Atacama, Cile); e le rare e preziose meteoriti marziane e lunari.

La collezione di minerali presenta eccezionali campioni, tra cui un topazio di considerevoli dimensioni, una straordinaria pirite elbana con cristalli pentagonododecaedrici perfettamenti conservati e, soprattutto, un campione di brasilianite considerato da molti esperti il più bello a livello mondiale.

Fig. 6 - La meteorite di Nantan nella sala centrale del museo.

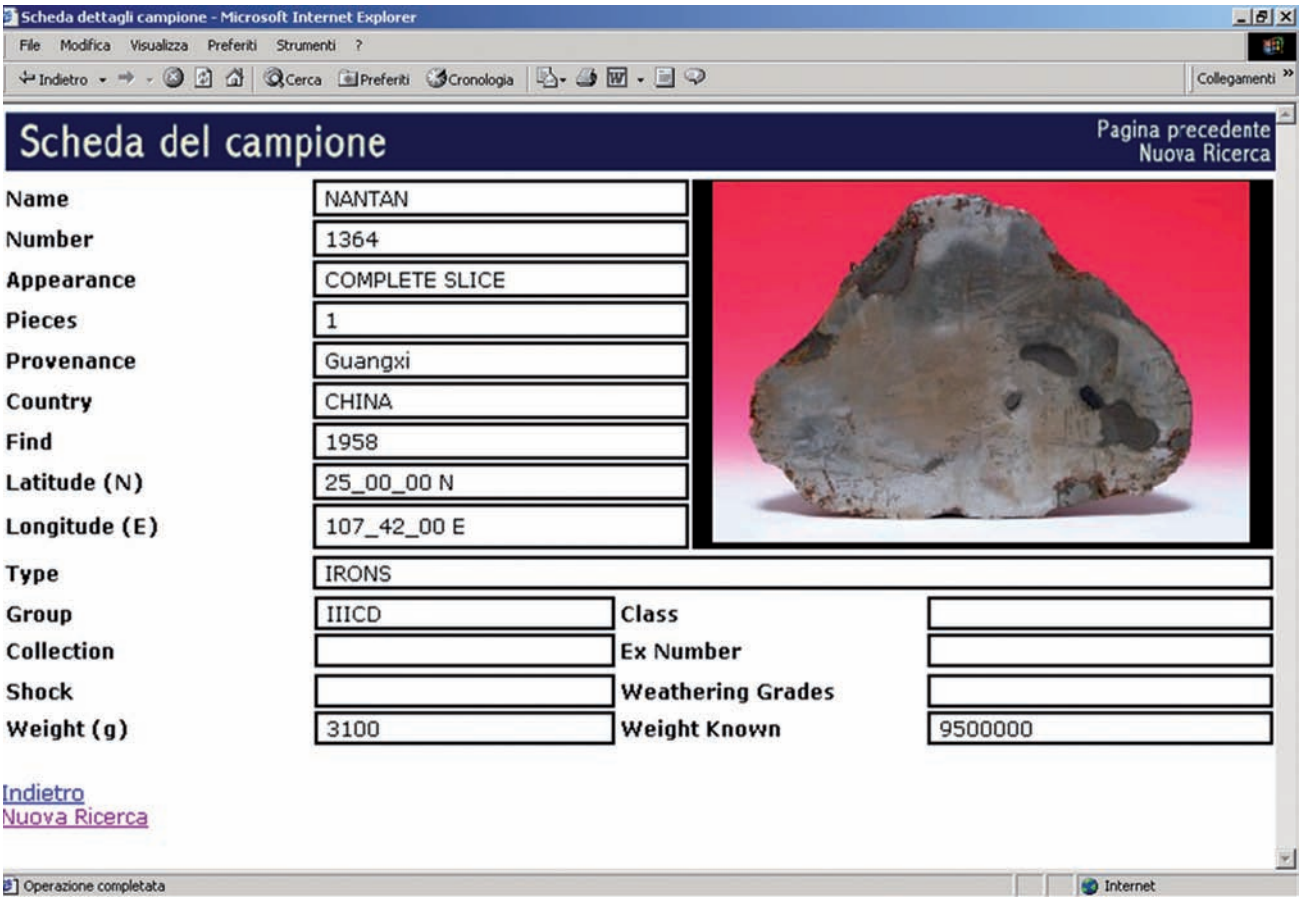


Fig. 7 - esempio della scheda del campione MSP 1364 (Nantan) tratta dal catalogo on-line del museo.

Sito web del Museo e catalogo on-line

Il Museo ha ritenuto opportuno adottare una catalogazione informatizzata dei campioni di minerali e meteoriti, col duplice obiettivo di velocizzare la ricerca delle schede relative ai campioni stessi e di allestire un *database* che consenta anche all'utenza esterna la consultazione via internet del catalogo completo delle collezioni, in modo da far conoscere la consistenza non solo quantitativa ma anche qualitativa delle stesse e fornire uno strumento potenzialmente utile anche per la ricerca.

La predisposizione delle schede del catalogo informatizzato, complete di fotografie dei campioni, ha richiesto un lungo lavoro di collaborazione e di confronto con consulenti informatici, che ha portato alla realizzazione di due diversi *softwares*: uno per la creazione della base dati, l'altro per la consultazione *on-line* delle schede.

Le schede relative ad ogni campione contengono varie informazioni, tra cui i dati relativi alla classificazione, alla descrizione macroscopica del campione, alla sua provenienza ed alla sua composizione mineralogica, nonché i dati sulle analisi effettuate, sulle modalità di acquisizione e sul valore commerciale del campione.

Il contenuto del *database* di catalogazione è stato poi riversato in un *server* per la consultazione dello stesso via internet. L'accesso alla maschera di ricerca avviene a partire dal sito web del museo (www.mspo.it), dopo aver effettuato la scelta tra il catalogo dei minerali e quello delle meteoriti.

Selezionando uno o più criteri di ricerca, è possibile accedere ad una prima pagina contenente la lista delle schede dei campioni corrispondenti ai criteri impostati. A questo punto, effettuando una scelta tra le schede proposte, è possibile accedere alle informazioni di dettaglio relative a ciascun campione. Nella figura 7 è presentata le scheda relativa ad un altro esemplare della meteorite Nantan.

Io, il lettore

Airone guardabuoi, *Bubulcus ibis*
(Linnaeus, 1758)
Foto "Il Graffio", Follonica

Giocare nella natura: a spasso tra fiori, erbe ed insetti...

Roberta Camarri
Istituto Comprensivo Scuola Materna, Elementare e Media
Via Martiri della Niccioleta 7 - 58024 Massa Marittima (GR)

Al termine di ogni anno scolastico la scuola propone alle famiglie un momento di confronto per far conoscere gli impegni sostenuti e, nello stesso tempo, per riflettere sul percorso svolto, sulle metodologie adottate e sugli obiettivi raggiunti. È un momento di dialogo con l'esterno, ma anche di verifica interna da dove nascono nuove proposte per l'anno successivo.

"Ascoltare i bambini e costruire percorsi", questo è stato il nucleo centrale del progetto educativo 2006-2007che ha previsto l'organizzazione di contesti di gioco per coinvolgere emotivamente i bambini, al fine di affinare i loro strumenti cognitivi e comunicativi. "La vita nel prato" è stato invece il tema della programmazione didattica, scaturito dall'osservazione diretta di ciò che manifestavano i bambini nei loro giochi liberi all'interno del giardino della scuola. In queste pagine sono sintetizzate le esperienze effettuate nell' anno suddetto con i principali risultati raggiunti.

Fin dai primi giorni di scuola le insegnanti hanno notato il particolare interesse che i bambini rivolgevano agli abitanti del prato: ragni, bruchi, farfalle, coccinelle, lumachine, lombrichi e, soprattutto, formiche. Si è rivelato quindi di fondamentale importanza partire proprio da questo "micromondo" per far partecipare i bambini ad attività, osservazioni, scoperte ed esperimenti, suscettibili di coinvolgerli dal punto di vista sia cognitivo che emotivo-affettivo.

La scoperta dell'ambiente naturale costituisce un'inesauribile fonte di stimoli per il potenziamento senso-percettivo (evidenziando nella realtà colori, forme, dimensioni, suoni ed odori), per quello linguistico (stimolando il linguaggio per chiarire, esprimere, conoscere, comunicare), per lo sviluppo del pensiero (coinvolgendo il bambino, anche con la mediazione dell'adulto, a compiere analisi, riflessioni, ragionamenti ed a porsi interrogativi per comprendere i fenomeni) e, conseguentemente, per lo sviluppo del pensiero creativo e produttivo, sia a livello di espressione verbale, sia a livello di espressione grafico-pittorica, sonora, plastica, mimico-gestuale e motoria.

Più in particolare, per la realizzazione di questo progetto sono stati individuati obiettivi sia generali che specifici. I primi consistevano nell'avvicinare i bambini all'ambiente naturale (dando così una risposta ai loro bisogni motori, conoscitivi, verbali, sociali ed emotivi) e nell'educarli al rispetto per tutti gli esseri viventi e all'impegno per la loro salvaguardia; i secondi prevedevano la visita concreta ad un prato per conoscere gli organismi che lo compongono (magari cogliendone i mutamenti stagionali e le trasformazioni all'interno dei cicli biologici), nonché per stimolare l'osservazione e l'esplorazione senso-percettiva esaltando la dimensione delle sen-

sazioni, delle emozioni e dei sentimenti.

Inizialmente il progetto si è estrinsecato nell'ambito del giardino della scuola, dove in ogni caso i bambini, guardando e osservando animali, piante, terra e sassi, si sono posti molte domande, cui hanno risposto in maniera talvolta realistica, talaltra fantasiosa. Alle insegnanti è spettato solo il compito di ampliare il discorso per rendere più chiara e comprensibile la realtà.

Ricercare, osservare, scoprire e comprendere è la strada che i bambini hanno percorso. Questa strada si è notevolmente ampliata tramite uscite in scuolabus per andare a visitare il prato del Parco della Finoria di Gavorrano (GR) dove opera, con personale qualificato, il Laboratorio di Educazione Ambientale (LEA). Le visite, realizzate nella stagione autunnale ed in quella primaverile, hanno consentito di vedere il prato manifestarsi come uno scrigno di vita dalle forme, dai colori e dagli odori più sorprendenti.

L'attenzione dei bambini è stata indirizzata verso la scoperta sia degli insetti che delle specie vegetali. Soffermandosi in particolare sulle erbe odorose sono stati annusati nepitella, mirto, santolina, elicriso, lavanda, finocchietto selvatico, timo e rosmarino; sono stati inoltre preparati ed assaporati infusi e tisane di erbe selvatiche. Accanto a tutto questo, sono stati toccati terricci, sassi e cortecce, nonché ascoltati trilli, ronzii, fruscii e suggestivi silenzi. Quanto nutrimento per i cinque sensi!

Ecco alcune fresche espressioni dei bambini colte in occasione dell'elaborazione in classe di queste visite al LEA.

Siamo andati a vedere il prato e tanti tipi di erba e di fiori. Mi è piaciuta la casa della Finoria!

Ci siamo andati per vedere con la lente d'ingrandimento gli animali e le foglie.

Abbiamo cercato l'erba con le foglie diverse ed abbiamo riconosciuto il profumo. Io ho indovinato l'empitella!

Il prato assomigliava a un giardino e c'erano i fiori e le piante e noi quelli li abbiamo colti per fare l'infuso.

Abbiamo fatto l'infuso con l'acqua che Pascal l'ha messa sopra il fornello per scaldare.

L'abbiamo fatto con la nepitella, il finocchio, la lavanda e poi lo zucchero.

Abbiamo bevuto l'acqua con dentro l'erba: era proprio buona!

Si sono viste le piante e si annusavano: il radicchio, il rosmarino verde che è fatto a filo…

C'era un cespuglio forte di odore e c'era anche la margherita.

Mi ricordo i fili d'erba che suonavano, quelli fatti così lunghi in mezzo alle dita, ai due pollicioni che Pascal suonava con la bocca.

C'era una cavalletta blu al laghetto.

Non era una cavalletta, era una libellula!! La cavalletta era verde e saltava, saltava ed è andata nella borsa!

C'era una farfalla bianca che volava per tutto il prato.

C'era l'erba bassa e c'era la coccinella.

C'erano anche dei ragni piccoli.

Ho visto le formiche coi semini perché l'inverno non li trovano e allora li portavano dentro la casina.

Poi c'era la cimice, l'aveva trovata Pascal e l'aveva messa in un barattolino, era rossa con le righe nere.

Quando siamo andati in autunno non c'erano i fiori…

Quelli che c'erano erano più brutti, più mosci, perché in autunno piove di più e poi ora in primavera erano più tanti.

C'era il trifoglio stellare, il geranio selvatico e la margherita, ma un po' più grossa.

Perché con quelle ci si fa la camomilla, poi c'era la pimpinella con le foglie verdi.

C'era anche l'orchidea!

C'era il fiore "Dente di leone" con la foglia verde , liscia e a punta così!

Mi è piaciuto il gioco dei fiori che si dovevano trovare quattro fiori diversi. Era un po' complicato e allora bisognava stare molto attenti e, alla fine, ero contenta perché c'ero riuscita!

Io, dopo che siamo arrivati, sono salita su una montagnina e ho visto una lumaca "aggusciata". L'ho presa in mano: il suo guscio era un pochino marroncino, c'aveva le righe, ma non sapevo se era un maschio o una femmina. Forse era una femmina perché c'aveva la bocca a cuore e i maschi non ce l'hanno, loro ce l'hanno normale, senza cuore.

Le esperienze si sono ulteriormente arricchite con la visita all'Azienda del Filetto (dintorni di Massa Marittima), dove gli operatori della Comunità Montana hanno mostrato ai bambini le piante più tipiche del territorio e gli animali da allevamento: vacche maremmane, vitelli, tori e cavalli.

Anche in questo caso, il ritorno in classe ha coinciso con la rielaborazione delle esperienze attraverso vivaci racconti, disegni e ricostruzioni. Sono state ricordate le meraviglie della natura ed i paradisi appena percorsi, esaltando la dimensione delle sensazioni, delle emozioni e dei sentimenti. Ciò è testimoniato dalle parole seguenti dei bambini.

Al Filetto ci siamo andati con il pulmino giallo e lo guidava Fernando. C'era un signore che si chiamava Marcello e ci faceva vedere tutte le cose.

S'è visto anche un cavallo. Si chiamava "Nebbioso", correva dentro a un cancello che c'aveva la catena.

C'erano una specie di ciuchi…le vacche con le corna lunghe e un po' a punta. Erano grigie, una era rigetta scura. Si chiamavano una "Forlana" e una "Fatarella".

Le vacche, in inverno, vanno nel monte Poggione perché qui c'è l'erba che non secca mai.

NO! C'erano delle foglie che mangiano in inverno perché l'erba nel recinto diventa secca e le foglie invece non diventano mai secche!

C'avevano un numerino nell'orecchio per sapere quando sono nate.

Abbiamo scoperto tante piante: una che puzzava di camomilla e a me poi mi puzzava le mani!

Dove ci portava Marcello mi sembrava una gita! Siamo andati in tre posti diversi e, ogni volta, s'è aperto un cancello.

Nel giardino odoroso c'erano i fiori profumati.

C'era la rosa canina, c'aveva le spine!

Con l'uvetta (le bacche) che nasce dalla rosa canina ci si fa la marmellata.

Marcello ci ha dato dei semi che poi, a scuola, si piantano: uno si chiamava "obietto", uno quello che medica…l'erba medica, uno …"la vela".

No, l'avena! Poi si trasforma in fieno e lo mangiano le vacche.

Ma c'è un altro modo per "vivere" il prato, ed è quello più naturale: GIOCARCI. I bambini hanno potuto così mettere alla prova e sviluppare le proprie capacità motorie, sfidando tronchi, sassi ed alberi. Quante energie da bruciare: percorrere i tronchi in equilibrio, saltarli, correre a "zigo-zago" intorno ai grossi sassi, arrampicarsi e dondolarsi sui rami più bassi degli alberi, rotolare sull'erba, giocare al "Mago Abbassino", al "Mago Ponte", al "Lupo Mangiafrutta", alle "Scatoline aperte e chiuse", oppure dedicarsi in tutta tranquillità alla raccolta dei fiori e delle erbe o all'osservazione delle piccole creature con la lente di ingrandimento. Quanto benessere per il corpo! E quante regole da imparare e rispettare per diventare autonomi! E non ha alcuna importanza scoprire che le mani e gli abiti si sono sporcati di terra e d'erba. La crescita passa anche attraverso queste esperienze! E i bambini sono cresciuti, eccome!

Lo scoglio del corallo

Francesca Borghini, Andrea Colacevich*, Luigi La Delia**, Paolo Bausani***

*Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze Ambientali, Via Mattioli 4 - 53100 Siena

**Centro Immersioni Costa d'Argento, Via Civinini 10 - 58019 Porto S. Stefano (GR)

A circa 4 miglia di navigazione da Porto S. Stefano (GR), racchiusa tra la Punta del Bove e l'imponente scogliera di Capo d'Uomo, si apre la minuscola insenatura di Cala Piccola, citata nelle carte nautiche anche come Cala dei Piatti. Lungo la costa rocciosa che delimita l'insenatura, un inconfondibile punto di riferimento per chi proviene dal mare è costituito da una particolarissima cavità formata nelle rocce dalla secolare azione modellatrice del vento; essa, infatti, ha una forma perfettamente sferica.

Appena doppiata la Punta del Bove, a circa 200 metri dalla spiaggetta di Cala Piccola, si intravede lo "scoglio" mèta della nostra immersione, il quale affiora da una colonna d'acqua profonda 32 metri. Esso è tanto insidioso per le imbarcazioni che incrociano questo tratto di mare, quanto entusiasmante per chi si avventura in immersione in sua prossimità. In realtà è solo il "pinnacolo" di una delle tre "secche", quella centrale, collegate tra loro da un lungo "costone" di roccia che degrada fino alla batimetrica dei 40 metri in direzione dell'Isola del Giglio.

Gettiamo l'ancora in prossimità dello scoglio emerso, su un pianoro a circa 10 metri di profondità e scendiamo lungo la cima dell'ancora, sia per orientarci più facilmente che per controllarne la tenuta. Tra i diversi itinerari che possiamo seguire per esplorare uno dei siti di immersione più belli di tutto il promontorio dell'Argentario, scegliamo quello che disegna un otto intorno al "pinnacolo" centrale ed a quello prossimo alla costa. Dopo poche pinneggiate in direzione sud, oltrepassiamo il ciglio del "costone" che collega lo "scoglio" alla "secca" più al largo. Iniziamo a guadagnare profondità, fino ad arrivare a 18-20 metri; tenendo la parete rocciosa sempre sulla sinistra, giungiamo sul fondale sabbioso (circa 32 m). Girando a sinistra, entriamo in un piccolo canyon delimitato dalla parete di roccia e dalla terza "secca". La roccia è completamente ricoperta da organismi vegetali e animali, gorgoniacei e poriferi soprattutto, che illuminati dalla torcia danno origine ad un'esplosione di colori.

Fig. 1 - Ramificazioni di Corallo rosso, *Corallium rubrum* Linnaeus, 1758.

L'ingresso del canyon è caratterizzato dalla presenza di bellissimi ventagli di gorgonie rosse (*Paramuricea clavata*); al suo interno, invece, queste lasciano il posto a numerosi rametti di corallo rosso (*Corallium rubrum*) (Fig. 1), il quale predilige ambienti più sciafili. La particolare

Fig. 2 - Il gasteropode nudibranco *Discodoris atromaculata* (Bergh, 1880), comunemente detto "Vacchetta di mare".

abbondanza di gorgonie rosse, divenute ormai una rarità a profondità accessibili nel Mare Nostrum, non solo dà il nome al punto di immersione ma addirittura rende questo davvero unico. Nella foresta rossa si nascondono nudibranchi, come la vacchetta di mare (*Discodoris atromaculata*) (Fig. 2) e come *Hypselodoris picta* (Fig. 3) con il suo inconfondibile ciuffo branchiale, i quali depongono le loro uova in cordoni gelatinosi aderenti al substrato.

La parete a destra risulta più povera di organismi; offre, comunque, l'opportunità interessante di visitare una grotta. Durante la sua esplorazione, sovente possiamo osservare diversi spirografi (*Sabella spallanzanii*) e piccoli esemplari di aragosta (*Palinurus elephas*) nella sua parte iniziale; nella parte più interna, invece, non è raro incontrare anche una grossa musdea bianca (*Phycis phycis*).

Proseguendo, notiamo che il percorso si restringe fino a chiudersi completamente. Risalendo di quota sortiamo dal canyon e giriamo a destra. Dopo pochi colpi di pinna ci troviamo in prossimità di un grande arco naturale, alla profondità di 20 metri, che ne sovrasta uno più piccolo situato un paio di metri più in basso. Illuminando la volta, lo spettacolo che si presenta davanti ai nostri occhi è davvero strabiliante: un tappeto di margherite di mare (*Parazoanthus axinellae*) la ricopre completamente, in stretto contatto con numerosi esemplari di spugna (*Aplysinia aerophoba*). Soffermandoci alla base dell'arco di fronte a due fratture, con un po' di fortuna si può osservare il grande occhio di un gronco (*Conger conger*) (Fig. 4) che ci scruta con fare minaccioso.

Anche se non facilmente individuabile a prima vista, appena fuori dall'arco, sulla destra ed alla profondità di 25 metri, si trova l'entrata di un tunnel; a questo punto dobbiamo decidere

Fig. 3 - Un altro gasteropode nudibranco: il Doride dipinto, *Hypselodoris picta* Schultz, 1836.

Fig. 4 - Un vecchio amico: "Ettore", il Grongo (*Conger conger* Linnaeus, 1758).

se terminare l'immersione oppure proseguire l'esplorazione in base alla quantità d'aria rimasta e alle condizioni fisiche. Se decidiamo di continuare, entrando nel tunnel notiamo che sia a destra che a sinistra penetra luce, segnale inconfondibile della presenza di due uscite. Tralasciando quella di sinistra, ci dirigiamo verso l'altra. Anche qui albergano i tipici abitanti delle grotte: sciami di parapandali (*Plesionika narval*), spaventati dalla nostra presenza, fuggono scattando con il loro caratteristico movimento in retromarcia. Altrettanto sospettoso, ma non facile da osservare, è il ghiozzo leopardo (*Thorogobius ephippiatus*) (Fig. 5) con la tipica livrea maculata. Sul fondo mobile, invece, è possibile ammirare cerianti e pennatule (*Pennatula phosphorea*, di color salmone); ovviamente mantenere un buon assetto neutro e pinneggiare in maniera corretta sono i presupposti fondamentali per evitare di sollevare sedimenti dal fondo che pregiudicherebbero notevolmente la visibilità e la sicurezza dell'esplorazione.

Guadagnata l'uscita del tunnel, giriamo a sinistra ed a circa 30 metri di profondità ci troviamo in prossimità dell'entrata di un altro tunnel. Questa volta l'ingresso è ampio e facilmente individuabile. Sul fondo sabbioso troviamo molti frammenti di corallo rosso, probabilmente spezzati dal passaggio di maldestri subacquei.

Fig. 5 - Ghiozzo leopardo, *Thorogobius ephippiatus* (Lowe, 1839).

In un anfratto, nella parte centrale del tunnel, incontriamo un vecchio amico: un'enorme grongo soprannominato "Ettore". Appare all'improvviso illuminato dalla torcia. Data la mole può incutere timore, ma guardandolo con attenzione suscita simpatia; inoltre le grosse cicatrici che porta, ricordi di antiche battaglie con fiocine e ami, non possono altro che spingerci a fare il tifo per lui.

Sul fondo, in prossimità dell'uscita, stazionano alcune corvine e qualche grossa musdea.

Una volta fuori, siamo di nuovo vicino al grande arco precedentemente esplorato. Prima però di risalire di quota e raggiungere nuotando verso sud-ovest l'imbarcazione, vogliamo fare una piccola sosta sul pianoro che incontriamo a circa 15 metri, in modo da gustare fino in fondo la bellezza di questa immersione; sappiamo, infatti che in alcuni periodi dell'anno è possibile osservarvi fitti gruppi di saraghi fasciati (*Diplodus vulgaris*) e banchi di salpe (*Sarpa salpa*) intente a brucare il tappeto algale.

IL CORALLO ROSSO

Il Corallo Rosso (*Corallium rubrum* Linnaeus, 1758) forma parte del phylum dei Celenterati o Cnidarii, ubicandovisi più esattamente nella classe degli Antozoi.

Malgrado includano un numero svariatissimo di forme – sia planctoniche come le meduse che bentoniche come le gorgonie, gli anemoni e le madrepore –, i Celenterati hanno un'anatomia estremamente semplice. In essi, infatti, sono riconoscibili unicamente due tipi di tessuti, esterno (*ectoderma*) ed interno (*endoderma*), fra i quali è interposto uno strato amorfo e gelatinoso (*mesoglea*) costituito in gran parte da acqua e proteine. Non esistono apparati veri e propri: tanto che la digestione avviene ancora a livello intracellulare mentre i nervi costituiscono una rete assai semplificata. Piuttosto complesso, invece, è il loro ciclo vitale, comprendente due stadi variamente rappresentati nelle classi che compongono il phylum: il *polipo* e la *medusa*. La superficie esterna dei Celenterati, inoltre, è rivestita in modo variabile da un tipo di cellule fra le più complesse del regno animale: gli *cnidociti*, detti anche *nematociti* o *cellule urticanti*. Entro queste cellule, infatti, vi sono capsule sferiche piene di liquido urticante, dette *cnidocisti* o *nematocisti*, le quali contengono anche un sottilissimo filamento cavo attorcigliato su se stesso e terminante con una sorta di arpione che è in diretto contatto con il liquido e che in certi casi può raggiungere la lunghezza di qualche millimetro. All'esterno della cnidociste, infine, è presente una sorta di ciglio (*cnidociglio*) che, quando viene sfiorato da un animale, produce un aumento di pressione entro la capsula inducendola a "sparare" letteralmente il filamento verso l'esterno. È interessante far notare che il fenomeno non si verifica se il cnidociglio viene toccato semplicemente da un materiale inerte: occorre anche uno stimolo chimico, e questo ha origine dalla preda stessa.

Per quanto riguarda la riproduzione dei Celenterati, essa può avvenire sia asessualmente che sessualmente. Nella classe degli Antozoi, dove non compare mai la forma medusoide, i polipi possono secernere o meno uno scheletro calcareo ed essere coloniali come nelle gorgonie e nelle madrepore o solitari come nelle attinie e nelle anemoni di mare. Il *Corallium rubrum*, in particolare, fa parte dell'ordine dei Gorgoniacei nella sottoclasse degli Ottocoralli, tutti coloniali e con otto tentacoli generalmente pinnati. Unico gorgoniaceo dotato di scheletro calcareo completamente mineralizzato (calcite), esso vive in luoghi ombreggiati tra i 20 e i 200 metri, ove forma colonie arborescenti di colore rosso più o meno cupo con ramificazioni in tutte le direzioni.

Monachella del deserto, *Oenanthe deserti*
(Temminck, 1825)
Foto "Il Graffio", Follonica

Le foglie in arte

Gruppo fotografico "Il Graffio" - Follonica

Cavaliere d'Italia, *Himantopus himantopus* (Linnaeus, 1758)
Foto "Il Graffio", Follonica

Isola di Pianosa: perla neogenica dell'Arcipelago Toscano

Luca Maria Foresi, Mauro Aldinucci, Fabio Sandrelli, Gianluca Cornamusini
Dipartimento di Scienze della Terra - Università di Siena Via Laterina 8, 53100 - Siena

La leggenda narra che Venere, nascente dalla spuma del mare, indossasse un magnifico gioiello. Questo si ruppe mentre la dea emergeva dalle acque e le sette perle che lo componevano caddero in mare dando origine alle sette isole dell'Arcipelago Toscano.

Pianosa è l'unica fra le sette sorelle, tutte bellissime, ad essere formata esclusivamente da rocce sedimentarie di età neogenica. Le altre sono costituite diversamente: Gorgona da rocce metamorfiche, Capraia da rocce vulcaniche effusive, Giglio e Montecristo da rocce magmatiche intrusive, Giannutri da rocce calcaree triassiche, mentre l'Elba è formata da rocce di genesi ed età assai diverse.

L'ubicazione geografica, approssimativamente equidistante fra la costa toscana e la costa corsa (Piana di Aleria) con i rispettivi depositi neogenici, fanno di Pianosa un elemento chiave nella ricostruzione delle tappe evolutive dell'apertura del Mare Tirreno Settentrionale.

Premessa

Prima di intraprendere la descrizione degli aspetti geologico-stratigrafici, sentiamo il bisogno di presentare l'isola a chi ancora non la conoscesse.

Sbarcare a Pianosa offre sensazioni inaspettate e contrastanti: gioiose per un mare e una natura mediterranea splendidi, sconfortanti per il senso di abbandono e di decadenza che ci trasmettono gli edifici del paese e quelli carcerari. Un visitatore attento prova disagio mentre si domanda cosa sia accaduto in quest'isola che appare fuori dal tempo. Conoscere il passato e i principali passaggi storici è l'unico modo per dare delle risposte ai dubbi che ci pervadono visitando l'isola.

Pianosa (Fig. 1) è la quinta per estensione delle sette isole dell'Arcipelago Toscano: dista 13 km dall'Elba e circa 40 dalla Corsica, occupa una superficie di circa 10 Km2, le coste si sviluppano per circa 18 km e l'altezza massima è di 29 m s.l.m. (34 m l'Isolotto della Scola).

Un'isola affascinante, ricchissima di testimonianze preistoriche e storiche. Numerosissime sono infatti le emergenze del Paleolitico superiore e del Neolitico, consistenti in siti abitativi o in sepolture, cui si affiancano strumenti litici e ceramiche (Ducci & Foresi, 2004 cum bibl.). Imponenti sono i resti del Periodo Romano, le cui prime notizie documentate risalgono all'epoca del secondo triumvirato (43-34 a.C.) e poi al 6-7 d.C. anno in cui l'Imperatore Ottaviano vi esiliò il nipote Agrippa Postumo che lì visse, in ambienti lussuosi (i resti della villa termale sono ancora ben visibili), fino al suo assassinio. Degna di nota è inoltre la grande catacomba, databile a non oltre il IV secolo d.C., che conteneva più di

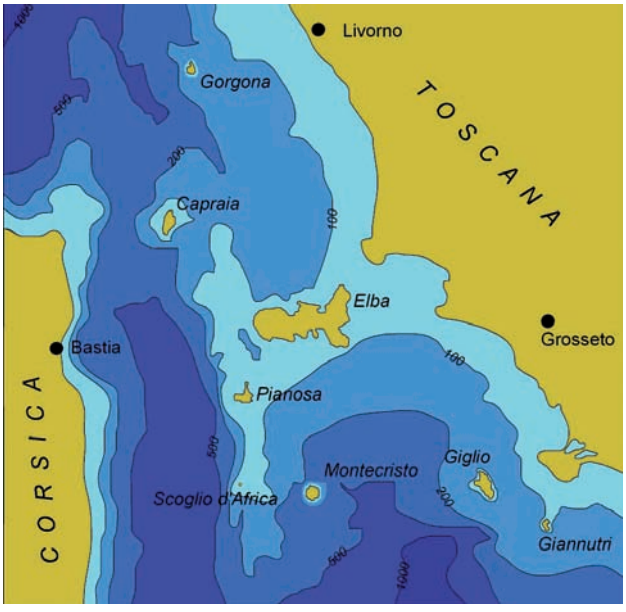


Fig. 1 - Ubicazione dell'isola di Pianosa nell'Arcipelago Toscano. I toni crescenti di blu indicano fasce batimetriche sempre più profonde.

500 loculi, descritta per la prima volta dall'abate Chierici (1875). Notizie sull'isola riaffiorano poi nelle cronache municipali delle Repubbliche Marinare di Pisa e Genova, che se ne contesero il dominio, distruggendone a più riprese le fortificazioni, a causa della notevole posizione strategica. Anche Pianosa poi, come accadde in numerose località costiere di Spagna e Italia, subì nel XVI Secolo le conseguenze dell'alleanza Franco-Turca e le relative invasioni dei corsari algerini che misero l'isola a ferro e fuoco. L'incursione più famosa e cruenta si verificò nel 1553, ad opera di una flotta "galloturca" comandata dal feroce Dragut, che fece numerose vittime, distrusse il paese e condusse in schiavitù oltre duecento persone. Le incursioni si ripeterono fino agli inizi del '700 con deportazioni ed uccisioni. Ancora oggi all'Elba, per indicare il costo elevato di una merce, si usa dire "costa più dell'orzo di Pianosa", in riferimento al sangue versato dagli elbani che vi andavano a coltivare. La storia di Pianosa potrebbe proseguire citando le visite fatte da Napoleone durante il suo esilio elbano o raccontando episodi legati alla seconda guerra mondiale, all'occupazione Tedesca...ma non è questa la sede adatta (per un approfondimento vedi Foresi & Piga, 2001). Questa breve rassegna storica vuole essere solo una presentazione di questo territorio, che oltre a bellezze naturalistiche, rappresentate da falesie, calette e mare turchese, cela anche significative testimonianze storiche che ne arricchiscono il fascino e l'interesse. La storia recente vede l'isola completamente dedicata a carcere a partire dalla seconda metà dell'Ottocento; in particolare, sono ben impressi nella memoria gli anni '90 quando nell'emergenza dettata dagli attentati ai magistrati Falcone e Borsellino, il Governo decise di predisporre sull'isola un carcere di massima sicurezza relegandovi molti tra i più pericolosi detenuti per reati di tipo mafioso. Questa nuova situazione trasformò Pianosa in una fortezza inaccessibile (venne appellata Alcatraz del Tirreno), con rigidissimi divieti di sorvolo e di navigazione nelle acque circostanti. L'emergenza si protrasse fino al luglio 1997, quando l'ultimo detenuto venne trasferito e si giunse a una chiusura quasi definitiva nell'agosto del 1998, quando rimasero sull'isola solo poche forze dell'ordine. Con l'istituzione dell'Ente Parco dell'Arcipelago Toscano (Decreto del Presidente della Repubblica 22/7/96) Pianosa risultò formalmente inserita nel Parco. Da quasi 10 anni il carcere è chiuso e l'isola è quasi disabitata. Recentemente, in base ad accordi fra il Ministero dell'Ambiente e quello di Grazia e Giustizia, è presente in Pianosa un gruppo di detenuti del Carcere di Porto Azzurro che svolge lavori di manutenzione. Un'isola di esclusiva proprietà pubblica, la più adatta fra le isole dell'Arcipelago a trasformarsi concretamente in parco, ancora non ha trovato una collocazione precisa, forse anche a causa di disaccordi e disattenzioni ma anche di cattiva volontà. Purtroppo questa situazione di incertezza ha vanificato molti progetti e ha ridotto l'isola ad una situazione di profondo degrado difficilmente risanabile.

Rassegna bibliografica

Numerosi aspetti geologici di Pianosa sono stati recentemente oggetto di studi. In particolare sono stati ultimati i rilievi di una nuova cartografia geologica (Progetto di Cartografia Geologica alla scala 1:10.000 della Regione Toscana) e di una geomorfologica (Progetto di Cartografia geomorfologica dell'Arcipelago Toscano alla scala 1:10.000 – Convenzione APAT - Università di Roma III) e sono stati eseguiti studi stratigrafici (Progetto Interreg II).

Molti autori si sono interessati della geologia di Pianosa già a partire dalla seconda metà dell''Ottocento e i loro studi hanno riguardato soprattutto aspetti paleontologici (Pareto, 1845; Gastaldi, 1866; Forsyth Major, 1882, Gioli, 1889; Simonelli, 1889; Neviani, 1902; Sommier, 1909; Lotti, 1910; De Stefano, 1913a, b; Caterini, 1921). Il patrimonio fossilifero di Pianosa, in particolare quello di età pliocenica, è veramente ingente. Sull'isola, infatti, sono stati riconosciuti alcuni siti che, per la loro particolare ricchezza e interesse sono stati posti sotto tutela dalla Soprintendenza Archeologica della Toscana (Ducci & Foresi, 2004). In tempi più recenti si ricordano i lavori di Masini (1953) e Raggi (1983) per l'idrogeologia dell'isola, di Dallan (1964, 1967) per il contenuto in Foraminiferi delle successioni mioceniche. Inoltre, alcune generalità sulla geologia dell'isola sono riportate da De Giuli (1970), anche se studi più completi e in chiave moderna si devono a

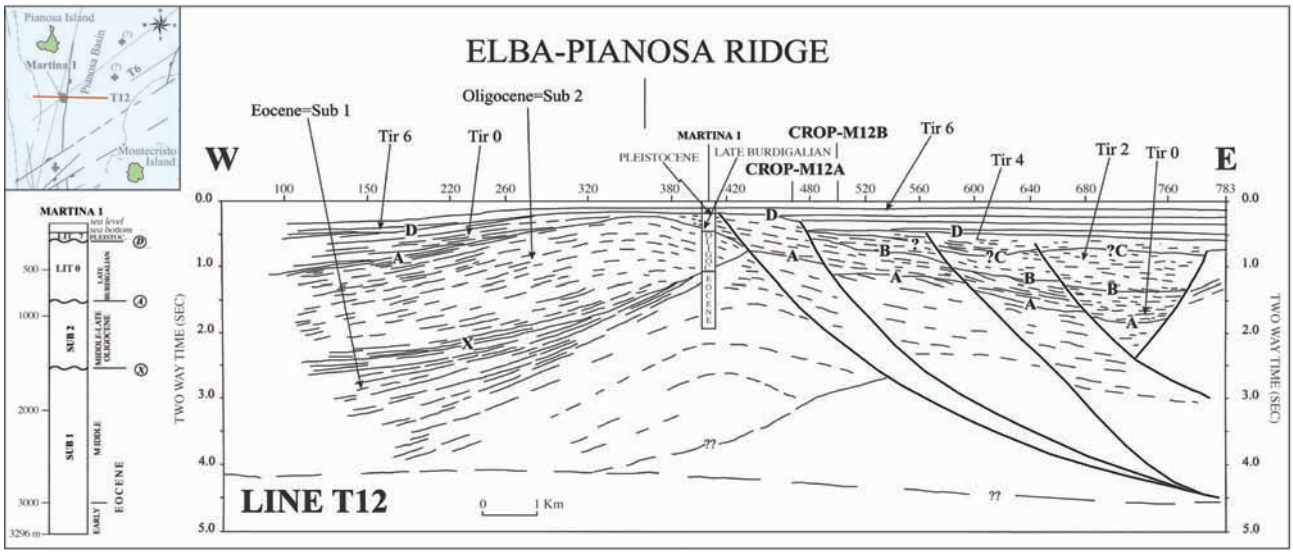


Fig. 2 - *Line-drawning* interpretativo del Profilo sismico trasversale alla Dorsale Elba-Pianosa (da Cornamusini *et al.*, 2002, modificato), calibrato rispetto al Sondaggio AGIP Martina 1, la cui stratigrafia sintetica è riportata sul lato sinistro del disegno.

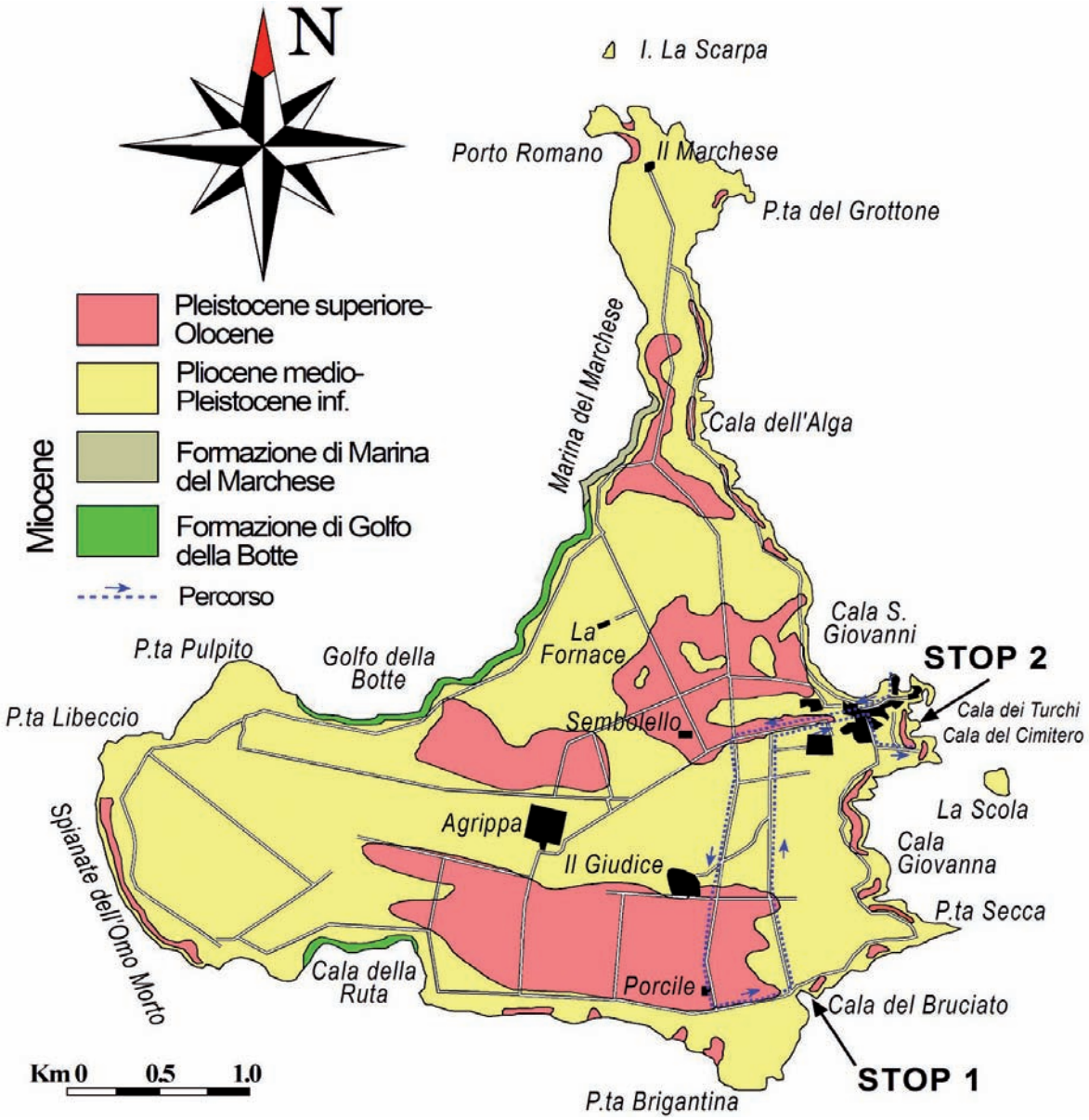


Fig. 3 - Carta geologica schematica dell'Isola di Pianosa con indicazione delle località (stop) oggetto specifico della escursione organizzata nell'ambito delle "Giornate di Paleontologia" 2008.

Colantoni e Borsetti (1973), i quali operarono una revisione completa della stratigrafia dell'isola, seguiti poi da contributi riguardanti i sedimenti quaternari (Mazzanti, 1984; Boschian *et al*.., 2006), le cavità carsiche (La Morgia & Giuntoli, 1990-1991), la stratigrafia dei depositi miocenici (Foresi *et al*., 2000a,b; Cornamusini *et al*., 2003a) ed infine le caratteristiche geomorfologiche (Graciotti *et al*., 2004).

Inquadramento geodinamico

L'isola rappresenta una porzione emersa della Dorsale Elba-Pianosa, un rilievo quasi completamente sommerso con direzione NS, che dallo Scoglio d'Africa (poche miglia ad ovest di Montecristo) si estende fino a poche miglia ad est dell'Isola di Capraia (Fig. 1). In questo settore, la Dorsale Elba-Pianosa divide il Bacino Tirrenico in due parti. Quella occidentale, compresa fra la dorsale e la Corsica (Bacino della Corsica), che raggiunge gli 800m di profondità e quella orientale, fra la dorsale e la costa toscana (Piattaforma toscana), con profondità massime di circa 400m. La dorsale di cui Pianosa fa parte (Fig. 2), è un elemento sostanziale nell'evoluzione geodinamica di questo settore del Tirreno. Secondo le recenti ricostruzioni di vari Autori (Mauffret *et al*.,1999; Pascucci *et al*., 1999; Cornamusini *et al*., 2002), basate sulle interpretazioni di numerosi profili sismici, i due settori di bacino separati dalla dorsale sono riempiti da depositi neogenici con assetto ed età differenti, mentre la strutturazione della dorsale stessa, sarebbe il risultato di una evoluzione polifasata, probabilmente iniziata nell'Eocene-Oligocene durante la fase collisionale dell'Appennino Settentrionale (Cornamusini *et al*., 2002) e sviluppatasi durante la seguente fase estensionale, a partire dalla parte alta del Miocene Inferiore fino al Pliocene Medio. Il regime estensionale avrebbe anche favorito la messa in posto di corpi magmatici granitici in corrispondenza della dorsale (Montecristo -7,3 Ma, Monte Capanne all'Isola d'Elba - 6,2-6,8 Ma, Giglio -5,1 Ma), favorendone il sollevamento. Marinelli (1975) definì "Etruscan swelling" l'analoga situazione che, in periodi più recenti e anche attualmente, caratterizza l'area tosco-laziale. In questo contesto, lo spostamento verso est del magmatismo ben si inquadra nella progressiva migrazione verso oriente dei fenomeni tettonici nell'Appennino Settentrionale (Barberi *et al*., 1994, Bossio *et al*., 1998 *cum bibl*.).

Stratigrafia

Come già accennato in precedenza, Pianosa è esclusivamente costituita da depositi neogenici (Fig. 3) in cui sono state riconosciute tre unità litostratigrafico-formazionali, due mioceniche ed una plio-?pleistocenica. Inoltre, depositi pleistocenici più recenti, sono presenti in modo discontinuo lungo la costa meridionale ed orientale. Un quadro sintetico della successione stratigrafica è mostrato in Fig. 4

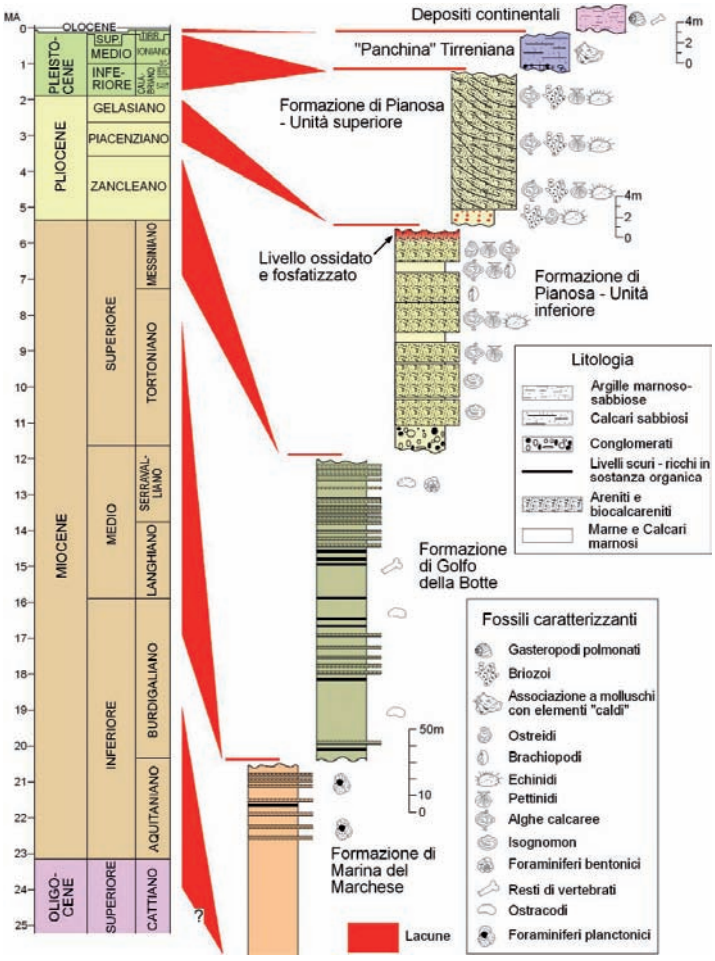


Fig. 4 - Schema lito- e cronostratigrafico della successione affiorante nell'Isola di Pianosa.

Fig. 5 - Marne con intercalazioni di calcareniti, al tetto della Formazione di Marina del Marchese.

IL MIOCENE

I depositi miocenici più antichi dell'isola affiorano esclusivamente lungo la falesia occidentale e a Cala della Ruta a sud. Recentemente, il Miocene di Pianosa è stato suddiviso in due unità litostratigrafiche separate da una lieve discordanza angolare (Bossio *et al*., 2000): la Formazione di Marina del Marchese, cui Colantoni & Borsetti (1973) riferivano tutti i depositi miocenici, di età Burdigaliano medio-sup. e la Formazione di Golfo della Botte di età Tortoniano sup. – ? Messiniano. Una dettagliata caratterizzazione stratigrafico sedimentologica e composizionale dei depositi miocenici è proposta da Cornamusini *et al*. (in prep.). La Formazione di Marina del Marchese dello spessore affiorante di circa 120 m, la cui base non è osservabile, è formata da marne e marne siltose con intercalazioni di calcareniti, calciruditi ed arenarie siltose (Fig. 5). Nella parte alta sono presenti anche livelli conglomeratici con ciottoli calcarei e potenti *slumps*. Gli strati calcarenitici mostrano caratteri tipici dei depositi dovuti a flussi massivi di tipo torbiditico, con composizione essenzialmente intrabacinale; alla base degli strati calcarenitici si rinvengono abbondanti frammenti di gusci di molluschi e briozoi, mentre le marne si caratterizzano per la presenza di abbondanti tracce fossili. Le giaciture di strato sono orientate NW-SE, con inclinazione di circa 20° verso SW. La formazione rappresenta quindi il prodotto di una sedimentazione emipelagica in un'area compresa tra la zona neritica esterna e quella batiale superiore (come suggerito dalle microfaune bentoniche) in cui si formavano apparati torbiditici.

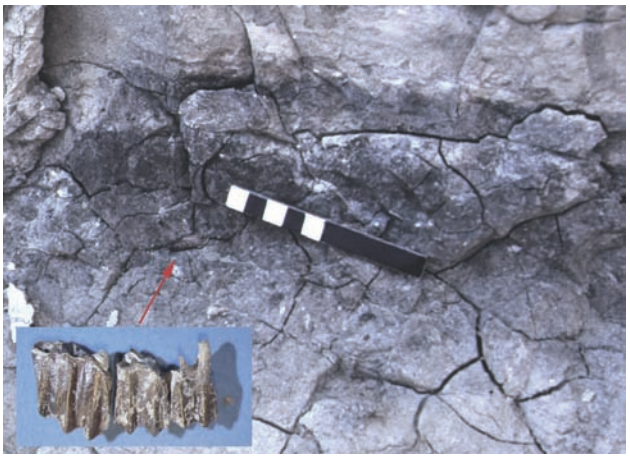


Fig. 6 - Livello scuro, ricco in sostanza organica, al tetto della Formazione di Golfo della Botte. La freccia indica il frammento di mandibola (ingrandito nel riquadro) prima di essere estratto dalla successione.

Il plancton calcareo, abbondante nelle marne, è rappresentativo della Zona MMi2 (*Globoquadrina dehiscens dehiscens – Catapsidrax dissimilis*), Sottozona MMi2b (*Globigerinoides altiaperturus – Catapsidrax dissimilis*) dei foraminiferi (schema zonale di Iaccarino *et al*., 2006) e alla Zona a *Sphenolithus belemnos* dei nannofossili calcarei (schema zonale di Foresi *et al*., 2001); ciò consente di riferire questa successione al Burdigaliano medio-superiore.

La soprastante Formazione di Golfo della Botte affiora per uno spessore di circa 300 metri ed è composta da argille siltose grigio-verdastre con livelli scuri, ricchi in sostanza organica (ciascuno dello spessore massimo di 20 cm), ed intercalazioni di arenarie e conglomerati, questi ultimi più frequenti e potenti verso l'alto. Le argille siltose contengono tracce fossili di piccole dimensioni e rari resti di piccoli gasteropodi. Inoltre, in uno dei livelli più scuri è stato rinvenuto un frammento di mandibola con tre molari inferiori di un piccolo bovide attribuibile al gruppo Caprinae-Rupicaprinae (Fig. 6). Le giaciture degli strati sono orienta-

te circa N-S con inclinazione massima di 10° verso SW. Le arenarie hanno un basso contenuto carbonatico, e composizione essenzialmente silicoclastica (da arcose litiche a litareniti arcosiche) e strutture sedimentarie rappresentative di un ampio spettro di facies, legate a processi massivi (da strati massivi a gradati normalmente, con laminazione incrociata o pianoparallela). I conglomerati sono invece generalmente poco organizzati, talora matrice-sostenuti e talvolta con base erosiva. La variabilità nelle facies conglomeratiche è comunque assai marcata e rappresentata da conglomerati matrice-sostenuti (con matrice sabbiosa o fangosa) e disorganizzati, da altri clasto-sostenuti, massivi e gradati oppure a stratificazione incrociata o pianoparallela.

Le microfaune rinvenute nella Formazione di Golfo della Botte sono rappresentate da ostracodi dulcicoli e, al tetto, da foraminiferi bentonici ed ostracodi di ambiente salmastro o marino costiero. La sedimentazione sarebbe quindi avvenuta in ambiente continentale-lacustre, passante al tetto della formazione ad uno lagunare-marino marginale caratterizzato dalla messa in posto di fan-delta grossolani. Le microfaune presenti non consentono attribuzioni di età; le uniche informazioni in proposito vengono dai denti del suddetto bovide, riferibili presumibilmente al Turoliano (Tortoniano superiore). Con questo riferimento, la porzione lacustre della Formazione di Golfo della Botte, sarebbe correlabile con l'"Unità Lignitifera" di Bossio *et al.* (1998), mentre i sedimenti sommitali di ambiente lagunare-costiero, sarebbero a loro volta correlabili con l'Unità "Acquabona-Spicchiaiola" di Bossio *et al.* (1998) riferita al Messiniano inferiore.

Fig. 7 - Golfo della Botte: contatto fra la Formazione di Marina del Marchese, inclinata e interessata da *slumps* (vedi anche ingrandimento nel riquadro) e quella di Pianosa, qui rappresentata dall'unità inferiore con assetto sub-orizzontale.

IL PLIOCENE – ?PLEISTOCENE INFERIORE

Su entrambe le formazioni mioceniche poggia, in discordanza angolare e con giacitura sub-orizzontale, la Formazione di Pianosa (Fig. 7). Questa formazione è costituita da uno spessore di poche decine di metri di biocalcareniti e biocalciruditi, con esigua componente inorganica. Secondo Colantoni & Borsetti (1973), a cui si devono gli studi più recenti sulla stratigrafia di questa unità, la Formazione di Pianosa sarebbe riferibile al Pliocene Medio e costituita da un membro inferiore (Membro sabbioso) ed un membro superiore (Membro sabbioso-organogeno). Tale suddivisione, così come indicata dai suddetti Autori, ne riflette solo in parte i caratteri stratigrafico-deposizionali. Studi recenti (Graciotti *et al.*, 2004; Ducci & Foresi, 2004), pur confermando la bipartizione della Formazione di Pianosa in due unità deposizionali, attribuiscono ad esse età diversa e individuano la superficie che le separa in una unconformity marcata da un livello fosfatizzato ed ossidato al tetto dell'unità inferiore. Tale livello, sempre ben riconoscibile per l'intensa colorazione brunorossastra ed assai competente, è particolarmente evidente lungo la falesia occidentale e presso Cala dell'Alga sulla costa orientale dove raggiunge uno spessore massimo di circa 20 cm (Fig. 8 e Fig. 9). Analisi diffrattometriche a RX hanno evi-

Fig. 8 - Cala dell'Alga: livello fosfatizzato, con aspetto nodulare, al tetto dell'unità inferiore della Formazione di Pianosa; nell'affioramento rappresentato in figura questo livello assume l'aspetto di un conglomerato.

Fig. 9 - Punta Libeccio: contatto fra le due unità della Formazione di Pianosa, marcato dal livello fosfatizzato di colore bruno rossastro; la superficie superiore del livello è ben evidente in alcuni blocchi ribaltati alla base della falesia.

denziato la presenza di fluoroapatite e di ossidi e carbonati di ferro.

L'unità inferiore presenta quasi sempre giacitura sub-orizzontale e mostra alla base un peculiare orizzonte conglomeratico cui seguono banchi di calcareniti e calciruditi spessi fino a circa 2 m (Fig. 10) con abbondante contenuto fossilifero rappresentato da molluschi, alghe e subordinatamente briozoi ed echinidi. In alcuni casi si rinvengono fossili di grandi dimensioni quali *Isognomon* e *Macrochlamys* fra i lamellibranchi e *Clypeaster* fra gli echinidi. Per quanto concerne l'età, tale unità è riferibile al Pliocene Medio in base al riconoscimento della Sottozona MPL4b (*G. crassaformis*) dello schema zonale di Iaccarino *et al.* (2006). In questo contesto, degna di nota è la presenza, negli affioramenti del versante orientale e nella parte alta dell'unità, della biofacies ad *Amphistegina* (Fig. 11) che, oltre ad essere indicativa di un clima caldo/ temperato-caldo, rappresenta per l'area toscana un importante *marker* cronostratigrafico, in quanto ampiamente citata nei depositi del Pliocene Medio, e solo raramente segnalata in sedimenti più recenti (Di Bella *et al.*, 2005 *cum bibl.*).

L'unità superiore è costituita, come la precedente, da calcareniti e calciruditi, caratterizzate localmente da un elevato contenuto fossilifero, rappresentato da alghe, molluschi, briozoi, echinidi e brachiopodi, oltre a più rari resti di crostacei e di pesci. Il carattere distintivo dei depositi di quest'unità è rappresentato dalla presenza di una marcata clinostratificazione con immersione dei foreset verso i quadranti meridionali (Fig. 12).

Dal punto di vista micropaleontologico, sono state rinvenute faune a foraminiferi ricche in organismi bentonici, indicativi di un ambiente circalitorale non profondo; nonostante ciò, alcuni campioni hanno rivelato associazioni a foramini-

Fig. 10 - Golfo della Botte: unità inferiore della Formazione di Pianosa in appoggio sulla Formazione di Golfo della Botte, quest'ultima parzialmente ricoperta da grossi blocchi di detrito. In questo affioramento l'unità pliocenica ha assetto sub-orizzontale e i banchi inferiori sono caratterizzati da abbondanti ed evidenti modelli e conchiglie di *Isognomon*.

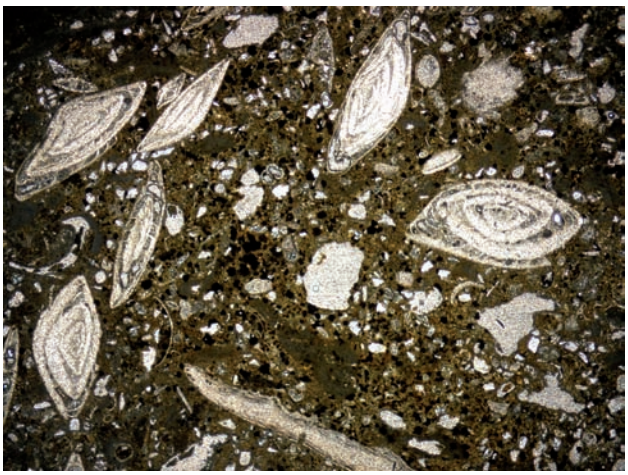


Fig. 11 - Sezione sottile di biocalcarenite al tetto dell'unità inferiore della Formazione di Pianosa, affiorante presso Cala dell'Alga. La matrice è di colore scuro a causa del processo di ossidazione e di fosfatizzazione che ha interessato questa porzione dell'unità. Ben visibili alcune sezioni del macroforaminifero *Amphistegina*.

feri planctonici significative e riferibili alla Zona MPl6 (Zona a *Globorotalia inflata*), mentre nessun esemplare di *Globorotalia truncatulinoides* (la FO del taxon è marker subzonale della Zona a *G. inflata*) è stato riscontrato nelle associazioni e *Neogloboquadrina pachyderma* (la FCO del taxon è *marker* basale della Zona a *Globigerina cariacoensis*) è risultata sempre rara. Le analisi micropaleontologiche lascerebbero supporre un riferimento dell'unità superiore alla porzione inferiore della Zona a *G. inflata*, sebbene il limitato numero di campioni significativi, unito al fatto che le associazioni a foraminiferi planctonici non sono mai ricche, preclude riferimenti sottozonali certi. Comunque, il riferimento zonale basato sui foraminiferi è stato confermato dalle analisi del nannoplancton calcareo che hanno documentato la Zona MNN19a (schema zonale di Rio *et al.*, 1990). Maggiori incertezze riguardano, invece, il riferimento cronostratigrafico dell'unità, in quanto i dati biostratigrafici, seppur indicativi di un breve intervallo temporale, la collocano al passaggio fra il Pliocene superiore ed il Pleistocene Inferiore.

Per quanto concerne l'ambiente deposizionale della Formazione di Pianosa, le analisi micropaleontologiche hanno messo in luce, per entrambe le unità, peculiari condizioni ambientali. I campioni, infatti, risultano: 1) spesso privi o molto poveri di frazione terrigena, a favore di una frazione carbonatica di origine organica molto abbondante; 2) caratterizzati da associazioni a foraminiferi bentonici ricche e indicative di acque poco profonde, le cui forme più rappresentative sono *Ammonia beccarii*, *Asterigerinata mamilla*, *Asterigerinata planorbis*, *Elphidium crispum*, *Lobatula lobatula*, ecc..; 3) contraddistinti da associazioni a foraminiferi planctonici non ricche, ma in alcuni casi diversificate. Questi dati indicano un ambiente deposizionale con acque poco profonde, ma nello stesso tempo isolato da significativi sistemi di apporto terrigeno. Quanto sopra esposto suggerisce che la Formazione di Pianosa si sia deposta in un altofondo marino, non necessariamente lontano dalla costa, ma separato da essa da una o più depressioni bacinali. Una situazione sedimentaria analoga è attualmente rappresentata dal Banco di Mezzo Canale situato nell'offshore a nord di Pianosa.

Fig. 12 - Cala della Ruta: contatto, marcato da leggera discordanza angolare, fra le due unità che costituiscono la Formazione di Pianosa. In questa località l'unità inferiore ha colore grigio ed è grossolanamente stratificata, quella superiore ha colore rossastro ed è fittamente stratificata. Chiaramente visibili nella foto anche due faglie dirette ad alto angolo che tagliano entrambe le unità.

Fig. 13 - Superfici di troncatura e laminazione piano-parallela ed incrociata a basso angolo (litofacies A).

STOP 1

I Calcari bioclastici di Cala del Bruciato

Formazione di Pianosa-Unità superiore

Avvicinamento

Una volta scesi al pontile di attracco, si percorre una breve salita costeggiando sulla sinistra l'edificio napoleonico del Forte Teglia, quindi ci si immette nella strada principale del paese, che conduce al varco di ingresso della ex colonia penale. Lungo questa strada possiamo osservare le costruzioni più caratteristiche dell'isola.

Attraversate le mura che separavano il paese dalla colonia penale lasciamo alla nostra sinistra la chiesa e alla destra la ex direzione del carcere (oggi sede della Mostra Fotografica "Pianosa com'era" tenuta dalla Associazione per la Difesa dell'Isola di Pianosa) e ci immettiamo in un ampio stradone sterrato.

Prima di arrivare al bivio per la Diramazione (così venivano chiamate le strutture che ospitavano i detenuti e che apparivano come grandi "fattorie") del Sembolello, superato il Pollaio, voltiamo a sinistra e dopo alcune centinaia di metri passiamo in prossimità della Diramazione del Giudice (ex stalle) e del Porcile, osservando in panorama la Diramazione di Agrippa (ex sezione di massima sicurezza). Dopo il Porcile svoltiamo a sinistra e in breve tempo ci potremo affacciare sulla Cala del Bruciato, una profonda insenatura con fondo sabbioso e dai colori turchesi che rendono questo luogo uno dei più belli dell'Arcipelago Toscano. Dopo aver osservato il panorama dal punto più alto, scendiamo sulla piattaforma di erosione marina, a circa 1 m di quota s.l.m., per le osservazioni degli affioramenti.

Aspetti da osservare

Gli eccellenti affioramenti della costa occidentale e meridionale dell'isola mostrano esposizioni pressoché continue di un'ampia varietà di facies rappresentate da calcari bioclastici. Tra di esse, le facies volumetricamente più importanti sono costituite da biocalciruditi e biocalcareniti grossolane formate prevalentemente da alghe calcaree, frammenti di lamellibranchi e briozoi ed organizzate in corpi plurimetrici clinostratificati, progradanti verso i quadranti meridionali. Corpi analoghi sono stati ampiamente descritti nell'area Mediterranea, sia in affioramento, sia in aree sommerse, attraverso pro-

Fig. 14 - Forme di "alterazione colonnare" al tetto della litofacies A. La superficie individuata dalla loro terminazione superiore corrisponde al limite superiore della litofacies A.

Fig. 15 - Laminazione piano-parallela definita dall'isorientazione di valve disarticolate di pettinidi e rodoliti nella litofacies B.

fili sismici (Massari & Chiocci, 2006 *cum bibl.*)

L'architettura di questi depositi risulta particolarmente ben visibile a Cala del Bruciato, dove la particolare conformazione della costa permette di osservare sezioni circa parallele e perpendicolari alla direzione di progradazione. Sulla base dei caratteri composizionali-tessiturali, geometrici e delle strutture sedimentarie possono essere distinte 3 principali litofacies, che in senso stratigrafico ascendente sono:

LITOFACIES A: *Strati sub-orizzontali di biocalcareniti e biocalciruditi fini a laminazione piano-parallela ed incrociata a basso angolo.*

Questa litofacies è formata da biocalcareniti grossolane e biocalciruditi fini relativamente ben cernite e costituite in prevalenza da alghe calcaree, briozoi, frammenti di lamellibranchi ed echinidi, subordinatamente anche da una componente silicoclastica (principalmente quarzo, feldspati e biotite).

I depositi della litofacies A sono caratterizzati dalla presenza di numerose superfici di troncatura a basso angolo (Fig. 13) che delimitano set a laminazione piano-parallela, da poco a ben evidente, o debolmente incrociata a basso angolo. In alcuni casi sono evidenti strutture tipo *swaley* e, più in generale, riempimenti di ampie depressioni erosive a basso rilievo morfologico. Localmente sono osservabili tracce fossili a prevalente sviluppo verticale. Il tetto della litofacies mostra peculiari forme di alterazione colonnare (Fig. 14).

I caratteri di questa litofacies permettono di interpretarla come un deposito di *shoreface* superiore dominato dall'azione del moto ondoso. In particolare, le prevalenti condizioni trattive di regime di flusso superiore (laminazione pianoparallela) registrate da questa litofacies suggeriscono che essa rappresenti il prodotto di una sedimentazione nell'area dei frangenti e del *surf* della *shoreface* (*breaker zone* e *surf zone*: Clifton, 1971; Davidson-Arnott & Greenwood, 1976; Reading, 1996). In questo contesto, eventi di tempesta ad elevata energia modificavano significativamente il profilo della *shoreface* generando le superfici di troncatura erosiva.

LITOFACIES B: *Strati sub-orizzontali di biocalcareniti e biocalciruditi a pettinidi con subordinati rodoliti di grandi dimensioni.*

I depositi di questa litofacies affiorano per poco più di 1,5 m, sono ben visibili in prossimità del livello del mare al di sotto dei clinoformi della litofacies C e sono costituiti da bioclastiti in strati orizzontali o debolmente inclinati con geometria tabulare o cuneiforme. La litologia dominante è rappresentata da biocalciruditi a cui si intercalano sottili (max 15 cm) e discontinui strati di biocalcareniti massive e bioturbate. Le biocalciruditi sono in strati a base da netta ad erosiva, spessi generalmente pochi decimetri (max 35 cm) ed internamente massivi, con laminazione da piano-parallela a debolmente inclinata poco evidente. Esse sono costituite principalmente da valve disarticolate di pettinidi, relativamente poco frammentate, immerse in matrice calcarea bioclastica a grana sabbiosa fine, a cui talora si associano subordinati rodoliti di forma sub-sferica (Fig. 15). La concentrazione dei rodoliti e le loro dimensioni aumentano verso il tetto della litofacies, dove il diametro di alcuni esemplari è di poco inferiore ai 10 cm. Le valve dei pettinidi sono spesso subparallele alla stratificazione e molte caratterizzate da una convessità rivolta verso il basso (Fig. 15). Alcune porzioni degli strati mostrano un fabric disorganizzato, con numerose valve o frammenti disposti obliquamente

Fig. 16 - Valve di pettinidi variamente disposte in matrice calcarea sabbiosa fine nella litofacies B. Nella parte alta della foto le valve sono invece isorientate e parallele alla stratificazione.

rispetto alla stratificazione (Fig. 16). Caratteristica è, inoltre, la disposizione dei gusci attorno ai grandi rodoliti (Fig. 17) in prossimità del tetto della litofacies. I caratteri sedimentologici e composizionali di questa litofacies permettono di riferirla ad un ambiente di rampa carbonatica interessato dal moto ondoso e caratterizzato da una elevata produttività. In questo contesto, il detrito scheletrico prodotto veniva ridistribuito principalmente durante eventi di tempesta. In particolare, l'aumento della componente a rodoliti rispetto a quella a pettinidi mostrato verso l'alto dai depositi di questa litofacies, suggerirebbe una tendenza all'approfondimento (Braga *et al.*, 2006).

Fig. 17 - Caratteristica disposizione di valve di pettinidi intorno ai rodoliti della litofacies B.

Fig. 18 - Depositi clinostratificati della litofacies C che poggiano in *downlap* su quelli a stratificazione sub-orizzontale della litofacies B.

LITOFACIES C: *Biocalciruditi e biocalcareniti clinostratificate e massive*.

I depositi di questa litofacies formano un corpo clinostratificato (Fig. 18), spesso circa 20 m e progradante verso sud per almeno 500 m. Si tratta di biocalciruditi fini e subordinate biocalcareniti grossolane, raramente fini, poco o moderatamente cernite, in strati spessi mediamente pochi decimetri (max 40 cm). I bioclasti sono rappresentati, in ordine di importanza, da alghe calcaree, lamellibranchi, briozoi ed echinidi.

Alcuni strati sono caratterizzati da un'elevata concentrazione di grandi rodoliti e pettinidi (Fig. 19). Gli strati sono internamente massivi, disorganizzati o gradati normalmente (Fig. 20), talora con un intervallo basale a gradazione inversa. Una bioturbazione (Fig. 21) diffusa oblitera spesso la stratificazione. Talora i foreset sono troncati al tetto da una superficie di abrasione marina che conferisce loro una geometria obliquo-tangenziale. Laddove completamente preservati (in corrispondenza del loro punto di enucleazione) essi mostrano una geometria sigmoidale.

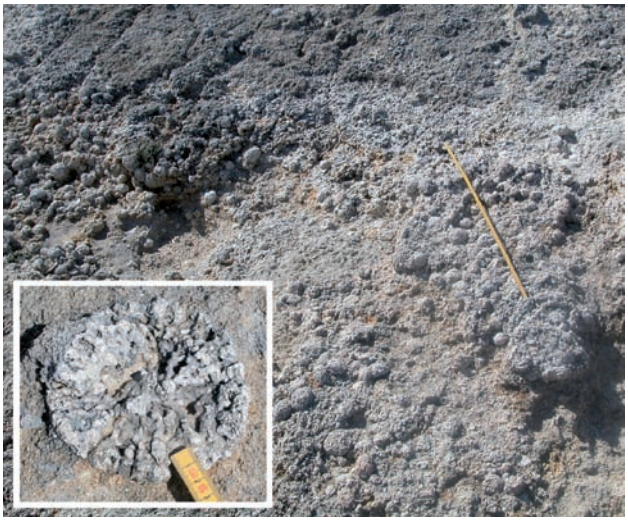


Fig. 19 - Strato costituito prevalentemente da rodoliti di grandi dimensioni nei *foreset* della litofacies C. Nel riquadro è possibile osservare la sezione di un grande rodolite con struttura compatta e crescita radiale.

Fig. 20 - Gradazione normale nei *foreset* della litofacies C.

Fig. 21 - Bioturbazione sulla superficie di strato nei *foreset* della litofacies C.

La porzione superiore dei clinoformi sigmoidali mostra una evidente stratificazione piano-parallela, più raramente incrociata. Alla base i *foreset* assumono un andamento asintotico e poggiano sui depositi della litofacies B (Fig. 18 e Fig. 22).

Le biocalciruditi e biocalcareniti di questa litofacies rappresentano il prodotto di flussi gravitativi relativamente densi che si depositavano su un pendio ubicato al di sotto del livello di base delle onde di tempesta, e situato al margine di un'area interessata dal moto ondoso (*shoreface*) che costituiva la *carbonate factory* del detrito bioclastico. I flussi gravitativi venivano innescati quando le correnti di tempesta generate in prossimità della costa raggiungevano e superavano il margine esterno della shoreface (Pomar & Tropeano, 2001, Massari & Chiocci, 2006). La loro messa in posto è infatti da riferire ad un ambiente non interessato dalle onde in cui il movimento di sospensioni turbolente relativamente dense avveniva unicamente sotto l'effetto della gravità. Ciò è testimoniato dal carattere massivo dei *foreset* e supportato dalla diffusa bioturbazione. Occasionalmente la densità dei flussi era tale che le pressioni dispersive costituivano un meccanismo di supporto non più trascurabile, come testimoniato dai

Fig. 22 - Appoggio dei depositi clinostratificati della litofacies C su quelli a stratificazione suborizzontale della litofacies B.

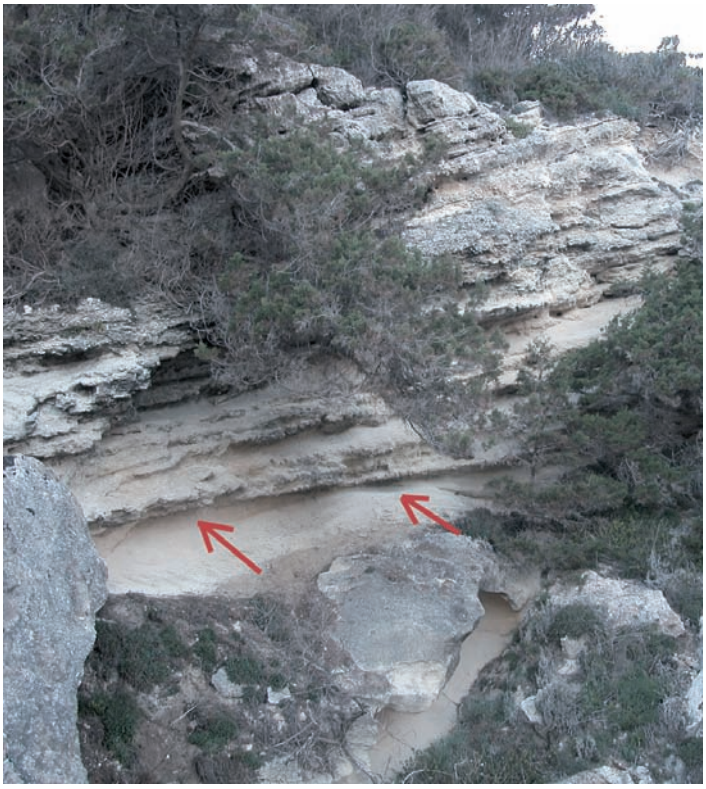


Fig. 23 - Superficie di troncatura erosiva corrispondente ad una *unconformity* che separa i depositi dell'unità inferiore (litofacies A), da quelli dell'unità superiore (litofacies B e C).

livelli a gradazione inversa, ben visibili in affioramenti limitrofi. Durante i periodi di tempo che intercorrevano tra un flusso gravitativo e l'altro, la sedimentazione era rappresentata dalla decantazione di una sabbia bioclastica molto fine.

Architettura deposizionale

Due unità, separate da una superficie erosiva di *unconformity* (Fig. 23) con accentuato rilievo morfologico, sono riconoscibili nei depositi di Cala del Bruciato (Fig. 24 e Fig. 25). L'unità inferiore è costituita dai depositi di shoreface superiore della litofacies A e mostra un'architettura aggradazionale, ben visibile al centro dell'insenatura, dove la laminazione pianoparallela o debolmente inclinata che la caratterizza è troncata dai depositi dell'unità superiore (Fig. 24 e 25). La superficie di troncatura si immerge al di sotto del livello marino. I depositi clinostratificati della litofacies C poggiano sugli strati suborizzontali della litofacies B (Fig. 18 e Fig. 26), ed il punto di enucleazione dei clinoformi corrisponde al punto di rottura morfologico della superficie di *unconformity* (Fig. 24 e Fig. 25).

Le due unità mostrano anche una differente composizione petrografica, in quanto i depositi dell'unità inferiore (litofacies A), oltre ad una componente organogena dominante, sono costituiti anche da granuli silicoclastici, pressoché assenti nei depositi dell'unità superiore.

Figg. 24-25 - Architettura deposizionale dei calcari bioclastici esposti sui due lati della Cala del Bruciato secondo due sezioni circa parallele alla direzione di progradazione dei *foreset* della litofacies C (unità superiore). In rosso la superficie di *unconformity* che separa le due unità riconosciute.

Fig. 26 - Particolare della superficie di *downlap* delle biocalciruditi della litofacies C sugli strati sub-orizzontali ricchi di pettinidi della litofacies B.

Aspetti da discutere

i) Processi ed ambienti deposizionali, tipologia dei rodoliti

ii) Origine della superficie erosiva tra le due unità deposizionali

iii) Architettura deposizionale (es. punto di enucleazione dei clinoformi) e significato stratigrafico-sequenziale delle litofacies

Il Pleistocene Superiore - Il Tirreniano

Un'ultima fase deposizionale marina è testimoniata da discontinui affioramenti lungo la costa, della cosiddetta "Panchina" tirreniana,

Fig. 27 - Esemplare di *Strombus bubonius* rinvenuto sul terreno negli affioramenti di Cala S. Giovanni.

caratterizzata da uno spessore di pochi metri, da una giacitura orizzontale e da un ricco contenuto fossilifero descritto, per gli aspetti malacologici, da Colantoni & Borsetti (1973). Tra i molluschi, degna di nota è la presenza di *Strombus bubonius* (Fig. 27). Quest'unità stratigrafica poggia, in chiara discordanza angolare, sui depositi della Formazione di Pianosa (Fig. 28). Le quote di affioramento della "Panchina" variano dal livello del mare fino ad un massimo di circa 4-5m. Gli affioramenti alle quote più basse contengono faune non significative e sono quindi ascrivibili solo dubitativamente al Tirreniano. Infatti, solo in un affioramento sono stati rinvenuti esemplari di *Patella ferruginea*, elemento indicativo, ma non esclusivo, di questo intervallo temporale. In questo contesto, un aspetto rilevante è costituito dalla presenza, lungo ampi tratti della costa occidentale e meridionale, di una paleofalesia tirreniana, generalmente arre-

Fig. 28 - Cala del Cimitero: depositi di "Panchina" tirreniana con assetto sub-orizzontale, in appoggio discordante sulla Formazione di Pianosa, qui caratterizzata da clinostratificazione con immersione dei foreset verso Sud.

Fig. 29 - Tracce di litodomi all'imboccatura di una cavità aperta nella paleofalesia tirreniana in località Cala dei Turchi.

trata di alcune decine di metri rispetto all'attuale linea di costa e marcata talora da tracce di organismi litodomi ben conservate. (Fig. 29).

STOP 2

La "Panchina" di Cala dei Turchi

Pleistocene Superiore (Tirreniano)

Avvicinamento

Di ritorno dallo STOP di Cala del Bruciato, una volta rientrati in paese, si percorre un breve tratto di strada che passa in prossimità della dismessa Centrale Termoelettrica, del Faro e dei Vecchi macelli. Quindi, costeggiando l'antico muro di cinta, ci dirigiamo verso il Cimitero dei Civili che sorge su una spianata naturale, pochi metri al di sopra del livello del mare. Scendiamo sulla sinistra del cimitero, verso mare, ed incontriamo immediatamente i primi depositi "conchigliari" che proseguono, con affioramenti più suggestivi per la ricchezza di fossili, anche nella successiva Cala dei Turchi.

Aspetti da osservare

In questa località affiorano, a partire da una quota di circa 1 m sul livello del mare, depositi ciottolosi molto ricchi in fossili, per i quali Colantoni & Borsetti (1973) riferirono la seguente malacofauna: *Acar pulchella, Arca noae, Assiminea littorina, Astraea rugosa, Barleeia rubra, Bittium reticulatum, Bivonia triquetra, Cancellaria cancellata, Cantharus viverratus, Chiton olivaceus, Conus testudinarius, Diodora gibberula, Glycymeris glycymeris, Gourmia rupestre, G. vulgata, Lentidium mediterraneum, Murex brandaris, Patella coerulea, Polinices lacteus, Rissoa variabilis, Spondylus gaederopus, Strombus bubonius, Triphora perversa* e *Truncolariopsis trunculus*. Per la presenza nell'associazione di *S. bubonius*, *P. lacteus* e *C. testudinarius*, gli Autori indicarono per questi depositi un'età tirreniana.

I sedimenti tirreniani poggiano in unconformity sulle biocalcareniti dell'unità superiore della Formazione di Pianosa (Fig. 28), che costituisce anche la retrostante falesia da cui deriva la quasi totalità dei clasti. Sulla base dei caratteri sedimentologici, sono state distinte 2 principali litofacies, descritte di seguito in ordine stratigrafico ascendente.

LITOFACIES A: *Conglomerati grossolani clasto-sostenuti, eterometrici e localmente embriciati*

Questa litofacies poggia con un contatto erosivo ed irregolare (Fig. 30) sul substrato rappresentato dall'unità superiore della Formazione di Pianosa. Si tratta di un conglomerato grossolano

Fig. 30 - I depositi basali della litofacies A circondano un piccolo promontorio costituito dalla Formazione di Pianosa, il quale doveva costituire uno scoglio isolato nel mare tirreniano.

Fig. 31 - Particolare del conglomerato della Litofacies A

Fig. 32 - Particolare della successione tirreniana a Cala dei Turchi. Da notare il grosso elemento di dimensioni superiori al metro incluso nei depositi della litofacies A in appoggio sul substrato. Nella metà superiore della foto sono visibili i depositi della litofacies B.

(Fig. 31) eterometrico e massivo, a tessitura clasto-sostenuta ed elementi delle dimensioni dei *cobbles* e *boulders* (Fig. 32). I *cobbles* mostrano forme generalmente sub-sferiche e discoidali, mentre i *boulders* hanno forme discoidali e a lama. I ciottoli sono spesso caratterizzati da fori di litodomi. È inoltre presente, anche se in modo discontinuo, una matrice interstiziale con granulometria corrispondente ad una ghiaia fine (*pebble*)-sabbia grossolana, mentre alcune zone prive di matrice mostrano una ben evidente tessitura openwork. I ciottoli più grossolani immergono talora verso mare, con embriciatura tipo b(i)a(t), oppure mostrano l'asse maggiore parallelo alla direzione della paleocosta, anche se la morfologia irregolare del substrato ne condiziona fortemente l'orientazione. I ciottoli di minori dimensioni sono invece disposti generalmente in modo caotico.

Nell'insieme, questa litofacies mostra un trend FU e passa in modo graduale, ma veloce, ai depositi della litofacies B (Fig. 32, 33). La litofacies A è riferibile alla porzione sommersa di una spiaggia (*lower beachface*: *sensu* Massari & Parea, 1988; Postma & Nemec, 1990), prospiciente ad una falesia in arretramento e da cui proveniva la totalità dei clasti. L'eterogeneità dimensionale e morfometrica dei ciottoli e i caratteri tessiturali variabili del deposito, non permettono di riferire questa litofacies ad un preciso subambiente di spiaggia. Ciò è probabilmente imputabile all'assenza di una ben sviluppata zonazione di spiaggia (assenza di una spiaggia emersa?), capace cioè di segregare i ciottoli su base granulometrica e morfologica, ed è in accordo con la messa in posto del deposito a ridosso di una falesia. Esso potrebbe quindi essere interpretato come un *lag* trasgressivo sopra una *ravinement surface*.

Fig. 33 - Passaggio rapido e graduale fra i depositi della litofacies A e quelli della litofacies B. Il passaggio fra le due litofacies è accompagnato da una progressiva riduzione granulometrica.

LITOFACIES B*: Conglomerati ben stratificati a*

Fig. 34 - Conglomerati della litofacies B. Molti elementi sono di natura organica: rodoliti e gusci di Lamellibranchi. Per i primi risulta difficile stabilire se siano ripresi dalla Formazione di Pianosa, che ne è ricca, o se siano un prodotto del mare tirreniano.

Fig. 35 - Gradazione normale in uno strato conglomeratico della litofacies B.

grana medio-fine clasto-sostenuti con intercalazioni di conglomerati fini/arenarie grossolane

Questa litofacies, assai ricca in gusci di Molluschi, è costituita da conglomerati ben stratificati, talora scarsamente cementati, con subordinate e discontinue intercalazioni di arenarie grossolane massive con dispersi *granules* e bioclasti. I conglomerati sono clasto-sostenuti e con tessitura bimodale (Fig. 34), determinata dalla presenza di una matrice interstiziale (sabbia mediogrossolana con dispersi *granules*) e di una granulometria media dei pebble; occasionali coarse cobbles sono presenti soprattutto in corrispondenza della zona di transizione alla litofacies sottostante. Tra i ciottoli dominano clasti sub-sferici di elementi litici fra cui anche noduli algali (Fig. 34). Gli strati sono internamente massivi, con gradazione normale (*coarse-tail normal grading*) da poco a ben sviluppata (Fig. 35), e talvolta sono ricoperti da conglomerati fini (*granule* e *fine pebble*) e/o arenarie grossolane a base erosiva in livelli centimetrici discontinui (Fig. 36). La componente bioclastica è rappresentata da gusci e frammenti di gusci variamente orientati. Gli strati conglomeratici, spessi al massimo 20 cm, hanno base generalmente erosiva e geometria tabulare cuneiforme, talora con ondulazioni circa parallele alla loro direzione.

Questi depositi formano una successione CU spessa circa 1.5 m con strati inclinati di pochi gradi e frequenti troncature erosive (Fig. 37). I caratteri sedimentologici e l'architettura della litofacies B permettono di riferirla alla infill zone di una beachface inferiore (Caldwell & Williams, 1985; Williams & Caldwell, 1988; Postma & Nemec, 1990 *cum bibl.*). Inoltre, l'architettura deposizionale e la geometria degli strati sembrano suggerire una spiaggia progradante con morfologia a cuspidi (Sherman *et al.*, 1993).

Aspetti da discutere

i) Caratteri sedimentologici dei depositi osservati e processi deposizionali attivi nei subambienti di una *beachface*

ii) Architettura deposizionale e significato stratigrafico-sequenziale delle litofacies

Fig. 36 - Intercalazione di conglomerati fini (dimensioni medie dei clasti tipo granule) lentiformi a base erosiva in conglomerati costituiti da *pebbles*.

Depositi continentali del Pleistocene Superiore/ Recente

Lungo ampi tratti del perimetro costiero del settore orientale e meridionale dell'isola, dove le coste sono meno acclivi, si trovano depositi

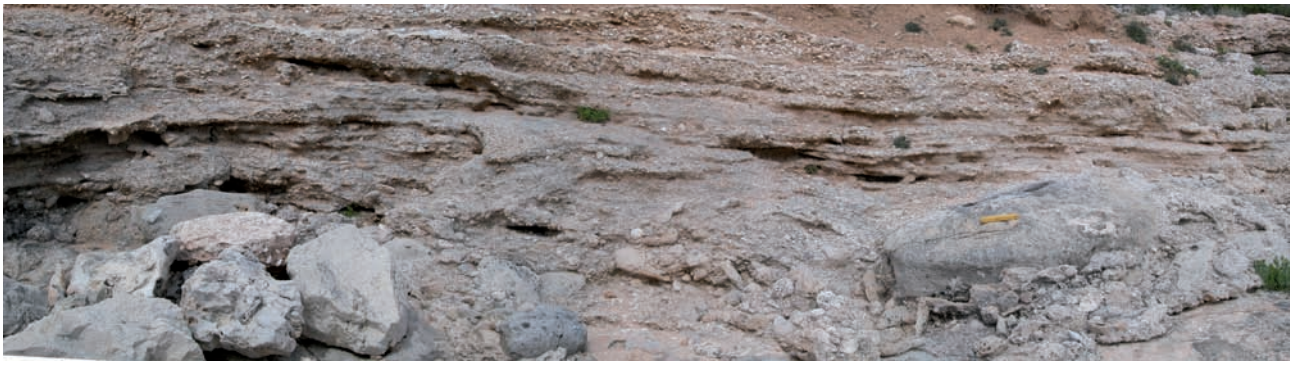


Fig. 37 - Architettura deposizionale della "Panchina" tirreniana di Cala dei Turchi, dove risultano ben evidenti i caratteri sedimentologici delle due litofacies.

continentali più recenti di quelli tirreniani. Si tratta di arenarie a matrice marnoso-argillosa di colore rossastro, più raramente giallo, spesso sottilmente stratificate e a luoghi ben litificate. Tali depositi poggiano spesso, mediante l'interposizione di una breccia, oppure di un paleosuolo, sulla "Panchina" tirreniana, preservandola così dall'erosione, oppure riempiono piccole incisioni e depressioni. La loro giacitura è spesso inclinata e riflette l'andamento della superficie di contatto con il substrato, mentre più raramente è orizzontale. In questi depositi sono stati rinvenuti rarissimi frammenti di piccoli molluschi marini rimaneggiati e mal conservati. Significative, invece, sono alcune impronte da disseccamento, evidenti in un affioramento nel versante orientale dell'isola. Nell'insieme, anche se le analisi di questi depositi non sono ancora esaustive, si ritiene che essi rappresentino un accumulo di tipo colluviale durante una fase arida del Pleistocene Superiore, quando il livello marino era sensibilmente più basso dell'attuale, dato che in alcune località tali depositi sono attualmente sommersi dal mare (Fig. 38).

Altri depositi, più recenti di quelli tirreniani, sono rappresentati da affioramenti puntuali di brecce monogeniche derivanti dalla Formazione di Pianosa presenti lungo la costa dell'isola. Gli elementi della breccia raggiungono dimensioni metriche e sono immersi in una matrice marno-

Fig. 38 - Cala dell'Alga: depositi detritici continentali del Pleistocene Superiore, di colore rossastro e con giacitura simile a quella del versante, poggiano con discordanza angolare sulla Formazione di Pianosa e si immergono al di sotto del livello del mare. Quest'ultima caratteristica testimonia della loro formazione in un periodo con livello del mare sensibilmente più basso dell'attuale.

Fig. 39 - Marina del Marchese: brecce monogeniche dovute a "sgrottamenti" e crolli di strutture e cavità di natura carsica.

so–sabbiosa rossastra. Immersi nella matrice si possono trovare anche rari resti di vertebrati e numerosi gusci di gasteropodi polmonati, fra cui *Helix* è il più comune. Tali brecce rappresentano accumuli detritici dovuti a sgrottamenti e crolli degli apparati carsici diffusi nella Formazione di Pianosa (Fig. 39). Altri depositi di riempimento di grotte e cavità sono rappresentati da sedimenti argilloso sabbiosi rossi, anch'essi frequentemente ricchi di gasteropodi polmonati (Fig. 40) e vertebrati o, in alcuni casi, di resti dell'industria litica o di manufatti prevalentemente neolitici.

Fig. 40 - P.ta Brigantino: marne sabbiose con gusci di gasteropodi polmonati fra cui numerosi quelli di *Helix*, ritrovate all'interno di una cavità carsica.

Attualmente, se si escludono i prodotti della pedogenesi ed i rarissimi episodi di accumulo colluviale, peraltro molto esigui, i processi di deposizione in atto sull'isola sono assenti. Non si esclude, comunque, che il processo ipogeo di formazione di speleotemi sia ancora attivo, anche se non è mai stato osservato direttamente.

Evoluzione tettonico-sedimentaria

La successione stratigrafica affiorante a Pianosa, offre l'opportunità di scandire alcune importanti tappe dell'evoluzione tettonico-sedimentaria di quest'area del Tirreno (Fig. 41). I depositi più antichi affioranti di età burdigaliana (Formazione di Marina del Marchese) sono coevi con quelli intercettati in due perforazioni petrolifere sulla dorsale al largo dell'isola (Cornamusini et al., 2003b) e con i depositi basali della successione miocenica di Aleria nella Corsica orientale (Bossio *et al*., 2000). È quindi ipotizzabile che nel Burdigaliano medio-superiore quest'area del Tirreno Settentrionale fosse rappresentata da un mare con profondità variabili da batiale a neritico esterno, che riceveva apporti terrigeni in gran parte torbiditici (Foresi *et al*. 2000a, Cornamusini *et al*., 2003a). Secondo Cornamusini et al. (2003a; in prep.), la presenza di potenti *slumps* al tetto della successione di Marina del Marchese, potrebbe costituire l'evidenza di una forte instabilità tettonica, che coinvolgeva anche le porzioni più interne del bacino e che probabilmente preannunciava un sollevamento miocenico con la relativa individuazione della Dorsale Elba-Pianosa. L'ampia lacuna, accompagnata da discordanza angolare, documentata fra la Formazione di Marina del Marchese e la Formazione di Golfo della Botte, rappresenta un'ulteriore testimonianza di questa fase tettonica che ha portato la dorsale in emersione. Subsidenza e sedimentazione sono poi riprese nel Tortoniano e proseguite almeno fino al Messiniano inferiore prima in un contesto di bacino lacustre e poi marino-marginale, come documentato dalla Formazione di Golfo della Botte. Tale unità, per posizione stratigrafica e caratteri paleoambientali, è riferibile alla Serie Lignitifera Auctt., quest'ultima considerata da più autori come

la base della Successione Neoautoctona s.s., ampiamente affiorante nella Toscana continentale occidentale (Bossio *et al.*, 2000) e dubitativamente presente anche nelle aree attualmente sommerse della Piattaforma toscana (Foresi *et al.*, 1997).

Nell'Isola di Pianosa mancano depositi del Messiniano superiore e del Pliocene Inferiore, al contrario ampiamente affioranti nella Toscana continentale e, in minor misura, anche nella Piana di Aleria in Corsica. Depositi di età compresa fra il Messiniano superiore ed il Pliocene Inferiore non sono stati incontrati neanche nelle due perforazioni petrolifere al largo dell'isola (Cornamusini *et al.*, 2003b). Queste evidenze supportano la presenza di una vasta area emersa situata nel Tirreno Settentrionale, già ipotizzata da Bossio *et al.* (2000). Ne consegue che nell'Isola di Pianosa mancano le testimonianze del primo ciclo sedimentario Pliocenico (Bossio *et al.*, 1993), mentre vi affiorano estesamente, in discordanza angolare sulle unità mioceniche, depositi riferibili al secondo ciclo (Pliocene Medio, Formazione di Pianosa). Tale discordanza può essere messa in relazione ad un ulteriore sollevamento della Dorsale Elba-Pianosa, forse conseguente alla messa in posto di corpi magmatici, ampiamente rappresentati nelle isole dell'arcipelago. Per quanto riguarda i depositi dell'unità inferiore della Formazione di Pianosa, essi sono caratterizzati da biofacies del tutto simili ai coevi depositi affioranti nella Toscana continentale. Sono infatti presenti facies a grossi molluschi (*Isognomon* e *Macrochlamys*) e grandi *Clypeaster*, a cui si associano le peculiari microfacies ad *Amphistegina*, indicative di condizioni climatiche temperato-calde. Inoltre, lo spessore ridotto dei depositi del Pliocene Medio, unitamente alle basse profondità del loro ambiente di sedimentazione, potrebbe indicare una fase di assestamento isostatico dopo il sollevamento Messiniano-Zancleano e la contemporanea strutturazione della Dorsale Elba-Pianosa come alto morfologico sommerso del tutto simile all'attuale.

Una nuova probabile emersione dell'area, o comunque una fase di non deposizione, è testimoniata dalla lacuna con durata di oltre 1 Ma, che separa le due unità stratigrafiche della Formazione di Pianosa. Questa fase ben si correla con il generale sollevamento

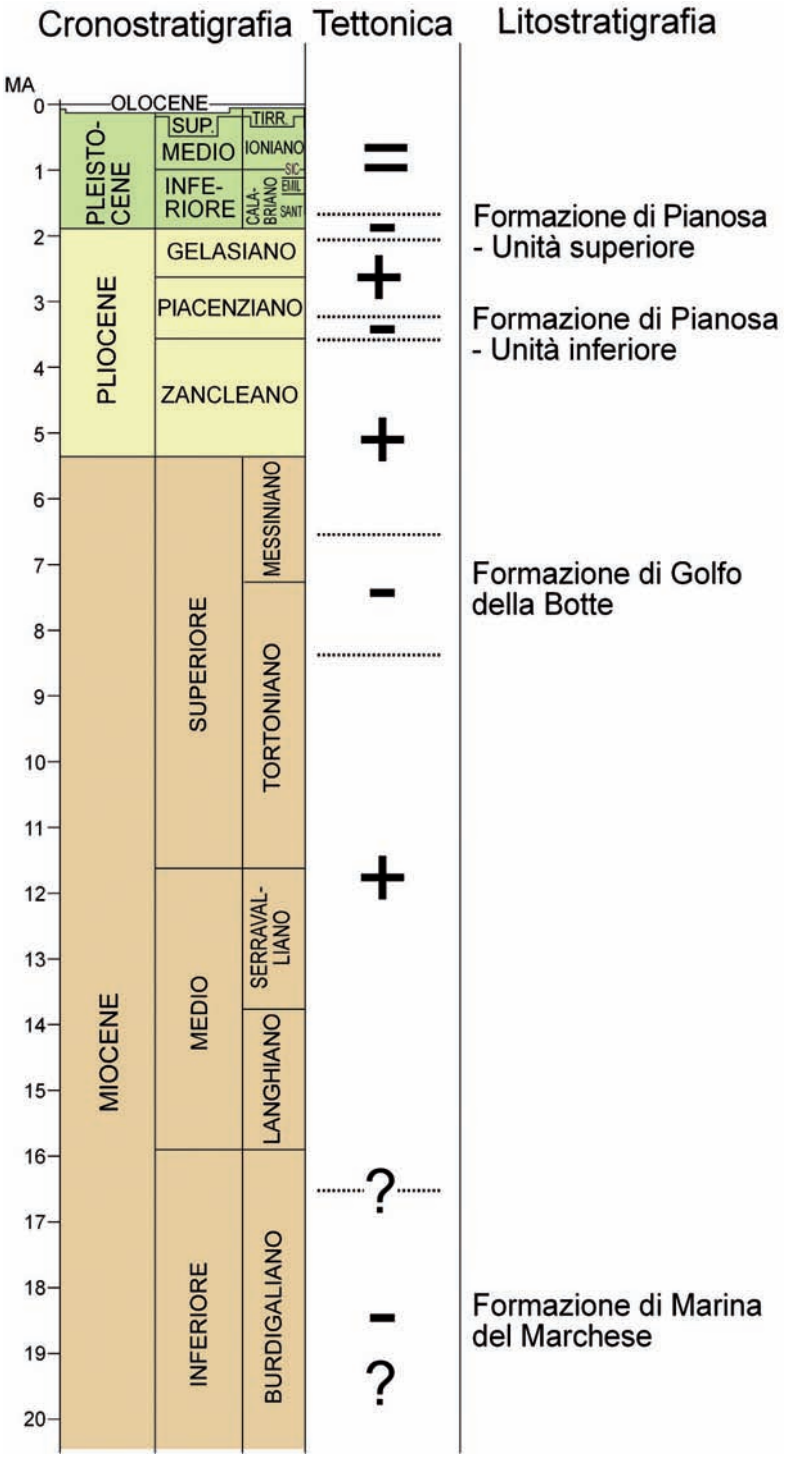


Fig. 41 - Schema sintetico dell'evoluzione tettonico/sedimentaria dell'area di Pianosa: il segno – indica fasi di subsidenza con formazione di spazi di accomodamento, il segno + indica fasi di sollevamento con assenza di sedimentazione e sviluppo di lacune sedimentarie, il segno = indica assenza di attività tettonica evidente.

riconosciuto in tutto il settore tirrenico dell'Appennino Settentrionale, dove sono praticamente assenti depositi del Piacenziano superiore-Gelasiano. In questo contesto, la seconda unità della Formazione di Pianosa è probabilmente il risultato di una nuova fase di subsidenza. Tale situazione mostra strette analogie con numerose aree della Toscana e del Lazio, dove sono presenti successioni di età pleistocenica inferiore riunite in una sola unità stratigrafico-deposizionale (Unità Chiani-Tevere-Montescudaio) di Bossio *et al*. (1998).

A partire dal Pleistocene inferiore l'area di Pianosa emerge, favorendo così lo sviluppo di un esteso carsismo (Graciotti *et al*., 2004), e solo in seguito all'innalzamento eustatico tirreniano limitate porzioni della costa sono state nuovamente sommerse e sede della deposizione della cosiddetta "panchina". Inoltre, il fatto che tali depositi e le forme costiere associate, si trovino attualmente a quote compatibili con l'innalzamento medio tirreniano del livello marino, suggerisce una morfologia dell'isola simile a quella attuale. Altra fase deposizionale importante è testimoniata dai depositi continentali detritici rossi, presenti anche al di sotto dell'attuale livello del mare. Questi sono probabilmente riferibili all'ultima fase glaciale, quando il livello medio marino di oltre 100 m più basso dell'attuale fece emergere vaste aree dell'arcipelago (Fig. 42), che avrebbe così conosciuto la diffusione di molte specie continentali di cui anche Pianosa offre ampia documentazione con i ritrovamenti di resti di grossi mammiferi nelle brecce ossifere nelle numerose cavità dell'isola (De Giuli, 1970 *cum bibl*.).

Fig. 42 - Schema paleogeografico dell'area dell'Arcipelago Toscano durante l'ultimo periodo glaciale. Circa 18.000 anni fa il livello del mare era di oltre 100 m più basso dell'attuale e la Dorsale Elba-Pianosa, completamente emersa, risultava collegata al continente tramite un ampio corridoio all'altezza dell'Isola d'Elba.

Ringraziamenti

Numerosi sono i soggetti e le persone da ringraziare. Infatti, è possibile studiare Pianosa solo con la collaborazione degli enti locali e avvalendosi di varie competenze scientifiche. Si ringrazia quindi l'Amministrazione Penitenziaria di Porto Azzurro per l'appoggio logistico che sempre ha offerto ai ricercatori che si recavano sul posto, l'Ente Parco Arcipelago Toscano per aver autorizzato rapidamente le campagne di ricerca sull'isola, l'Amministrazione Provinciale di Livorno per il sostegno economico, l'Associazione per la Difesa dell'Isola di Pianosa per l'appoggio logistico e per aver fornito materiale bibliografico e fotografico, Il Comandante della motonave Laura I per la professionalità e la cortesia.

Questa guida, sebbene redatta da pochi Autori, è il risultato di ricerche al momento pubblicate solo in parte. Vorremmo quindi ringraziare tutti coloro che negli ultimi anni hanno svolto ricerche geologiche sull'isola, unitamente agli Autori della presente guida. La partecipazione di questi ricercatori ha reso possibile la costruzione di un quadro geologico-stratigrafico completo: Roberto Mazzei, Gianfranco Salvatorini e Anna Maria Bambini (Università di Siena); Alessandro Bossio e Barbara Dall'Antonia (Università di Pisa); Roberto Graciotti, Marco Pantaloni e Maurizio D'Oreficie (APAT-Dipartimento Difesa del Suolo-Roma).

Testi citati

Barberi F., Buonasorte G., Cioni R., Fiordelisi A., Foresi L., Iaccarino S., Sbrana A., Vernia L. & Villa I.M. (1994) - *Plio-Pleistocene geological evolution of the geothermal area of Tuscany and Latium*. Mem. Descr. Car. Geol. It., 49. 77-134.

Boschian G., Bossio A., Dall'Antonia B., & Mazzanti R. (2006) - *Stratigrafia e morfologia del Pleistocene Superiore e dell'Olocene della Toscana Costiera*. Studi Costieri, 12, 77-187.

Bossio A., Costantini A., Foresi L.M., Lazzarotto A., Mazzanti R., Mazzei R., Pascucci V., Salvatorini G., Sandrelli F. & Terzuoli A. (1998) - *Neogene-Quaternary sedimentary evolution in the western side of the Northern Apennines (Italy)*. Mem. Soc. Geol. Ital. 52: 513-525.

Bossio A., Cornamusini G., Ferrandini J., Ferrandini M., Foresi L.M., Mazzanti R., & Salvatorini G. (2000) – *L'evoluzione sedimentaria neogenica dell'area tirrenica settentrionale (Toscana Marittima, Isola di Pianosa, Bacino di Aléria)*. Atti del Congresso Environment et Identité en Mediterranée, Corte 13-15 Giugno 2000.

Bossio A., Costantini A., Lazzarotto A., Liotta D., Mazzanti R., Mazzei R., Salvatorini G., & Sandrelli F. (1993) - *Rassegna delle conoscenze sulla stratigrafia del neoautoctono toscano*. Mem. Soc. Geol. It., 49, 17-98.

Caldwell N.E. & Williams A.T. (1985) - *The role of beach profile configuration in the discrimination between differing depositional environments affecting coarse clastic beaches*. J. Coast. Res. 1. 129–139.

Caterini F. (1921) - *Resti fossili di uccelli della breccia ossifera del Monte Argentario e del deposito quaternario dell'isola di Pianosa nel Mar Tirreno*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Proc. Verb., 30, 75-80.

Chierici G. (1875) - *Antichi monumenti della Pianosa*. Bullettino di Paletnologia italiana", vol. III.

Clifton H.E., Hunter R.E. & Phillips R.L. (1971) - *Depositional structures and processes in the non-barred high-energy nearshore*. Journal of Sedimentary Petrology, 41, 651-670.

Colantoni B. & Borsetti A.M. (1973) - *Geologia e stratigrafia dell'isola di Pianosa (Arcipelago Toscano, Mar Tirreno)*. Giornale di Geologia, 39, 287-302.

Cornamusini G., Foresi L.M. & Bossio A. (2003a) - *Nuovi dati sull'evoluzione del Mare Tirreno settentrionale: stratigrafia dei sedimenti miocenici dell'Isola di Pianosa*. GeoActa, 2, Special Issue (R. Capozzi ed), *La geologia del Mar Tirreno e degli Appennini*, 79-82.

Cornamusini G., Lazzarotto A., Merlini S. & Pascucci V. (2002) - *Eocene-Miocene evolution of the north Tyrrhenian Sea*. Boll. Soc. Geol. It., Vol. Spec. 1, 769-787.

Cornamusini G., Lazzarotto A., Merlini S. & Pascucci V. (2003b) - *Evoluzione del Mar Tirreno settentrionale nell'intervallo Eocene-Miocene: stratigrafia e petrografia della successione sedimentaria perforata nella dorsale Elba-Pianosa*. Atti del Convegno GeoSed 2003, Alghero 28 settembre-2 ottobre 2003, 339-346.

Dallan L. (1964) - *I foraminiferi miocenici dell'isola di Pianosa (nota preliminare)*. Boll. Soc. Geol. It., 58, 167-182.

Dallan L. (1967) - *I foraminiferi miocenici della Marina del Marchese (Isola di Pianosa)*. Paleont. Ital.,62, 79-141.

Davidson-Arnott R.G.D. & Greenwood B. (1976) - *Facies relationships on a barred coast, Kouchibouguac Bay, New Brunswick, Canada*. In: Beach and Nearshore Sedimentation (R.A. Davis, Jr eds.), SEPM Spec. Publ., 24, 149–168.

De Giuli C. (1970) - *Lineamenti geologici, morfologici e paleontologici dell'Isola di Pianosa. In: Parco Nazionale Insulare di Pianosa nel Mar Tirreno*. In: "Pianificazione territoriale e conservazione del paesaggio vegetale", relazione preliminare presentata al Congresso Nazionale a cura della Società Botanica Italiana e di "Italia Nostra". Firenze, 19-20 Ottobre 1970, 11-19.

De Stefano G. (1913a) - *Studio sopra due forme fossili del genere* Bos *Linneo attribuiti al Quaternario dell'isola di Pianosa*. Boll. Soc. Geol. Ital. XXXII, 49-100.

De Stefano G. (1913b) - *Alcuni avanzi di*

mammiferi fossili attribuiti al Quaternario dell'isola di Pianosa. Atti Soc. Ital. Sc. Nat., LII, 1-31

Di Bella L., Carboni M.G. & Matteucci R. (2005) - *Paleoclimatic significance of the Pliocene* Amphistegina *levels from the Tyrrhenian margin of the Central Italy*. Boll. Soc. Paleont. It., 44, 219-229

Ducci S. & Foresi L.M (2004) - *Il patrimonio archeologico e paleontologico dell'isola di Pianosa (Li). stato della ricerca e prospettive di tutela*. Atti del Convegno "I segni dell'uomo", Livorno 3 Dicembre 2004, 147-158.

Foresi F. & Piga P. (2001) - *L'isola di Pianosa. La storia*, Debatte eds. (collana "il mare, le isole"), Livorno.

Foresi L.M., Cornamusini G., Bossio A., Ferrandini M., Mazzei R., Salvatorini G. & Argenti P. (2000a) - *The Miocene sedimentary succession of the Pianosa Island, Northern Tyrrhenian Sea*. In: "Evoluzione geologica e geodinamica dell'Appennino" in memoria del Prof. G. Pialli. Foligno, 16-18 Febbraio 2000, 155-157.

Foresi L.M., Cornamusini G., Bossio A., Mazzei R., Salvatorini G. & Argenti P. (2000b) - *La successione Miocenica dell'Isola di Pianosa nel Mar Tirreno Settentrionale*. Atti del Congresso Environment et Identité en Mediterranée, Corte 13-15 Giugno 2000.

Foresi L.M., Mazzei R. & Salvatorini G. (2001) - *Appendice bio-cronostratigrafica alle note illustrative alla Carta Geologica di S. Maria di Leuca*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Ser. A, 107, 97-163.

Foresi L.M., Pascucci V. & Sandrelli F. (1997) - *Sedimentary and ichonofacies analysis of the Epiligurian Ponsano Sandstone (Northern Apennines, Tuscany, Italy)*. Giornale di Geologia, 59, 301–314.

Forsyth Major C.J. (1882) - *L'origine della fauna delle nostre isole*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Proc. Verb., III, 36-42 2 113-133.

Gastaldi B. (1866) - *Intorno ad alcuni fossili del Piemonte e della Toscana* . Mem. R. Acc. Sc. Torino, 24 (2° serie), 46 pp.

Gioli G. (1889) - *Briozoi neogenici dell'isola di Pianosa nel Mar Tirreno*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., 10, 251-266.

Graciotti R., Foresi L.M. & Pantaloni M. (2004) - *Caratteristiche geomorfologiche dell'isola di Pianosa (Arcipelago Toscano)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Ser. A, 108, 95-112.

Iaccarino S., Premoli Silva I., Biolzi M., Foresi L.M., Lirer F., Turco E & Petrizzo M.R. (2007) - *Practical Manual of Neogene Planktonic Foraminifera*. Tipografia Pontefelicino Eds., Perugia, 142 pgg

La Morgia J. & Giuntoli R. (1990-1991) - *Cavità naturali e artificiali dell'isola di Pianosa (Arcipelago Toscano)*. In: Le grotte d'Italia, Atti XVI Cong. Naz. Spel. (4) XV, 235-244.

Lotti B., (1910) - *Geologia della Toscana*. Memorie descrittive della carta Geologica d'Italia vol XIII.

Marinelli G. (1975) - *Magma evolution in Italy*. In: Geology of Italy, Earth Sci. Soc. of the Lybian Arab Republic, C.H. Squires eds., Tripoli, 165-219.

Masini R. (1953) - *Note geoidrologiche sui nuovi pozzi dell'isola di Pianosa dell'Arcipelago Toscano*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. (Ser. A), 60, 1-10.

Massari F. & Chiocci F. (2006) - *Biocalcarenite and mixed cool-water prograding bodies of the Mediterranean Pliocene and Pleistocene: architecture, depositional setting and forcing factors*. Geological Society, London, Special Publications 2006, 255, 95-120.

Massari F., & Parea G.C. (1988) - *Progradational gravel beach sequences in a moderate- to high-energy, microtidal marine environment*. Sedimentology, 35, 881–913.

Mazzanti R. (1984) - *Il punto sul Quaternario della fascia costiera e dell'Arcipelago Toscano*. Boll. Soc. Geol. It., 102, 419-556.

Mouffret A., Contrucci I. & Brunet C. (1999) - *Structural evolution of the Northern Tyrrhenian Sea from new seismic data*. Marine and Petroleum Geology, 16, 381-407.

Neviani A. (1902) - *I briozoi pliocenici e Miocenici di Pianosa*. Boll. Soc. Geol. It., 21, 329-343.

Pareto L. (1845) - *Sulla costituzione geologica delle isole di Pianosa, Giglio, Giannutri, Montecristo, e Formiche di Grosseto*. Ann.

Univ. di Pisa, I.

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 Research, 11, 337-356

Pomar L. & Tropeano M. (2001): *The Calcarenite di Gravina Formation in Matera (southern Italy). new insights for coarse-grained, large-scale, crossbedded bodies encased in offshore deposits*. Am. Ass. Petrol. Geol. Bull., 85, 671–689.

Postma G. & Nemec W. (1990): *Regressive and transgressive sequences in a raised Holocene gravelly beach, southwestern Crete*. Sedimentology 37, 907–920.

Raggi G. (1983) - *Le acque del sottosuolo dell'isola di Pianosa*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Ser. A, 90, 75-84.

Reading H.G. (1996) - *Sedimentary Environments: Process, Facies and Stratigraphy*. 3rd ed., Blackwell Science, London.

Rio D., Raffi I., & Villa G. (1990) - *Pliocene-Pleistocene calcareous nannofossil distribution patterns in the Western Mediterranean*. In Kastens, K.A., Mascle, J., *et al*., Proc. ODP, Sci. Results, 107: College Station, TX (Ocean Drilling Program), 513-533.

Sherman D.J., Orford J.D. & Carter R.W.G. (1993) - *Development of cusp related, gravel size and shape facies at Malin Head, Ireland, Sedimentology*, 40, 1139–1152.

Simonelli V. (1889) - *Terreni fossili dell'isola di Pianosa nel Mar Tirreno*. Boll. R. Com. Geol., 10 (2° serie), 193-237.

Sommier S. (1909) - *L'isola di Pianosa nel Mar Tirreno*. Riv. Geogr. It., 16, 585-606.

Williams A.T. & Caldwell N.E. (1988) - *Particle size and shape in pebble-beach sedimentation*. Marine Geology, 82, 199-215.

La rivista si articola nelle seguenti parti:

LA PAGINA DELL'ACCADEMIA

CONTRIBUTI
Comprende articoli sui più svariati aspetti del patrimonio naturale, con particolare riferimento al territorio della Toscana meridionale.
Lunghezza: da 3 a 20 pagine stampate, comprensive di figure; preferibile da 5 a 15 pagine.

IL PUNTO DELLA SITUAZIONE
Ospita articoli che fanno il punto su iniziative riguardanti la conoscenza, la tutela, la valorizzazione e la gestione del patrimonio naturale.
Lunghezza: fino a un massimo di 6 pagine.

ORIZZONTI
Ospita idee, progetti, interventi su argomenti relativi al patrimonio naturale che meritano di essere conosciuti, approfonditi o spiegati.
Lunghezza: fino a un massimo di 6 pagine.

IO, IL LETTORE
Spazio aperto per opinioni, domande, critiche, ecc.
Lunghezza: fino a un massimo di 3 pagine.

LA PAROLA ALL'IMMAGINE
Spazio riservato a illustrazioni relative a uno specifico tema di carattere naturalistico di volta in volta indicato dal periodico.
Lunghezza: fino a un massimo di 4 pagine.

SCHEDE NATURALISTICHE
Articoli con carattere sintetico relativi a elementi del patrimonio naturale.
Lunghezza: fino a un massimo di 5 pagine.

ETRURI@NATURA
Spazio riservato ad argomenti connessi al patrimonio naturale e reperibili nel web.
Lunghezza: fino a un massimo di 4 pagine

Tutti i testi, completi di illustrazioni e didascalie, devono essere redatti secondo le seguenti modalità:
- Titolo generale: font Gill Sans grassetto, corpo 22;
- Nome dell'autore/i: va scritto sotto al titolo in font Times New Roman, corsivo, corpo 14, corredato di indirizzo nello stesso font, tondo, corpo 11;
- Testo dell'articolo o contributo: font Times New Roman, corpo 11,5, interlinea 15;
- Capoversi con rientro.

Solo per i CONTRIBUTI:
- Il testo deve essere preceduto da un "flash" introduttivo da cui emerga il contesto di origine dell'articolo e che dovrà essere redatto in font Times New Roman, corsivo, corpo 12, interlinea 18;
- Illustrazioni, disegni, foto dovranno essere indicati come figure e corredati da didascalia;
- I riferimenti bibliografici nel testo vanno scritti fra parentesi con il solo cognome dell'autore/i seguito da una virgola e dall'anno di pubblicazione - es.: (Blackburn, 1982); (Angelini & Ghiara, 1991); (Galassi *et. al.*, 1994);
- Le citazioni bibliografiche per esteso dei testi consultati, citati e di approfondimento dovranno essere collocate alla fine dell'articolo. Esempi di citazioni:

Angelini F. & Ghiara G.F. (1991) - *Viviparity in squamates*. In: "Symposium on the evolution of terrestrial vertebrates" (Ghiara *et al.*, eds.) Selected Symposia and Monographs U.Z.I., Mucchi, Modena, 4, 305-334.

Barbanti P. (1999) - *Notizie di Politeia*. Rivista di etica e scelte pubbliche, 15 (54), 82-90.

Blackburn D.G. (1982) - *Evolutionary origins of viviparity in the* Reptilia. I. Sauria. Amphibia-Reptilia, 3, 185-205.

Del Zanna P. (1899) - *I fenomeni carsici nel bacino dell'Elsa*. Boll. Soc. Geol. It., 18, 315-323.

Galassi S., Rossi M. & Provini A. (1993) - *Metalli pesanti e microinquinanti organici nei sedimenti e negli organismi del Po*. Acqua Aria, 6, 619-625.

Le illustrazioni dovranno essere fornite su CD in files con risoluzione 300 dpi separatamente dal testo. Testi e foto con relative copie cartacee dovranno essere inviati a: **Etruria***natura*, Accademia dei Fisiocritici, Piazzetta Silvio Gigli, 2 - 53100 Siena; e-mail: etrurianatura@unisi.it; tel. e fax: 0577 47002.
Il Comitato editoriale si riserva ogni facoltà di accettare i testi e di proporre agli autori eventuali modifiche in linea con il carattere della rivista.

Possono essere accettate inserzioni pubblicitarie da parte di università, scuole, musei, parchi, associazioni, istituzioni professionali o aziendali e di quanti altri abbiano in qualche modo relazione con la conoscenza, la gestione, la tutela e la valorizzazione del patrimonio naturale. Gli interessati possono rivolgersi al Comitato editoriale del periodico anche tramite e-mail.

Etruria*natura*