



Etruria *natura*

una finestra sul territorio

Periodico dell'Accademia dei Fisiocritici, Siena
Anno IX - 2012





Etruria*natura*

una finestra sul territorio

Periodico dell'Accademia dei Fisiocritici, Siena

Anno IX - 2012

SilvanaEditoriale

*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

Michele Galassi

Responsabili scientifici

Roberto Fondi

Roberto Mazzei

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 233839

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

Il volume è una produzione Fondazione Musei Senesi
realizzata con il contributo del Piano Integrato della Cultura
Regione Toscana 2010 e della Provincia di Siena



In copertina e retro copertina

Foto di Giovanni Bencini - viale Europa, comparto "I Pini" 42, 58022 Follonica (GR)



Silvana Editoriale

Progetto e realizzazione

Arti Grafiche Amilcare Pizzi Spa

Direzione editoriale

Dario Cimorelli

Art Director

Giacomo Merli

Redazione

Lara Mikula

Impaginazione

Nicola Cazzulo

Coordinamento organizzativo

Michela Bramati

Segreteria di redazione

Emma Altomare

Ufficio iconografico

Alessandra Olivari, Silvia Sala

Ufficio stampa

Lidia Masolini, press@silvanaeditoriale.it

Nessuna parte di questo libro può essere riprodotta o trasmessa
in qualsiasi forma o con qualsiasi mezzo elettronico, meccanico
o altro senza l'autorizzazione scritta dei proprietari dei diritti e dell'editore.
L'editore è a disposizione degli eventuali detentori di diritti
che non sia stato possibile rintracciare

© 2013 Accademia dei Fisiocritici

© 2013 Silvana Editoriale Spa

Cinisello Balsamo, Milano

Sommario

Presentazione

La pagina dell'Accademia

- 8 Il *corporis fabrica* nel patrimonio di Paolo Mascagni
Francesca Vannozzi

Contributi

- 12 Il ruolo degli ecosistemi evaporitici di ambiente continentale nella ricerca di vita su Marte
Roberto Barbieri
- 18 La necropoli medievale (XI-XII secolo) dell'Isola di Pianosa: studio antropologico
Giulia Capecchi, Stefano Ricci
- 24 Il "giardino zoologico" dell'Orto Botanico di Siena
Leonardo Favilli, Andrea Benocci, Sandro Piazzini, Giuseppe Manganelli
- 30 Nanoparticelle "ingegnerizzate" e ambiente marino: utilizzo responsabile e sostenibilità
Ilaria Corsi
- 36 Archeozoologia. La ricostruzione del comportamento umano dall'esame
dei resti faunistici recuperati nei siti archeologici
Jacopo Crezzini, Adriana Moroni
- 44 La perforazione dei pozzi per acqua dall'età antica al XX secolo
Claudio Rossi
- 54 Contaminanti organici persistenti in pesci edibili: un problema per l'uomo e per l'ambiente
Simonetta Corsolini
- 62 I rinoceronti del Pleistocene europeo
Roberto Fondi
- Il punto della situazione**
- 68 La questione OGM: un braccio di ferro che dura da molto, con alterne vicende
Giovanni Monastra
- 76 I terremoti in Emilia del maggio 2012: alcune evidenze sulla situazione presismica
Marcello Viti, Nicola Cenni, Daniele Babbucci, Enzo Mantovani
- Orizzonti**
- 80 La "Casa dei Pesci" è il futuro del mare
Lucio Sabbadini
- Io, il lettore**
- 84 Il "Follonica Trekking Club" compie vent'anni
Follonica Trekking Club
- La parola all'immagine**
- 94 Il verdone e la sua lotta quotidiana per il cibo
Giovanni Bencini
- Schede naturalistiche**
- 102 Anfibi di Toscana
Rossana Brizzi, Annamaria Nistri, Stefano Vanni
- Viaggiando per musei**
- 116 L'ecomuseo del Chianti, primi passi e strategie per il futuro
Donatella Murtas, Ilaria Testa
- 118 Valorizzare le risorse del territorio di Monticiano
Valentina Lusini

Presentazione

Mentre scriviamo, Curiosity, il robot “rover” più grande e complesso finora realizzato dalla NASA e fatto atterrare su Marte il 6 agosto scorso, compie la missione per la quale è stato progettato e costruito: analizzare con la massima precisione l’ambiente marziano e, in particolare, i livelli rocciosi superficiali anche con il fine di individuarvi eventuali tracce di vita presente o passata. Questo evento rende particolarmente attuale e interessante il contributo di Roberto Barbieri, che pur non occupandosi in modo diretto della geologia del pianeta rosso, si focalizza però su ecosistemi evaporitici terrestri ubicati in aree fisicamente e geologicamente molto simili a quelle ipotizzabili per Marte.

Presentiamo poi due studi di argomento antropologico. Nel primo di essi, tra i pochissimi del genere finora eseguiti in Italia, Giulia Capecchi e Stefano Ricci descrivono i resti di una necropoli ubicata su una falesia della costa orientale dell’Isola di Pianosa e risalente al passaggio fra l’alto e il basso medioevo (1040-1160). Nel secondo, Jacopo Crezzini e Adriana Moroni dimostrano in modo brillante come, per la ricostruzione della vita quotidiana dei nostri antenati, lo studio delle grandi quantità di ossa animali che si trovano associate ai siti archeologici fornisca spesso molte più informazioni che non le tracce di fuoco, le industrie litiche o i resti umani stessi presenti nei medesimi. Apprendiamo così, ad esempio, che gli abitanti di Pianosa non superavano i 45 anni di età, erano spesso di statura significativamente più elevata e conducevano una vita complessivamente più sana di quelle medie dell’epoca. Quanto alle ossa animali, lo studio accurato delle loro fratture consente di delinearne differenti modalità di macellazione e quindi differenti “forme” culturali del tutto equiparabili a quelle messe in luce dagli studi etnografici condotti sulle ultime popolazioni sopravvissute di “custodi della Terra”: forme culturali indissolubilmente legate ai particolari ambienti di vita dei loro detentori.

Con l’articolo di Leonardo Favilli, Andrea Benocci, Sandro Piazzini e Giuseppe Manganelli si entra nel paradosso: si viene cioè invitati a recarci nell’Orto Botanico di Siena, ma non – come dovrebbe essere ovvio – per conoscerne le piante, bensì gli animali che lo frequentano. L’Orto Botanico di Siena, insomma, non è soltanto tale, ma rivela di essere anche... un giardino zoologico! E che giardino! Vi sono infatti specie indigene (che cioè fanno parte stabile o stagionale della fauna del territorio), specie “extracomunitarie” (cioè introdotte e successivamente acclimatate), specie “pendolari” (le migratrici) e specie “turistiche occasionali” (le erratiche). Il lettore troverà in questo articolo una piacevolissima e istruttiva guida in merito.

Roberto Fondi e Claudio Rossi ci conducono in due viaggi nel passato: il primo nel lontano Pleistocene, per una sorta di safari fotografico dedicato al riconoscimento delle due specie rinocerontine che in quel tempo popolavano l’Europa; il secondo soltanto per un pugno di secoli, sufficienti però a far rivivere gli sforzi e la tenacia che sono stati necessari per attingere acqua dal sottosuolo: sforzi e tenacia di cui è sempre bene essere a conoscenza, anche in prospettiva del pericolo – ritenuto ancora basso per i prossimi dieci anni, ma destinato a incrementarsi e a diventare molto serio nei decenni successivi – di futuri conflitti innescati dalla più preziosa e importante risorsa naturale.

Ospitiamo infine gli articoli di Ilaria Corsi (a carattere generale) e di Simonetta Corsolini (con riferimento a monitoraggi effettuati in Antartide), di grande attualità in quanto dedicati a due insiemi di sostanze inquinanti immesse dall’industria moderna nell’ecosistema marino: rispettivamente quello delle nanoparticelle “ingegnerizzate” e quello dei contaminanti organici persistenti (POPs).

Dagli inquinamenti agli OGM. Biologo ricercatore e saggista, collaboratore a **Etrurianatura** fin dal suo primo numero e attualmente dirigente presso il Dipartimento dell’Ambiente del Comune di Roma, Giovanni Monastra è stato dall’ottobre 2005 al settembre 2009 direttore generale dell’Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione (INRAN), dove fino ad allora aveva svolto le mansioni di coordinatore scientifico organizzando e seguendo lo sviluppo e la realizzazione di vari progetti dell’Istituto (tra i quali, in particolare, il Piano di biosicurezza sugli Organismi Geneticamente Modificati: Progetto-Quadro OGM in agricoltura - MIPAF 2003). L’intervista che pubblichiamo ci è sembrata particolarmente attendibile in quanto condotta in modo razionale e basata solo su fatti e dati, senza ideologismi o preconcetti in un senso o nell’altro.

Si passa poi ai terremoti. Prendendo spunto dal recente sisma che ha colpito l’Emilia, Marcello Viti, Nicola Cenni, Daniele Babbucci ed Enzo Mantovani ribadiscono che poiché previsioni a breve e medio termine non sono al momento possibili, la sola strategia al momento praticabile in Italia è cercare di individuare un numero limitato di zone prioritarie dove concentrare le risorse necessarie a mettere in sicurezza nel breve termine tutti gli edifici ubicati in zone pericolose. Un approccio di questo tipo è stato appunto elaborato dal Dipartimento di Scienze della Terra dell’Università di Siena in collaborazione con la Regione Toscana, relativamente a un settore dell’Appennino per il quale sono state riconosciute le zone sismiche maggiormente esposte alle prossime scosse forti.

Delle altre rubriche riteniamo che sia irrinunciabile segnalare il saggio di Rossana Brizzi, Anna Maria Nistri e Stefano Vanni sugli anfibi della Toscana, vera e propria guida per il riconoscimento delle differenti specie che sicuramente troverà gradimento e applicazione da parte degli appassionati. E non meno irrinunciabile è sottolineare il valore delle foto di Giovanni Bencini, perché costituiscono non soltanto elevatissime espressioni di arte fotografica, ma anche di grande curiosità e interesse scientifico-naturalistico.

Questo numero, a causa di una contrazione nelle risorse finanziarie disponibili, esce con una veste grafica diversa dal precedente.

Non è una scelta della direzione scientifica della rivista, ma un’imposizione dettata dalle circostanze.

Di ciò ce ne scusiamo con gli autori e i lettori.

Il comitato editoriale

La pagina dell'Accademia



Il corporis fabrica nel patrimonio di Paolo Mascagni

Francesca Vannozzi

Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze Biomediche, via Aldo Moro 2 - 53100 Siena
francesca.vannozzi@unisi.it

Da sempre le scienze si sono avvalse dei mezzi dell'arte per meglio comunicare le novità e le scoperte sui misteri della natura. Tra esse, l'anatomia è forse quella che più di altre ha registrato l'imperante necessità di ricorrere a disegni e modelli per poter essere ben insegnata e divulgata nella difficoltà di offrire con continuità l'esercitazione sul cadavere agli studenti di medicina, così come previsto a Siena dal *Regolamento dello studio* del 1590, che sanciva come obbligatoria l'esecuzione di almeno una dissezione l'anno nell'anfiteatro anatomico universitario.

Spesso era lo stesso *Tagliatore* o *Settore* a selezionare gli organi destinati a divenire strumento didattico da mantenere poi nel tempo perché lo studente, adjuvato dall'atlante, potesse meglio apprendere la scienza anatomica.

Il *Lettore* di *Notomia* del Trecento, distante dal tavolo della dissezione, dove era invece un *Indicatore* a segnalare l'organo sul corpo aperto, lascia nel tempo il posto all'*Anatomista* del Cinquecento, esso stesso protagonista dell'atto, che diventa dimostrazione, spettacolo, come ben si evince dai frontespizi dei manuali dell'epoca che sceglieranno proprio la scena della dissezione nell'anfiteatro anatomico quale simbolo della nuova arte anatomica.

Lo studente, tenuto ad assistere obbligatoriamente alla dissezione nell'ospedale, era quello che seguiva gli studi per poi esercitare la professione di chirurgo, perché solo la conoscenza anatomica di prima mano dell'*uomo-muscolo* era realmente utile al buon cerusico ed essa si apprendeva direttamente frequentando quella cattedra in cui "i Giovani studenti possano più facilmente combinare i Precetti con le Operazioni".

Ma la difficoltà nel reperire i cadaveri sollecitò a predisporre altri materiali anatomici, comunque sempre disponibili per lo studente, anche in quel periodo dell'anno lontano dall'inverno, stagione eletta per l'esercitazione anatomica. Alla tavola didattica sapientemente disegnata si aggiunse così per lo studente il preparato organico conservato e, in mancanza d'esso, il modello di cera, legno, cartapesta, avorio, gesso.

Il corpo cartesiano è macchina vivente, congegno, meccanismo, così che nel Settecento al docente di anatomia si chiesero conoscenze non solo di medicina, ma anche di scienze naturali e di "geometria, scienza necessaria per giudicare gli studi anatomici". Lo stesso Mascagni (1755-1815) ben rappresenta l'uomo di scienza del periodo che con facilità spaziava in altre discipline, oltre l'anatomica, come ben dimostra la sua biblioteca oggi conservata presso i Fisiocritici di Siena.

E l'arte della dissezione diventò nel XVIII secolo fondamentale quale strumento di conoscenza non solo anatomica, ma anche anatomo-patologica, perché ormai richiesta ai professori dell'ospedale per la diagnostica. Così si cominciò a utilizzare per le lezioni il preparato sia del corpo sano sia del malato.

La dissezione sperimentale divenne dunque strumento insostituibile della ricerca. Mascagni sceglieva cadaveri di idropici per i propri studi sul sistema linfatico, perché i vasi risultavano meglio evidenziabili se ripieni della "materia che forma l'idropisia". La sua abilità nella dissezione era stata raggiunta dopo "lunga pratica, che non si acquisiva che dopo aver dis-

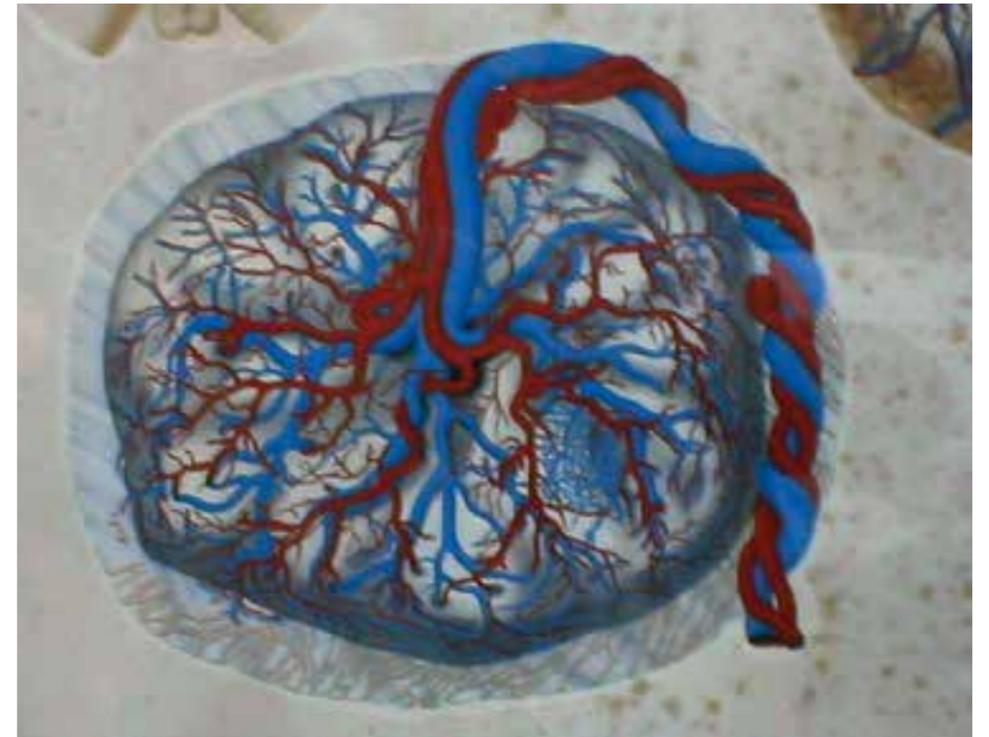
secate delle centinaia di cadaveri", come aveva iniziato a fare da studente accanto al maestro Tabarrani (1702-1779), per poi continuare per tutta la sua carriera di Lettore di Anatomia. E il superamento dell'anatomia quale scienza solo descrittiva lo indusse a essere il primo anatomista a rifiutare di professare l'esercizio medico per potersi dedicare interamente alla ricerca anatomica.

Le tecniche della conservazione nel Settecento erano sempre più sofisticate, consentendo di ben mantenere nel tempo il tessuto organico, ma anche di mostrare quel particolare sistema che interessava illustrare allo studente. Così i vasi linfatici fino a Mascagni mai descritti nel loro decorso, causa il fallimento delle tecniche adottate che impiegavano stantuffi di ottone per spingere nell'esiguo lume il materiale di contrasto fatto di miscele di liquidi e gesso colorati, vischio o cera fusa, grazie all'ingegno del *Principe degli anatomici* vennero da lui finalmente messi in evidenza. Fu l'*hydrargyrum*, ossia il mercurio, che il grande anatomista scelse come sostanza che, senza dover essere riscaldata o iniettata con strumenti devastanti, riusciva a penetrare tramite sottili cannule di vetro e poi distribuirsi per il suo alto peso specifico solo per gravità nella miriade di vasi del linfatico, riuscendo così a farli mirabilmente risaltare quali rivoli d'argento sul tutto il corpo. Ma il perfezionismo di Mascagni lo indusse, per poter disporre di materiali organici all'uopo predisposti per la didattica, a usare non tanto il preparato integro, ossia con il proprio apparato scheletrico, quanto quello "insufflato" che, senza più la parte muscolare e ossea, avrebbe ben mostrato in trasparenza i linfatici quale preziosa rete dorata.

Mascagni, evidenziato il linfatico nell'intero corpo, scoperto quindi il suo rapporto con il sistema arterioso e venoso, nonché le sue stazioni ossia i linfonodi e la possibilità di una loro compromissione patologica, si trovò a dover comunicare efficacemente la sua ricerca. E il connubio arte-scienza si esalta nel *Vasorum lymphaticorum corporis humani historia et ichnographia* del 1787 (fig. 3), corredato da ventisette tavole e quattordici controtavole di contorni, con i necessari richiami di legenda. L'artista prescelto fu Ciro Santi, bolognese, non di grande estro, ma di assoluta precisione nella tecnica del disegno e dell'incisione, perfetto quindi per trasformarsi in un disegnatore anatomico, che avrebbe dovuto passare ore e ore del suo tempo sul tavolo settorio, accanto al Maestro, per ben eseguire quelle tavole di cui è ricco il *Vasorum*.

Ma poiché le collezioni didattiche nel frattempo erano state incrementate dalle preparazioni microscopiche, compendio della ricerca anatomica del periodo, avendo Mascagni acquistato un microscopio di manifattura inglese del costruttore Dollond, egli costrinse l'artista a usarlo per poi poter ben tratteggiare anche l'ingrandimento del tessuto linfatico. Il disegnatore fu il più grande collaboratore dell'anatomista, in una straordinaria e costante compresenza di ricerca scientifica e arte.

L'opera valse a Mascagni un premio di 200 zecchini d'oro da parte del granduca, il quale però commise l'errore di ignorare il ruolo di Santi, che per sette anni era stato con l'anatomista al tavolo settorio sopra tanti corpi *infradiciati*, contraendo anche



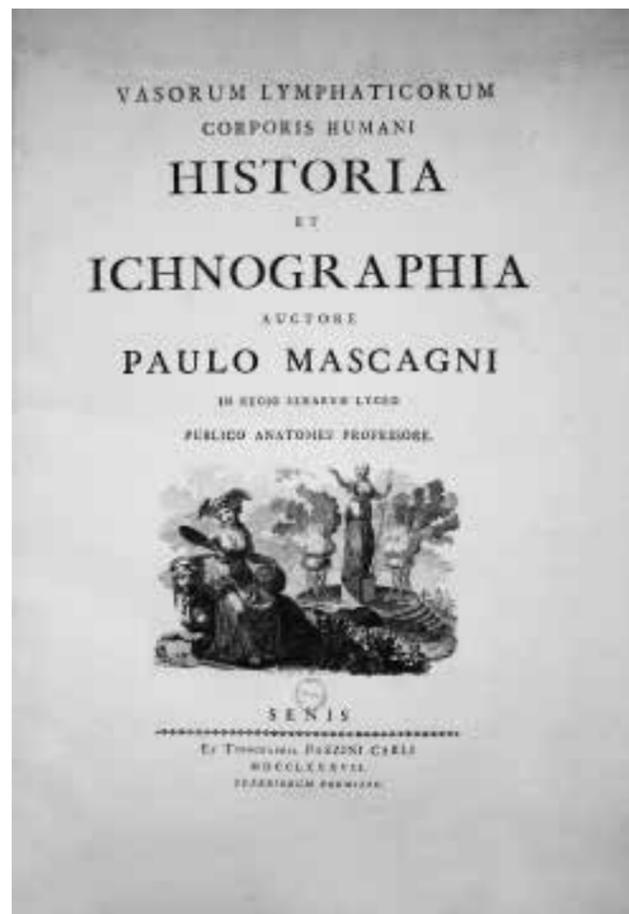
1. Una delle 88 tavole (la *Stratum secundum Tabula I*) dell'*Anatomia universa* di Mascagni, pubblicata a Pisa nel 1823-1831 da Nicola Capurro (foto G. Tatge, 2011)

2. Particolare di un'altra tavola dell'*Anatomia universa* (la *Viscera XII*) raffigurante la placenta

una malattia epidemica che si era protratta per oltre un anno. Ma il compenso equo giunse anche all'incisore al quale furono donati, seppure in ritardo, 50 zecchini d'oro.

Ribadendosi nei *Regolamenti* della Facoltà Medica senese come le materie fossero "di indole dimostrativa e, nel loro insegnamento, l'esposizione dottrinale accompagnata da dimostrazioni sperimentali, o anatomiche, o microscopiche, o batteriologiche, o cliniche", il ruolo del disegno fu così ancora più

esaltato quale ausilio fondamentale per la lezione del docente e per l'apprendimento da parte dello studente. E di tale scelta accademica ne rimane esaltante esempio a Siena la sala Paolo Mascagni del Museo di storia naturale dei Fisiocritici dove, ancora nelle originali cornici in radica di noce, fanno mostra di sé le "tavole colorite dell'*Anatomia Universa*" (1823-1831) di cui, con tanta determinazione, gli studenti di medicina e chirurgia dell'Università di Siena chiesero già nel 1824 l'acquisto a Sua



3. Frontespizio del *Vasorum lymphaticorum corporis humani historia et ichnographia* di Paolo Mascagni, opera con 27 tavole pubblicata a Siena nel 1787 da Pazzini Carli



4. Tavola V dell'*Anatomia per uso degli studiosi di scultura e pittura*, opera di Mascagni pubblicata a Firenze nel 1816 da Giovanni Marenigh (foto G. Tatge, 2011)

Altezza Imperiale, perché opera ritenuta fondamentale “per il loro avanzamento nello studio anatomico”.

L'idea che portò alla *grande anatomia* testimonia l'importanza che Mascagni dava all'impegno didattico: non soddisfatto del valore del *Vasorum*, egli maturò l'ambizioso progetto di realizzare un atlante con tavole di un uomo a grandezza naturale, sogno dei maggiori anatomisti del XVII e XVIII secolo e che ben avrebbe sostituito per gli studenti l'esercitazione al tavolo settorio. Con l'ausilio di lenti semplici e microscopi portatili, sezionando centinaia di corpi, fece eseguire da abili disegnatori mirabili e dettagliatissime tavole: un'opera che richiese il costante lavoro di trent'anni e una spesa di circa “scudi sedicimila” (figg. 1-2).

In realtà, Mascagni aveva messo a punto un'altra opera didattica, non destinata agli studenti di medicina, ma più semplice, con sole 15 tavole e figure quasi in atteggiamento da lezione di

disegno dal vero. Un atlante sì, ma al quale non era richiesto il dettaglio, bensì la complessità del corpo nella sua interezza, dove fosse ben in evidenza essenzialmente la parte muscolare perché quella interessava ai giovani studenti dell'Artistico. Il docente di anatomia insegnava infatti anatomia descrittiva nella facoltà medica, ma anche anatomia pittorica nelle scuole d'arte, dove era richiesto un trattato con un'iconografia certamente meno particolareggiata e scritto in italiano: era l'*Anatomia per uso degli studenti di scultura e pittura* del 1816 (fig. 4).

La grandezza di Paolo Mascagni ben si evince dalle sue scoperte, dalla febbrile attività di ricerca, dalla complessa personalità e dai suoi scritti, ma certamente un tratto saliente che merita di essere evidenziato è il suo ruolo di docente, appassionato e attento a fornire agli studenti i necessari strumenti per l'apprendimento della scienza anatomica, corredati di insuperabili tavole che inaugurano la moderna iconografia scientifica.

Testi citati

Ricci C., Leoncini A. & Vannozi F. (1996) - Paolo Mascagni, in: *La Scienza Illuminata. Paolo Mascagni nel suo tempo (1755-1815)*, 11-35. Nuova Immagine Editrice, Siena.

Vannozi F. (1998) - *L'idea di meraviglia nella scienza*, in: *Corpo fragile*, 85-94. Electa, Milano.

Vannozi F. (2004) - *L'Anatomia senese: storia di un percorso dal XIII secolo al 1950*, in: *Il Museo Anatomico*

“Leonetto Comparini”: *gli strumenti scientifici* (a cura di G. Terenna e F. Vannozi), 31-61. Nuova Immagine Editrice, Siena.

Vannozi F. (2004) - *Strumenti, tavole, modelli di ieri per una didattica di oggi*. *Medicina nei secoli*, 16 (3): 519-526.

Vannozi F. (2005) - *L'uso del meraviglioso in medicina*. *Il Giornale del Santa Maria della Scala*, 18: 6.

Vannozi F. (2005) - *Fantocci, marchingegni e*

modelli nella didattica ostetrica senese, in: *Nascere a Siena. Il parto e l'assistenza alla nascita dal Medioevo all'età moderna* (a cura di F. Vannozi), 93-96. Nuova Immagine Editrice, Siena.

Vannozi F. (2007) - *The Wonderland of Medical Sciences: the University of Siena Collections of Scientific Instruments*. *Bulletin European Association of Museums of the History of Medical Sciences*, 41.06.2007, pp. 1-2.

Contributi



Foto di Giovanni Bencini. Follonica (GR)

Il ruolo degli ecosistemi evaporitici di ambiente continentale nella ricerca di vita su Marte

Roberto Barbieri

Università di Bologna, Dipartimento di Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali, via Zamboni 67 - 40126 Bologna
roberto.barbieri@unibo.it

Introduzione

La fine del corrente decennio vedrà la partenza di missioni congiunte NASA (Agenzia Spaziale degli Stati Uniti) ed ESA (Agenzia Spaziale Europea) aventi obiettivo primario la ricerca di vita (presente o passata) su Marte. Ciò che rende quel pianeta di speciale interesse per questo straordinario tipo di indagine, oltre a una distanza tale da renderlo facilmente raggiungibile, sono le caratteristiche fisiche della sua superficie attuale e la sua storia geologica. Dal momento che Marte è stato un pianeta geologicamente attivo (e, per certi aspetti, potrebbe esserlo ancora oggi), è del tutto plausibile pensare che fonti di energia e di nutrienti potenzialmente in grado di sostenere la vita possano essere stati disponibili per ampi intervalli del suo passato geologico (Kargel 2004). Il pianeta, inoltre, sembra aver goduto di periodi passati nei quali acqua fluida doveva scorrere in abbondanza sulla sua superficie, così da formare tutti quei caratteri erosivi e processi deposizionali descritti (ad es. da Baker 2006) in diverse sue regioni e così simili a quelli osservabili sulla Terra. Non solo, ma caratteri morfologici prodotti da acqua liquida (come falesie e valli incise) sembra anche che si siano formati molto di recente, così da suggerire che acqua liquida possa, di tanto in tanto, svolgere la propria attività modellante. Ma ci sono anche altre condizioni, potenzialmente idonee a favorire la vita, che presumibilmente caratterizzarono fasi iniziali della storia di Marte. Ad esempio, periodi nei quali riscaldamenti a opera dell'effetto combinato di gas serra – quali anidride carbonica, ammoniaca e metano – in grado di mantenere la superficie del pianeta al di sopra del punto di congelamento dell'acqua sono ipotizzati tra circa 3,8 e 3,5 miliardi di anni fa (Beatty *et al.* 2005; Warner *et al.* 2010). In conclusione, sebbene oggi la superficie marziana sia caratterizzata da condizioni fortemente inospitali, le evidenze geologiche raccontano di un lontano passato nel quale le condizioni complessive dovevano essere molto più favorevoli alla vita. Da qui la presunzione della comunità scientifica internazionale che ritiene più plausibile il ritrovamento di qualche forma di vita marziana fossile piuttosto che l'incontro di forme di vita odierne.

I ritrovamenti, nel corso del passato e del presente decennio, di depositi ricchi di sali (soprattutto di solfati idrati) in diverse aree della superficie marziana (Vaniman *et al.* 2004; Langevin *et al.* 2005) costituiscono un'ulteriore prova di passati processi determinati dalla presenza di acqua liquida. Alcuni di questi depositi solfatici, inoltre, sono stati interpretati come il prodotto di attività di evaporazione simili a quelle che si osservano sulla Terra nei laghi salati di ambiente arido (Gendrin *et al.* 2005; Cabrol & Grin 2010) e ai quali viene dato il nome di *sabkha*, *playa*, *salar* eccetera, a seconda della regione del mondo nella quale sono stati descritti. Da un punto di vista ambientale, tuttavia, i termini sopraccitati possono essere considerati sinonimi e identificarsi con laghi salati, poco profondi, caratteristici di regioni aride e dove l'evaporazione costituisce il principale fattore di accumulo dei sali.

Sulla Terra comunità di microrganismi estremofili sono presenti negli ecosistemi evaporitici continentali delle regioni aride. Esse possono essere coinvolte in processi biogeochimici, come per esempio l'ossidazione dei solfuri in solfati, oppure possono

fare uso di minerali e depositi evaporitici come semplice habitat fisico; in un caso o nell'altro, queste comunità possono però lasciare un documento permanente della loro esistenza attraverso la mineralizzazione (= fossilizzazione) delle superfici cellulari o con la precipitazione di minerali bioindotti. È in virtù di questi documenti di attività biologica, in grado anche di essere permanentemente preservati nella registrazione geologica, che lo studio di ambienti evaporitici terrestri analoghi a quelli ipotizzati su Marte può avere grande interesse nella ricerca di tracce di vita su quel pianeta. In particolare, risulta utile comprendere:

- il complesso delle interazioni microbi-minerali
 - come le comunità microbiche possono influenzare tipo e struttura dei minerali
 - i modi per distinguere quei caratteri biologicamente indotti che, poi, potranno essere consegnati alla registrazione fossile.
- Queste indagini terrestri sono anche preliminari al fine di scegliere il tipo di strumentazioni e relativi esperimenti, necessariamente limitati, che potranno essere condotti dalle prossime missioni sulla superficie marziana. Ad esempio, considerando che tra gli obiettivi di ExoMars – la missione a *leadership* europea che invierà un *rover* su Marte prima della fine del corrente decennio – esiste anche quello di indagare l'eventuale presenza di strutture bioindotte appena sotto la superficie del regolite marziano (Zacny *et al.* 2008), può essere rilevante come gli ambienti evaporitici possano ospitare comunità microbiche di tipo endolitico (Rothschild 1990; Stivaletta & Barbieri 2008). Una strategia di vita endolitica risulta, infatti, efficace per proteggersi da condizioni superficiali particolarmente aspre, come quelle prodotte da elevati tenori di radiazioni UV o intensi processi ossidativi superficiali, come si possono avere proprio nelle regioni dei deserti aridi.

Nei deserti di clima caldo e arido una combinazione di fattori limitanti, come radiazioni elettromagnetiche di alta energia, chimica ossidativa, scarsità di acqua e salinità dei suoli, rende questi ambienti simili, per diversi aspetti, alla superficie marziana, facendone, con ciò, dei buoni analoghi ambientali di Marte. Essi possono dunque costituire dei laboratori naturali atti a comprenderne la loro capacità di ospitare e preservare evidenze di vita, nonché di studiarne i metodi per il loro riconoscimento.

Habitat evaporitici di ambiente continentale: l'ambiente fisico

Quali abitatori di moderni ambienti continentali con elevate concentrazioni di sali, i microbi alofili sono stati descritti in diversi luoghi della Terra, a tutte le latitudini, in particolare nei laghi, nelle lagune costiere e nelle saline (Oren 2002). Considerando che l'iperlinità è fortemente associata a evaporazione e idrologia locali, gran parte dei sopraccitati luoghi sono localizzati a basse latitudini e in regioni aride. Gran parte dei maggiori accumuli di sali dei due emisferi, infatti, sono compresi nelle fasce di massima aridità ed evaporazione (Warren 2006 e 2010). Stratificazione, tessitura e composizione di questi depositi salini dipendono da fattori quali:

- il ricorrere delle fasi di precipitazione-dissoluzione, determinate dall'alternarsi di periodi ricchi di acqua con periodi a prevalente evaporazione

1. Uno dei laghi della depressione di Wadi El Natrun (Egitto) con i suoi precipitati di sali alcalini in un'immagine presa nel settembre 2004. La colorazione intensamente rosata delle croste di sale deriva dai pigmenti (carotenoidi) di alghe e archei alofili (foto di R. Barbieri)



- le componenti silicoclastiche (argille, silt e sabbia)
- la composizione delle acque del sottosuolo
- la composizione delle rocce limitrofe, che possono contribuire in modo importante alla geochimica dei sali.

Insieme alle classiche *sabkha* costiere, le cui aree tipo sono notoriamente nella regione del golfo Persico, diversi altri laghi salati di regioni aride sono stati recentemente studiati. Esempi, tra questi, sono i laghi alcalini della depressione di Wadi El Natrun in Egitto (fig. 1; Taher 1999), le *sabkha* continentali della Tunisia meridionale (fig. 2; Drake *et al.* 1994) e i *salar* della regione di Atacama in Cile (fig. 3; Stoertz & Ericksen 1974), questi ultimi facenti parte della più cospicua concentrazione salina dell'intero pianeta. In tutti gli esempi citati, l'accumularsi di sali deriva da intensa evaporazione in aree idrologicamente attive.

Confrontati con laghi, *sabkha* costiere, saline e gli altri habitat sovrasalati con masse d'acqua permanenti, gli ambienti evaporitici che alternano fasi acquatiche e fasi di completo desiccamento differiscono profondamente nella loro componente microbiologica. In questi habitat acquatici temporanei le sottili masse d'ac-

qua vengono rapidamente colonizzate da microrganismi alofili che, spesso, producono biofilm atti alla loro protezione. In queste condizioni anche le croste di sale possono essere colonizzate da microrganismi che, successivamente, possono essere esposti agli stress ambientali che nei deserti aridi sono prodotti da scarsa umidità, elevate radiazioni UV, escursioni termiche stagionali e giornaliere, processi ossidativi. È l'insieme di queste caratteristiche che rende i deserti aridi buoni analoghi ambientali di alcune regioni di Marte.

Il caso dei *salar* del Cile settentrionale, all'interno dell'aridissimo deserto di Atacama, è paradigmatico. I 10.000 km² rappresentati da piatte distese saline di quella regione desertica costituiscono un caso unico per studiare le colonizzazioni dei microrganismi in una prospettiva astrobiologica (Cabrol *et al.* 2007). Nella regione di Atacama, la più arida del pianeta, il Salar Grande, posto lungo la Cordillera de la Costa, ne costituisce il punto più arido (fig. 4). Per una pioggia, infatti, si possono attendere decenni o secoli, mentre la sola umidità disponibile deriva dalla *camanchaca*, la nebbia mattutina che proviene dalla costa del

2. Panoramica dello Chott El Jerid, l'estesa *sabkha* continentale tunisina come si presentava nel maggio 2003, alla fine di un'eccezionale stagione caratterizzata da intense fasi di inondazione (foto di R. Barbieri)





3. Panoramica del Salar de Atacama, nella regione del deserto omonimo (Cile), in un'immagine presa nel novembre 2007; da notare come le croste di sale presentino una morfologia superficiale accidentata che è il prodotto di reiterate dissoluzioni e precipitazioni delle croste saline (foto di R. Barbieri)

vicino Pacifico (Abele 1981). Il Salar Grande, dunque, può costituire il luogo ideale per indagare i limiti della densità microbica. Piuttosto che la sterilità totale, infatti, condizione assolutamente eccezionale negli ambienti terrestri, le misure dei gradienti di densità microbica e la sua rarefazione possono costituire un dato biologico determinante nella ricerca astrobiologica. La densità microbica, i suoi limiti e il modo di misurarla possono rivelarsi elementi fondamentali nelle prossime missioni astrobiologiche, dove le indagini saranno verosimilmente condotte in ambienti privi di vita o, nei casi più auspicabili, di una sua estrema rarefazione. Considerando che alcuni ambienti aridi e salini sono caratterizzati da densità microbiche tra le più basse della Terra, essi possono costituire luoghi ideali per esperimenti di misura della densità direttamente sul campo. I dati al momento a disposizione, tuttavia, indicano risposte diverse delle comunità microbiche con l'incremento della salinità: mentre i batteri riducono la loro abbondanza, gli archei la aumentano fino a che, con alte concentrazioni saline, essi diventano predominanti (Maturano *et al.* 2006; Oren 2008).

Habitat evaporitici di ambiente continentale: i microrganismi alofili

In ambienti con tenori di sali molto elevati (da circa il 30% fino alla saturazione) gran parte dei microbi sono *Haloarchaea* appartenenti alla famiglia *Halobacteriaceae* e la loro capacità di colonizzare ambienti iperalini – come *sabkha* e *playa*, dove l'alternarsi di concentrazioni e diluizioni dei sali determinano ambienti partico-

larmente stressanti – sembra dipendere da efficienti meccanismi di osmoregolazione (Soppa 2006; Oren 2008). Gli *Haloarchaea*, quindi, potrebbero costituire un buon modello di organismi adattati a condizioni iperaline. Anche certi batteri colonizzano luoghi estremamente salini e coabitano, quindi, con gli *Haloarchaea*. Un esempio è dato dalle specie appartenenti a *Salinibacter*, un genere del phylum *Bacteroidetes* (Antón *et al.* 2002).

Sebbene vengano inseriti tra gli ambienti estremi, quelli sovralsalati presentano alcune caratteristiche favorevoli alle colonizzazioni microbiche. Ad esempio, i minerali evaporitici (come gesso e alite) hanno in genere colori chiari o trasparenti, così che le comunità endolitiche a cianobatteri possono beneficiare del vantaggio duplice di ottenere luce sufficiente per la fotosintesi e, allo stesso tempo, una qualche protezione dalle radiazioni UV che caratterizzano le regioni desertiche (Krumbein *et al.* 2004; Stivaletta *et al.* 2010). Un ulteriore vantaggio è rappresentato dall'igroscopia dei minerali evaporitici, specie dell'alite (Davila *et al.* 2008), che permette un più efficiente utilizzo della poca umidità presente negli ambienti aridi.

La vivida colorazione delle croste di sale che caratterizza talora gli ambienti evaporitici è dovuta ai pigmenti prodotti dai microrganismi alofili (fig. 1). Se i colori rosso e arancio intenso derivano dai carotenoidi prodotti dalle alghe verdi (ad esempio quelle del genere *Dunaliella*) e dai batteri purpurei (come quelli della famiglia *Chromatiaceae*), il colore verde è originato dai cianobatteri (e.g. Stivaletta *et al.* 2009). Colonie di cianobatteri dell'ordine *Chroococcales*, uno dei più estremofili, sono state documentate

nelle croste salate degli iperaridi deserti di Atacama (fig. 4) e del Sahara (Wierzchos *et al.* 2006; Barbieri & Stivaletta 2011). In alcune aree salate di questi deserti, pur con la presenza di radiazioni ultraviolette e ionizzanti, il ritrovamento di *Deinococcus* documenta la resistenza di questo genere di batterio al duplice impatto di radiazioni e disseccamento (Battista 1997), confermando, con ciò, la sua leggendaria capacità di colonizzare ambienti tra i più inospitali della Terra.

Evaporiti e preservazione dei microrganismi

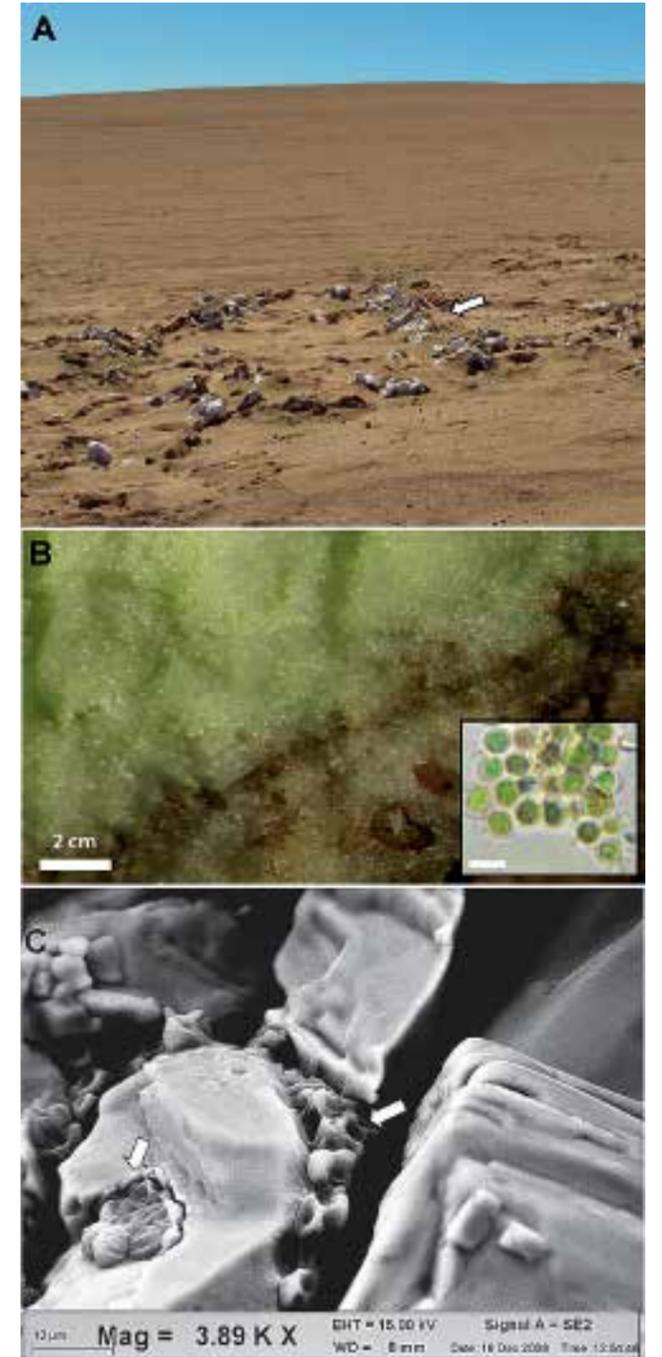
Depositi evaporitici sono noti a partire dal Neoproterozoico e la loro capacità di accumularsi rapidamente e di isolare dall'ambiente circostante ciò che viene ricoperto dai precipitati minerali li rende atti a conservare sostanze e morfologie di origine biologica. Ciò è particolarmente vero in assenza di cicli idrologici superficiali, come sembra essere nel caso dell'odierna superficie marziana, che impedendo la dissoluzione dei sali una volta precipitati favorisce la conservazione di ciò che hanno inglobato. I minerali evaporitici, in particolare l'alite, sono in grado di ospitare inclusioni fluide che possono intrappolare microbi; questi ultimi possono poi rimanere vitali per anni nelle inclusioni (Norton & Grant 1988). Anche depositi salini molto antichi possono conservare resti microbici. In questo caso, si tratta spesso di spore, cioè degli stadi di quiescenza dei batteri. Spore del genere *Virgibacillus*, per esempio, uno dei più antichi esseri ancora viventi, sono state isolate da cristalli di sale di 250 milioni di anni dalla Formazione Salado nel Permiano del New Mexico (Vreeland *et al.* 2000 e 2006). Ancor più stupefacenti sono i segmenti da sequenze di DNA di archei alofili estratti da sali di 419 milioni di anni (Park *et al.* 2009). Le tracce di vita microbica conservate in antichi depositi di alite, quindi, sembrano offrire reali possibilità anche per la ricerca di vita negli habitat salini di Marte (Schubert *et al.* 2009).

Altri fossili potenzialmente preservabili sono le molecole organiche complesse riconducibili a composti di diretta origine microbiologica. I tappeti e biofilm che si sviluppano all'interfaccia acqua-sedimento di ambienti iperalini, come saline, lagune e laghi poco profondi, consistono di micro-orizzonti multicolori dove la distribuzione verticale di cianobatteri, solfobatteri e batteri purpurei dipendono dai gradienti verticali di luce e, soprattutto, di ossigeno e solfuri (van Gernerden 1993). Nell'esempio di cui sopra, *biomarkers* diagnostici delle diverse componenti microbiche possono essere lipidi, alcoli, alchenoni e idrocarburi presenti in ambienti iperalini continentali diversi (ad es. Fourçans *et al.* 2004; Buhning *et al.* 2009). I *biomarkers* lipidici, in particolare, presentano un vasto utilizzo nella registrazione fossile in virtù di un eccellente potenziale di preservazione e che può arrivare all'Archeano (Brocks *et al.* 1999).

Le ricerche in corso sui depositi di solfati indicano che questi possono costituire un obiettivo primario nella ricerca di composti organici di origine biologica. Un esempio recente, da habitat che possono essere compresi tra gli analoghi ambientali di Marte, è costituito dai monticoli di gesso che si sono formati negli ultimi secoli in *sabkha* continentali nel Sahara tunisino. In essi, il rinvenimento di comunità di procarioti endolitici è stato possibile attraverso pigmenti e molecole di DNA preservati (Stivaletta *et al.* 2010). Materiali organici sono stati anche rinvenuti in evaporiti fossili più antiche, come gli aminoacidi e i prodotti di degradazione delle ammine provenienti da solfati di età fino a 40 milioni di anni fa (Aubrey *et al.* 2006). Gli aminoacidi, in particolare, in virtù della loro possibile rilevazione analitica anche con abbondanze molto basse, possono costituire un utile strumento nella ricerca di tracce di vita da habitat dove la vita, ove presente, potrebbe essere estremamente rarefatta, come su Marte (Skelley *et al.* 2005).

Evaporiti marziane e loro controparti terrestri

Le ricerche sulla composizione della superficie di Marte sugge-



4. Il Salar Grande, sulla Cordillera de la Costa, regione di Atacama (Cile), è compreso nell'area più arida della terra. A) Polvere, sabbia e sale (alite evidenziata dalla freccia bianca) in un'immagine presa nel dicembre 2007. B) Sezione trasversale di una crosta di sale. Il colore verde pallido è impartito dalle colonie di cianobatteri estremofili dell'ordine *Chroococcales* (il riquadro in basso a destra mostra una micrografia a luce trasmessa delle loro cellule coccoidali ottenute sciogliendo un frammento di sale verde. Scala = 5 µm). C). Micrografia al microscopio elettronico che mostra le cellule degli stessi cianobatteri (freccie bianche) tra e inglobati in cristalli di alite (da Barbieri & Stivaletta 2011)

riscono la presenza di acqua liquida alla scala del pianeta durante il periodo Noachiano (compreso tra circa 3,8 e 3,5 miliardi di anni fa) e ciò può avere importanti implicazioni per la ricerca di vita passata e di paleoambienti abitabili. Processi con presenza di acqua sono, per esempio, documentati dal rinvenimento di diversi solfati idrati, come epsomite, gesso, bassanite, jarosite e kieserite. Quando evidenze morfologiche, stratigrafiche e compo-



5. Il Salar di Llamara, nel deserto di Atacama (Cile), in un'immagine presa nel 2008. Pozze permanenti di acqua sovrassatura poste in aree leggermente depresse (*puquio*) nelle quali solfati e cloruri precipitano formando strutture a fungo che, successivamente, si anastomizzano formando spesse croste saline (foto R. Barbieri)

sizionali si combinano efficacemente, può quindi essere proposta la presenza di laghi marziani quali responsabili della formazione dei depositi evaporitici (Ori 2010).

La jarosite, per esempio, un solfato di potassio e ferro – uno dei principali solfati rilevati su Marte (Chevrier & Mathé 2007) – in condizioni di bassi valori di pH può precipitare via ossidazione batterica per convertire il solfato ferroso in solfato ferrico (Grishin *et al.* 1988). La presenza di questo minerale indica che le acque nelle quali si è formato potevano essere acide e fortemente saline. Un'altra proprietà che rende interessante la jarosite in funzione della ricerca di vita marziana è la sua capacità di offrire una protezione alle radiazioni UV, che è maggiore di quella che può presentare anche il gesso (Amaral *et al.* 2007). In generale, se si considera la diversità dei solfati marziani nel loro complesso nonché la loro distribuzione e stratificazione (Gendrin *et al.* 2005; Murchie *et al.* 2009), appare assai plausibile una loro origine su base evaporitica.

Ecosistemi evaporitici terrestri collocati in aree fisicamente e geologicamente simili a quelle ipotizzabili per Marte possono, perciò, costituire un utile strumento per elucidare le interazioni, in una prospettiva astrobiologica, tra ambienti fisici e processi bio-geochimici messi in atto dai microrganismi alofili. Alle basse latitudini gli estremofili alofili colonizzano numerosi luoghi aridi a causa dell'abbondanza di depositi di sali prodotti dall'intensa evaporazione di acque del sottosuolo. Con il combinarsi di altitudini elevate e conseguenti più alti valori di radiazioni UV, come quelle di certi *salar* del deserto di Atacama, condizioni simili a quelle marziane diventano più effettive. Un esempio è rappresentato dalle depressioni salate localmente note come *puquio* (Pueyo *et al.* 2001) nel Salar di Llamara (fig. 5), circa 150 chilometri

a sud della città cilena di Iquique. In esso, insieme a una varietà di solfati diversi (come bloedite, gesso, glauberite, kainite e leonite) già rinvenuti su Marte e attribuiti a possibili processi evaporitici, comunità di microrganismi estremofili sono stati documentati nelle acque e nei sali di precipitazione di questo *salar* (Demergasso *et al.* 2003).

Nonostante siano diverse le indicazioni che suggeriscono come sulla superficie di Marte possano essersi prodotte evaporiti, esse non esauriscono completamente le possibili spiegazioni atte a giustificare la formazione di depositi quali i solfati. Scenari alternativi e attivamente dibattuti fanno riferimento all'alterazione di depositi ricchi in solfuri a causa di processi superficiali o di attività idrotermale, con la conseguente formazione di solfati (Chevrier & Mathé 2007). Per esempio, il vulcanesimo marziano, un fenomeno rimasto probabilmente attivo fino a tempi recenti (Hartmann *et al.* 1999), potrebbe aver fornito composti quali l'acido solforico e l'anidride solforosa che, sotto forma di nebbia acida, avrebbero potuto alterare le rocce basaltiche e, in conseguenza di ciò, formare solfati (Tosca *et al.* 2004). Un'ulteriore possibilità è anche quella che prevede per i due agenti sopra menzionati un'azione duplice, ma differita nel tempo, con l'alterazione e conseguente formazione di solfati che, successivamente, avrebbero potuto precipitare da acque sature di piccoli bacini lacustri (Roach *et al.* 2009).

Nonostante le evaporiti continentali non esauriscano certo la casistica degli analoghi ambientali terrestri di Marte, queste costituiscono un caso particolarmente vantaggioso per la capacità delle brine saline, dei minerali evaporitici e delle loro inclusioni fluide di conservare materiali di origine biologica, formando, con ciò, un indubbio vantaggio a questi depositi nella ricerca di vita su Marte.

Testi citati

Abele G. (1981) - *Zonificación altitudinal morfológica e higrca de la vertiente andina occidental en la región limitrofe chileno-peruana*. Revista de Geografía Norte Grande, 8: 3-25.

Amaral G., Martínez-Frias J. & Vásquez L. (2007) - *UV shielding properties of jarosite vs. gypsum: astrobiological implications for Mars*. World Applied Sciences Journal, 2: 112-116.

Antón J., Oren A., Benlloch S., Rodríguez-Valera F., Amann R. & Rosselló-Mora R. (2002) - *Salinibacter ruber gen. nov., sp. nov., a new species of extremely halophilic Bacteria from saltern crystallizer ponds*. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 52: 485-491.

Aubrey A., Cleaves H.J., Chalmers J.H., Skelley A.M., Mathies R.A., Grunthaner F.J., Ehrenfreund P. & Bada J.L. (2006) - *Sulfate minerals and organic compounds on Mars*. Geology, 34: 357-360.

Baker V.R. (2006) - *Geomorphological evidence for water on Mars*. Elements, 2: 139-143.

Barbieri R. & Stivaletta N. (2011) - *Continental evaporites and the search for evidence of life on Mars*. Geological Journal, 46: 513-524.

Battista J.R. (1997) - *Against all odds: the survival strategies of Deinococcus radiodurans*. Annual Review of Microbiology, 51: 203-224.

Beatty D.W., Clifford S.M., Borg L.E., Catling D.C., Craddock R.A., Des Marais D.J., Farmer J.D., Frey H.V., Haberle R.M., McKay C.P., Newsom H.E., Parker T.J., Segura T. & Tanaka K.L. (2005) - *Key science questions from the Second Conference on Early Mars: geologic, hydrologic, and climatic evolution and the implications for life*. Astrobiology, 5: 663-689.

Brocks J.J., Logan G.A., Buick R. & Summons R.E. (1999) - *Archean molecular fossils and the early rise of eukaryotes*. Science, 285: 1033-1036.

Bühring S.I., Smitenberg R.H., Sachse D., Lipp J.S., Golubic S., Sachs J.P., Hinrichs K.-U. & Summons R.E. (2009) - *Hypersaline microbial mat from the Pacific Atoll Kiritimati: insights into composition and carbon fixation using biomarker analyses and a 13C-labeling approach*. Geobiology, 7: 308-323.

Cabrol N.A., Wettergreen D., Warren-Rhodes K., Grin E.A., Moersch J., Chong Diaz G., Cockell C.S., Coppin P., Demergasso C., Dohm J.M., Ernst L., Fisher G., Glasgow J., Hardgrove C., Hock A.N., Jonak D., Marinangeli L., Minkley E., Ori G.G., Piatek J., Pudenz E., Smith T., Stubbs K., Thomas G., Thompson D., Waggoner A., Wagner M., Weinstein S. & Wyatt M. (2007) - *Life in the Atacama: searching for life with rovers (science overview)*. Journal of Geophysical Research, 112: G04S02.

Cabrol N.A. & Grin E.A. (eds) (2010) - *Lakes on Mars*, Elsevier, Amsterdam.

Chevrier V. & Mathé P.E. (2007) - *Mineralogy and evolution of the surface of Mars: a review*. Planetary and Space Science, 55: 289-314.

Davila A., Gomez-Silva B., De Los Ríos A., Ascaso C., Olivares H., McKay C.P. & Wierzchos, J. (2008) - *Facilitation of endolithic microbial survival in the hyperarid core of the Atacama Desert by mineral deliquescence*. Journal of Geophysical Research, 113: G01028.

Demergasso C., Chong G., Galleguillos P., Escudero L., Martínez-Alonso M. & Esteve I. (2003) - *Microbial mats from the Llamara salt flat, northern Chile*. Revista Chilena de Historia Natural, 76: 485-499.

Drake N.A., Bryant N.G., Millington A.C. & Townshend J.R.G. (1994) - *Playa sedimentology and geomorphology mixture modelling applied to Landsat thematic mapper data of Chott el Djerid, Tunisia*, in: *Sedimentology and Geochemistry of Modern and*

Ancient Saline Lakes, Renaut R.W. & Last W.M. (eds). Society for Sedimentary Geology, Tulsa, SEPM Special Publication, 50: 125-134.

Fourçans A., de Oteyza T.G., Wieland A., Sole A., Diestra E., van Bleijswijk J., Grimalt J.O., Kuhl M., Esteve I., Muyzer G., Caumette P. & Duran R. (2004) - *Characterization of functional bacterial groups in a hypersaline microbial mat community (Salins-de-Giraud, Camargue, France)*. FEMS Microbial Ecology, 51: 55-70.

van Gemerden H., (1993) - *Microbial mats: a joint venture*. Marine Geology, 113: 3-25.

Gendrin A., Mangold N., Bibring J.-P., Langevin Y., Gondet B., Poulet F., Bonello G., Quantin C., Mustard J., Arvidson R. & Le Mouélic S. (2005) - *Sulfates in Martian layered terrains: the OMEGA/Mars express view*. Science, 307: 1587-1591.

Grishin S.I., Bigham J.M. & Tuovinen O.H. (1988) - *Characterization of jarosite formed upon bacterial oxidation of ferrous sulphate in a packed-bed reactor*. Applied and Environmental Microbiology, 54: 3101-3106.

Hartmann W.K., Malin M., McEwen A., Carr M., Soderblom L., Thomas P., Danielson E., James P. & Veveřka J. (1999) - *Evidence of recent volcanism on Mars from crater counts*. Nature, 397: 586-589.

Kargel J.S. (2004) - *Mars: A Warmer Wetter Planet*, Praxis Publishing, New York.

Krumbein W.E., Gorbushina A.A. & Holtkamp-Tacke E. (2004) - *Hypersaline microbial systems of sabkhas: examples of life's survival in "extreme" conditions*. Astrobiology, 4: 450-459.

Langevin Y., Poulet F., Bibring J.-P. & Gondet B. (2005) - *Sulfates in the North Polar region of Mars detected by OMEGA/Mars Express*. Science, 307: 1584-1586.

Maturrano L., Santos F., Rosselló-Mora R. & Antón J. (2006) - *Microbial diversity in Maras salterns, a hypersaline environment in the Peruvian Andes*. Applied and Environmental Microbiology, 72: 3887-3895.

Murchie S.L., Mustard J.F., Ehlmann B.L., Ralph E., Milliken R.E., Bishop J.L., McKeown N.K., Noe Dobrea E.Z., Seelos F.P., Buczkowski D.L., Wiseman S.M., Arvidson R.E., Wray J.J., Swayze G., Clark R.N., Des Marais D.J., McEwen A.S. & Bibring J.-P. (2009) - *A synthesis of Martian aqueous mineralogy after 1 Mars year of observations from the Mars Reconnaissance Orbiter*. Journal of Geophysical Research, 114: E00D06.

Oren A. (2002) - *Halophilic microorganisms and their environments*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Oren A. (2008) - *Microbial life at high salt concentrations: phylogenetic and metabolic diversity*. Saline Systems, 4: 2, DOI:10.1186/1746-1448-4-2.

Ori G.G. (2010) - *The sedimentary record of modern and ancient dry lakes, in: Lakes on Mars*, Cabrol N.A., Grin E.A. (eds), Elsevier, Amsterdam: 307-322.

Park J.S., Vreeland R.H., Cho B.C., Lowenstein T.K., Timofeeff M.N. & Rosenzweig W.D. (2009) - *Haloarchaeal diversity in 23, 121 and 419 MYA salts*. Geobiology, 7: 515-523.

Pueyo J.J., Chong G. & Jensen A. (2001) - *Neogene evaporites in desert volcanic environments: Atacama desert, northern Chile*. Sedimentology, 48: 1411-1431.

Roach L.H., Mustard J.F., Murchie S.L., Bibring J.-P., Forget F., Lewis K.W., Aharonson O., Vincendon M. & Bishop J.L. (2009) - *Testing evidence of recent hydration state change in sulfates on Mars*. Journal of Geophysical Research, 114: E00D02.

Rothschild L.J. (1990) - *Earth analogs for Martian*

life. Microbes in evaporites, a new model system for life on Mars. Icarus, 88: 246-260.

Schubert B.A., Lowenstein T.K. & Timofeeff M.N. (2009) - *Microscopic identification of prokaryotes in modern and ancient halite, Saline Valley and Death Valley, California*. Astrobiology, 9: 467-482.

Skelley A.M., Scherer J.R., Aubrey A.D., Grover W.H., Isvester R.H.C., Ehrenfreund P., Grunthaner F.G., Bada J.L. & Mathies R.A. (2005) - *Development and evaluation of a microdevice for amino acid biomarker detection and analysis on Mars*. National Academy of Sciences Proceedings, 102: 1041-1046.

Soppa J. (2006) - *From genomes to function: haloarchaea as model organisms*. Microbiology, 152: 585-590.

Stivaletta N. & Barbieri R. (2008) - *Endoliths in terrestrial arid environments: implications for astrobiology*, in: *From Fossils to Astrobiology. Records of Life on Earth and the Search for Extraterrestrial Biosignatures*. Seckbach J. & Walsh M. (eds), Springer Science, New York: 319-333.

Stivaletta N., Barbieri R., Picard C. & Bosco M. (2009) - *Astrobiological significance of the sabkha life and environments of southern Tunisia*. Planetary and Space Science, 57: 597-605.

Stivaletta N., López-García P., Boheim L., Millie D.F. & Barbieri R. (2010) - *Biomarkers of endolithic communities within gypsum crusts (southern Tunisia)*. Geomicrobiology Journal, 27: 101-110.

Stoertz G.E. & Ericksen G.E. (1974) - *Geology of Salars in Northern Chile*. US Government Printing Office: Washington, D.C., Geological Survey Professional Paper, 811.

Taher A.G. (1999) - *Inland saline lakes of Wadi El Natrun depression, Egypt*. International Journal of Salt Lake Research, 8: 149-169.

Tosca N.J., McLennan S.M., Lindsley D.H. & Schoonen M.A.A. (2004) - *Acid-sulfate weathering of synthetic Martian basalt: the acid fog model revisited*. Journal of Geophysical Research, 109: E05003.

Vreeland R.H., Rosenzweig W.D. & Powers D.W. (2000) - *Isolation of a 250 million-year-old halotolerant bacterium from a primary salt crystal*. Nature, 407: 897-900.

Vaniman D.T., Bish D.L., Chimera S.J., Fialips C.I., Carey J.W. & Feldman W.C. (2004) - *Magnesium sulphate salts and the history of water on Mars*. Nature, 431: 663-665.

Vreeland R.H., Rosenzweig W.D., Lowenstein T., Satterfield C. & Ventosa A. (2006) - *Fatty acid and DNA analyses of Permian bacteria isolated from ancient salt crystals reveal differences with their modern relatives*. Extremophiles, 110: 71-78.

Warner N., Gupta S., Lin S.-Y., Kim J.-R., Muller J.-P. & Morley J. (2010) - *Late Noachian to Hesperian climate change on Mars: evidence of episodic warming from transient crater lakes near Ares Vallis*. Journal of Geophysical Research, 115: E06013.

Warren J.K. (2006) - *Evaporites. Sediments, Resources and Hydrocarbons*. Springer, Berlin.

Warren J.K. (2010) - *Evaporites through time: tectonic, climatic and eustatic controls in marine and non-marine deposits*. Earth-Science Reviews, 98: 217-268.

Wierzchos J., Ascaso C. & McKay C.P. (2006) - *Endolithic cyanobacteria in halite rocks from the hyperarid core of the Atacama Desert*. Astrobiology, 6: 415-422.

Zacny K., Bar-Cohen Y., Brennan M., Briggs G., Cooper G., Davis K., Dolgin B., Glaser D., Glass B., Gorevan S., Guerrero J., McKay C., Paulsen G., Stanley S. & Stoker C. (2008) - *Drilling systems for extraterrestrial subsurface exploration*. Astrobiology, 8: 665-706.

La necropoli medievale (XI-XII secolo) dell'Isola di Pianosa: studio antropologico

Giulia Capecchi, Stefano Ricci

Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze Ambientali "G.Sarfatti", U.R. Ecologia Preistorica, via Tommaso Pendola 62 - 53100 Siena
capecchi@alice.it, stefano.ricci@unisi.it

Introduzione

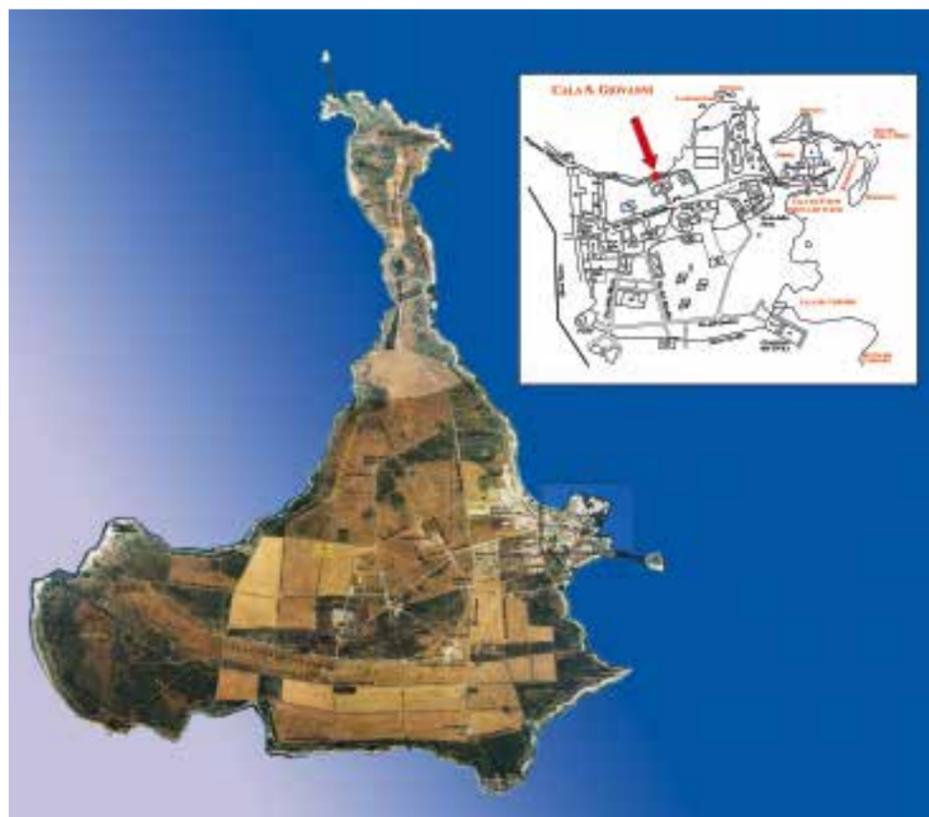
Situata circa 13 chilometri a sud-ovest dell'Isola d'Elba, l'Isola di Pianosa (Livorno) forma parte del Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano occupando una superficie di circa 10,3 km² (fig. 1). La scoperta della necropoli medievale di cui trattiamo in questo articolo avvenne nel 2006, allorché iniziarono le operazioni di ripulitura dei resti di una villa romana ubicata nella costa orientale dell'isola, sulla falesia della Cala San Giovanni (fig. 2; Ducci *et al.* 2006). In tale area erano esposte ossa e lastre di rivestimento a copertura di fosse che indicavano la presenza di sepolture occupanti il settore più occidentale delle strutture pertinenti alla villa. Data la situazione di estrema vulnerabilità di tali sepolture destinate a essere distrutte dalla progressiva erosione marina, obiettivo iniziale dell'intervento è stato quello di metterle in luce, documentarne e recuperarne il maggior numero possibile e, nel contempo, raccogliere con uno scavo stratigrafico che affrontasse l'intera serie del deposito archeologico dati e materiali sufficienti a un loro inquadramento cronologico (fig. 3). Successivamente, la Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, in collaborazione con l'Università di Siena e grazie al fondamentale contributo finanziario della Provincia di Livorno, con quattro campagne di scavo realizzate dal 2007 al 2010 ha avviato l'indagine della necropoli. Questa deve essere vista come parte di un più ampio programma di ricerca, finalizzato a fornir

re un primo contributo per la ricostruzione delle caratteristiche paleobiologiche della popolazione pianosina durante il periodo medievale.

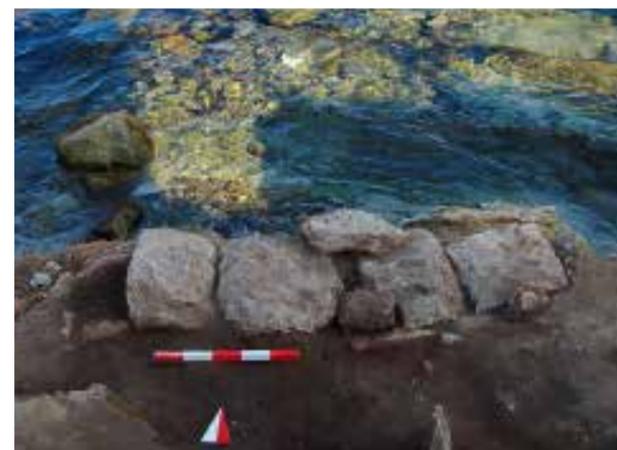
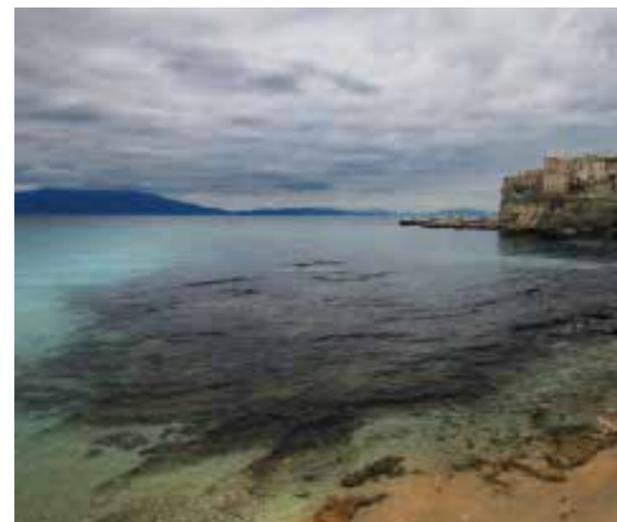
Lo scavo

La superficie del saggio ha rivelato un'area sepolcrale che probabilmente è stata utilizzata per un lungo arco temporale. Una sorta di gradone divideva quest'area in due livelli: il superiore, costituito da un terreno sabbioso grigiastro dello spessore di circa 60 centimetri, conteneva evidenti tracce di deposizioni disturbate, con ogni probabilità, dal soprastante e attuale piano di calpestio; quello inferiore, invece, era caratterizzato da un terreno sempre sabbioso, ma di colore rossastro e corrispondeva allo strato visibile nella sezione lungo il mare (Ducci *et al.* 2009). In questo livello erano tagliate certamente le sepolture più antiche. Nelle campagne successive al 2007, operando una sostanziale riduzione della superficie del saggio, si è puntato a documentare l'intera stratificazione delle sepolture. Durante la campagna del 2010 è stata raggiunta la roccia di base (fig. 4).

L'area fino a oggi indagata rappresenta solo una piccola parte del sepolcra, che probabilmente si estende per molti metri quadrati oltre la zona documentata e che auspichiamo possa essere oggetto di indagine negli anni futuri. A causa della totale mancanza di chiari indicatori culturali (assenza di corredo), le



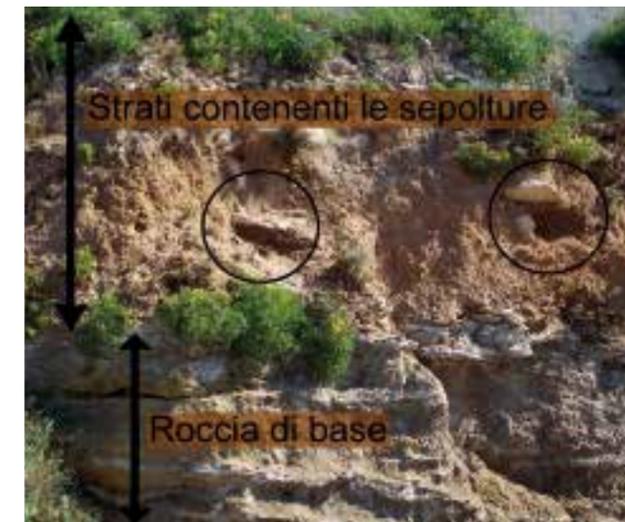
1. Isola di Pianosa: nel riquadro, la zona del sepolcra a Cala San Giovanni



2. Veduta di Cala San Giovanni
3. Tomba con lastre di copertura non ancora intaccata dall'erosione marina
4. Sezione a mare della necropoli; si possono notare le lastre di pietra che foderano due tombe
5. Tre esempi di tombe contenenti scheletri in completa connessione anatomica

sepolture non hanno restituito elementi datanti diretti. Per quanto riguarda la cronologia relativa, la presenza nello strato di base di materiale ceramico e di monete riferibili a epoca romana denuncia la receniorità delle sepolture, fornendoci un *terminus post quem* per l'escavazione delle tombe. D'altra parte, sono le caratteristiche stesse delle sepolture – orientamento, posizione del cadavere, assenza di corredo e di qualsiasi struttura tombale – a rimandare senz'altro al periodo medievale. Per la sepoltura situata sulla roccia di base (la n. 1157) è disponibile una datazione assoluta al C¹⁴ effettuata su un campione di osso prelevato dal femore dell'individuo in essa contenuto. L'analisi è stata effettuata presso il laboratorio Beta Analytic di Miami (Florida, Usa). La datazione ottenuta (Cal AD 1040 to 1160), che si riferisce al passaggio dall'alto al basso medioevo, conferma quanto dedotto dai dati stratigrafici e dalle sia pur scarse osservazioni di carattere culturale. Essendo tale sepoltura situata sullo strato di base, le tombe sovrastanti appartengono sicuramente a un periodo più recente che interessa probabilmente tutto il basso medioevo.

Durante il recupero delle sepolture si è potuto osservare che la quasi totalità degli inumati presentava tutte le articolazioni labili ancora in connessione, conservando pertanto l'originaria posizione anatomica (fig. 5). Le tombe più antiche consistevano in una fossa foderata di lastre di pietra; alcune avevano anche lastre di copertura. Le inumazioni più recenti, invece, erano semplice-



mente terragne, con individui sepolti in una fossa che successivamente era riempita di terra. Il recupero delle ossa sul terreno è stato effettuato con la massima cura e documentato in tutte le sue fasi (fig. 6). Il restauro dei resti scheletrici è stato eseguito presso il laboratorio di Antropologia dell'U.R. di Ecologia Preistorica del Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università degli Studi di Siena. Dopo un'accurata pulizia e riassetto dei vari frammenti, si è resa necessaria l'applicazione di un consolidante a base di resina acrilica *Paraloid B72* (fig. 7; Mallegni & Rubini 1994).

L'analisi antropologica

I caratteri presi in considerazione per la determinazione dell'età alla morte (EaM) degli individui analizzati sono: il grado di sinostosi delle suture craniche (Buikstra & Ubelaker 1994); il grado di eruzione dentaria (fig. 8; Schour & Massler 1941); il grado di fusione delle epifisi alle diafisi delle ossa lunghe (Buikstra & Ubelaker 1994); le variazioni morfologiche delle creste presenti sulla superficie della sinfisi pubica (Todd 1920); le variazioni morfologiche riguardanti le estremità sternali delle coste (Burns 1999). Per gli individui di età infantile l'EaM è stata rilevata in base alle tabelle di riferimento riguardanti il grado di eruzione dentaria (Ubelaker 1999). Sono stati inoltre analizzati, dove possibile, i vari elementi ossei cranici indicativi dell'EaM soprattutto in individui in età neonatale (Scheuer & Black 2004), in quan-



6. Le diverse fasi di scavo di una tomba fornita di lastre di copertura

to inizialmente separati per poi fondersi durante i primi mesi o anni di vita. Per determinare il sesso dei reperti presi in esame sono stati presi in considerazione, quando presenti e in buono stato, il cranio e le ossa coxali, che sono i distretti ossei maggiormente discriminanti per la definizione di tale carattere. Nel caso del cranio, infatti, un soggetto maschile e uno femminile si differenziano per alcuni tratti morfologici specifici valutabili secondo parametri di riferimento (fig. 9; Acsádi & Nemeskeri 1970). Per quanto riguarda invece l'osso coxale, il metodo utilizzato è quello proposto da Buikstra & Ubelaker (1994), che evidenzia la differenza sessuale a livello della *grande incisura ischiatica*. Quando l'osso coxale era ben conservato è stato possibile applicare anche un metodo di tipo metrico basato su dieci misure (Murail *et al.* 2005): tramite un programma di statistica chiamato DSP (Diagnose Sexuelle Probabiliste; Murail *et al.* 1993), che si serve di un *database* di misure di ossa coxali, è stata calcolata la percentuale di probabilità di determinazione maschio/femmina per ogni sepoltura studiata. Dal momento che molti individui mancano del cranio completo o possiedono ossa coxali molto frammentate, per distinguere individui maschili e femminili sono state analizzate anche le ossa dello scheletro postcraniale. Per quanto riguarda i sette individui infantili non è stato possibile determinarne l'appartenenza al genere maschile o femminile perché le caratteristiche sessuali si esprimono nella morfologia ossea non prima dei dieci-undici anni di vita (Ridley 2002). Esistono comunque studi che sembrano poter caratterizzare sessualmente individui infantili in base all'analisi della morfologia mandibolare (Schutkowski 1993), ma bisogna sottolineare che, essendo i ca-



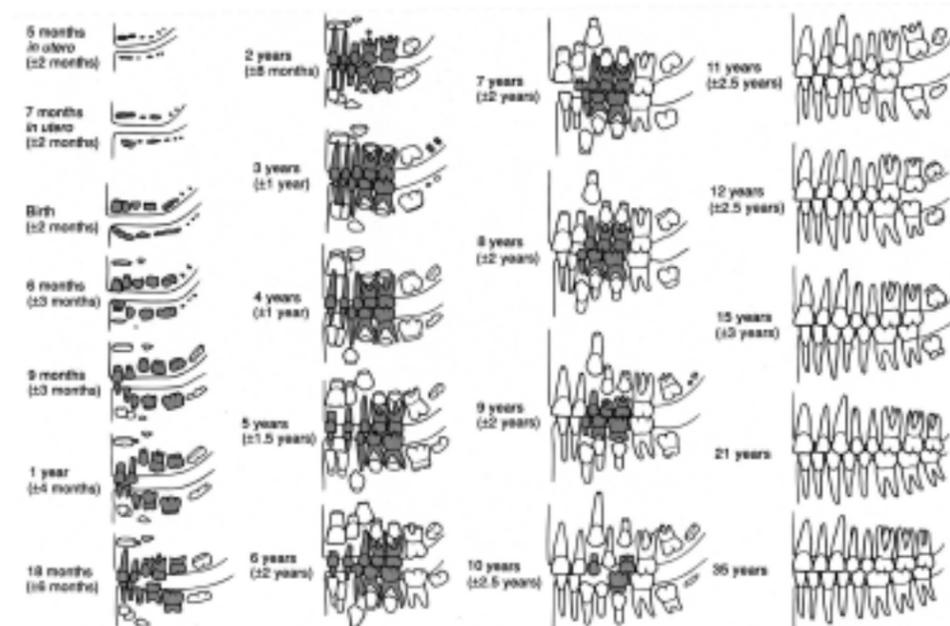
7. Il restauro delle ossa: a) ripulitura delle ossa in laboratorio; b) cranio infantile, dal recupero alla ricostruzione definitiva

ratteri femminili non sempre precocemente evidenti in tale morfologia, i risultati ricavati con tale metodo devono essere considerati, piuttosto che significativi in assoluto, soltanto come indizi da contestualizzare e confermare. Nel nostro caso, quattro sono gli individui infantili che presentavano una mandibola ben conservata e su questi è stato possibile provare a determinare il sesso. Per il calcolo della statura sono state misurate, tramite l'utilizzo di una tavola osteometrica, le ossa lunghe degli arti superiori e inferiori che hanno potuto essere ricomposte interamente in fase di restauro (Trotter & Gleser 1958; Sjøvold 1990). In molti degli individui nei quali è stato possibile studiare l'apparato masticatorio, è stata rilevata la presenza di *linee di ipoplasia dello smalto*, sottili linee che si formano sullo smalto in risposta ad arresti di crescita del dente dovuti a forti stress (es. insufficienza alimentare, malattia, eccetera) subiti dall'organismo. La distanza, espressa in mm, delle diverse linee di ipoplasia al colletto dentale ci fornisce un'indicazione sul periodo di sviluppo dell'individuo in cui si sono verificati i vari fenomeni di stress (Goodman & Rose 1990). Quasi tutti gli individui mostrano patologie a livello dell'apparato masticatorio, soprattutto carie e tartaro. Due individui (n. 1110 e 1062) presentano fratture con segni di guarigione. Le inserzioni muscolari sono, nella maggior parte dei casi, poco marcate.

Le deduzioni

Con ogni probabilità, gli individui presi in esame sono soltanto una piccola parte della popolazione sepolta nella necropoli di Pianosa. Purtroppo, malgrado il loro numero non sia esiguo, solo pochi di tali individui presentano uno schelet-

8. Sviluppo della dentatura in relazione all'età (da Schour & Massler 1941)

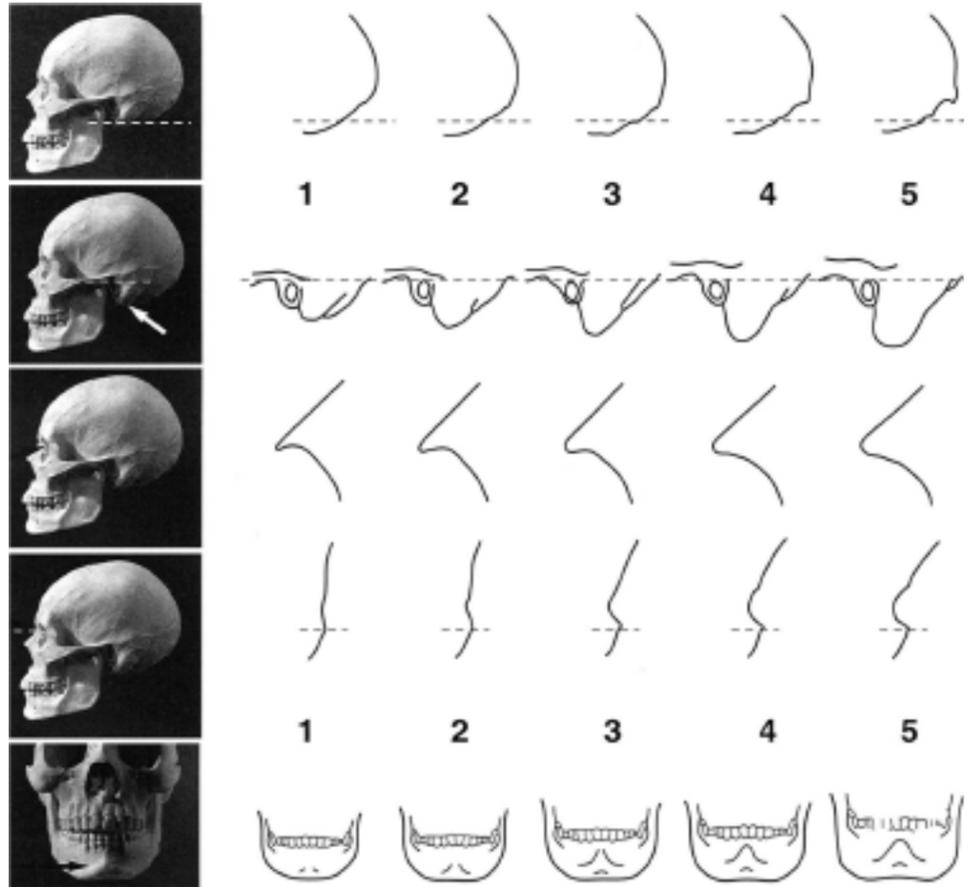


ro completo, cioè tale da consentire un'analisi esauriente. Sia come sia, possiamo affermare che gli individui della necropoli studiata risultano essere 29, di cui 10 sicuramente maschi (34%) e 5 sicuramente femmine (27,5%), mentre per i restanti l'attribuzione sessuale rimane indeterminata. Il rapporto tra maschi e femmine è quindi di 1,25/1. Fra i 26 individui di cui abbiamo potuto calcolare l'età alla morte, vi sono 6 bambini che rappresentano il 26% del totale, mentre i restanti hanno un'età compresa tra i 16 e i 45 anni (fig. 10). Tra gli individui di cui abbiamo potuto calcolare l'altezza vi sono quattro soggetti maschili che superano il metro e settantaquattro, 5 individui (tre maschili, uno femminile e uno indeterminato) di altezza media di 164 centimetri e un soggetto femminile che si differenzia da tutti gli altri essendo alto circa 150 centimetri. Le ossa non presentano caratteristiche tali da indicare stati di malnutrizione o malattie gravi in stato avanzato di sviluppo. Come già osservato, le uniche patologie ossee che sembrano interessare la popolazione pianosina sono a carico dell'apparato masticatorio con la presenza di carie, edentazione *intra vitam*, tartaro e linee di ipoplasia dello smalto dentario (fig. 11). Tra gli individui maschili, su 214 denti rinvenuti, 7 sono risultati cariati (3,27%), mentre tra gli individui femminili, 4 dei 60 denti presenti hanno mostrato tale patologia (6,66%). Per quanto riguarda l'edentazione *intra-vitam*, essa ha interessato il 7,63% dei denti maschili e il 3,12% dei femminili. Quanto alle linee di ipoplasia dello smalto, esse sono visibili soltanto in 3 (33%) dei 9 individui maschili e in 1 soltanto dei 4 individui femminili (25%) di cui abbiamo studiato l'apparato masticatorio. Gli episodi di stress che hanno determinato tali rallentamenti nella crescita dei denti si sono verificati, in tutti e quattro gli individui, soprattutto tra i 2 e i 3 anni di vita. Possiamo quindi ipotizzare che l'ipoplasia riscontrata sia dovuta a infezioni cui vanno soggetti i bambini nella prima infanzia, il momento più critico durante il quale l'organismo è più soggetto al contagio, per esempio, di malattie infettive.

Le conclusioni

Riteniamo che questo lavoro descrittivo della popolazione medievale di Pianosa meriti particolare attenzione soprattutto in considerazione della sua unicità, in quanto abbiamo appurato, nel momento in cui è stato necessario cercare lavori per stabilire confronti, che lo studio scientifico degli scheletri

di quest'epoca raramente viene trattato in maniera esaustiva. La maggioranza delle pubblicazioni che riguardano necropoli medievali sono incentrate sullo studio degli oggetti di corredo associati alle sepolture, mentre in ben pochi casi si fa riferimento agli inumati (Ginatempo 1988). Spesso gli scheletri ricevevano poche attenzioni da parte degli studiosi (basti pensare che il sesso degli individui veniva dedotto non dallo studio dei loro distretti scheletrici, ma dalla tipologia del corredo) e soltanto nelle pubblicazioni più recenti possono trovarsi tracce di informazioni di tipo antropologico concernenti gli inumati. Anche in questi casi, però, gli scheletri sono analizzati in modo piuttosto generico, lasciando imprecisati i dati necessari a effettuare comparazioni statisticamente attendibili. La scarsa presenza di individui infantili osservata a Pianosa (26%) trova confronto nelle sepolture datate tra l'VIII e il XIII secolo della chiesa di San Michele a Trino Vercellese (Vercelli), dove essi rappresentano il 15% degli inumati, probabilmente per il fatto che non tutta la popolazione locale veniva sepolta nei pressi della chiesa (Negro Ponzi Mancini 1999). Infatti, il costume di seppellire i bambini in aree specifiche, separate da quelle degli adulti, è documentato in Italia sia in epoca tardoantica, sia durante il medioevo (Ginatempo 1988). Bisogna comunque ricordare che i resti di infanti, a causa della loro fragilità, sono molto più soggetti alle distruzioni legate ai processi tafonomici. Più conforme alle statistiche di età di morte dell'epoca è la percentuale di individui infantili (57,7%) del cimitero signorile del castello di Monte Croce presso Pontassieve (Firenze), dell'XI secolo, dove risulta che l'82,5% di essi moriva nei primi cinque anni di vita. Questa percentuale, che oggi appare elevatissima, corrisponde pienamente ai tassi di mortalità infantile ritenuti "fisiologici" in epoca precontemporanea (Fornaciari *et al.* 2003). Per quanto riguarda la statura, abbiamo riscontrato la presenza di 4 maschi aventi un'altezza media di circa 175 cm, ossia differente in maniera significativa dalla quella media dell'epoca che era di circa 165 centimetri (Martin & Saller 1956-1959). I 4 maschi rimanenti di cui è stato possibile valutare la statura rientrano in questo *range*, con una media di circa 164 centimetri. Anche le altezze dei due individui femminili sono molto diverse, malgrado la loro media di circa 155 centimetri rientri perfettamente nella variabilità dell'epoca (Martin & Saller 1956-1959). Ci troviamo quindi di fronte a una popolazione eterogenea in un contesto isolano. Tale evidenza po-



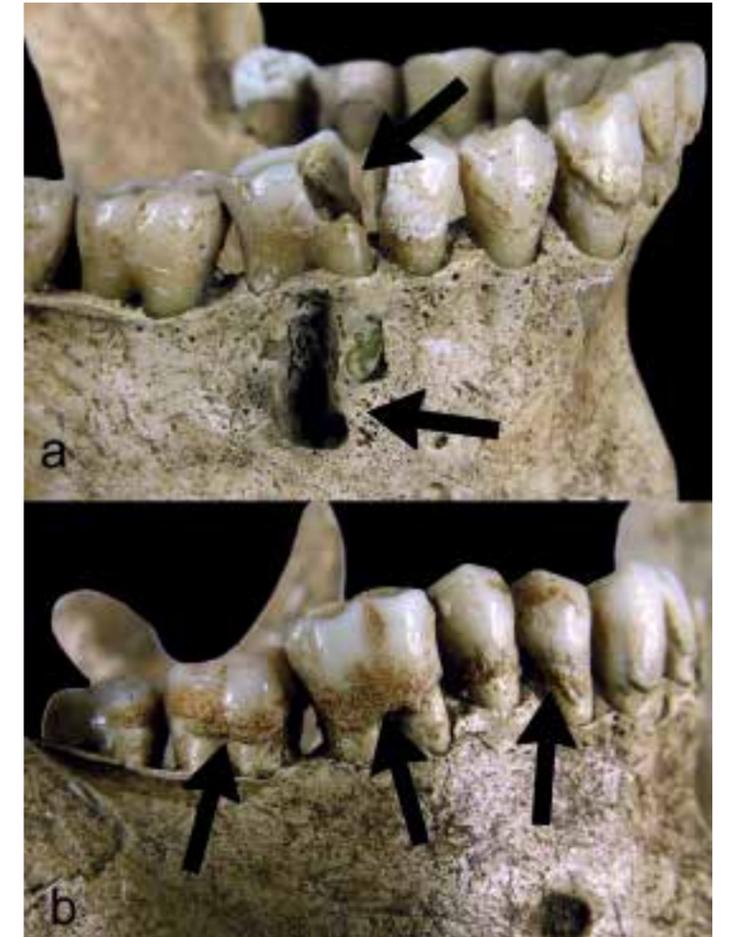
9. Caratteri morfologici craniali utilizzati per la diagnosi del sesso: a) profilo dell'osso occipitale; b) morfologia del processo mastoide; c) profilo orbitale; d) profilo dell'osso frontale; e) morfologia della regione mentoniera (da Acsádi & Nemeskeri 1970)

trebbe sembrare strana in quanto, abitualmente, le popolazioni residenti in piccole isole tendono a divenire molto omogenee a causa dell'isolamento geografico. Se però inquadrano i dati ottenuti nel contesto storico in cui Pianosa si trovava durante il periodo medievale, caratterizzato da dispute tra Pisa e Genova per il dominio dell'isola, tale stranezza rivela di essere soltanto apparente. In seguito agli scontri armati, che di volta in volta dovevano ridurre di molte unità la popolazione isolana, è infatti ragionevole ipotizzare successivi ripopolamenti da parte di individui provenienti da zone diverse. Questo giustificerebbe la disomogeneità osservata, in via del tutto preliminare, nel campione esaminato. Quanto allo stato di salute della popolazione, le percentuali di carie presenti a Pianosa sono molto inferiori a quelle riscontrate negli individui rinvenuti nella necropoli di Pieve di Pava presso San Giovanni d'Asso (Siena), databile all'XI-XII secolo, dove l'11,2% dei denti maschili e il 10,7% dei denti femminili risultano cariati (Mongogelli *et al.* 2007). Gli inumati di questa stessa necropoli, l'unica grosso modo contemporanea alla necropoli pianosina di cui siano stati pubblicati dati scientifici, mostrano anche edentazione

intra-vitam con percentuali nettamente superiori, rispettivamente 11,5% per i maschi e 6,9% per le femmine (Mongogelli *et al.* 2007), ossia circa il doppio rispetto a Pianosa. Anche la frequenza delle linee di ipoplasia dentaria nella popolazione di Pieve di Pava, con una presenza del 57,1% nei maschi (su 11 individui) e addirittura dell'80% nelle femmine (su 10 individui; Mongogelli *et al.* 2007) si discosta notevolmente da quelle riscontrate nel nostro campione (rispettivamente 33% e 25%). Siamo quindi di fronte a popolazioni con differenti abitudini alimentari che avrebbero determinato la differenza nella percentuale d'insorgenza delle malattie dell'apparato masticatorio. Inoltre, dato che le linee di ipoplasia dello smalto rappresentano periodi di stress subiti dall'organismo nei primi anni di vita, possiamo ipotizzare, nonostante il campione ridotto, un generale stato di maggiore benessere nella popolazione pianosina, soprattutto per quanto riguarda gli individui di sesso femminile; d'altra parte, la mancanza di fonti esaurienti su questo periodo nei riguardi di Pianosa non consente di valutare se e fino a che punto tale stato sia legato a qualche particolare attività o strategia comportamentale.



10. Sepoltura di un neonato



11. Patologie ossee dell'apparato masticatorio: a) carie nel primo molare inferiore destro con interessamento del processo alveolare; b) tartaro in tutta l'arcata dentaria

Testi citati

Buikstra J.E. & Ubelaker D.H. (1994) - *Standards for Data Collection from Human Skeletal Remains*. Fayetteville, AR: Arkansas Archeological Survey Research Series 44.
 Burns K.R. (1999) - *Forensic Anthropology Training Manual*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
 Ducci S., Firmati M. & Ricci S. (2006) - *Campo nell'Elba (LI). Isola di Pianosa: nuove evidenze archeologiche nella Cala San Giovanni*. Notiziario Toscana, 2: 290-293.
 Ducci S., Firmati M., Grandinetti G., Landeschi G. & Ricci S. (2009) - *Campo nell'Elba (LI). Isola di Pianosa: nuove evidenze archeologiche nella Cala San Giovanni*. Notiziario SBAT, 2: 212-217.
 Fornaciari G., Giusiani S. & Vitiello A. (2003) - *Paleopatologia del cimitero signorile del Castello di Monte Croce (1ª fase, XI secolo)*, in: III Congresso Nazionale di Archeologia Medievale. Edizioni All'Insegna del Giglio, Firenze, 292-298.
 Ginatempo M. (1988) - *Corpi e uomini tra scienza e storia: studi di osteo-archeologia umana per l'Italia medievale*. Archeologia Medievale, 15: 7-64.
 Goodman A.H. & Rose J.C. (1990) - *Assessment of sistemi physiological perturbation from dental enamel*

hipoplasias and associated histological structures. Yrbk. Phys. Anthropol., vol. 33, pp.: 59-110.
 Mallegni F. & Rubini M. (1994) - *Recupero dei materiali scheletrici umani in archeologia*, Cisu, Roma.
 Martin R. & Saller K. (1959) - *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung*. Stuttgart.
 Mongogelli V., Giusiani S., Vitiello A. & Fornaciari G. (2007) "Pieve di Pava", *primi dati antropologici e paleo patologici (XI-XII secolo)*, in: *Chiese e insediamenti della Toscana fra V e X secolo. Rapporto fra chiese e insediamenti nei secoli della formazione dei paesaggi medievali*. Edizioni All'Insegna del Giglio, Firenze.
 Murail P., Bruzek J. & Houët F. (1993) - *A method for simplifying the quantitative analysis of the pelvic sciatic notch: impact on sexing by discriminant function analyses*, in: *Proceedings of the 19th Congress of Czech and Slovak Anthropologist, Czech Anthropological Society*. Prague, 261-265.
 Murail P., Bruzek J., Houët F. & Cunha E. (2005) - *DSP: a tool for probabilistic sex diagnosis using worldwide variability in hip-bone measurements*. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, t. 17, 3-4: 167-176.
 Negro Ponzi Mancini M.M. (1999) - *San Michele*

di Trino (VC). Dal villaggio romano al castello medievale. Edizioni All'Insegna del Giglio, Firenze.
 Ridley J. (2002) - *Sex estimation of fetal and infant remains based on metric and morphognostic analyses*. Thesis, Department of Geography and Anthropology, B.A., University of Tennessee, Knoxville.
 Scheuer L. & Black S. (2004) - *The Juvenile Skeleton*. Elsevier Academic Press, London.
 Schour I. & Massler M. (1941) - *The development of the human dentition*. *Journal of the American Dental Association*, 28: 1153.
 Schutkowski H. (1993) - *Sex determination of infant and juvenile skeletons: I. Morphognostic features*. *American Journal of Physical Anthropology*, 90: 199-205.
 Sjøvold T. (1990) - *Estimation of stature from long bones utilizing the line of organic correlation*. *Human Evolution*, 5: 431-447.
 Todd T.W. (1920) - *Age changes in the pubic bone: I, the male white pubis*. *American Journal of Physical Anthropology*, 3: 285-334.
 Trotter M. & Gleser G.C. (1958) - *A Re-evaluation of Estimation of Stature Based on Measurements of Stature Taken during Life and of Long Bones after Death*. *American Journal of Physical Anthropology*, 16: 79-123.

Il “giardino zoologico” dell’Orto Botanico di Siena

Leonardo Favilli, Andrea Benocci, Sandro Piazzini, Giuseppe Manganelli

Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze Ambientali, via Mattioli 4 - 53100 Siena
leonardo.favilli@unisi.it, giuseppe.manganelli@unisi.it

L'uomo ha profondamente modificato il pianeta che abita creando numerosi habitat artificiali (biomi antropogenici) che occupano ormai gran parte delle terre emerse: le monoculture (a cereali, riso, tabacco, caffè, canna da zucchero, frutta eccetera), i rimboschimenti (di conifere e di latifoglie), gli impianti idroelettrici, le aree minerarie, le aree urbanizzate, tanto per fare alcuni esempi.

Nonostante la loro evidente artificialità, i biomi antropogenici sono talora abbastanza complessi e ospitano, non di rado, faune ricche e diversificate. Questo è soprattutto vero per gli ambienti urbani: le città, infatti, si presentano come insiemi di habitat artificiali (edifici storici e moderni, cinte murarie e verde urbano) a cui si affianca ciò che rimane di habitat preesistenti, rappresentati da aree boscate o zone umide marginali alle aree edificate. Tutti questi ambienti sono potenzialmente colonizzabili da numerose specie animali il cui insediamento è favorito da vari fattori: abbondanza e facile reperibilità di risorse alimentari; assenza o ridotta presenza di competitori, di predatori e di parassiti; temperatura media annua più mite, minore escursione termica tra giorno e notte e minore ventosità e umidità; presenza di fonti luminose che influiscono favorevolmente sui ritmi giornalieri e sui cicli riproduttivi.

D'altro canto, esistono fattori che tendono a limitare l'insediamento degli animali nelle aree urbane: gli habitat di origine antropica e quelli residuali naturali occupano spesso superfici ridotte; nelle città sono presenti predatori non naturali come gatti domestici e cani; il verde urbano è soggetto a interventi ripetuti che provocano la totale distruzione di nicchie colonizzabili da numerose entità (es. asportazione della lettiera lungo viali e nei parchi; sfalcio periodico della vegetazione erbacea; gestioni a fini estetici di arbusti e alberi); mura e facciate di edifici storici sono spesso sottoposti a interventi di ripulitura, con totale distruzione delle comunità licheniche ed erbacee e dei relativi invertebrati in esse insediati.

La fauna urbana consiste di tre complessi distinti di specie: le specie indigene, vale a dire quelle che fanno parte stabilmente o stagionalmente della fauna del territorio nel quale una città si trova; le specie introdotte e successivamente acclimatate; le specie migratrici e quelle erratiche (soprattutto uccelli) che compaiono regolarmente durante le migrazioni (le prime) od occasionalmente (le seconde). Le più numerose sono le specie indigene, mentre le introdotte, le migratrici e le erratiche rappresentano una percentuale bassa. All'interno delle città sono rappresentati molti gruppi animali, anche se gli uccelli sono quelli più facilmente osservabili. Negli ultimi anni, un numero sempre più alto di specie animali si è rivelato capace di colonizzare gli ambienti urbani. Questo fenomeno è stato definito come inurbamento ed è stato evidenziato soprattutto per gli uccelli, i mammiferi e gli insetti. Casi ben noti di inurbamento sono quelli della passera d'Italia (*Passer italiae*), della taccola (*Corvus monedula*), dello storno (*Sturnus vulgaris*), del merlo (*Turdus merula*) e del gabbiano reale (*Larus michahellis*) tra gli uccelli; del ratto delle chiaviche (*Rattus norvegicus*) e della volpe (*Vulpes vulpes*) tra i mammiferi; della zanzara tigre (*Aedes albopictus*) e del punteruolo rosso (*Rhynchophorus ferrugineus*) tra gli insetti.

Due fattori influenzano la ricchezza in specie negli ecosistemi urbani: l'estensione e l'eterogeneità ambientale. Città vaste e con urbanizzazione eterogenea (centri storici alternati a nuovi edifici, spazi verdi di varia tipologia eccetera) ospitano una fauna più diversificata di città piccole e dalla struttura urbanistica omogenea.

Se da un lato la presenza di numerosi habitat all'interno di una città rende possibile la loro colonizzazione da parte di un gran numero di specie diverse, dall'altro la superficie spesso ridotta degli stessi rende disponibile a ogni specie uno spazio limitato. Per questo motivo le popolazioni animali inurbate sono quasi sempre piccole e soggette a marcate fluttuazioni numeriche.

Siena costituisce un caso abbastanza particolare nel panorama delle aree urbane italiane in quanto, pur essendo una città di piccole dimensioni, le aree verdi occupano una parte considerevole del suo tessuto urbano. Quelle principali (le valli sfuggite all'urbanizzazione come Fontebranda, San Marco, Porta Tufi, Porta Giustizia-Orto dei Pecci e Fonte di Follonica) ancora oggi sono occupate da orti, coltivi a olivi e viti, frutteti, aree incolte e lembi di vegetazione forestale. La vocazione agricola di queste valli è immutata da secoli; ciò ha consentito l'inurbamento di numerosissime specie animali e, al tempo stesso, ha favorito lo scambio continuo tra queste e quelle che vivono al di fuori della città, al punto che esistono poche differenze tra la fauna urbana e quella propria degli ambienti agricoli circostanti.

Gli orti botanici e la loro fauna

Un orto botanico è un ambiente ideale per numerosi animali, offrendo molteplici possibilità di rifugio e di riproduzione. La presenza di una ricca vegetazione arborea e arbustiva favorisce l'insediamento di specie forestali; le superfici adibite a prato sono ideali per entità legate agli ambienti aperti; le cinte murarie e le mura dei vecchi edifici consentono la sopravvivenza a specie originarie di ambienti rupestri, per le quali non esiste grande differenza tra una parete rocciosa e la facciata di un palazzo in un centro storico; vasche e cisterne sono colonizzate da invertebrati acquatici e vertebrati tipici di zone umide. Tutto questo è reso possibile dal fatto che spesso il verde urbano è uno dei pochi ambienti dove è ancora possibile trovare situazioni di discreta naturalità: gli alberi non vengono abbattuti per scopi silviculturali, i prati non sono sottoposti all'azione di antiparassitari e anticrittogamici, pozze e vasche non risentono degli effetti negativi dovuti al prelievo idrico e all'inquinamento.

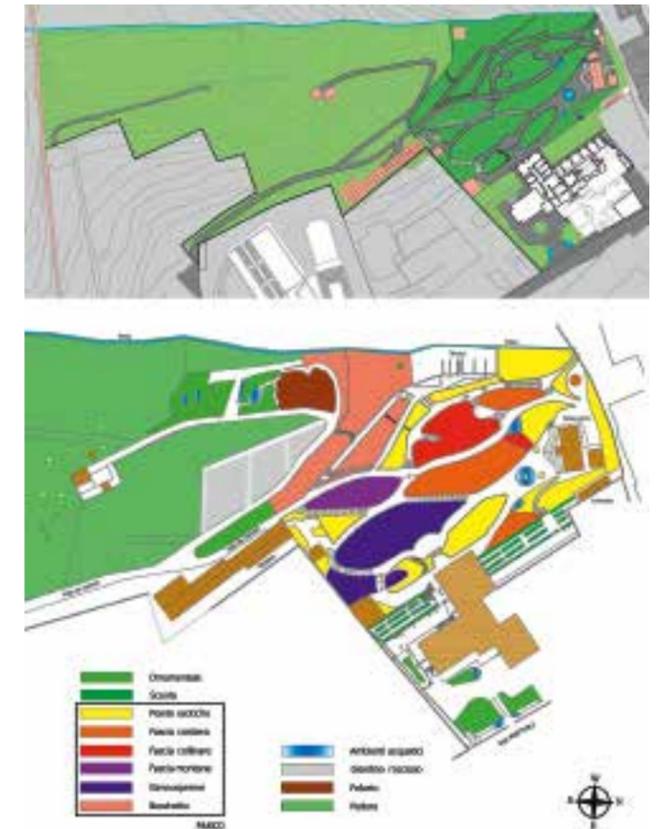
Studi effettuati dai ricercatori dell'Università di Firenze hanno messo in evidenza come, in questa città, il Giardino di Boboli e il Parco delle Cascine ospitano molti animali, alcuni dei quali poco comuni o in rarefazione in Toscana e in Italia, come il gasteropode *Vertigo angustior* e i coleotteri *Calosoma sycophanta*, *Lucanus cervus* e *Cerambyx cerdo*, e rappresentino le zone della città più ricche di specie di uccelli, con presenze interessanti quali quella del codiroso (*Phoenicurus phoenicurus*) e del pigliamosche (*Muscicapa striata*). Analoghe ricerche effettuate negli orti botanici di Milano, Roma e Messina confermano l'importanza di questi siti per la fauna urbana.

Gli orti botanici sono, tuttavia, anche un potenziale veicolo per l'immissione di specie aliene: la messa a dimora di piante estranee alla flora nativa e la traslocazione di materiali (come vasi, terriccio, rocce eccetera) portano facilmente all'introduzione accidentale di animali che possono creare problemi per la conservazione delle entità autoctone, entrando in competizione con queste e/o creando seri problemi alla flora autoctona e alle colture. Casi emblematici al riguardo sono quelli di molti invertebrati, tra i quali il gasteropode *Arion vulgaris* e gli insetti *Metcalfa pruinosa* (Omotteri), *Leptoglossus*



1. L'Orto Botanico visto dal Dipartimento di Scienze Ambientali: in primo piano le airole didattiche della “scuola”, le essenze arboree autoctone ed esotiche del “parco” e, tra le fronde, l'antica serra e la vasca del banano; sullo sfondo, palazzi storici all'interno della cinta muraria: l'orto si inserisce armoniosamente nel contesto urbano della città (foto G. Manganelli)

2. Mappa dell'Orto Botanico: in alto, visione d'insieme; in basso, dettaglio della parte superiore



occidentalis (Eterotteri) e *Cacyreus marshalli* (Lepidotteri). Spesso, però, l'introduzione di specie animali piuttosto che accidentale è operata volutamente per fini estetico-ricreativi: ne sono un esempio il pesce rosso (*Carassius auratus*) e la trachemide (*Trachemys scripta*) immessi nelle vasche di molti orti botanici e parchi urbani. Anche in questo caso, gli impatti sulla flora e sulla fauna native sono tutt'altro che trascurabili.

L'Orto Botanico di Siena

Con i suoi due ettari e mezzo di superficie, l'Orto Botanico occupa parte della valle di Sant'Agostino, racchiusa all'interno delle mura urbane tra Porta Tufi e Porta San Marco, a un'altitudine compresa tra 280 e 350 metri. Il nucleo originale dell'attuale orto fu realizzato nel 1856 su un terreno annesso all'ex convento dei Camaldolesi, donato dai Lorena all'Accademia dei Fisiocritici. Successivamente, la disponibilità di nuovi appezzamenti di terreno consentì l'espansione verso il fondovalle e la realizzazione di boschetti misti di piante indigene ed esotiche, alcune serre e un terrazzamento artificiale. Gli interventi di ammodernamento e di ampliamento sono poi proseguiti fino ai giorni nostri, culminando con la recente creazione di un giardino roccioso e di un felceto. L'accesso all'Orto si trova in corrispondenza del cancello del Dipartimento di Scienze Ambientali, dove inizia un percorso fiancheggiato da vasche e airole che, oltrepassato l'edificio universitario, conduce alla scalinata d'ingresso. La parte iniziale, detta “scuola”, è formata da due terrazze artificiali suddivise in airole rettangolari in cui si osservano numerose piante erbacee e basso-arbustive, in gran parte officinali. Nel declivio a valle della “scuola” si trova l’albereto” o “parco”, che costituisce il nucleo principale dell'Orto. Qui, in varie airole di forma irregolare separate da vialetti o scalinate, sono coltivate all'aria aperta essenze locali ed esotiche a portamento prevalentemente arboreo: gli edifici sovrastanti offrono un'adeguata protezione dal freddo e dagli agenti atmosferici, mentre la particolare esposizione e la presenza di un gradiente climatico dal pendio al fondovalle consentono la

coesistenza di specie termofile e montane. Nella parte centrale dell'albereto sono visibili le piante tipiche delle formazioni vegetali della Toscana centro-meridionale, mentre le aree marginali ospitano numerose piante esotiche ornamentali e alcune siepi di bambù. Alle piante acquatiche sono dedicate alcune vasche in muratura e gli spazi a esse attigui: al centro dell'Orto, racchiusa da una parete rocciosa artificiale percorsa da rivoli d'acqua, si trovano quelle principali, che ospitano ninfee, equiseti, carici e gigli d'acqua, circondate da alberi tipici degli ambienti umidi. L'albereto è delimitato a valle dal boschetto, una fascia di essenze sempreverdi che conserva l'aspetto naturale del vecchio Orto Botanico e che forma una sorta di barriera verso i terreni agricoli limitrofi. Infine, nell'albereto si incontrano quattro strutture per il ricovero delle piante esotiche originarie dei paesi tropicali o subtropicali: un'antica serra di gusto ottocentesco, una serra fredda sperimentale (utilizzata per ricerche di botanica), una limonaia e un tepidario di 350 m², con una vasta area dedicata alle succulente tipiche di ambienti aridi. L'Orto Botanico termina con il cosiddetto “podere”, che occupa gran parte del declivio a valle del boschetto e una porzione del fondovalle. Qui si coltivano, secondo tecniche tradizionali, viti, olivi e alberi da frutto, in un contesto che riproduce il paesaggio agricolo che caratterizzava le vallate situate all'interno della cinta muraria. Al limite di questo settore si trova una fonte medievale in muratura, mentre, nella parte alta, un “giardino roccioso” riproduce vari ambienti caratterizzati da suoli poco sviluppati su substrati calcarei, arenaceo-silicei e ultramafici. Più a valle, in posizione ombreggiata, è stata ricreata una conca rocciosa che ospita numerose specie di pteridofite indigene, il cosiddetto “felceto”. Un continuo stillicidio assicura l'umidità necessaria allo sviluppo di varie piante di ambienti umidi e freschi, alimentando un rigagnolo che confluisce in una piccola vasca con la vegetazione tipica degli stagni. In direzione della fonte medievale si trova infine il “lago”, costituito da due vasche utilizzate per la conservazione *ex situ* di piante acquatiche rare.

Molluschi

Nell'Orto Botanico sono presenti sei specie di molluschi d'acqua dolce e trenta specie terrestri. Quelle acquatiche, la cui presenza nell'Orto è frutto di immissioni antropiche volontarie o involontarie, sono entità ad ampia distribuzione, perlopiù abbastanza comuni sul territorio regionale. Fa eccezione *Viviparus contectus*, divenuto raro in Toscana e nell'Italia centrale negli ultimi decenni a causa delle opere di bonifica: nell'orto si rinviene nelle vasche in muratura dedicate alle piante acquatiche, insieme alla più comune *Bithynia leachi*. Nei rivoli d'acqua che alimentano le vasche si trovano, invece, i piccoli bivalvi del genere *Pisidium*, infossati nei fondali fangosi, mentre *Physella acuta*, specie aliena di origine americana, si trova nel "lago" e nelle vasche circostanti. Negli anni ottanta erano presenti altre due specie di molluschi d'acqua dolce (*Radix balthica* e *Stagnicola fuscus*), oggi scomparse. Tra i gasteropodi terrestri, le specie generaliste o legate agli affioramenti calcarei sono quelle più frequenti. Al primo gruppo appartengono chioccioline di dimensioni da piccole a grandi, che vivono spesso in contesti antropici o che tollerano un certo grado di disturbo degli habitat. Le più appariscenti, per le dimensioni e le ornamentazioni delle loro conchiglie, sono *Eobania vermiculata* e *Cornu aspersum*, entrambe apprezzate come molluschi eduli, particolarmente numerose negli anfratti del muro al di sotto della "scuola". Le specie dei generi *Monacha* e *Cermea*, legate agli ambienti aperti, sono frequenti tra la vegetazione erbacea del podere, mentre *Rumina decollata*, caratterizzata da un guscio tronco, si osserva qua e là tra il detrito vegetale e le pietre. *Xerotracha conspurcata* e *Discus rotundatus*, piccolissime chioccioline tipiche di ambienti ruderali, abbondano nel detrito vegetale e ovunque ci siano pietre o ambienti ricchi di anfratti, compresi i vasi. Tra le specie più generaliste figura *Pomatias elegans*: i suoi nicchi si rinvencono numerosi alla base delle pareti rocciose, ai bordi delle airole, tra l'erba e il muschio dell'albereto e ai lati dei sentieri. Le pareti rocciose artificiali sono popolate da chioccioline calciofile di dimensioni da piccole a microscopiche, che vivono attaccate alle rocce oppure nel detrito che si forma alla loro base. Negli anfratti del travertino e



3. La chiocciola terrestre *Cornu aspersum* è facilmente osservabile in orti, parchi e giardini; apprezzata per le sue carni, è una delle specie eduli più frequentemente raccolte e allevate (foto G. Manganelli)

nelle cavità dei muri si possono osservare sia conchiglie che aggregazioni di esemplari viventi di *Papillifera papillaris* e *Solatopupa juliana*, mentre più raramente si osserva *Granaria illyrica*. Si tratta di specie molto comuni e diffuse, a eccezione di *S. juliana*, presente soltanto sugli affioramenti di rocce calcaree dalla Liguria orientale al Lazio. Nel detrito delle pareti rocciose sono abbondanti alcune specie di dimensioni estremamente ridotte: *Truncatellina callicratis*, strettamente calcicola, e *Lauria cylindracea*, presente anche nella lettiera, su rocce non calcaree e nei vasi. Le cavità dei muri e gli anfratti delle rocce offrono rifugio a una chiocciola carnivora di abitudini notturne, *Oxychilus draparnaudi*, mentre gli anfratti del terreno ospitano *Cecilioidea janii* e *C. acicula*, piccoli molluschi dalle abitudini sotterranee che predano anellidi e altri invertebrati. Nella lettiera, nel detrito vegetale e nel terriccio dei vasi si trovano, poi, alcune specie di dimensioni piccolissime: molto diffusa è *Paralaoma servilis*, di probabile origine australasiana, mentre di recente è stato rinvenuto anche un guscio di *Hawaiiia minuscula*, specie alloctona di incerta origine. Tra gli autoctoni, la specie più abbondante nella lettiera è *Punctum pygmaeum* che, con un diametro massimo inferiore ai due millimetri, è la più piccola chiocciola europea. La si ritrova in particolare tra le foglie morte e il detrito vegetale nel boschetto di sempreverdi e sporadicamente nell'albereto. In quest'area, alla base degli alberi e tra le rocce, è frequente anche *Cochlodina incisa*. Nella parte bassa del podere, a ridosso delle mura, si rinvencono, infine, le specie più legate agli ambienti freschi e umidi, come *Hygromia cinctella* e la lumaca *Deroceras panormitanum*. Negli anni ottanta sono state inoltre rinvenute altre specie di lumache (*Milax nigricans*, *Tandonia sowerbyi*, *Limax maximus* e *Deroceras reticulatum*), forse ancora presenti negli ambienti più riparati dell'Orto.

Lepidotteri

Nell'Orto Botanico sono osservabili una trentina di farfalle diurne. Le più comuni sono i pieridi *Anthocaris cardamines*, *Colias crocea*, *Gonepteryx rhamni*, *Pieris brassicae*, *Pieris napi* e *Pieris rapae* dalle colorazioni bianche, gialle e arancio. Sono farfalle poco esigenti nella scelta dell'habitat, frequenti in qualsiasi zona aperta, al margine dei boschi e nelle aree urbanizzate. Il bruco di alcune di loro, come quello di *P. brassicae* e *P. rapae*, si sviluppa a spese di crucifere selvatiche e coltivate e può talvolta risultare infestante e arrecare



4. La farfalla *Polygona egea* dipende, nella sua fase larvale, dall'erba vetriola, spesso abbondante sulle mura degli edifici storici: per questo è minacciata dagli interventi di pulizia e stuccatura delle pareti (foto L. Favilli)

Le farfalle diurne

<i>Pyrgus malvoides</i>	<i>Cacyreus marshalli</i>	<i>Argynnis paphia</i>
<i>Iphiclidia podalirius</i>	<i>Lampides boeticus</i>	<i>Melitaea didyma</i>
<i>Pieris brassicae</i>	<i>Celastrina argiolus</i>	<i>Limenitis reducta</i>
<i>Pieris napi</i>	<i>Aricia agestis</i>	<i>Kanetisa circe</i>
<i>Pieris rapae</i>	<i>Polyommatus icarus</i>	<i>Melanargia galathea</i>
<i>Anthocharis cardamines</i>	<i>Nymphalis polychloros</i>	<i>Maniola jurtina</i>
<i>Colias crocea</i>	<i>Vanessa atalanta</i>	<i>Pyronia cecilia</i>
<i>Gonepteryx rhamni</i>	<i>Vanessa cardui</i>	<i>Coenonympha pamphilus</i>
<i>Lycaena phlaeas</i>	<i>Polygona c-album</i>	<i>Pararge aegeria</i>
<i>Favonius quercus</i>	<i>Polygona egea</i>	<i>Lasiommata megera</i>

Guide per l'identificazione delle farfalle diurne:

Lanfranchis T., 2008. *Papillons d'Europe*. Diatheo, Paris.
Villa R., Pellicchia M., Pesce G.B., 2009. *Farfalle d'Italia*. Compositori, Bologna.
Tolman T., Lewington R., 2009. *The most complete field guide to the butterflies of Britain and Europe*. HarperCollins, London.



5. Il tritone punteggiato si è riprodotto per molti anni consecutivi nelle vasche delle piante acquatiche al centro del parco, ma attualmente sembra scomparso (foto G. Cappelli)

danni alle colture. Altre specie frequenti sono *Polyommatus icarus*, *Coenonympha pamphilus* e *Maniola jurtina*, anch'esse ampiamente diffuse e non molto esigenti nella scelta dell'habitat. Volano tra maggio e settembre con più di una generazione all'anno sulla vegetazione erbacea e al margine dei viali alberati.

Dove la vegetazione arborea è più sviluppata si trovano *Favonius quercus*, *Celastrina argiolus*, *Argynnis paphia*, e *Limenitis reducta*, farfalle tipicamente forestali, molto comuni in Toscana e in Italia. La prima frequenta la parte superiore degli alberi, scendendo raramente a terra; la seconda è una delle farfalle più precoci, potendo comparire già nelle prime giornate di primavera: presenta due generazioni annuali, con sfarfallamenti tra aprile e luglio e allo stadio larvale si nutre di varie specie di arbusti (corniolo, rovo, edera eccetera). *A. paphia* e *L. reducta* sono due buoni volatori e si spostano continuamente con un volo sostenuto tra gli alberi e gli arbusti. Allo stadio larvale hanno una dieta specializzata, nutrendosi esclusivamente di viole (la prima) e di varie specie di caprifoglio (la seconda).

Lungo i viali e i sentieri sono facilmente osservabili due altre specie dalla colorazione bruna, *Pararge aegeria* e *Lasiommata megera*. Queste due farfalle sono molto territoriali e hanno l'abitudine di posarsi a terra o sui rami della vegetazione.

Due specie interessanti sono un licenide, *Cacyreus marshalli*, e un ninfalide, *Polygona egea*. La prima è originaria dell'Africa meridionale ed è stata accidentalmente introdotta in Europa nel 1989 con l'importazione di gerani coltivati infestati da uova o larve. In Italia è stata accertata per la prima volta nel 1996 a Roma e, negli anni successivi, è stata segnalata in gran parte delle regioni italiane inclusa la Toscana. Attualmente nella nostra regione è presente in modo abbastanza continuativo lungo la fascia costiera, in alcune stazioni della parte settentrionale e centrale, comprese le aree urbane di Massa Carrara, Pistoia, Prato, Firenze e Arezzo, in numerose località della parte meridionale, incluse le città di Siena e Grosseto, e di recente è stata osservata nelle isole di Gorgona, Capraia, Elba e Giglio. Al di fuori dell'areale originario, *C. marshalli* appare strettamente legato agli ambienti antropici. Frequenta, infatti, quasi esclusivamente parchi urbani, giardini e terrazze dove sono presenti gerani coltivati, piante ospiti del bruco. Come molte specie aliene si è rivelato un colonizzatore di successo e ormai risulta in continua espansione in gran parte delle aree urbane europee e italiane.

Un significato del tutto differente ha, al contrario, *P. egea*, in quanto può essere considerata la farfalla più caratteristica dei centri urbani. La larva si nutre a spese della comune erba vetriola, pianta erbacea che cresce spesso abbondante sui muri dei vecchi edifici dei centri storici. È una specie trivoltina, con sfarfallamento degli adulti in maggio-giugno, luglio-agosto e settembre-ottobre. È la farfalla più a rischio tra quelle urbane: la manutenzione periodica di cinte murarie e mura degli edifici, con estirpazione di piante di erba



6. Il biacco è un serpente molto diffuso nelle campagne senesi, che talvolta si spinge anche in orti e giardini; si muove di giorno in caccia di insetti, lucertole e micromammiferi (foto G. Cappelli)

vetriola e stuccatura delle pareti, causa la distruzione dell'habitat e l'uccisione delle larve di questa specie.

Anfibi e rettili

Anfibi e rettili sono due piccoli gruppi di vertebrati con poco meno di una quindicina di specie presenti nell'Orto Botanico. Tra le cinque specie di anfibi, le più frequenti sono il rospo comune e le rane verdi. Il primo è uno degli anfibi più diffusi in Italia, mancando solo in Sardegna. Si riproduce tra gennaio e giugno in qualsiasi ambiente acquatico, permanente o temporaneo, deponendo migliaia di uova riunite in caratteristici cordoni gelatinosi lunghi alcuni metri, che vengono fissati alla vegetazione acquatica. I girini, piccoli e neri, nuotano in gruppi numerosi un po' in tutte le vasche dell'Orto, come nella vasca dei banani e in quelle del "lago". Le rane verdi sono anfibi strettamente acquatici, gregari e vociferi, che si allontanano raramente dall'acqua, dove compiono tutte le fasi del ciclo vitale. Non sono particolarmente esigenti nella scelta dell'habitat, colonizzando ambienti di varia tipologia come stagni, laghi, pozze, paludi e corsi d'acqua. Si riproducono nella tarda primavera, deponendo le uova in piccole masse attaccate a vari supporti sommersi. Nell'Orto si trovano in tutte le raccolte d'acqua.

Le vasche dell'Orto sono utilizzate per la riproduzione anche da due tritoni, il tritone crestato italiano e il tritone punteggiato. Il primo è presente in gran parte d'Italia, escluse le isole, mentre il secondo è limitato alle regioni settentrionali e centrali. Sono specie più elusive degli altri anfibi e frequentano, durante la fase di vita ter-

Gli anfibi e i rettili

Anfibi

Tritone crestato italiano (*Triturus carnifex*)
Tritone punteggiato (*Lissotriton vulgaris*)
Rospo comune (*Bufo bufo*)
Rana di Lessona (*Rana lessonae*)
Rana esculenta (*Rana kl esculenta*)

Rettili

Testuggine di Hermann (*Testudo hermanni*)
Tarantola muraiola (*Tarentola mauritanica*)
Ramarro (*Lacerta viridis*)
Lucertola muraiola (*Podarcis muralis*)
Lucertola campestre (*Podarcis siculus*)
Biacco (*Hierophis viridiflavus*)
Biscia dal collare (*Natrix natrix*)
Saettone (*Zamenis longissimus*)

Guide per l'identificazione degli anfibi e dei rettili:

Arnold N., Ovenden D., 2002. *Reptiles and Amphibians of Britain and Europe*. Collins, London.
Kwet A., 2009. *Guide photographique des reptiles et amphibiens d'Europe*. Delachaux et Niestlé, Paris.
Romano A., 2004. *Riconoscere i rettili e gli anfibi d'Italia e d'Europa*. Franco Muzzio Editore, Padova.

I molluschi terrestri e d'acqua dolce

Gasteropodi

<i>Viviparus contectus</i>	<i>Paralaoma servilis</i>	<i>Rumina decollata</i>
<i>Pomatias elegans</i>	<i>Discus rotundatus</i>	<i>Cochlodina incisa</i>
<i>Bithynia leachii</i>	<i>Milax nigricans</i>	<i>Papillifera papillaris</i>
<i>Physella acuta</i>	<i>Tandonia sowerbyi</i>	<i>Hygromia cinctella</i>
<i>Radix balthica</i>	<i>Limacis flavus</i>	<i>Cermea virgata</i>
<i>Stagnicola fuscus</i>	<i>Limax corsicus</i>	<i>Xerotracha conspurcata</i>
<i>Truncatellina callicratis</i>	<i>Deroceras panormitanum</i>	<i>Monacha cartusiana</i>
<i>Granaria illyrica</i>	<i>Deroceras reticulatum</i>	<i>Monacha cantiana</i>
<i>Solatopupa juliana</i>	<i>Cecilioidea acicula</i>	<i>Monacha parumcincta</i>
<i>Lauria cylindracea</i>	<i>Cecilioidea janii</i>	<i>Eobania vermiculata</i>
<i>Acanthinula aculeata</i>	<i>Oxychilus draparnaudi</i>	<i>Cornu aspersum</i>
<i>Punctum pygmaeum</i>	<i>Hawaiiia minuscula</i>	

Bivalvi

Pisidium personatum

Guide per l'identificazione dei molluschi terrestri e d'acqua dolce:

Falkner G., 1990. *Binnenmollusken und Anhang*. In: Fechter R. & Falkner G., *Weichtiere. Eropäische Meeres-und Binnenmollusken*. Mosaik Verlag, München.
Kerney M.P., Cameron R.A.D. & Jungbluth J.H., 1983. *Die Landschnecken Nord-und Mitteleuropas*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin.

Tab. 1. Checklist dei molluschi terrestri e d'acqua dolce dell'Orto Botanico di Siena

Tab. 2. Checklist delle farfalle diurne dell'Orto Botanico di Siena

Tab. 3. Checklist degli anfibi e dei rettili dell'Orto Botanico di Siena



7. Il fringuello è presente nell'Orto Botanico solo come migratore e svernante; come gli altri membri della sua famiglia, ha una dieta essenzialmente granivora (foto F. Cianchi)

8. Lo scricciolo è presente nell'Orto tutto l'anno: di dimensioni molto piccole e abitudini schive, è molto più facile da sentire che da vedere; nella stagione riproduttiva il suo canto territoriale, inaspettatamente potente, risuona senza sosta dai cespugli e dagli alberi del parco (foto G. Cappelli)

9. Il gruccione è uno dei più colorati uccelli della fauna europea: migratore e coloniale, giunge in Italia in primavera e per nidificare scava gallerie nelle pareti sabbiose; come le rondini e i rondoni, nell'Orto frequenta soltanto lo spazio aereo, dove cattura in volo gli insetti di cui si nutre, senza scendere a terra (foto F. Cianchi)

ricola, una grande varietà di ambienti, purché dotati di una discreta copertura arborea e arbustiva. Si riproducono tra gennaio e maggio in stagni, pozze, abbeveratoi, vasche e tratti a debole scorrimento dei corsi d'acqua.

Tra le otto specie di rettili, le più comuni sono la tarantola muraiola, la lucertola campestre e la lucertola muraiola. La tarantola muraiola è diffusa nelle zone costiere e subcostiere e, in modo sporadico, in alcuni centri urbani dell'interno. Frequenta ambienti rocciosi, muretti a secco, aree edificate e ruderi. Attiva prevalentemente di notte, si riproduce tra marzo e luglio, e le femmine depongono un paio di uova biancastre che aderiscono ai supporti più diversi (fenditure delle rocce, mura, legname eccetera). La sua presenza a Siena è dovuta alla traslocazione di esemplari da località costiere: alcune tarantole, raccolte all'Elba, furono rilasciate, infatti, nel 1882 da Eugenio Ficalbi, uno dei più illustri zoologi italiani dei primi decenni del Novecento. Oggi la specie è ben diffusa nel centro storico e nella periferia della città; nell'Orto Botanico si può osservare anche in pieno giorno nelle prime assolate giornate di primavera.

La lucertola campestre e la lucertola muraiola si rinvencono quasi ovunque nell'Orto: sulle mura, sui tronchi degli alberi, nei viali, tra la vegetazione erbacea. Entrambe sono ampiamente diffuse in Italia e poco esigenti nella scelta dell'habitat, colonizzando ambienti di vario tipo, sebbene la prima mostri una particolare preferenza per quelli aperti ed erbose. Si riproducono due o tre volte l'anno tra marzo e giugno deponendo una decina di uova biancastre alla base di arbusti o sotto altri ripari naturali. Decisamente meno comuni sono le altre specie. Il ramarro e il biacco nell'orto si possono osservare nel "podere" e in prossimità della cinta muraria; la biscia dal collare e il saettone, invece, fino a oggi sono stati rilevati una sola volta, la prima presso il felceto, il secondo nella "scuola". Il ramarro e il biacco utilizzano un'ampia varietà di ambienti (boschi, coltivi, incolti, argini fluviali, massicciate ferroviarie e stradali, orti, parchi e giardini), mentre la biscia preferisce gli ambienti umidi, pur essendo in grado di colonizzare anche zone asciutte; il saettone, invece, è un serpente prettamente arboricolo, che frequenta soprattutto gli ambienti forestali.

Talvolta è possibile osservare anche esemplari di testuggine di Hermann. La sua presenza nell'Orto, come nella città di Siena, è dovuta a individui allevati o sfuggiti alla cattività. In Italia, infatti, popolazioni naturali di questa specie si trovano solo nelle zone costiere e subcostiere, in Sicilia e, forse, in Sardegna. Altrove è stata introdotta per scopi ornamentali, riuscendo in molti casi a dare origine a popolazioni in grado di autosostenersi.

Uccelli

Gli uccelli sono un gruppo di vertebrati ricco di specie caratterizzate da una notevole visibilità, da un'ampia mobilità e da una marcata fenologia stagionale, con specie sedentarie (presenti tutto l'anno) e specie migratrici (presenti solo durante una parte dell'anno: quelle nidificanti durante il periodo primaverile-estivo, quelle svernanti durante il periodo autunnale-invernale). Inoltre, diversamente dagli altri gruppi animali esaminati, gli uccelli utilizzano spazi vitali molto ampi di cui l'Orto può rappresentare solo una minima frazione. Questo è il caso, ad esempio, di specie come il rondone, il gruccione, la rondine e il balestruccio, che si nutrono di insetti catturati in volo.

L'avifauna nidificante dell'Orto Botanico e dei suoi immediati dintorni è prevalentemente caratterizzata da entità proprie di ambienti forestali. Tuttavia, una frazione significativa è costituita da uccelli che nidificano in ambienti rupestri e che trovano nei vecchi edifici, nei ruderi e nelle mura di cinta una valida alternativa agli habitat naturali. Le entità forestali includono sia specie elusive, più facili da sentire che vedere, come l'alocco, il picchio verde, il picchio rosso maggiore, il torcicollo, lo scricciolo, il fiorrancino, il rampichino e il picchio muratore, sia specie facilmente osservabili lungo i viali, come il colombaccio, la capinera, il pettirosso, il merlo, la cincialegra, la cinciarella, il verdone e il verzellino. Alcune di queste specie, come l'alocco, il picchio verde, il picchio rosso maggiore, il torcicollo e il picchio muratore, nidificano nelle cavità degli alberi più vecchi; altre, come il fiorrancino, il verdone e il verzellino, mostrano una spiccata preferenza per le conifere, nidificando nei cipressi dell'omonimo viale.

Le specie legate agli edifici per la nidificazione, come la civetta, il barbagianni, il piccione domestico, il rondone, la taccola, il passero solitario, il codirosso, lo storno, la passera d'Italia e la passera mattugia, possono utilizzare sia le cavità e i pertugi della mura, sia i sottotetti e i tetti. Quando particolarmente numerosi, come nel caso del piccione domestico, forma inurbata del piccione selvatico, possono comportare notevoli problemi da un punto di vista igienico e sanitario tanto da richiedere apposite politiche gestionali. Il rondone e la taccola sono tra gli uccelli nidificanti più caratteristici degli ambienti urbani, in quanto le loro colonie riproduttive più consistenti si trovano solo nelle città e sono presenti a Siena con importanti popolazioni. Un'altra specie molto interessante è il passero solitario: è un passeriforme tipico degli ambienti rocciosi, poco comune e a rischio, negli ambienti urbani, per la ristrutturazione dei ruderi e delle vecchie strutture abitative. Elusivo, non è facilmente osserva-

Gli uccelli

Ciconiformi

Occ. Airone cenerino (*Ardea cinerea*)

Galliformi

(SB) Fagiano (*Phasianus colchicus*)

Columbiformi

SB Piccione domestico (*Columba livia*)

SB Colombaccio (*Columba palumbus*)

SB Tortora dal collare (*Streptopelia*

decaocto)

MB Tortora selvatica (*Streptopelia turtur*)

Cuculiformi

MB Cuculo (*Cuculus canorus*)

Strigiformi

(SB) Barbagianni (*Tyto alba*)

SB Civetta (*Athene noctua*)

SB Alocco (*Strix aluco*)

Apodiformi

MB Rondone comune (*Apus apus*)

Coraciformi

(MB) Gruccione (*Merops apiaster*)

MB irr. Upupa (*Upupa epops*)

Piciformi

MB Torcicollo (*Jynx torquilla*)

SB Picchio verde (*Picus viridis*)

SB Picchio rosso maggiore

(*Dendrocopos major*)

Passeriformi

(MB) Rondine (*Hirundo rustica*)

(MB) Balestruccio (*Delichon urbicum*)

(SB) Ballerina bianca (*Motacilla alba*)

SB Scricciolo (*Troglodytes troglodytes*)

MW Passera scopaiola (*Prunella modularis*)

SB Pettirosso (*Erythacus rubecula*)

MB Usignolo (*Luscinia megarhynchos*)

MB irr. Codirosso spazzacamino

(*Phoenicurus ochruros*)

MB Codirosso (*Phoenicurus phoenicurus*)

SB Passero solitario (*Monticola solitarius*)

SB Merlo (*Turdus merula*)

SB Capinera (*Sylvia atricapilla*)

(SB) Occhiocotto (*Sylvia melanocephala*)

MW Lui piccolo (*Phylloscopus collybita*)

SB Fiorrancino (*Regulus ignicapilla*)

MW Regolo (*Regulus regulus*)

MB irr. Pigliamosche (*Muscicapa striata*)

MW Codibugnolo (*Aegithalys caudatus*)

SB Cinciarella (*Cyanistes caeruleus*)

SB Cincialegra (*Parus major*)

SB Picchio muratore (*Sitta europaea*)

SB Rampichino (*Certhia brachydactyla*)

(MB) Rigogolo (*Oriolus oriolus*)

(SB) Ghiandaia (*Garrulus glandarius*)

(SB) Gazza (*Pica pica*)

SB Taccola (*Corvus monedula*)

(SB) Cornacchia grigia (*Corvus cornix*)

SB Storno (*Sturnus vulgaris*)

SB Passera d'Italia (*Passer italiae*)

SB Passera mattugia (*Passer montanus*)

MW Fringuello (*Fringilla coelebs*)

SB Verzellino (*Serinus serinus*)

SB Verdone (*Carduelis chloris*)

SB Cardellino (*Carduelis carduelis*)

(SB) Zigolo nero (*Emberiza cirius*)

Guide per l'identificazione degli uccelli:

Dierschke V., 2012. *Nuova guida al birdwatching*. Franco Muzzio Editore, Padova.

Hayman P, Hume R., 2003. *La nuova guida del birdwatcher*. Franco Muzzio Editore, Padova.

Svensson L., Mullarney K., Zetterstrom D. & Grant P.J. (2012). *Guida degli uccelli d'Europa, Nord Africa e Vicino Oriente*. Ricca Editore, Roma.

Tab. 4. Checklist degli uccelli dell'Orto Botanico di Siena. Acronimi: irr., irregolare; MB, specie migratrice nidificante; MW, specie migratrice svernante; Occ., specie occasionale; SB, specie con popolazioni locali sedentarie o prevalentemente sedentarie; quando la sigla relativa alla fenologia è tra parentesi, la nidificazione avviene al di fuori dell'Orto e delle sue immediate vicinanze

bile, nemmeno sugli edifici che circondano l'Orto, dove è presente tutto l'anno. Un'altra specie ancora, il codirosso, originariamente limitato agli ambienti alto-collinari appenninici e preappenninici della Toscana, ha cominciato a nidificare in alcune città della regione alla fine del Novecento ed è tuttora in espansione. Anche lo storno, che fino a una trentina d'anni fa era molto comune nelle campagne senesi solo come svernante, ha iniziato a riprodursi da pochi anni ed è ormai estremamente abbondante come nidificante.

La maggior parte delle specie svernanti è rappresentata da entità sedentarie che nidificano nell'orto, ma a esse si aggiungono specie che compaiono solo durante la stagione invernale. Tra queste si ricordano il lui piccolo, il regolo, il fringuello e la passera scopaiola. I primi tre sono tipicamente forestali, mentre la passera scopaiola è legata alla vegetazione arbustiva e non è difficile osservarla mentre si nutre a terra nel "podere". Uno degli svernanti più interessanti è il codirosso spazzacamino, specie propria degli ambienti rupestri, che colonizza gli edifici dei centri storici e i vecchi fabbricati isolati delle zone collinari del centro-sud della Toscana; nell'Orto si osserva tutti gli inverni, tanto sui tetti degli edifici che in quelli delle serre e in passato, qualche anno, ha anche nidificato. Una presenza insolita e inaspettata è stata registrata nell'inverno del 2009: un airone cenerino è stato osservato a più riprese mentre era intento a cacciare i pesci rossi nelle vasche dell'Orto. Il cibo, reperibile facilmente e in abbondanza, ha evidentemente costituito un'attrattiva "irresistibile" che ha portato questa specie a visitare un ambiente del tutto inconsueto.

Ampliare l'offerta didattica dell'Orto

La fauna urbana rappresenta un complesso di specie estremamente eterogeneo: accanto a entità comuni, spesso addirittura problematiche che necessitano di forme di controllo numerico, si pos-

sono trovare specie rare e di rilevante interesse conservazionistico.

I gruppi animali che sono stati selezionati in questa breve esposizione sono solo una minoranza di quelli effettivamente presenti nell'Orto Botanico, ma comprendono molte delle specie più facilmente rilevabili, sia visivamente che acusticamente. L'Orto ospita, infatti, anche numerosi mammiferi (riccio, scoiattolo e altri roditori, talpe, toporagni e pipistrelli), pesci (carassi dorati, carpe koi, gambusie e rovelle) e moltissimi gruppi di insetti (per esempio libellule, api, formiche e coleotteri) e di altri invertebrati (onischi, ragni, lombrichi, millepiedi, solo per ricordarne alcuni). Molti di questi gruppi comprendono, però, animali poco visibili (o perché di piccole dimensioni, come tanti invertebrati, o perché di abitudini notturne, come la maggior parte dei mammiferi).

La complessa e ricca fauna dell'Orto Botanico di Siena presenta un ulteriore elemento di interesse: la sua fruibilità didattica. La presenza, infatti, accanto all'Orto Botanico, di due realtà museali (Museo Botanico e Museo di Storia Naturale dell'Accademia dei Fisiocritici) da sempre impegnate nella didattica e nella divulgazione scientifica, con attività rivolte sia a gruppi scolastici sia extra-scolastici, rende possibile la creazione di un'offerta didattica mirata. Già in passato la Sezione Zoologica del Museo di Storia Naturale, in accordo con il Museo Botanico, ha accompagnato nell'Orto Botanico alcune scolaresche in visita alle mostre temporanee sugli anfibi e sugli insetti, ospitate nel seminterrato del museo, per osservare questi animali dal vivo nel loro ambiente naturale. È auspicabile che in futuro simili iniziative vengano ripetute, ampliando l'offerta e predisponendo una serie di visite guidate tematiche, rivolte a ogni tipo di pubblico, con lo scopo di incrementare l'interesse e la consapevolezza della cittadinanza nei confronti di queste importanti realtà, anche nell'ottica del loro rispetto e della loro conservazione.

Testi di riferimento

Bianciardi C., Di Cerbo A.R. & Mazzetti E. (2004) - *Ecosistemi urbani. Ecologia e gestione della fauna in città*. Atti della giornata di studio, Milano 8 marzo 2003. Natura, Milano, 94: 80 pp.

Dinetti M. (2009) - *Biodiversità urbana. Conoscere e gestire habitat, piante e animali nelle città*. Tipografia Bandecchi & Vivaldi, Pontedera (Pisa), 295 pp.

Manfredi N. (1978) - *L'Ecosistema urbano*. Il Politecnico, 9. Dedalo, Bari, 408 pp.

Minelli A., Chemini C., Argano R. & Ruffo S. (a cura di) (2002) - *La Fauna in Italia*. Touring Club, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, Roma, 448 pp.

Perini C. (a cura di) (1990) - *L'Orto Botanico dell'Università di Siena*. Dipartimento di Biologia Ambientale, Siena, 62 pp.

Neri I. (a cura di) (2010) - *Siena. SIMUS Sistema Museale Universitario Senese*. Fondazione Museo Senese Guide, 10. Silvana Editoriale, Cinisello Balsamo (Milano), 144 pp.

Vannozzi F. & Manganelli G. (a cura di) (2011) - *Siena. Guida del Museo di Storia Naturale, Accademia dei Fisiocritici*. Silvana Editoriale, Cinisello Balsamo (Milano), 135 pp.

Nanoparticelle “ingegnerizzate” e ambiente marino: utilizzo responsabile e sostenibilità

Ilaria Corsi

Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze Ambientali “G. Sarfatti”, via Mattioli 4 - 53100 Siena
ilaria.corsi@unisi.it

Le nanotecnologie e l'immissione in ambiente marino di nanoparticelle “ingegnerizzate”

Premesso che il nanometro è un'unità di lunghezza corrispondente a 10^{-9} metri, cioè a un milionesimo di metro, con il termine di “nanoparticelle” vengono oggi definiti tutti gli aggregati atomico-molecolari di dimensioni comprese fra gli 1 e i 100 nanometri in almeno una delle tre dimensioni.

La caratteristica generale delle nanoparticelle (NP) è quella di mostrare proprietà chimico-fisiche diverse rispetto a quelle proprie ad aggregati atomico-molecolari di dimensioni superiori ai 100 nanometri. Tali proprietà, attribuibili all'aumentato rapporto tra l'area di superficie e il numero di NP per unità di massa, implica una maggiore reattività chimica, una maggiore resistenza e conducibilità elettrica e una più accentuata attività in termini di potenziali effetti sulle forme viventi.

Le NP esistono in natura, però possono essere prodotte anche artificialmente. In tal caso esse vengono definite “ingegnerizzate” (*Engineered NanoParticles*, ENP). Se poi vengono prodotte con specifica composizione e struttura per una o più funzioni, le ENP vanno a formare la più nota classe dei cosiddetti “nanomateriali” (RCEP 2008) (fig. 1).

Si stima che la quantità di denaro collegata alla diffusa e crescente richiesta di nanomateriali nei più svariati settori industriali – dall'alta tecnologia (in ambito elettronico, energetico, informatico e chimico) al tessile, dall'alimentare al medico-farmacologico – possa raggiungere i 1500 miliardi di dollari entro il 2015 (Nel *et al.* 2006). In particolare, nel settore medico le ENP di tipo polimerico e a base di ossidi di metallo hanno un importante utilizzo di *drug delivery*, ossia come veicolanti di farmaci all'interno delle cellule. In diversi settori industriali gli ossidi di metallo sono utilizzati come componenti nei microcircuiti, nei prodotti cosmetici (filtri solari), nelle vernici e nelle celle fotovoltaiche (film ultrasottili agenti come semiconduttori). I metalli zero-valenti, quali ad esempio il ferro e l'argento, trovano ampia applicazione come catalizzatori della decomposizione di inquinanti organici e applicati quindi alla bonifica di aria, suolo e acqua o come disinfettanti per la pulizia domestica e industriale.

Il vasto campo di utilizzo dei nanomateriali è legato all'ampia varietà della loro composizione e struttura e, conseguentemente, alle proprietà chimico-fisiche delle loro ENP. Su questa base, infatti, è possibile classificarli in cinque categorie (Farré *et al.* 2008):

- a base di carbonio, tra cui il grafene e i ben noti fullereni;
- a base di ossidi di metallo, quali il biossido di titanio (TiO_2), l'ossido di zinco (ZnO), l'ossido di alluminio (Al_2O_3), il biossido di cesio (CeO_2) e il biossido di cromo (CrO_2);
- a base di metalli zero-valenti, quali il ferro (Fe), l'argento (Ag) e l'oro (Au);
- a base di “punti quantici”, come il seleniuro di cadmio (CdSe), il seleniuro di zinco (ZnSe) e il tellururo di cadmio (CdTe) (non è qui possibile spiegare brevemente la natura dei *quantum dots*: basti dire che si tratta di particolari nanostrutture formate da inclusioni di materiali semiconduttori all'interno di altri semiconduttori, le quali generano “pozzi di po-

tenziale” tridimensionali che confinano i portatori di carica in piccole regioni di spazio);

- a base di polimeri ramificati o dendrimeri, ovvero nanostrutture in grado di trasportare altre molecole o al loro interno o sulla superficie di diversa composizione chimica e struttura (fig. 1).

Sebbene lo sviluppo delle nanotecnologie e l'ampia diffusione di nanoprodotto sia in continuo progresso, la scarsità di informazioni e dati riguardanti il loro impatto sull'ambiente solleva importanti quesiti circa i potenziali rischi per gli organismi viventi, non esclusi gli esseri umani, presenti nell'ambiente medesimo.

Data l'ampia e diffusa presenza di ENP in numerosi prodotti industriali e di uso personale, è pressoché inevitabile che esse siano rilasciate nell'ambiente, terminando così in terreni e in corsi d'acqua, fino a raggiungere l'ambiente marino (Moore 2006; Klaine *et al.* 2008). D'altra parte, le ENP che raggiungono il mare possono essere rilasciate direttamente o indirettamente da fonti e con percorsi differenti, variando di conseguenza in natura chimica, destino, comportamento e, non ultimo, grado di tossicità (Klaine *et al.* 2008; fig. 2).

È soltanto a partire dal 2008, con uno studio pionieristico eseguito da ricercatori svizzeri, che si è potuto dimostrare come le NP di TiO_2 siano rilasciate dalle vernici presenti nelle facciate esterne degli edifici, con conseguente trasporto sia nelle acque di dilavamento o di *run-off* che negli scarichi urbani (Kaegi *et al.* 2008; fig. 2). Pertanto, per poter disegnare scenari di rilascio ed esposizione alle ENP che ne attestino il comportamento nell'ambiente, il ciclo di vita e la potenziale tossicità, sono necessarie ulteriori e maggiori indagini (Nowack *et al.* 2007).

Destino e comportamento delle ENP nell'ambiente marino

Il comportamento delle ENP in acqua di mare è molto diverso da quello osservato nelle acque dolci. Negli ecosistemi costieri, ad esempio, la presenza di colloidali naturali e materiali in sospensione può modificare il comportamento in maniera significativa dando origine a fenomeni di agglomerazione, aggregazione e precipitazione (Stolpe & Hasselov 2007). Sotto forma di aggregati e quindi aumentando di dimensione, le ENP possono precipitare anche molto lentamente sul fondo degli oceani, salvo variazioni significative naturali della temperatura, della forza ionica e della sostanza organica che sono legate alla profondità. Alcune caratteristiche uniche dell'ambiente marino – come i *biofilms* in superficie e nei sedimenti e altri micro-ambienti regolati dai cicli biogeochimici – possono condizionare fortemente il comportamento delle ENP. Attualmente non è ancora noto se le ENP si accumulino a livello di interfaccia tra le correnti calde e fredde o possano ripartirsi nel biota ai vari livelli trofici (Klaine *et al.* 2008).

Sebbene i processi di trasporto sembrano lasciare ampiamente inalterate la struttura e le proprietà delle ENP, la chimica locale dell'ambiente può operare trasformazioni e agire

NANOPARTICELLE NON INGEGNERIZZATE

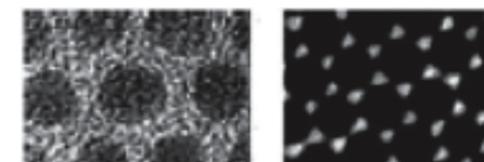


Eruzioni vulcaniche

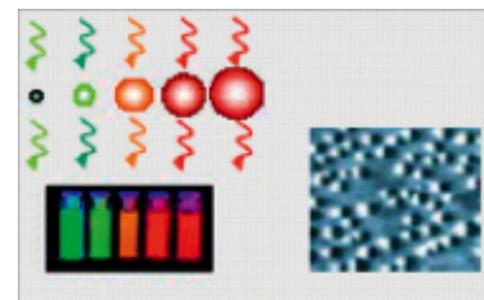


Scarichi da motori ed emissioni industriali

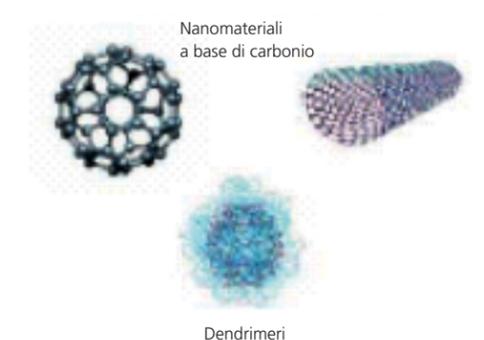
NANOMATERIALI INGEGNERIZZATI



Nanoparticelle di metalli e ossidi metallici



Quantum dot



Dendrimeri

Nanomateriali a base di carbonio

anche fortemente sulla loro biodisponibilità. Per trasformazione si intende qualsiasi modificazione fisica, chimica, reazioni fotochimiche, nonché reazioni biologiche all'interno o in presenza di organismi (Ju-Nam *et al.* 2008).

Una volta raggiunto l'ambiente marino, la misura in cui le ENP possono interagire con entità abiotiche e biotiche, agendo ad esempio da trasportatori (*carriers*) di altri inquinanti ambientali, dovrebbe essere tra le priorità per la valutazione del rischio ambientale (Hartmann & Baun 2010).

Attualmente le tre principali fonti di rilascio delle ENP nell'ecosistema marino sono riconosciute:

- nei prodotti cosmetici e per l'igiene personale, in particolare i filtri solari: in questi ultimi, infatti, la quasi totale presenza di ENP di ZnO e TiO_2 (Botta *et al.* 2011; Labille *et al.* 2010) fa sì che esse vengano direttamente rilasciate in mare per essere quindi assunte da organismi bentonici filtratori o infossati nei sedimenti; recenti studi sul TiO_2 ne denunciano la tossicità per il plancton marino esposto alla radiazione solare ultravioletta (Miller *et al.* 2012);

- negli effluenti di depurazione (per “effluente” si intende qualsiasi materiale di scarico degli stabilimenti industriali, delle abitazioni o delle produzioni agricole), il cui apporto ancora oggi è di difficile valutazione vista la mancanza di informazioni su come le ENP possano interferire con il processo di trattamento e/o essere rimosse dai fanghi; secondo un recente studio condotto negli USA, in un tipico processo di trattamento delle acque reflue o di dilavamento le ENP assorbono altri macro e micro-inquinanti, portando alla formazione di aggregati caratterizzati da ben altre proprietà chimico-fisiche e

1. Fonti di nanomateriali: dai non ingegnerizzati prodotti dalle eruzioni vulcaniche, dagli scarichi dei motori e dalle emissioni industriali, agli ingegnerizzati come metalli e ossidi di metalli, *quantum dot*, a base di carbonio e dendrimeri (modificato da Farré *et al.* 2009)

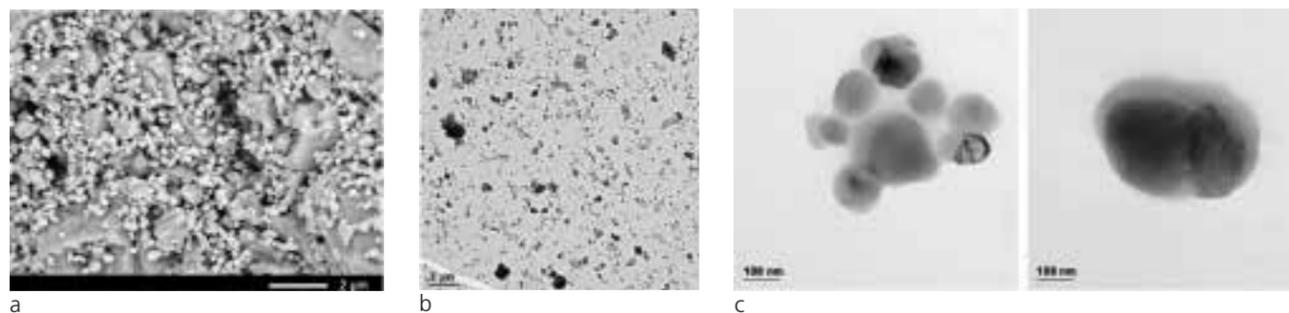
comportamentali (Kiser *et al.* 2009; Brar *et al.* 2010; Kim *et al.* 2011);

- nelle vernici antivegetative, vale a dire destinate ad evitare l'attacco e la crescita di organismi acquatici sugli scafi delle imbarcazioni e in altre strutture marittime (Dineshram *et al.* 2010; Upadhyayula *et al.* 2010). Nella produzione di queste vernici, infatti, sono stati impiegati su vasta scala composti organostannici, contenenti cioè almeno un legame fra carbonio e stagno, i quali dopo qualche anno sono stati banditi in quanto responsabili di causare gravi alterazioni nello sviluppo sessuale dei gasteropodi (il cosiddetto *imposex*, consistente nel formarsi di strutture genitali maschili in individui femminili). I dati disponibili mostrano che i composti organostannici sono tossici anche a livelli relativamente bassi d'esposizione e non solo per gli invertebrati marini, ma anche per i mammiferi; è inoltre dimostrata la tossicità degli organostannici per il sistema immunitario.

Gli organismi marini: assorbimento e tossicità

La maggior parte dei dati eco-tossicologici attualmente disponibili sono limitati alle specie più comunemente utilizzate nei test di tossicità acuta e di conseguenza preferenzialmente di acqua dolce (Baun *et al.* 2008; Bouldin *et al.* 2008; Blaise *et al.* 2008; Federici *et al.* 2007; Handy *et al.* 2008a e 2008b; Hartmann *et al.* 2010; Lovren & Klaper *et al.* 2006; Roh *et al.* 2010) (fig. 3).

Che in tema di tossicità delle ENP in ambiente marino si riportino dati discordanti e spesso perfino contraddittori dipende essenzialmente dal fatto che le attuali conoscenze sul



2. a) Immagine al microscopio elettronico a scansione (SEM-BSE) di nanoparticelle di biossido di titanio (TiO_2) dalla pittura della facciata di un edificio; (b) immagini al microscopio elettronico a trasmissione (TEM) di nanoparticelle di TiO_2 in acque di dilavamento di una facciata: è possibile riconoscere aggregati di più nanoparticelle (grigio scuro) rivestite dalla sostanza organica presente nella vernice (grigio chiaro); (c) immagine al TEM di un campione di dilavamento urbano dove è possibile riconoscere alcune nanoparticelle di TiO_2 rivestite dallo stesso materiale organico presente nelle vernici (da Kaegi *et al.* 2008)

loro destino e comportamento in tale ambiente sono ancora basate più su ipotesi che su evidenze sperimentali. La difficoltà nel formulare ipotesi suscettibili di essere condivise dalla comunità scientifica è sicuramente connessa non soltanto alla varietà di ENP utilizzate per le sperimentazioni, ma anche alla diversa fisiologia degli organismi-modello e non utilizzati. In generale, tre livelli trofici dovrebbero essere indicati come potenziali *target* di ENP in ambiente marino:

- organismi filtratori, perlopiù esposti a concentrazioni elevate di ENP presenti nelle acque di superficie rilasciate da fonti terrestri e atmosferiche;
- organismi pelagici, dal fitoplancton ai pesci e ai mammiferi, esposti durante la loro migrazione verticale;
- organismi bentonici, esposti in seguito a precipitazione delle ENP nei sedimenti.

Il fatto che non vi siano ancora prove chiare o sicure del verificarsi di processi di arricchimento delle ENP all'interno degli organismi (noti come "bioaccumulo") e di aumento della concentrazione delle stesse lungo le reti trofiche (noti come "biomagnificazione") sottolinea fortemente la necessità di studi rivolti in questo senso (fig. 4).

Per quanto concerne gli organismi filtratori, i molluschi gasteropodi e bivalvi si sono rivelati da tempo come strumenti di notevole sensibilità per lo studio dell'accumulo e della tossicità delle ENP, risultandone perciò confermata l'importanza nell'ambito delle ricerche di tipo ecotossicologico (Canesi *et al.* 2010a, 2010b, 2012; Moore *et al.* 2009; Tedesco *et al.* 2008, 2010; Ward *et al.* 2009).

Riguardo agli organismi pelagici, la maggior parte degli studi si è fino a oggi concentrata su specie planctoniche, rimanendo perlopiù inesplorato il mondo dei vertebrati (non è così, invece, per i vertebrati d'acqua dolce; cfr.: Oberdörster *et al.* 2004, 2006; Federici *et al.* 2007; Shaw & Handy 2011).

Con riferimento agli organismi bentonici, invece, studi effettuati su anellidi policheti e, più di recente, sul riccio di mare *Paracentrotus lividus*, sottolineano la necessità di estendere l'indagine a molte più specie e su un maggior gruppo di ENP (Galloway *et al.* 2010; Buffet *et al.* 2011; Falugi *et al.* 2012).

Fattori che influenzano la tossicità

Secondo quanto ipotizzato sulla base di scenari ambientali realistici, l'autoaggregazione delle ENP in grandi masse di dimensioni micrometriche, come pure il loro inserimento in materiale inerte, sarebbero suscettibili di aumentarne la biodisponibilità ovvero la frazione che può essere assorbita dagli organismi viventi e di riflesso, la tossicità. Tuttavia, secondo un recente studio condotto da Navarro *et al.* (2008), la tossicità di ENP inorganiche, quali ad esempio AgNP e ZnONP, sembra sia da attribuire più al rilascio di ioni metallici tossici

(Ag^+ o Zn^{2+}) dalla ENP che alla nanoparticella stessa seppure soggetta ad aggregazione. Studi condotti sul fitoplancton marino sostengono l'ipotesi secondo cui la tossicità di NP di ZnO sarebbe legata al rilascio e all'assorbimento da parte degli organismi di ioni Zn liberi (Miller *et al.* 2010; Peng *et al.* 2011). Le differenze inter-specifiche osservate in tutti gli organismi marini studiati fino a oggi in termini di sensibilità e di tossicità alle ENP sembrano quindi supportare l'ipotesi che gli effetti complessivi sugli organismi marini possano variare a seconda del tipo di nanoparticelle (inorganiche od organiche, solubili o aggregate) e del gruppo sistematico di appartenenza degli organismi (Miller *et al.* 2010).

Ulteriori studi sono quindi necessari per chiarire il modo con cui le ENP vengono assunte dagli organismi marini, localizzate nei tessuti e, successivamente, conservate negli organi.

Infine, *last but not least*, le ENP possono agire sugli organismi o direttamente a causa delle loro proprietà intrinseche, o indirettamente – per l'effetto denominato *cavallo di Troia* – trasportando altre sostanze chimiche naturali e/o sintetiche. Secondo quanto è stato ipotizzato da Novack & Bucheli (2007) l'interazione delle ENP con altri inquinanti ambientali può amplificare e/o diminuire la loro tossicità.

Recenti studi su organismi acquatici considerati come modelli ecotossicologici (*Daphnia sp.* e *Onchorynchus mykiss*) mostrano come si verifichi un maggiore bioaccumulo di cadmio in condizioni di co-esposizione con NP di TiO_2 (Hartmann *et al.* 2010; Zhang *et al.* 2007). L'adsorbimento del cadmio alle nanoparticelle di TiO_2 e in particolare all'anatasio (la forma più comune di TiO_2), sarebbe alla base di questo fenomeno già descritto in passato (Gao *et al.* 2004). Ciò può avere un impatto significativo sul destino e comportamento degli inquinanti ambientali adsorbiti alle ENP, tenendo anche conto delle relazioni che le stesse instaurano con gli organismi una volta raggiunte le acque marine (Keller *et al.* 2010).

Nano-ecotossicologia: prospettive e sviluppi futuri

Gli studi ecotossicologici futuri dovrebbero concentrarsi sulla caratterizzazione dei nanomateriali nelle matrici ambientali ovvero sulla conoscenza delle loro proprietà chimico-fisiche nelle diverse matrici, in modo da predire il destino, il trasporto, la reattività e di conseguenza il loro impatto sugli organismi. In accordo con le recenti politiche di ricerca internazionali, come ad esempio quella sviluppata negli Stati Uniti nell'ambito dei Centri per lo Studio delle implicazioni delle Nanotecnologie (Centers for the Environmental Implications of NanoTechnology, US-CEINTs) (Godwin *et al.* 2009; Wiesner *et al.* 2009), il punto chiave è proprio lo sviluppo di una nano-ecotossicologia marina. L'approccio ecotossicologico di tipo classico, cioè sperimentato e risultato valido per contaminanti di dimensioni non nano, non sempre è capace di



3. Esemplare di crostaceo *Daphnia magna* esposto a nanotubi di carbonio di approx. 13 nm (da www.crustacea.co.uk/page7.php)

fornire risposte sui nanomateriali e il loro impatto ambientale. Nasce quindi l'esigenza di studi ecotossicologici *ad hoc* che si concentrino non solo sulle nanoparticelle di per se stesse, ma anche sui nano-prodotti "ingegnerizzati" (definiti anche "funzionalizzati"), ovvero così come vengono commercializzati e rilasciati nell'ambiente, e i nano-composti che ne derivano in seguito a trasformazione in ambiente naturale (ad esempio per aggregazione, agglomerazione e interazione con altri contaminanti). "Complessità" è la parola chiave con la quale può essere descritto il mondo dei nanomateriali e delle loro interazioni con le matrici ambientali. Alcuni tipi di nanomateriali possono rivelarsi tossici in laboratorio e inerti nell'ambiente naturale, mentre altri inerti in laboratorio, una volta trasferiti nell'ambiente naturale e in particolare marino, possono diventare tossici in seguito a trasformazioni sia abiotiche sia biotiche. Una caratteristica estremamente importante dei nanomateriali è la loro diversità. D'altra parte, le ENP potrebbero comportarsi diversamente rispetto ad altre classi di sostanze chimiche artificiali, creando nuove sfide in materia di valutazione ecotossicologica e analisi del rischio.

Un ben progettato e completo studio ecotossicologico in ambiente marino dovrebbe affrontare le seguenti problematiche:

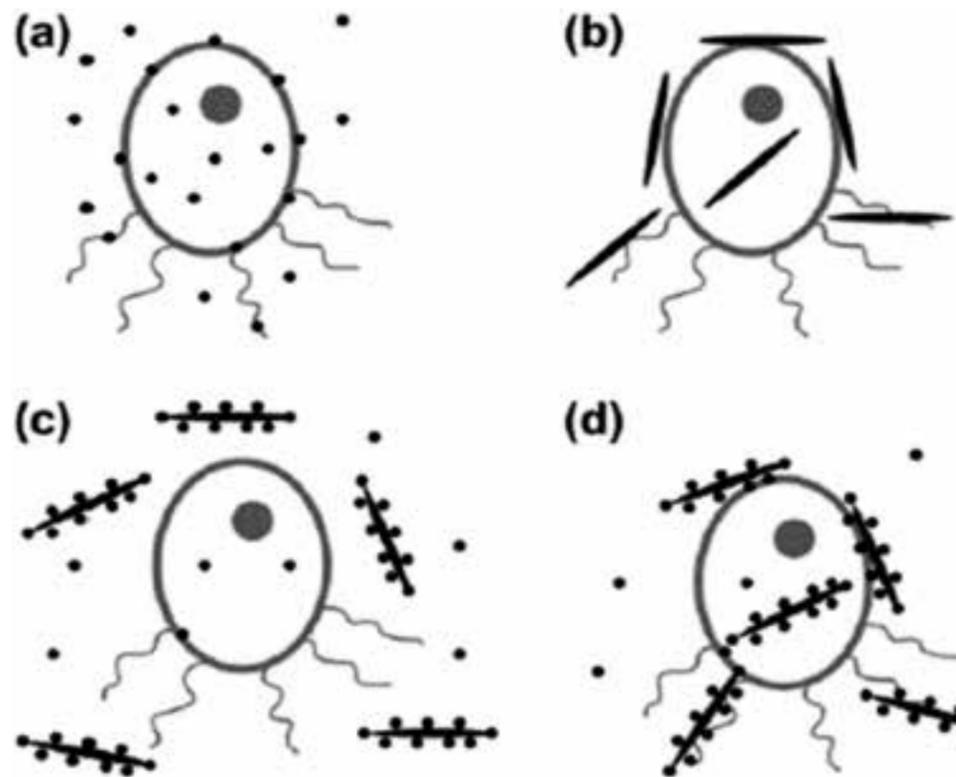
a) la diversità e la variabilità, compresa la caratterizzazione chimico-fisica (ad esempio dimensione e struttura) nelle diverse matrici ambientali;

b) le trasformazioni, in termini di processi chimici e biologici che si verificano durante l'intero ciclo di vita ovvero dal nanomateriale tal quale fino a ciò che si origina in seguito alle modificazioni a cui va incontro una volta rilasciato nelle matrici ambientali;

c) effetti anomali come il *cavallo di Troia*, coinvolgenti cioè la biodisponibilità, l'assorbimento, il bioaccumulo e il trasferimento lungo la rete trofica e, conseguentemente, il grado di tossicità di contaminanti ambientali.

Un approccio interdisciplinare dovrà anche considerare l'importanza della fisiologia dei diversi taxa (specie) considerati come potenziali *target* delle ENP, orientando verso la selezione e l'utilizzo di una serie di organismi considerati modelli biologici ovvero rappresentativi di una determinata matrice ambientale e/o "organismi-sentinella" prettamente marini.

In conclusione, i gli elementi-chiave da considerare in nano-ecotossicologia marina – riconosciuti anche a livello europeo dal NanoSafety Cluster del Direttorato Europeo Generale per la Ricerca ed Innovazione e promossi dal Marine NanoEcotox Focus Group – possono essere così riassunti:



4. Schema delle possibili interazioni tra nanoparticelle (indicate con punti), contaminanti ambientali (indicati con le barre) e organismi (come esempio è stata presa un'alga): (a) adsorbimento e assorbimento del contaminante; (b) adsorbimento e assorbimento delle nanoparticelle; (c) adsorbimento (o assorbimento) dei contaminanti alle nanoparticelle e riduzione dell'assorbimento del contaminante da parte dell'organismo; (d) adsorbimento delle nanoparticelle con contaminanti adsorbiti (o assorbiti) e possibile assorbimento del complesso contaminante-nanoparticelle (da Novack & Bucheli 2007)

- l'ecosistema marino può agire come potenziale serbatoio di accumulo delle ENP;

- le ENP, i nano-composti e i loro prodotti di trasformazione possono comportarsi in modo differente a seconda della natura del corpo idrico recettore, influenzandone così la biodisponibilità e la tossicità;

- in quanto soggette a bioaccumulo e biomagnificazione lungo le reti trofiche, le ENP possono influenzare le risorse biologiche marine e quindi anche la salute dell'uomo che vi attinge a scopo alimentare;

- le ENP possono deteriorare la qualità degli ambienti, in

particolare quelli delle aree costiere, con ripercussioni negative sul piano sia sociale sia economico;

- le ENP possono essere estremamente utili per la bonifica delle acque e dei sedimenti marini contaminati, nonché come efficaci antivegetativi, rappresentando perciò un ottimo strumento per la sostenibilità degli ecosistemi.

L'autore del presente contributo è co-chair del Marine Ecotox Focus Group, facente parte del NanoSafety Cluster del Directorate Generale per la Ricerca ed Innovazione.

Testi citati e di riferimento

Baun A., Hartmann N.B., Grieger K. & Kusk K.O. (2008) - *Ecotoxicity of engineered nanoparticles to aquatic invertebrates: a brief review and recommendations for future toxicity testing*. *Ecotoxicology*, 17: 387-395.

Blaise C., Gagne F., Ferard J.F. & Eullaffroy P. (2008) - *Ecotoxicity of selected nanomaterials to aquatic organisms*. *Environ. Toxicol.*, 23: 591-598.

Botta C., Labille J., Auffan M., Borschneck D., Miche H., Cabie M., Masion A., Rose J. & Bottero J.Y. (2011) - *TiO₂-based nanoparticles released in water from commercialized sunscreens in a life-cycle perspective: structure and quantities*. *Environ. Pollut.*, 148: 1543-1550.

Bouldin, J.L., Ingle T.M., Sengupta A., Alexander R., Hannigan R.E. & R.A. Buchanan (2008) - *Aqueous toxicity and food chain transfer of quantum dots in freshwater algae and Ceriodaphnia dubia*. *Environ. Toxicol. Chem.*, 26: 1958-1963.

Brar S.K., Verma M., Tyagi R. D. & Surampalli R. Y. (2010) - *Engineered nanoparticles in wastewater and wastewater sludge-evidence and impacts*. *Waste Manag.*, 30: 504-520.

Buffet P.E., Tankoua O.F., Pan J.F., Berhanu D., Herrenknecht C., Poirier L., Amiard-Triquet C., Amiard J.C., Bérard J.B., Risso C., Guibolini M., Roméo M., Reip P., Valsami-Jones E. & Mouneyrac C. (2011) - *Behavioural and biochemical responses of two marine invertebrates Scrobicularia plana and Hediste diversicolor to copper oxide nanoparticles*. *Chemosphere* Doi:10.1016/j.chemosphere.2010.03.001.

Canesi L., Fabbri R., Gallo G., Vallotto D., Marcomini A. & Pojana G. (2010a) - *Biomarkers in Mytilus galloprovincialis exposed to suspensions of selected nanoparticles (Nano carbon black, C₆₀ fullerene, Nano-TiO₂, Nano-SiO₂)*. *Aquat. Toxicol.*, 100: 168-77.

Canesi L., Ciacci C., Vallotto D., Gallo G., Marcomini A. & Pojana G. (2010b) - *In vitro effects of suspensions of selected nanoparticles (C₆₀ fullerene, TiO₂, SiO₂) on Mytilus hemocytes*. *Aquat. Toxicol.*, 96: 151-158.

Canesi L., Ciacci C., Fabbri R., Marcomini A., Pojana G. & Gallo G. (2012) - *Bivalve molluscs as an unique target group for nanoparticle toxicity*. *Mar. Environ. Res.*, 76: 16-21.

Dineshram R., Subasri R., Somaraju K.R.C., Jayaraj K., Vedaprakash L., Ratnam K., Joshi S.V. & Ventatesan R. (2009) - *Biofouling studies on nanoparticles-based metal oxide coatings on glass coupons exposed to marine environment*. *Coll. Surf. B: Biointerfaces*, 74: 75-83.

Falugi C., Aluigi M.G., Chiantore M.C., Privitera D., Ramoino P., Gatti M.A., Fabrizi A., Pinsino A. & Matranga V. (2012) - *Toxicity of metal oxide nanoparticles in immune cells of the sea urchin*. *Mar. Environ. Res.*, 76: 114-121.

Federici G., Shaw B. & Handy R.D. (2007) - *Toxicity of titanium dioxide nanoparticles to rainbow trout (Onchorhynchus mykiss): gill injury, oxidative stress and other physiological effects*. *Aquat. Toxicol.*, 84: 415-430.

Galloway T., Lewis C., Dolciotti I., Johnston B.D., Moger J. & Regoli F. (2010) - *Sublethal toxicity of nano-titanium dioxide and carbon nanotubes in a sediment dwelling marine polychaete*. *Environ. Pollut.*, 158: 1748-1755.

Gao Y., Wahi R., Kan A.T. & Falkner J.C. (2004) - *Absorption of cadmium on anatase nanoparticles effect of crystal size and pH*. *Langmuir*, 20: 9585-9593.

Godwin H.A., Chopra K., Bradley K.A., Cohen Y., Herr Harthorn B., Hoek E.M.V., Hoden P., Keller A.A., Lenihan H.S., Nisbet R.M. & Nel

A.E. (2009) - *The University of California Center for the Environmental Implications of nanotechnology*. *Environ. Sci. Technol.*, 43: 6453-6457.

Handy R.D., Owen R. & Valsami-Jones E. (2008a) - *The ecotoxicology of nanoparticles and nanomaterials: current status, knowledge gaps, challenges, and future needs*. *Ecotoxicology*, 17: 315-325.

Handy R.D., Henry T.B., Scown T.M., Johnston B.D. & C.R. Tyler (2008b) - *Manufactured nanoparticles: their uptake and effects on fish: a mechanistic analysis*. *Ecotoxicology*, 17: 396-409.

Hartmann N.B. & A. Baun (2010) - *The nano cocktail: ecotoxicological effects of engineered nanoparticles in chemical mixtures*. *Integrat. Environ. Ass. Manag.*, 6: 311-314.

Hartmann N.B., von der Kammer F., Hofmann T., Baalousha M. Otfuellling S. & Baun A. (2010) - *Algal testing of titanium dioxide nanoparticles-testing considerations, inhibitory effects and modification of cadmium bioavailability*. *Toxicol.*, 269: 190-197.

Ju-Nam Y. & Lead J.R. (2008) - *Manufactured nanoparticles: an overview of their chemistry, interactions and potential environmental problems*. *Sci. Tot. Environ.*, 400: 396-414.

Kaegi R., Ulrich A., Sinnet B., Vonbank R., Wichser A., Zuleeg S., Simmler H., Brunner S., Vonmont H., Burkhardt M. & Boller M. (2008) - *Synthetic TiO₂ nanoparticles emission from exterior facades into the aquatic environment*. *Environ. Pollut.*, 156: 233-239.

Keller A.A., Wang H., Zhou D., Lenihan H., Cherr G., Cardinale B.J., Miller R. & Ji Z. (2010) - *Stability and aggregation of metal oxide Nanoparticles in natural aqueous matrices*. *Environ. Sci. Technol.*, 44: 1962-1967.

Kim B., Sungpark C., Murayama M. & M.J.R. Hochella (2010) - *Discovery and characterization of silver sulfide nanoparticles in final sewage sludge products*. *Environ. Sci. Technol.*, 44: 7509-7514.

Kiser M. A., Westerhoff P., Benn T., Wang Y., Pérez-Rivera J. & Hristovski K. (2009) - *Titanium nanomaterial removal and release from wastewater treatment plants*. *Environ. Sci. Technol.*, 43: 6757-6763.

Klaine S.J., Alvarez P.J.J., Batley G.E., Fernandes T.F., Handy R.D., Lyon D.Y., Mahendra S., McLaughlin M.J. & Lead J.R. (2008) - *Nanomaterials in the environment: behavior, fate, bioavailability, and effects*. *Environ. Toxicol. Chem.*, 27: 1825-1851.

Labille J., Feng J., Botta C., Borschneck D., Sammut M., Cabie M., Auffan M., Rose J. & Bottero J.Y. (2010) - *Aging of TiO₂ nanocomposites used in sunscreen. Dispersion and fate of the degradation products in aqueous environment*. *Environ. Pollut.*, 158: 3482-3489.

Lovern S. B. & Klaper R. (2006) - *Daphnia magna mortality when exposed to titanium dioxide and Fullerene (C60) nanoparticles*. *Environ. Toxicol. Chem.*, 25: 1132-1137.

Miller R.J., Lenihan H.S. Muller E.K., Tseng N., Hanna S.K. & A.A. Keller (2010) - *Impacts of metal oxide nanoparticles on marine phytoplankton*. *Environ. Sci. Technol.*, 44: 7329-7334.

Miller R.J., Bennett S., Keller A.A., Pease S. & Lenihan H.S. (2012) - *TiO₂ nanoparticles are phototoxic to marine phytoplankton*. *PlosOne*, 7: e30321.

Moore M. N. (2006) - *Do nanoparticles present ecotoxicological risks for the health of the aquatic environment?* *Environ. Internat.*, 32: 967-976

Moore M.N., Readman J.A.J., Readman J.W., Lowe D.M., Frickers P.E. & Beesley A. (2009) - *Lysosomal cytotoxicity of carbon nanoparticles in cells*

of the molluscan immune system: An in vitro study. *Nanotoxicol.* 3: 40-45.

Navarro E., Baun A., Behra R., Hartmann N.B., Filser J., Miao A.J., Quigg A., Santschi P.H. & Sigg L. (2008) - *Environmental behavior and ecotoxicity of engineered nanoparticles to algae, plants, and fungi*. *Ecotoxicology*, 17: 372-386.

Nel A., Xia T., Madler L. & Li N. (2006) - *Toxic potential of materials at the nanolevel*. *Science*, 311: 622-627.

Novack B. & Bucheli T.D. (2007) - *Occurrence, behavior and effects of nanoparticles in the marine environment*. *Environ. Pollut.*, 150: 5-22.

Oberdörster E. (2004) - *Manufactured nanomaterials (fullerenes, C60) induce oxidative stress in the brain of juvenile largemouth bass*. *Environ. Health Persp.*, 112: 1058-1062.

Oberdörster E., Zhu S., Blickley T., McClellan-Green P. & Haasch M. (2006) - *Ecotoxicology of carbon-based engineered nanoparticles: effects on aquatic organisms*. *Carbon*, 44: 1112-1120.

Peng X., Palma S., Fisher N.S. & Wong S.S. (2011) - *Effect of morphology of ZnO nanostructures on their toxicity to marine algae*. *Aquat.Toxicol.*, 102: 186-198.

Royal Commission on Environmental Pollution (RCEP) (2008) - *Novel Materials in the Environment: The Case of Nanotechnology*. The Stationery Office, Norwich, UK, 147 pp.

Roh Y., Park Y., Park K. & Choi J. (2010) - *Ecotoxicological investigation of CeO₂ and TiO₂ nanoparticles on the soil nematode Caenorhabditis elegans using gene expression, growth, fertility and survival endpoints*. *Environ. Toxicol. Pharmacol.*, 29: 167-172.

Shaw B.J. & Handy R. D. (2011) - *Physiological effects of nanoparticles on fish: A comparison of nanometals versus metal ions*. *Environ. Internat.*, 37: 1083-1097.

Stolpe B. & Hasselov M. (2007) - *Changes in size distribution of fresh water nanoscale colloidal matter and associated elements on mixing in seawater*. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 71: 3292-3301.

Tedesco S., Doyle H., Redmond G. & Sheehan D. (2008) - *Gold nanoparticles and oxidative stress in Mytilus edulis*. *Mar. Environ. Res.*, 66: 131-133.

Tedesco S., Doyle H., Blasco J., Redmond G. & Sheehan D. (2010) - *Exposure of the blue mussel Mytilus edulis to gold nanoparticles and the prooxidant menadione*. *Comp. Biochem. Physiol. Part C*, 151: 167-164.

Upadhyayula V.K.K. & Gaghamshetty V. (2010) - *Appreciating the role of carbon nanotube composites in preventing biofouling and promoting biofilms on material surfaces in environmental engineering*. *Biotechnol. Adv.*, 28: 802-816.

Ward J.E. & Kach D.J. (2009) - *Marine aggregate facilitate the ingestion of nanoparticles by suspension-feeding bivalves*. *Mar. Environ. Res.*, 68: 137-142.

Wiesner M.R., Lowry G.V., Jones K.L., Hochella M.F.Jr, Di Giulio R.T., Casman E. & Bernhardt E.S. (2009) - *Decreasing uncertainties in assessing environmental exposure, risk and ecological implications of nanomaterials*. *Environ. Sci. Technol.*, 43: 6458-6462.

Zhang X., Sun H., Zhang Z. & Niu Q. (2007) - *Enhanced bioaccumulation of cadmium in carp in the presence of titanium dioxide nanoparticles*. *Chemosphere*, 67: 160-166.

Siti internet utilizzati

<http://www.crustacea.co.uk/page7.php>
<http://www.nanosafetycluster.eu/working-groups/2-hazard-wg/marine-ecotox.html>

Archeozoologia. La ricostruzione del comportamento umano dall'esame dei resti faunistici recuperati nei siti archeologici

Jacopo Crezzini, Adriana Moroni

Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze Ambientali "G. Sarfatti", U.R. Ecologia Preistorica, via Laterina 8 - 53100 Siena
crezzini@unisi.it, adriana.moroni@unisi.it

Sogno di ogni archeologo è ritrovarsi di fronte a un abitato umano preistorico e poter osservare una scena di vita quotidiana dei nostri antenati. Basterebbero anche pochi istanti per fugare innumerevoli dubbi, risolvere annose questioni, trovare ambite conferme alle numerose ipotesi che ogni giorno vengono formulate dagli studiosi del passato. Ma sappiamo bene che è un sogno, e tale rimarrà, vedere con i propri occhi quello che pazientemente possiamo ricercare solo su quanto la benevolenza della fortuna ha deciso di risparmiare dall'usura del tempo. Pietre, ossa, resti di fuoco sono spesso le uniche tracce per immaginare come eravamo. Quando riusciamo a ricostruire anche un piccolissimo aspetto della cultura umana del passato, di fronte a esso proviamo un senso di fascino unito a un pizzico di nostalgia, istintivamente. Ci immaginiamo un uomo congiunto indissolubilmente alla Terra e, riscoprendo un lato in più della sua esistenza, al tempo stesso invidiamo la sua conoscenza del mondo naturale. Forse molti ignorano che le grandi quantità di ossa animali che si ritrovano nei siti archeologici sono tra i documenti più importanti sui quali leggere molti dei gesti quotidiani compiuti dai nostri progenitori. Le informazioni che possono essere dedotte dal loro studio rappresentano preziosi tasselli per ricostruire il grande mosaico della cultura umana del passato.

Le analisi archeozoologiche

Negli ultimi decenni, in particolare a partire dagli anni ottanta del secolo scorso, all'interno della ricerca archeologica hanno assunto sempre maggiore importanza gli studi condotti sui resti faunistici recuperati nel corso degli scavi. La disciplina che comprende tutte le analisi effettuate sui reperti viene generalmente indicata con il termine di "archeozoologia" e consente di ottenere una notevole quantità di dati utili alla ricostruzione del compor-

tamento dell'uomo nel passato. Il materiale esaminato è infatti ciò che rimane degli animali coinvolti nelle attività economiche, rituali e sociali delle comunità umane in epoche preistoriche e storiche (Legge 1978).

Uno dei principali obiettivi dell'archeozoologia è l'individuazione delle specie alle quali sono riferibili i resti ritrovati, condotta attraverso la comparazione degli elementi fossili con scheletri di animali attuali. Presso l'Unità di Ricerca di Ecologia Preistorica del Dipartimento di Scienze Ambientali dell'Università di Siena è presente un'ampia collezione di confronto di scheletri di macro-mammiferi, per mezzo della quale è possibile la determinazione dei reperti fossili recuperati nei giacimenti (fig. 1). Il confronto con ossa di animali attuali è valido sia per resti faunistici di epoca recente sia per quelli legati a fasi più antiche della storia dell'uomo, in ragione del fatto che le morfologie scheletriche delle varie specie non hanno subito significative variazioni nel corso dell'intero Quaternario.

Alla determinazione tassonomica dei resti segue la valutazione dell'età di morte o di uccisione degli animali, effettuata attraverso l'osservazione dello stato di eruzione, sostituzione e usura dei denti, nonché del grado di fusione delle epifisi e di ossificazione delle ossa. In alcuni casi è possibile anche la determinazione del sesso osservando le diverse morfologie di alcune parti scheletriche (coxali, denti) (Grant 1982; Eisenmann 1981).

Una fonte molto importante di dati oggettivi per il lavoro dell'archeozoologo è l'osteometria. In letteratura esistono numerosi lavori che indicano, per ogni specie, quali misure rilevare su denti, elementi craniali e postcraniali. In tal modo si ottengono valori confrontabili, validi per considerare variazioni di taglia,

che hanno caratterizzato la storia evolutiva delle varie specie nel Quaternario (Von Den Driesch 1976; Eisenmann 1979 e 1980; Habermehl 1985).

Tutte le analisi precedentemente descritte riguardano esclusivamente reperti per i quali è possibile risalire alla specie di appartenenza. Molto spesso, però, il materiale osteologico recuperato negli scavi archeologici è per la maggior parte costituito da frammenti non determinabili a livello tassonomico. La frazione di campione che comprende questi resti viene indicata con il termine "indeterminato" e la sua analisi risulta indispensabile per ottenere un quadro più completo delle attività di sussistenza adottate dall'uomo (Blumenshine & Selvaggio 1988; Outram 2001). Lo studio archeozoologico include infatti un'accurata analisi tafonomica dei resti faunistici. Ogni piccola modifica rilevabile sulle ossa viene analizzata al fine di individuare quali agenti (e con quale grado rispettivamente) hanno influenzato la conservazione e l'eventuale trasformazione dell'accumulo osseo ritrovato. Tra gli agenti di natura biotica è compresa l'azione antropica. A essa sono legate varie tipologie di tracce riscontrabili sulle superfici ossee: strie, fratture, incavi provocati dall'uomo attraverso l'utilizzo di strumenti da taglio e da percussione nelle operazioni di trattamento delle prede (Malerba & Giacobini 1995; Giacobini *et al.* 2000; Bonnichsen 1989).

La Grotta dei Santi

Tra i vari giacimenti in studio da parte della nostra Unità di ricerca, di particolare interesse è la Grotta dei Santi nel Monte Argentario (Grosseto), riferita al Paleolitico medio. I dati fino a oggi ottenuti in questo sito rappresentano un chiaro esempio dell'importante contributo che le analisi archeozoologiche possono fornire alla ricostruzione del contesto antropico in studio.

La Grotta dei Santi si apre nel calcare cavernoso del versante sud-orientale dell'Argentario in una piccola cala, la Cala dei Santi appunto, delimitata a sud-ovest dalla punta dell'Avvoltore (fig. 2). La cavità attuale è il residuo di una ben più ampia caverna in buona parte scomparsa in epoca pretirreniana (cioè precedente all'ultimo episodio interglaciale), come dimostrano gli enormi blocchi di crollo ancora visibili sul fondo marino. Di tale caverna rimangono tracce anche in una grande nicchia, priva di riem-

pimento, e in altre nicchie minori sospese sulla falesia (fig. 3). La grotta, lunga 45 metri e larga, nel suo punto massimo, 40, è formata da un unico vasto ambiente la cui volta si trova a circa 18 metri s.l.m.; il riempimento, asportato nella parte anteriore, occupa ancora i 2/3 della cavità ed è costituito da un potente deposito di circa 10 metri di spessore (fig. 4). La presenza di resti preistorici alla Grotta dei Santi era già stata segnalata in passato da vari studiosi (Salvagnoli & Marchetti 1843; Nicolucci 1869), tra i quali Aldo G. Segre dell'Istituto Italiano di Paleontologia Umana, che ne aveva fornito una prima accurata descrizione della sequenza stratigrafica (Segre 1959).

Le ricerche dell'Università di Siena alla Grotta dei Santi – condotte dall'U.R. di Ecologia Preistorica (Dipartimento di Scienze Ambientali "G. Sarfatti") in collaborazione con la Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana – sono iniziate nel 2007 (Freguglia *et al.* 2007; Moroni Lanfredini *et al.* 2010) e sono tuttora in corso. Le indagini svolte hanno messo in luce la presenza di più fasi di frequentazione dell'Uomo di Neandertal. Tutti i livelli antropici hanno restituito, in associazione all'industria litica (fig. 5), abbondanti reperti faunistici (mammiferi, rettili, uccelli e molluschi). Tra la malacofauna si segnala il rinvenimento di grosse quantità del bivalve *Callista chione*, elemento che accomuna la Grotta dei Santi ad altri siti musteriani italiani. Non sono ancora disponibili datazioni per i diversi livelli di occupazione, collocabili comunque, dal punto di vista stratigrafico, in un arco di tempo compreso tra la fine dell'ultimo interglaciale (stadio isotopico 5e) e circa 40.000 anni fa. Nel panorama preistorico toscano e, più *in extenso*, dell'Italia centrale, la Grotta dei Santi si colloca tra le più significative testimonianze relative al Paleolitico medio, in quanto la potente sequenza stratigrafica ivi conservata rappresenta un prezioso archivio di dati antropici, climatici e paleoambientali relativo agli ultimi 100.000 anni.

I resti di macromammiferi

Al momento è stata effettuata l'analisi di un limitato campione di resti di macromammiferi recuperati a Grotta dei Santi che in ogni caso ha consentito la determinazione tassonomica di un discreto numero di ossa (Moroni Lanfredini *et al.* 2010). La maggior parte dei resti di macrofauna fino a oggi determinati appartiene



1. Determinazione dei reperti attraverso la comparazione con la collezione osteologica di riferimento dell'Unità di Ricerca di Preistoria



2. Grotta dei Santi: localizzazione del sito



3. La Grotta dei Santi vista dal mare

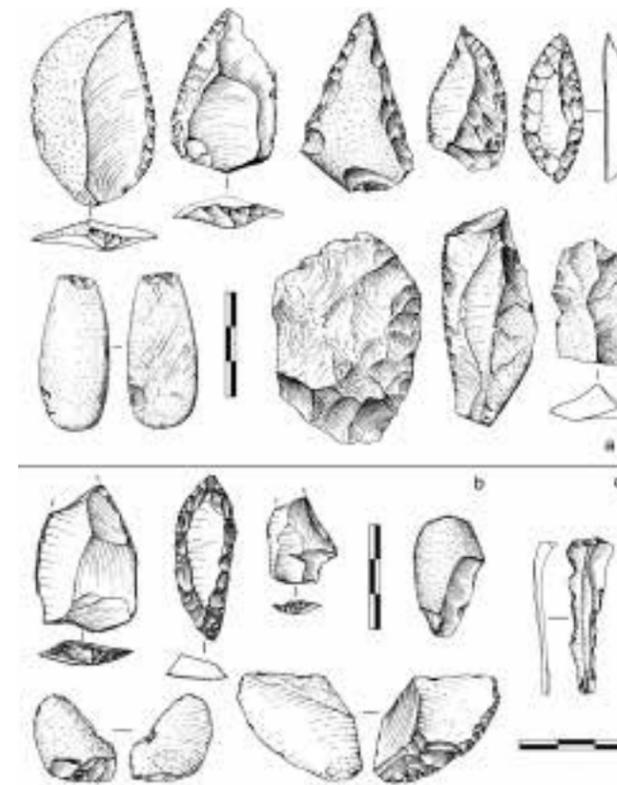
4. Veduta interna della Grotta dei Santi (foto di Stefano Ricci)



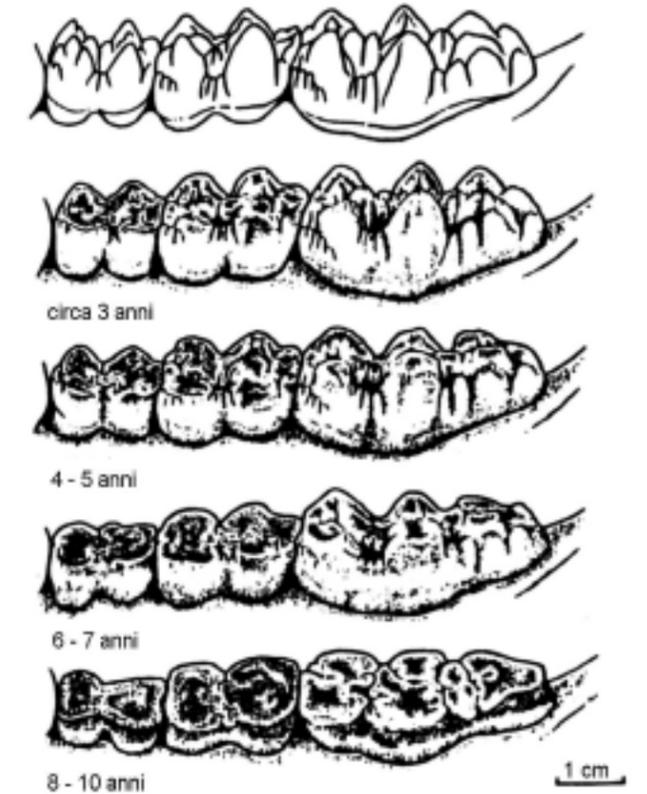
a ungulati (tab. 1). Tutti i livelli indagati hanno restituito ossa riferibili al cervo rosso (*Cervus elaphus*). Resti di un altro cervide, il capriolo (*Capreolus capreolus*) provengono invece dai soli livelli 110 e 111, insieme a quelli di un grande bovide adattato a zone aperte e oggi estinto, l'uro (*Bos primigenius*), rappresentato per altro in tutti gli altri livelli (questa specie, la cui altezza al garrese poteva raggiungere il metro e ottanta, durante il Paleolitico ebbe un'ampia diffusione negli ambienti steppici e di prateria arborata presenti nell'Italia centro-meridionale). Da un livello più basso (1004), e solo da questo, sono state recuperate ossa di stambecco (*Capra ibex*). Tutti questi resti rappresentano ciò che rimane degli animali uccisi dai cacciatori neandertaliani di Grotta dei Santi.

Durante il Paleolitico lo sfruttamento delle risorse animali da parte dell'uomo era basato principalmente sugli ungulati il cui reperimento avveniva seguendo una logica opportunistica. È infatti

da escludere l'ipotesi che l'uomo abbattesse preferibilmente alcune specie piuttosto che altre. Gli animali più diffusi nel territorio erano certamente i più cacciati. Con queste premesse è facile intendere come la valutazione della rappresentazione delle singole specie nel campione determinato a livello tassonomico (effettuata considerando le frequenze percentuali dei resti sul totale) possa riflettere il grado di diffusione degli animali nei dintorni del sito. Questo dato riferito agli erbivori, mammiferi più di altri vincolati alla copertura vegetale e alle oscillazioni climatiche, contribuisce alla ricostruzione degli ambienti in cui viveva l'uomo paleolitico (De Grossi Mazzorin 2008). Nel caso di Grotta dei Santi sono in corso analisi volte all'allargamento del campione determinato, a oggi ancora troppo ridotto per fornire dati significativi in questo senso (Moroni Lanfredini *et al.* 2010). Nonostante ciò, già in queste prime fasi di studio è possibile osservare come, tra le specie



5. Industria litica della Grotta dei Santi: a) - b) livelli musteriani (a: da Segre 1959; b: indagini Università di Siena); c) livelli olocenici (da Segre 1959)



6. Stadi di usura dei denti giugali di un cinghiale (*Sus scrofa*) in relazione all'età (da Habermehl 1985)

rappresentate, siano compresi due *taxa* legati ad ambienti boschivi (il cervo e il capriolo) associati all'uro, che poteva invece occupare zone più aperte di prateria arborata. Un elemento di diversificazione che, sotto il profilo stratigrafico, potrebbe assumere rilevanza è il rinvenimento dello stambecco nel livello 1004. L'acquisizione di ulteriori dati consentirà di meglio valutare se questa presenza – cui sembra associarsi, rispetto ai livelli superiori, una diminuzione dei cervidi – abbia valenza paleoclimatica ed essere quindi indicativa di un'oscillazione del clima in senso arido.

Una volta definito su quali animali si concentravano le attività venatorie dell'uomo, la ricerca continua valutando per ogni specie l'età di morte degli individui, cui è possibile risalire con un certo grado di approssimazione tramite l'esame di alcune parti scheletriche. La presenza di epifisi non saldate o non completamente fuse agli elementi diafisari e di resti la cui ossificazione non è completamente conclusa dimostra la presenza di individui giovani. Nella valutazione dell'età di morte degli animali gran parte dei dati è ottenibile dall'analisi dei denti ritrovati, sia per il buon numero di questi che spesso viene recuperato, sia per l'agevole esame che può essere su di essi condotto. Per ogni specie, oltre al semplice conteggio dei denti decidui, si procede all'osservazione dello stato di usura della superficie occlusale dei denti permanenti. I dati ottenuti vengono confrontati con quelli presenti in un'ampia letteratura di riferimento (Grant 1982; Eisenmann 1981; Habermehl 1985). Esistono infatti molti lavori che riportano, per ogni singola specie di erbivoro, le usure della superficie masticatoria in relazione all'età dell'animale, permettendo così di suddividere i resti esaminati in elementi riferibili a diversi stadi di crescita (fig. 6). Questi esami non consentono di risalire al numero preciso di anni, ma permettono di dividere i resti ritrovati in ossa appartenenti a soggetti giovani, subadulti, adulti e senili. L'importanza di tale dato è legata alla possibilità di ottenere informazioni più dettagliate riguardo la gestione da par-

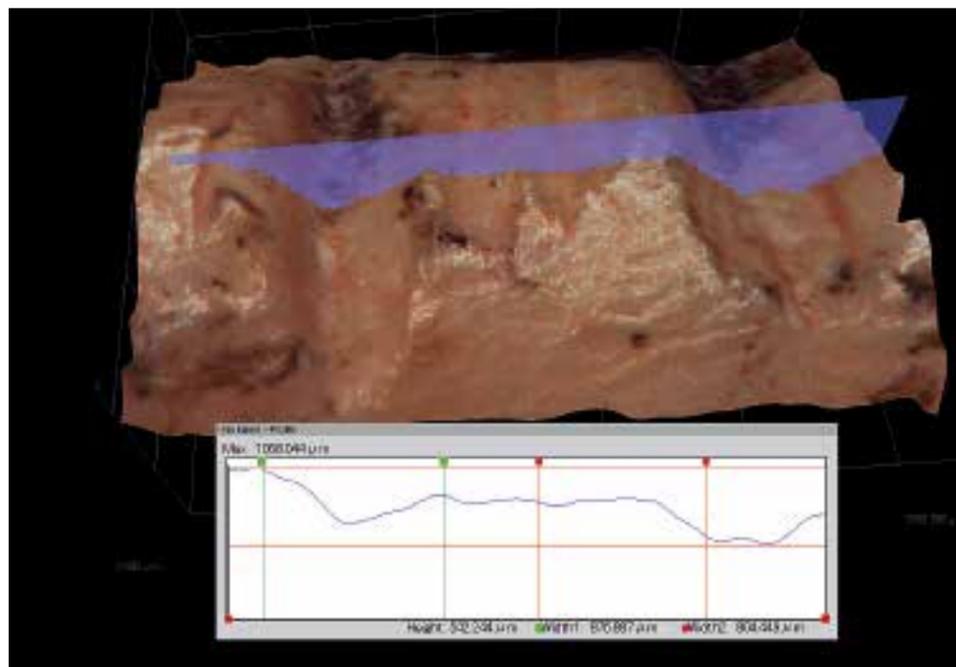
te dell'uomo delle risorse animali, verificando, all'interno delle specie, l'esistenza di abbattimenti selettivi di specifiche classi di età. Riguardo al cervo rosso, l'ungulato più cacciato dall'uomo a Grotta dei Santi, la maggior parte dei resti di questo appartiene a individui adulti e subadulti.

Per ogni specie cacciata è inoltre molto importante valutare quali parti scheletriche sono rappresentate nell'insieme osseo recuperato e le loro quantità. Nel luogo di abbattimento della preda, che poteva distare anche molti chilometri dal rifugio, l'impossibilità di trasportare alle grotte e ai ripari intere carcasse animali di considerevoli dimensioni poneva il cacciatore preistorico di fronte alla scelta di quali parti della preda rimuovere, abbandonando il resto. Le porzioni anatomiche sulle quali potevano ricadere le scelte antropiche dovevano essere quelle capaci di fornire la maggiore quantità (e la migliore qualità) di risorse: carne, midollo, grasso e anche prodotti non alimentari come pelli, corna, tendini e legamenti (Metcalf & Jones 1988; Brink 1997; Emerson 1993). In contesti paleolitici è comune osservare tra i resti di ungulati recuperati la dominanza di elementi del cranio e degli arti. Riguardo a Grotta dei Santi, gli elementi riferibili alla specie più abbondante, il cervo, sono per la maggior parte relativi a queste ultime parti anatomiche. La relativa mancanza di ossa del rachide spesso registrata nei resti delle prede dell'uomo preistorico suggerisce che il recupero della carne da questa regione anatomica fosse effettuato direttamente sul luogo di uccisione della preda, riducendo al minimo il trasporto al sito della colonna vertebrale e delle coste. Nel materiale recuperato negli strati fino a oggi indagati della grotta grossetana gli elementi del rachide sono rappresentati da pochi frammenti inclusi nel campione indeterminabile a livello specifico. Nel sito avveniva la vera e propria macellazione delle frazioni animali trasportate, utilizzando strumenti litici e seguendo precisi *step* operativi. Dopo lo spellamento si procedeva alla disarticolazione delle par-



7. Segni di taglio sul lato ventrale di una prima falange di cervo rosso (*Cervus elaphus*)

ti (tagliando tendini e legamenti) e al recupero della carne. Per questo venivano impiegati strumenti in pietra dal bordo tagliente. Tali operazioni provocavano sulle superfici delle ossa degli animali segni di taglio che vengono oggi attentamente esaminate dagli archeozoologi. L'analisi della morfologia e della posizione di queste tracce sulle diverse parti scheletriche può infatti fornire importanti informazioni per la ricostruzione delle metodiche adottate dall'uomo preistorico nella macellazione delle prede (Bonnichsen 1989; Lupu 1994). Una buona quantità di elementi di macrofauna recuperata a Grotta dei Santi presenta queste evidenze (fig. 7). La posizione di striature in zone dello scheletro non interessate dalla presenza di carne, bensì da robusti fasci fi-

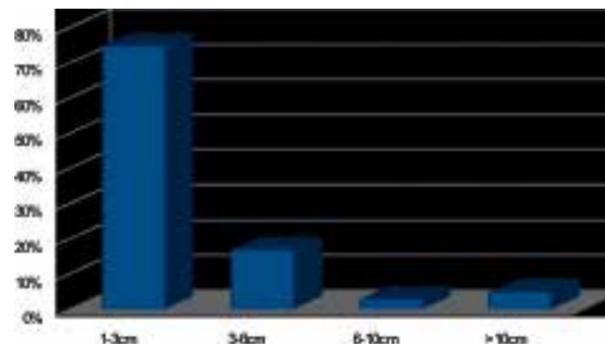


8. Strie lasciate dall'azione dell'uomo sulla superficie ossea di un reperto (foto ottenuta al videomicroscopio elettronico 3D)



9. Coni di percussione

brosi, suggerisce azioni di taglio legate alla disarticolazione della carcassa. Negli ultimi anni sono state sviluppate nuove tecniche per lo studio micromorfologico di queste tracce. La valutazione di alcune caratteristiche di queste evidenze (profondità, angolo di incisione, rapporti lunghezza-larghezza) può fornire informazioni fondamentali per il loro riconoscimento e per capire in quali operazioni e con quali strumenti siano state provocate. In questo settore di ricerca l'U.R. di Ecologia Preistorica sta portando avanti studi all'avanguardia, accolti con vivo interesse dalla comunità scientifica internazionale, grazie all'utilizzo di un videomicroscopio digitale tridimensionale di ultima generazione (Hirox Digital Microscope KH-7700) (Boschin & Crezzini 2011). Una delle più importanti funzioni di questo strumento (AMF 3D - Auto Multi Focus 3D Function) permette di ottenere immagini tridimensionali ad alta risoluzione delle superfici ossee, con la possibilità di osservare le stesse da più angolazioni, variando in tempo reale i valori dei tre assi. Sulla foto ottenuta si possono eseguire misurazioni angolari e lineari (queste ultime dell'ordine del microcentimetro), valutando in maniera oggettiva le micromorfologie del segno analizzato (fig. 8), tutto questo con tempi di esecuzione



10. Grotta dei Santi: incavo di percussione presente su un frammento di osso lungo
11. Grotta dei Santi: grado di frammentazione dell'insieme indeterminato

molto rapidi. Questi studi vengono spesso integrati con la realizzazione di prove sperimentali effettuate su carcasse di animali attuali che riproducono la macellazione seguendo le possibili sequenze operative adottate dall'uomo preistorico. Le tracce così ottenute vengono confrontate con quelle ritrovate nei campioni fossili valutando le analogie/differenze che confermano/smentiscono le ipotesi avanzate dagli archeozoologi riguardo alle tecniche adottate dall'uomo nel trattamento degli animali (Boschin & Crezzini 2011).

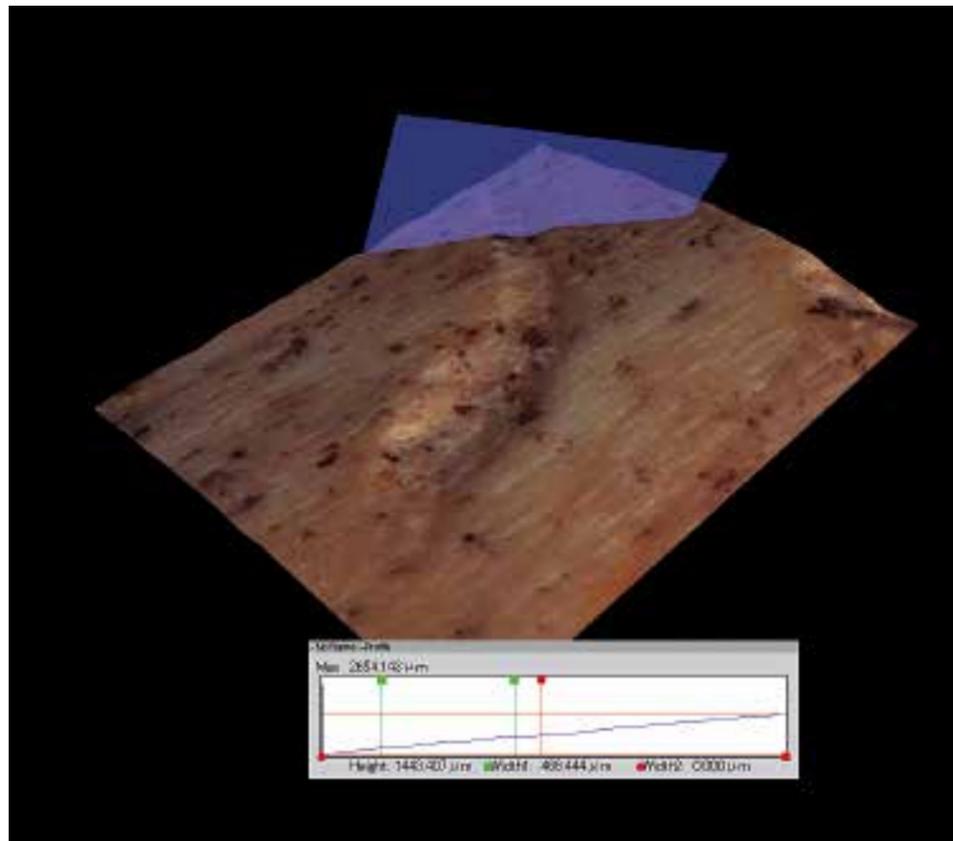
La macellazione degli animali da parte dell'uomo preistorico si concludeva con la frattura delle ossa. Una fonte di sostentamento molto importante, ricavabile soprattutto dalle ossa lunghe degli arti dei mammiferi, era infatti rappresentata dal midollo, il cui consumo, affiancato a quello della carne e dei vegetali raccolti, completava la dieta del cacciatore preistorico. Per il recupero di questa importante sostanza lipidica si procedeva alla rottura sistematica delle diafisi. Questa azione antropica è testimoniata dalla presenza sulle superfici ossee di alcune tracce ben riconoscibili. Si tratta di incavi di percussione presenti soprattutto sulle frazioni diafisarie che segnano il punto di impatto di un percussore litico sull'osso. Da questi punti di rottura si staccano piccoli frammenti comunemente indicati con il termine "coni di percussione", di dimensioni generalmente non molto grandi (1-6 cm) e dalla tipica forma triangolare (fig. 9). La frammentazione delle ossa operata dall'uomo preistorico per il recupero del midollo è molto spesso la ragione principale per la quale in siti paleolitici l'insieme dei resti faunistici presenta un'alta frammentazione. Questo trattamento abbassa notevolmente la percentuale di ossa determinabili a livello specifico, aumentando l'ampiezza del campione "indeterminato". Da qui la necessità di effettuare un'attenta analisi di quest'ultimo per ottenere un'immagine più completa del campione osteologico. Insieme ai frammenti delle ossa lunghe, rotte per il recupero del midollo, all'interno del campione indeterminato si possono ritrovare, ad esempio, numerose porzioni delle fragili ossa craniali, quelle di alcune parti scheletriche come le vertebre o le coste e coni di percussione; inoltre sulle superfici ossee è possibile registrare la presenza di strie e incavi di percussione provocati dall'azione dell'uomo durante la macel-

lazione degli animali. Questi dati assieme alla valutazione stessa del grado di frammentazione del campione osteologico recuperato, ottenuta dividendo i frammenti ossei in classi dimensionali, possono aiutare a meglio definire le strategie di sfruttamento degli animali da parte dell'uomo (Blumenshine & Selvaggio 1988; Outram 1991). Nella fig. 10 vediamo un esempio di incavo di percussione rinvenuto in un frammento osseo di Grotta dei Santi. L'alta frammentazione del campione faunistico recuperato in questa grotta suggerisce un'incisiva attività di rottura delle ossa per il recupero del midollo attuata dai cacciatori preistorici che la abitavano.

Tra i resti dei macromammiferi recuperati a Grotta dei Santi vi è una non trascurabile quantità di ossa provenienti dal livello 110 riferibili a due grandi carnivori diffusi nella nostra penisola durante alcune fasi del Quaternario: la iena macchiata (*Crocota crocuta spelaea*) e il leopardo (*Panthera pardus*; fig. 12). All'interno dello stesso livello e nel 1004 sono stati raccolti anche numerosi coproliti (fig. 13). Questi, per morfologia e dimensioni, sono riferibili alla iena macchiata (Horwitz & Goldberg 1989). Tali ritrovamenti suggeriscono l'occupazione della cavità da parte di questo ienide durante fasi di assenza dell'uomo. Come le iene attuali, oggi diffuse nelle regioni centro-meridionali dell'Africa, *Crocota crocuta spelaea* utilizzava le grotte come tana neonatale, trasportando all'interno di esse parti di carcassa delle prede (Fosse 1994, 1995 e 1999; Frank 1986a e 1986b). Sulle superfici dei resti ossei accumulati si ritrovano oggi i segni della sua potente masticazione. Tra questi sono comprese strie simili a quelle descritte per



12. Grotta dei Santi: prima falange di leopardo
13. Grotta dei Santi: coproliti riferibili alla forma pleistocenica della iena macchiata



14. Segni di masticazione lasciate dall'azione di un carnivoro sulla superficie ossea di un reperto (foto ottenuta al videomicroscopio elettronico 3D)



15. Grotta dei Santi: molare di rinoceronte

16. Grotta dei Santi: neurocranio di stambecco con segni di taglio sui condili

la macellazione operata dall'uomo, dalle quali generalmente si differenziano per la presenza di profili più arrotondati e profondità minori. Anche queste strie vengono analizzate al video microscopio digitale 3D (fig. 14). Più difficile è spiegare la presenza nella Grotta dei Santi del leopardo, testimoniata dal ritrovamento di non pochi suoi resti. Questo animale comunemente non uti-

lizza grotte come tana. Le misure biometriche effettuate sulle ossa di iena macchiata sono in linea con quelle già rilevate in altri resti di *Crocota crocuta spelaea* provenienti da numerosi siti europei del Paleolitico medio. Esse sono leggermente superiori ai valori medi relativi alle forme attuali, suggerendo una taglia più robusta degli individui pleistocenici (Straus 1982; Bonifay 1971). Recente è l'individuazione tra il materiale determinato di un dente di rinoceronte quasi integro (fig. 15) recuperato negli stessi strati dai quali provengono i resti di iena e di leopardo.

Tra le ossa riferibili allo stambecco recuperate nel livello 1004 è compreso un neurocranio appartenuto a un individuo maschile adulto, mancante delle cavicchie, molto probabilmente spezzate dall'uomo alla sua base. Su ambedue i condili occipitali sono presenti strie da strumento litico (fig. 16), riconducibili alla separazione del cranio dalla prima vertebra cervicale (Binford 1978). All'interno di un insieme come quello recuperato a Grotta dei Santi, costituito in larga misura da parti scheletriche di ungulati frantumate dall'uomo, il ritrovamento di un neurocranio integro fa supporre che gli abitanti della grotta avessero riservato a questo elemento un particolare trattamento. Tale dato, unitamente alla collocazione, forse non casuale, del neurocranio presso il grande focolare nelle vicinanze del quale è stato rinvenuto anche un secondo frammento craniale di stambecco (sempre di individuo maschile adulto, costituito dalla cavicchia sinistra quasi integra associata a una frazione di temporale), potrebbe lasciare spazio a ipotesi concrete circa l'importanza simbolica attribuita dalle genti neandertaliane allo stambecco e in particolare a questa sua parte anatomica. Del resto, l'evidenza della Cala dei Santi richiama in modo diretto la paleosuperficie situata a tetto del Tg. 56 del Riparo del Molare di Scario (Salerno) (Ronchitelli 1993; Boscato *et al.* 2002), dove sono stati rinvenuti, accanto ad altri reperti faunistici, due elementi craniali di stambecco composti, questa volta, dalle cavicchie intere e da porzioni del temporale e del frontale.

Come possiamo notare ancora oggi, confrontando popolazio-

ni di cacciatori-raccoglitori di diverse aree geografiche, le tecniche di reperimento delle prede, la loro macellazione e il recupero di risorse legato a queste attività sono espressione di diverse culture. Studi etnografici condotti sulle ultime popolazioni di "custodi della Terra" (Boscimani, Nunamiuti, Aborigeni, Hadza eccetera) dimostrano come le scelte riguardanti le attività venatorie e la sequenza operativa adottata per il trattamento di una carcassa siano effettuate in base alla necessità di ottenere precisi prodotti, i più utili o significativi per la sussistenza della comunità (favorendo ad esempio in alcuni casi il recupero del

grasso, della carne o anche di altro materiale non necessariamente commestibile come pelli, tendini o corna) (Binford 1978 e 1981; O'Connell *et al.* 1988; Oliver 1993; White 1952, 1953a, 1953b, 1954). Molto spesso queste scelte sono influenzate dal tipo di ambiente nel quale l'uomo vive (deserti, piuttosto che savane, foreste o zone glaciali) e sempre sono espressione della sua cultura. Ricostruire con *ratio* scientifica le metodiche di sfruttamento degli animali adottate dall'uomo preistorico significa quindi indagare e ottenere importanti informazioni sulla cultura del passato.

Testi citati

Binford L.R. (1978) - *Nunamiut Ethnoarchaeology*. Academic Press, New York.

Binford L.R. (1981) - *Bones: Ancient Men and Modern Myths* New York. Academic Press, New York.

Blumenshine R.J. & Selvaggio M.M. (1988) - *Percussion marks on bone surface as a new diagnostic of hominid behaviour*. Nature 333, 763-765.

Bonifay M.F. (1971) - *Carnivores quaternaires du Sud-Est de la France*, Museum national d'Histoire naturelle Mémoires (Paris) 21/2.

Bonnichsen R. (1989) - *An introduction to taphonomy with an archaeological focus*, in: *Bone Modification* (Bonnichsen, & Sorg eds.). Orono: University of Maine Center for the Study of the First Americans, 1-5.

Boscato P., Cuomo O., Ronchitelli A. & Spadacenta B. (2002) - *Il Riparo del Molare (Salerno): applicazione di un GIS alla paleosuperficie del Tg 56*, in: *Analisi informatica e trattamento dati delle strutture di abitato di età preistorica e protostorica in Italia*. Peretto ed., 45-58.

Boschin F. & Crezzini J. (2011) - *Morphometrical analysis on cut marks using a 3D digital microscope*. International Journal of Osteoarchaeology. ISSN: 1047-482X, doi: 10.1002/oa.1272.

Brink J.W. (1997) - *Fat content in leg bones of Bison bison and applications to archaeology*. Journal of Archaeology Science 24, 259-274.

De Grossi Mazzorin J. (2008) - *Archeozoologia. Lo studio dei resti animali in archeologia*. Collana Manuali Laterza, Brossura IX-242

Eisenmann V. (1979) - *Les métapodes d'Equus sensu lato (Mammalia, Perissodactyla)*. Géobios 12, 863-886.

Eisenmann V. (1980) - *Les Chevaux (Equus sensu lato) fossiles et actuels: crânes et dents jugales supérieures*. Cahiers Paléontologie, 186 Paris.

Eisenmann V. (1981) - *Etudes des dents jugales inférieures des Equus (Mammalia, Perissodactyla) actuels et fossiles*. Palaeovertebrata 10, 3-4, Montpellier, 126-226.

Emerson A. M. (1993) - *The Role of Body Part Utility in Small-Scale Hunting under Two Strategies of Carcass Recovery*. In: *From Bones to Behavior: Ethnoarchaeology and Experimental Contributions to the Interpretation of Faunal Remains* (Hudson ed.). Southern Illinois University at Carbondale Center for Archaeological Investigations, Occasional Paper 2, Carbondale, 138-155.

Fosse P. (1994) - *Taphonomie paléolithique les grands mammifères de Soleilhac (Hute-Loire) et de Lunel-Viel (Hérault)*. Ph. D. Thesis Université de Provence.

Fosse P. (1995) - *Le rôle de l'hyène dans la for-*

mation des assemblages psseux: 150 ans de controverses. L'apport des anciens textes de Préhistoire et de Paléontologie du Quaternaire aux études taphonomiques actuelles. Paléo 7, 44.

Fosse P. (1999) - *Cave occupation during Palaeolithic times: man and/or hyena?*, in: *The role of early humans in the accumulation of european lower and middle palaeolithic bone assemblages*. In commissione bei Dr. R. H. GMBH-Bonn.

Frank L.G. (1986a) - *Social organization of spotted hyaena Crocuta crocuta*. Demography. Anim. Behav. 35, 1500-1509.

Frank L.G. (1986b) - *Social organization of spotted hyaena Crocuta crocuta. II. Dominance and reproduction*. Anim. Behav. 35,1510-1527.

Freguglia M., Gambogi P., Milani L., Moroni Lanfredini A. & Ricci S. (2007) - *Monte Argentario (GR). Cala dei Santi: Grotta dei Santi*. Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana 3, 488-491.

Giacobini G., Malerba G. & Cilli C. (2000) - *Le modificazioni di superficie dei reperti in materia dura animale provenienti da siti archeologici. Aspetti metodologici e considerazioni tafonomiche*. Bollettino del Museo Civico di Storia Naturale di Verona 24, 2000 Geologia Paleontologia Preistoria, 73-98.

Grant A. (1982) - *The Use of Tooth Wear as a Guide to the Age of Domestic Ungulates*, in: *Ageing and Sexing Animal Bones from Archaeological Sites* (Wilson *et al.* eds). British Archaeological Report, Brit. Series 109, Oxford 1982, 91-109.

Habermehl K.H. (1985) - *Altersbestimmung bei Wild- und Pelztieren*. Verlag Paul Parey, Hamburg un Berlin

Horwitz L.H. & Goldberg P. (1989) - *A study of Pleistocene and Holocene hyaena coprolites*. Journal of Archaeological Science, XVI, 1, 71-95.

Legge A.J. (1978) - *Archeozoology or zooarchaeology? Research Problems in Zooarchaeology* (Brothwell *et al.* eds). University of London Institute of Archaeology Occasional Publications 3, 129-32.

Lupo K.D. (1994) - *Butchering marks and carcass acquisition strategies: distinguishing hunting from scavenging in archaeological contexts*. Journal of Archaeological Science 21, 827-837.

Malerba G. & Giacobini G. (1995) - *Analisi delle tracce di macellazione in un sito Paleolitico. L'esempio del Riparo di Fumane (Valpolicella, Verona)*. Atti del 1° Convegno Nazionale di Archeozoologia, Rovigo, Padusa Quaderni 1, 97-108.

Metcalfe D. & Jones K.T. (1988) - *A reconsideration of animal body part utility indices*. American Antiquity 53, 486-504.

Moroni Lanfredini A., Freguglia M., Bernardini F., Boschian G., Cavanna C., Crezzini J., Gambogi

P., Longo L., Milani L., Parenti F. & Ricci S. (2010) - *Nuove ricerche alla Grotta dei Santi (Monte Argentario, Grosseto)*. Atti del Nono Incontro di Studi Valentano (Vt) - Pitigliano (Gr), 12-14 settembre 2008. *Lalba dell'Etruria. Fenomeni di continuità e trasformazione nei secoli XII-VIII a.C.* Ricerche e scavi a cura di Nuccia Negroni Catacchio.

Nicolucci G. (1869) - *Di alcune armi ed utensili in pietra rinvenuti nelle provincie meridionali d'Italia, etc*. Mem Atti R. Acc. Sc.Fis.Mat. 3, n. 6.

O'Connell J.E., Hawkes K. & Blurton Jones N. (1988) - *Hadza Hunting, Butchering, and Bone Transport and Their Archaeological Implications*. Journal of Anthropological Research 44, 113-161.

Oliver I.S. (1993) - *Carcass Processing by the Hadza: Bone Breakage from Butchery to Consumption*, in: *From Bones to Behaviour: Ethnoarchaeological and Experimental Contribution to the Interpretation of Faunal Remains* (J. Hudson ed.). Center for Archaeological Investigations, Carbondale, Illinois, 200-227.

Outram A.K. (2001) - *A new approach to identifying bone marrow and grease exploitation: why the "intermediate" fragments should not be ignored*. Journal of Archaeological Science 28, 401-410.

Ronchitelli A. (1993) - *Paleosuperfici del Paleolitico medio al Molare di Scario*. Atti XXX Riun. Sc. IIPP, Firenze, 233-245

Salvagnoli A. & Marchetti A. (1843) - *Armi e utensili nella Grotta de' Santi presso il Monte Argentario*. Atti Riunione degli Scienziati Italiani 5.

Segre A.G. (1959) - *Giacimenti pleistocenici con fauna e industria litica a Monte Argentario (Grosseto)*. RivScPreist XIV, 1-4, 1-18.

Straus L.G. (1982) - *Carnivores and cave sites in Cantabrian Spain*. Journal of Anthropological Research 38, 75-96.

Von Den Driesch A. (1976) - *A guide to the measurement of animal bones from archaeological sites*. Peabody Museum Bulletin, 1, Cambridge Mass., Harvard University.

White T.E. (1952) - *Observations on the butchering technique of some Aboriginal peoples*. American Antiquity 4, 337-338.

White T.E. (1953a) - *A method of calculating the dietary percentage of various food animal utilized by Aboriginal peoples*. American Antiquity 4, 396-398.

White T.E. (1953b) - *Observations on the butchering technique of some Aboriginal peoples No. 2*. American Antiquity 2, 160-164.

White T.E. (1954) - *Observations on the butchering technique of some Aboriginal peoples No. 3, 4, 5 and 6*. American Antiquity 3, 254-264.

La perforazione dei pozzi per acqua dall'età antica al XX secolo

Claudio Rossi

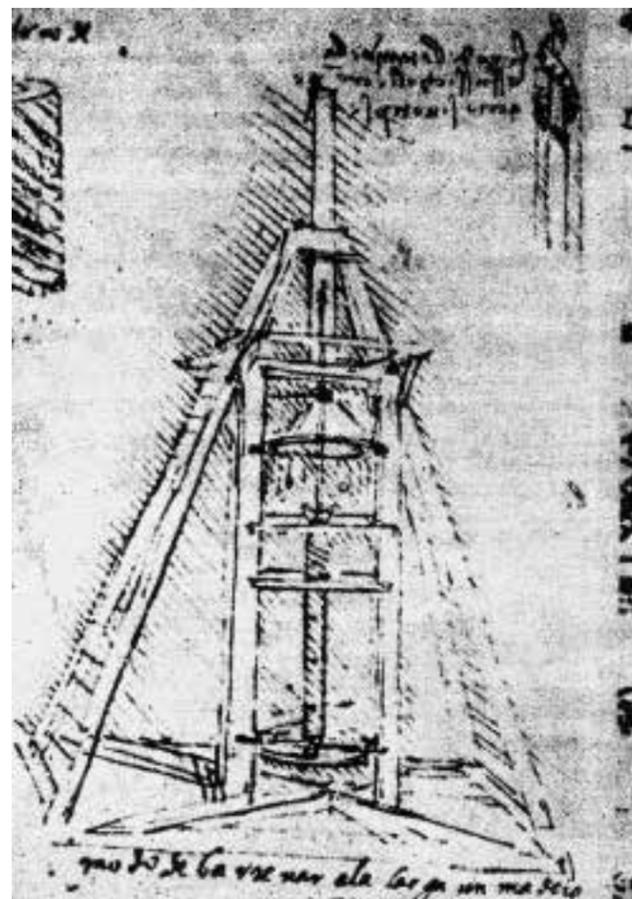
Studio di Geologia e Geofisica s.r.l., Strada Massetana Romana, 56 - 53100 Siena

Sebbene gli attuali impianti di perforazione, e soprattutto quelli impiegati per i sondaggi in profondità, siano vere e proprie meraviglie tecnologiche basate su complessi sistemi idraulici ed elettronici, le innovazioni in essi verificatesi nell'arco degli ultimi due secoli non hanno fatto altro che migliorare e ottimizzare i classici metodi di percussione e rotazione cui l'uomo è ricorso, fin dai tempi più remoti, per accedere al sottosuolo. Uno sguardo al passato ci permette di comprendere meglio e di apprezzare con maggiore rispetto l'entità e la tenacia degli sforzi che sono stati necessari per poter usufruire della più preziosa e importante risorsa naturale.

La perforazione di pozzi per l'acqua nell'età antica e nel medioevo

Nell'antichità si riteneva che l'acqua, l'aria, la terra e il fuoco fossero le energie primordiali e che ogni cosa visibile in terra o in cielo derivasse dalla loro combinazione alchemica. Talete, padre della filosofia occidentale, nel VI secolo a.C. sosteneva che l'acqua era il principio di qualsiasi cosa. Per lui le piante e gli animali non erano altro che acqua condensata e in acqua si sarebbero risolti dopo la morte.

Nel corso dei secoli la scienza ha dimostrato come la composizione delle varie cose sia in realtà molto più disomogenea e complessa di quanto pensava Talete, ma certamente ha anche confermato che l'acqua è un elemento primario per la vita dell'uomo e



1. Trivella di Leonardo da Vinci (Codice Atlantico, f. 34r)

dell'intera biosfera. La ricerca dell'acqua, per i suoi usi più disparati, ha da sempre stimolato e affascinato l'uomo; e il fatto che le acque superficiali non sempre siano reperibili ha sicuramente incoraggiato le ricerche sullo sconosciuto mondo del sottosuolo. Anche il grande Leonardo da Vinci aveva progettato, tra le sue svariate macchine, una trivella per perforare il terreno (fig. 1).

Che impresa doveva essere, nei secoli passati, realizzare una perforazione! Ma quanto ingegno è stato impiegato per superare le difficoltà che a tale proposito di volta in volta si presentavano, specialmente volendo andare sempre più in profondità!

È molto interessante quanto descritto nel 1860 da Louis Figuier nel suo libro *Les merveilles de la science*, dal quale riprendo qui molteplici riferimenti storici sull'origine dei sistemi di captazione delle acque sotterranee popolarmente noti come "pozzi artesiani". In tale opera si parla di antichi pozzi scavati dall'uomo nei deserti della Siria, dell'Arabia e dell'Egitto, generalmente a profondità limitate, prendendo come riferimento sorgenti che sgorgavano naturalmente in molte oasi.

Diodoro, vescovo di Tarso, vissuto nel IV secolo, parla così della "Grande Oasi" (*Oasis Magna*, fig. 2) conosciuta in Egitto: "Perché la regione in terra di Tebaide, che si chiama Oasi, non ha né fiume né pioggia che la bagnano, ma essa non è resa viva che da flussi di acqua che sorgono dalla terra, non da loro stesse, non a causa di acque piovane che penetrano dalla terra e che risalgono nelle sue vene come in noi, ma grazie a un grande lavoro degli abitanti". E due secoli dopo Olimpiodoro di Alessandria, confermando la relazione di Diodoro, narra che nella stessa oasi erano stati realizzati pozzi di 200, 300 e anche 500 cubiti di profondità (un cubito corrisponde a una misura, variabile da stato a stato, compresa tra 44 e 52 centimetri) e che l'acqua che ne fuoriusciva veniva utilizzata dagli abitanti per irrigare le loro terre.

A parte certe esagerazioni di Diodoro (nella sua descrizione entusiastica di questi pozzi, egli giunge ad affermare che dagli stessi talvolta con l'acqua arrivavano anche dei pesci), non vi è alcun dubbio che numerosi fontanili mediorientali siano antichissimi e che taluni di essi trovino riscontro anche nella Bibbia ("Jahvé disse a Mosè [...] tu percuoterai la roccia e ne sgorgerà l'acqua [...]": Es. 17,5-6).

Nella moschea della Mecca è presente un pozzo, denominato Zemzem, le cui acque sono venerate dai musulmani e che secondo la tradizione avrebbe avuto origine dall'intervento dell'arcangelo Gabriele allo scopo di dissetare Agar e il figlio Ismaele erranti nel deserto. Abbandonato e ignorato per molti secoli, il pozzo fu riabilitato dal nonno del profeta dell'Islam, Maometto.

Oltre a queste testimonianze, che dimostrano l'esistenza in tali regioni di pozzi risalenti all'antichità e al medioevo, esistono numerosi documenti di epoca moderna. Sono molto dettagliate, per esempio, le osservazioni di M. Ayme, che intorno al 1850 si impegnò in Egitto nell'attività di recupero di antichi pozzi (fig. 3). Egli osserva che in passato veniva realizzato un avanza-pozzo quadrato di circa 6-10 piedi sino a raggiungere la roccia, in quell'area per lo più calcarea, per poi sostenere il foro con un solido rivestimento di tavole di legno, destinate a non far franare il terreno. Il lavoro era eseguito a secco sino a trovare la roccia, quindi la perforazione continuava utilizzando aste di ferro, con l'aiuto di un grosso blocco sempre di ferro attaccato a una corda sospesa a una carrucola.

Anche in Cina, però, la realizzazione di pozzi risale a tempi remoti. Anzi, con molta probabilità sono stati proprio i cinesi i pri-

2. Diocesi dell'Egitto (*Dioecesis Aegypti*) intorno al 400 d.C. (da Cplakidas: www.commonswiki.org)



3. Pozzo di San Giuseppe a Il Cairo (Egitto): secondo la tradizione, il pozzo fu scavato nella roccia dagli uomini che costruirono le piramidi; è di sezione rettangolare (5,5 x 7,3 m), ha una profondità di 90 m e consiste di due sezioni non allineate; l'estrazione dell'acqua veniva effettuata mediante secchi fissati a catene semoventi azionate da asini; le linee tratteggiate nella figura mostrano le rampe percorse dagli asini per raggiungere la presa di forza per la trasmissione alla pompa a secchi

4. Antica perforazione di un pozzo cinese

2.

3.

mi a sviluppare una tecnica che si possa definire di perforazione. Stando a Figuier, infatti, in un *Voyage pittoresque* pubblicato ad Amsterdam verso la fine del XVII secolo, si troverebbe il seguente riferimento: "I Cinesi praticano fori nella terra a notevoli profondità con l'aiuto di una corda armata di una mano in ferro, la quale porta in superficie i detriti del fondo". Inoltre nelle *Lettere edificanti e curiose di missionari gesuiti dalla Cina (1702-1776)* è riportata una lettera del vescovo di Tabrasca (l'antica Bugia, oggi Bejaia), missionario in Cina, nella quale parla dei pozzi profondi a Ou-Tong-Kiao: "Questi pozzi sono scavati per molte centinaia di piedi di profondità; molto stretti e puliti come specchi; ma io non vi dico il motivo per cui sono stati realizzati; questi servono per lo sfruttamento di acque salate". La lettera, datata 11 ottobre 1704, non fornisce indicazioni circa l'età dei pozzi, che comunque devono risultare molto più antichi (fig. 4).

Una relazione più dettagliata del metodo cinese fu data nel 1827 da un altro missionario, l'abate Imbert: "C'è qualche decina di migliaia di questi pozzi salini in uno spazio di circa 10 leghe di lunghezza su 4 o 5 di larghezza. Qualsiasi persona, con delle disponibilità economiche, cerca qualche socio per scavare uno o più pozzi. Per ciascuno è necessaria una spesa di 7000-8000 franchi. La loro maniera di scavare i pozzi non è come la nostra. Questo popolo realizza progetti con tempo e pazienza e con notevole risparmio di denaro rispetto a noi. Non c'è l'arte di rompere le rocce con le mine e tutti i pozzi sono nella roccia. Questi pozzi sono normalmente di 1500-1800 piedi di profondità e non hanno che 5 o 6 pollici di larghezza. Ecco il loro procedimento: si pianta un tubo di legno vuoto, sormontato da una pietra di dimensioni pari al foro desiderato, 5 o 6 pollici; in seguito si utilizza un battipalo o testa d'acciaio di peso di 300 o 400 libbre. Questa testa d'acciaio è dentellata in corona, un po' concava al di sopra e rotonda al di sotto. Un uomo forte, vestito leggermente, monta su di una impalcatura e balla tutta la mattinata su di una bascula che solleva questa testa d'acciaio a due piedi d'altezza e lo lascia cadere del suo peso; si getta ogni tanto qualche secchio d'acqua nel foro per impastare i detriti di roccia e ridurli in poltiglia. La testa d'acciaio è sospesa da una buona corda di giunco piccola come un dito, ma forte come le nostre corde di budello. Questa corda è fissata alla bascula; ci si attacca un legno a triangolo e un altro uomo è seduto accanto alla corda. Al momento che la bascula si alza, egli prende il triangolo e gli fa fare un mezzo giro, affinché la testa d'acciaio cada in un senso contrario. A mezzogiorno, egli monta sull'impalcatura, per sostituire il suo compagno fino a sera. La notte altri due uomini li rimpiazzano. Quando hanno perforato tre pollici, tirano la testa d'acciaio con tutto il materiale di cui si è caricata (perché vi ho detto che è concava al di sopra) per mezzo di un grande cilindro



che permette di avvolgere la corda. In questo modo, questi piccoli pozzi ossia tubi sono molto perpendicolari e puliti come specchi. Qualche volta non c'è roccia fino alla fine, ma si incontra dei livelli di terra, carbone ecc.; allora l'operazione diviene più difficile e qualche volta infruttuosa, perché questi materiali non offrono una resistenza uguale, così che il pozzo perde la sua perpendicolarità; ma questi casi sono rari. Qualche volta il grosso anello di ferro che tiene sospeso il battipalo si rompe; allora occorrono 5 o 6 mesi per poter, attraverso un'altra testa d'acciaio, rompere la prima e ridurla in poltiglia. Quando la roccia è abbastanza buona, si avanza fino a due piedi nelle ventiquattro ore. Si resta almeno tre anni per scavare un pozzo. Per tirare l'acqua, si discende nel pozzo un tubo di bambù, lungo 24 piedi, al fondo del quale c'è una valvola; quando questo arriva sul fondo del pozzo, un uomo si aggrappa alla corda e la scuote, ogni scossone fa aprire la valvola e risalire l'acqua, quando il tubo è pieno viene fatto risalire con un argano sul quale si arrotola la corda, l'argano è girato da due, tre o quattro bufali o buoi; l'acqua è molto salmastra; e all'evaporazione rende un quinto fino ad un quarto di sale. Questo sale è molto acre e contiene molto nitro." L'abate Imbert aggiunge che la maggior parte di questi pozzi rilasciano dell'aria infiammabile: "Alcuni di questi pozzi, chiamati dai cinesi pozzi di fuoco, raggiungono la profondità di circa 3000 piedi e forniscono anche gas infiammabile. Il gas, fatto bruciare, viene talvolta impiegato per far evaporare all'interno di caldaie di ferro le acque contenenti il sale".

La relazione del missionario Imbert fu fortemente attaccata dai tecnici francesi dell'epoca, e in particolare dall'ingegnere Héricart de Thury, principale esperto in materia, che non riteneva possibile poter realizzare un pozzo di 3000 piedi con la tecnica cinese.



5. Il pozzo di San Patrizio a Orvieto

Ciò indusse l'abate a recarsi personalmente nella regione dei pozzi allo scopo di verificare l'esattezza di quanto precedentemente affermato, permettendogli così di scrivere una seconda lettera sul tema: "Ho misurato la circonferenza del cilindro in bambù sul quale si arrotola la corda che fa risalire gli strumenti dal fondo del pozzo, ho misurato il numero dei giri della corda. Il cilindro ha 50 piedi di circonferenza ed il numero dei giri della corda è di 62. Calcolate voi stessi se tutto ciò non fa 3100 piedi; questo cilindro è messo in movimento da due buoi messi a coppia; la corda non è più grossa di un dito ed è fatta di fibra di bambù e non soffre l'umidità".

In questo carteggio, che può sembrare ormai desueto, è interessante notare come in epoche passate lo scambio delle opinioni scientifiche e perfino le notizie di cronaca fossero seguite, analizzate e commentate con tanta attenzione e con tanta voglia di capire e di apprendere. Oggi, nonostante che la possibilità di comunicare sia enormemente facilitata, difficilmente il mondo scientifico, assorto o assopito nelle proprie ricerche, si metterebbe in discussione con un semplice osservatore come il missionario in questione.

Venendo all'Europa, il difficile problema di stabilire la primogenitura dei pozzi fluenti, definiti "artesiani" o "modenesi", ha fatto sì che tra scienziati italiani e francesi sorgessero vivaci diatribe.

Lesistenza di acque in pressione era nota anche a Marco Vitruvio Pollione, architetto e scrittore romano vissuto al tempo di Cesare e di Augusto (cioè nella seconda metà del I secolo a.C.), che nel suo *De architectura* riporta: "Nei fonti del piano le acque sono salate, pesanti, tiepide e disgustose, eccetto quelle che, trasudando da' monti sotto terra, sgorgano in mezzo alle campagne [...]". Come riportato da Guido Agosti nella monografia relativa alla realizzazione di un pozzo profondo a Reggio Emilia, di cui

tratteremo più avanti, si ritiene che la diffusione dell'arte di perforare pozzi sia dovuta ai Romani, i quali, appresa la tecnica nel Medio Oriente, e più in particolare in Egitto, l'hanno poi propagata coprendo l'intero territorio dell'impero.

Sembra che in Europa il più antico pozzo documentato si trovi in Francia e sia quello di Lillers nell'Artois (dipartimento di Pas-de-Calais), risalente al 1126. Vengono poi, con testimonianze certe, Modena nel 1479 e l'Austria nei primi del Cinquecento.

In Italia divenne subito celebre il pozzo di San Patrizio a Orvieto, opera voluta dal papa Clemente VII e progettata da Antonio da Sangallo tra il 1527 e il 1537, la cui realizzazione si concluse durante il pontificato di Paolo III Farnese. Larga 13 metri e profonda circa 60, questa impressionante costruzione, che deve il suo nome alla profonda caverna irlandese nella quale pregava il santo, è concepita come un camminatoio a doppia elica. Vi si accede infatti da due portoni d'ingresso diametralmente opposti, i quali immettono a due scale a chiocciola indipendenti tra loro, una destinata alla discesa e l'altra alla risalita (fig. 5).

Tra gli studiosi della perforazione va poi ricordato Gian Domenico Cassini (1652-1712) di Perinaldo (Imola), idraulico e astronomo all'Università di Bologna nonché autore della famosa meridiana di San Petronio, che intorno al 1670 fu chiamato in Francia a dirigere l'osservatorio di Parigi. Cassini consiglia di applicare alle pareti interiori del foro di sondaggio un doppio rivestimento inframezzato da argilla ben impastata, metodo che in ogni caso veniva già utilizzato tra le montagne della Stiria austriaca.

A partire dalla prima metà dell'Ottocento l'arte di perforare il sottosuolo fa enormi passi avanti, sia per le maggiori conoscenze tecniche sia per il perfezionamento delle macchine e degli utensili. Proliferano così pozzi in ogni regione.

Nel resto dell'articolo tratterò dei pozzi storicamente più importanti che furono realizzati tra il 1830 e il 1870. In particolare, per il pozzo di Grenelle ho voluto riprendere la descrizione di un cronista dell'epoca allo scopo di dimostrare la grande attenzione riservata, anche da parte dell'opinione pubblica, all'esecuzione di tali opere.

Il pozzo parigino di Grenelle

Nel 1832 la città di Parigi non disponeva ancora di alcun pozzo artesiano; pertanto il Consiglio comunale, per approvvigionare i quartieri che avevano scarsa disponibilità di acqua, nella seduta del 28 settembre decise la realizzazione di tre pozzi artesiani: uno al Gros-Caillou, il secondo vicino alla Place de la Madeleine e il terzo nel sobborgo di Saint-Antoine. La realizzazione dei pozzi fu affidata rispettivamente ai fratelli Eugène (1802-1873) e Stéphane Mony Flachet (1800-1884), a Louis-Georges Mulot (1792-1872) e a Joseph Degoussée (1795-1862). La modesta somma di 6000 franchi destinata a finanziare ciascun pozzo era motivata dall'idea di utilizzare la falda più superficiale; a poco a poco, comunque, si fece strada l'ipotesi che tale falda non fosse sufficiente al notevole fabbisogno dei quartieri di Parigi.

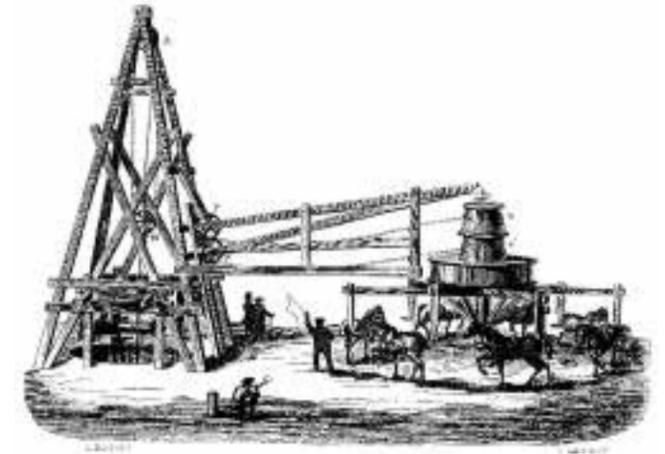
Mulot (fig. 7) – i cui impianti avevano inutilmente perforato fino a 170 metri a Suresnes per conto della famiglia Rothschild, a 250 metri a Chartres e a 330 metri a Laon – dimostra, grazie alla sua esperienza, che se non verrà oltrepassato il livello cretatico di base non si otterrà mai a Parigi una venuta abbondante d'acqua fluente. Il prefetto della Senna interpellò lo scienziato Héricart de Thury per sapere se l'ipotesi di approfondire il pozzo risultasse scientificamente fondata. Questi ritenne plausibile l'idea di Mulot e, in base alla stratigrafia del bacino di Parigi, suggerì nella sua relazione di raggiungere con il pozzo la profondità di circa 550 metri, dopo aver attraversato il livello argilloso di base. Il progetto fu approvato unicamente, però, per l'esecuzione, affidata a Mulot, di un solo pozzo ubicato nel quartiere di Grenelle.

Il 29 novembre 1833 cominciò l'allestimento del cantiere, mentre la perforazione ebbe inizio il 30 dicembre. L'attrezzatura motrice si componeva di una capra ordinaria e di un argano a due volani di 3,5 metri di diametro, manovrati ciascuno da cinque o sei uomini. Si trattava di attraversare una serie di alternanze di strati d'argilla e sabbia, poi uno spessore considerevole di formazione cretatica, al di sotto della quale si trovano le sabbie verdi che rappresentavano l'acquifero fluente. Secondo il capitolato, il diametro del pozzo a piano campagna doveva essere di 45 centimetri. Il contratto tra la città e Mulot prevedeva di perforare sino a 400 metri di profondità.

Le alluvioni e i terreni sottostanti furono attraversati abbastanza facilmente, ma ben presto iniziarono le prime difficoltà dovute ad alcuni franamenti all'interno del foro. Dopo nove mesi, alla profondità di 127 metri la sonda si ruppe in quattro pezzi, ma venne riparata in pochi giorni. A 150 metri la prima attrezzatura motrice, divenuta insufficiente, fu rimpiazzata da un'altra trainata da cavalli. Ciò comportò un grande risparmio di tempo, in quanto gli animali eseguivano in un'ora il lavoro di undici uomini (fig. 6).

Dopo numerose peripezie e imprevisti, superati con enorme fatica, il 21 marzo 1837 l'appalto dell'impresa era arrivato al termine: aveva raggiunto la profondità prevista di 400 metri. L'acqua, però, non era stata ancora incontrata. Il Consiglio comunale, dunque, decise di continuare la perforazione di altri 100 metri e il primo settembre fu firmato un secondo appalto tra il prefetto della Senna e Mulot, che si impegnò a eseguire i lavori per la somma di 52.000 franchi, senza considerare le spese di alesaggio e di tubaggio provvisorio.

Il 25 marzo alla profondità di 407 metri si verificò un incidente importante: 320 metri di aste con la cucchiaia a valvola caddero nel foro da un'altezza di 80 metri. Il rumore prodotto dal colpo fu così forte che nelle vicinanze si pensò a un terremoto. Qualche giorno fu sufficiente a recuperare le aste, ovviamente molto rovinate dall'urto, ma le difficoltà per togliere



6. Impianto di perforazione con forza motrice animale utilizzata per la realizzazione del pozzo parigino di Grenelle

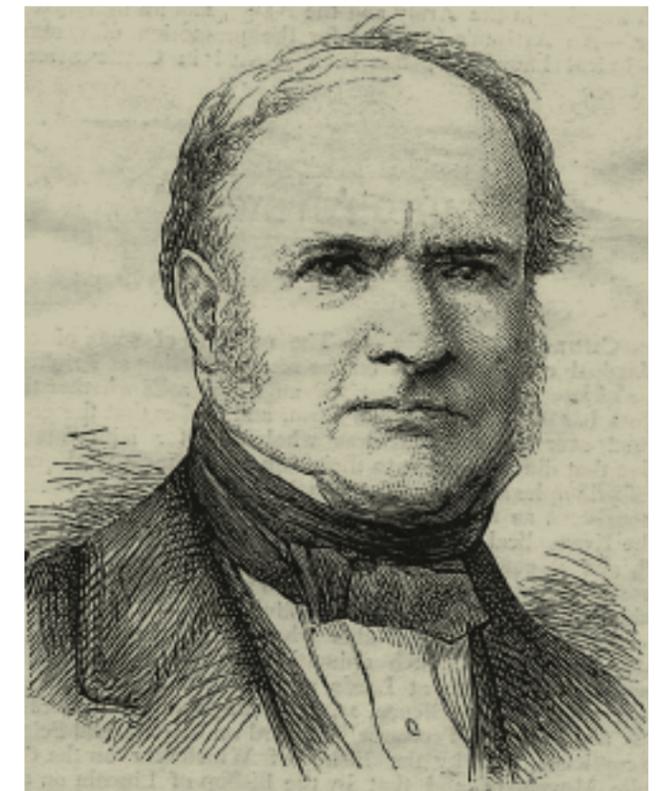
la cucchiaia furono enormi, impegnando ben quattro mesi di lavoro.

Nel 1840, dopo ulteriori rotture della cucchiaia, la perdita totale di tutte le aste di perforazione e l'infissione sino a sette colonne di rivestimento, la perforazione toccò i 500 metri di profondità. Ma l'acqua ancora non appariva. Mulot dovette sollecitare il Consiglio comunale per una nuova autorizzazione e un secondo supplemento del contratto; siccome però questo tardava ad arrivare, si dichiarò disposto a proseguire il sondaggio a sue spese. Fino a quel momento non aveva ricevuto che 263.000 franchi, impiegandone 40.000 di tasca propria. Un nuovo appalto fu stipulato per perforare un'altra tratta di 100 metri per la somma di 84.000 franchi, senza comprendere le spese di alesaggio e di tubaggio provvisorio.

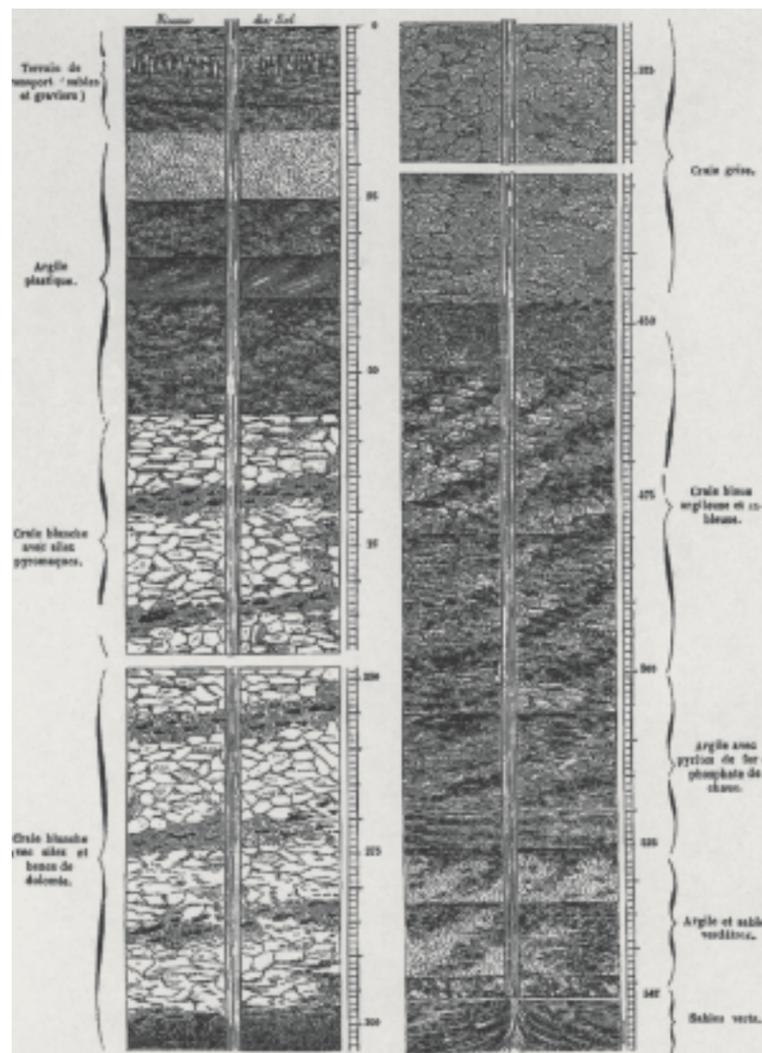
Alla profondità di 505 metri furono incontrate le argille bruno micacee con cristalli di pirite. Queste all'inizio risultavano



7. L'ingénieur sondeur Louis-Georges Mulot (1792-1872)



8. Il geologo Jean-Baptiste Élie de Beaumont (1789-1874)



9. Stratigrafia del pozzo di Grenelle

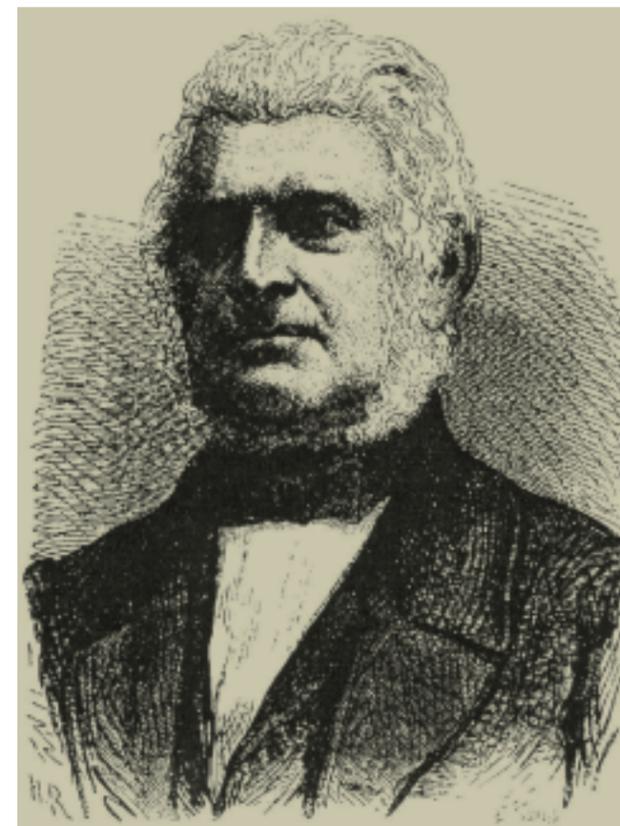
10. Monumento eretto a Grenelle in corrispondenza del pozzo

abbastanza compatte, ma poi divennero talmente molli che alla profondità di 515 metri fu deciso, data l'impossibilità di continuare la perforazione, di mettere in opera un'ottava colonna di rivestimento. La parte inferiore della formazione cretatica fu perforata solo con un diametro di 13 centimetri, quindi doveva essere alesata fino a un diametro di 20: un'operazione tutt'altro che agevole, data la scarsa tenuta del terreno. Fino a 475 metri l'allargamento fu eseguito senza inconvenienti, poi la sonda si ruppe e l'alesatore cadde nel foro. Furono necessari quattro mesi e sei giorni per ritirare il tutto in superficie, e durante queste estrazioni la sonda si ruppe per ben ventidue volte. Finalmente, l'8 settembre fu posta in opera l'ottava colonna di rivestimento nelle argille fino alla profondità di 514 metri. Da 531 a 540 metri la sonda riportò in superficie numerosi resti di conchiglie fossili. L'ultima colonna, di circa 60 metri e del diametro leggermente inferiore rispetto a quello di perforazione, fu infissa sino a 538 metri sebbene il pozzo avesse raggiunto la profondità di 545 metri.

Con il proseguire della perforazione l'argilla diventava sempre più dura, tanto che per ogni manovra la punta non entrava più di 10-15 centimetri. A 545 metri lo scalpello scese solo di 41 centimetri in cinque ore. Una cucchiaia a valvola che fu utilizzata in sostituzione della precedente si infisse di 8 centimetri in due battute, tirando su grossi grani di quarzo impastati di argilla verdastra. In un'altra manovra, la sonda entrò per 28 centimetri e si riempì di sabbia verde molto argillosa. Era stato raggiunto il tetto di ciò che tanto fortemente era stato perseguito.

Il mattino seguente, tutto il personale dei lavori era riunito ai bordi del pozzo. La sonda risalì dopo tre ore e 45 minuti con un carico di sabbia verde. Ridiscesa immediatamente, dopo due ore la cucchiaia arrivò sul fondo del foro penetrando per 50 centimetri. Sollevata leggermente e poi lasciata ricadere, entrò di nuovo per altri 10 centimetri. Fu deciso di farla girare e i cavalli tirarono senza utilizzare l'argano. Finalmente, dopo una scossa che fece tremare tutto il cantiere, l'attrezzatura cessò di resistere. "O si è rotta la sonda, o abbiamo dell'acqua!", gridò il figlio di Mulot, che aveva seguito attentamente ogni operazione. Poco tempo dopo, un delizioso soffio giunse alle orecchie di tutti i presenti e dal pozzo cominciò a sgorgare acqua con impetuosità. Erano le 2,30 del 26 febbraio 1841: più di sette anni dopo che erano iniziati i lavori.

Durante il lavoro di perforazione Mulot, seguendo l'usanza degli ingegneri-sondatori, aveva conservato in una cassa un campione di ciascuno strato di terreno attraversato, annotandone la natura e lo spessore. Ch. Bizet ebbe la brillante idea di riunire questi campioni piazzandoli l'uno sull'altro secondo la loro esatta successione stratigrafica; dopodiché fece costruire un tubo di vetro lungo 54,8 centimetri e dal diametro corrispondente a un pezzo di 5 franchi, cioè in scala con il sondaggio vero e proprio. Il tubo fu posto sopra uno zoccolo e sul fondo di esso fu inserito uno specchio discoidale del medesimo diametro del tubo per simularvi la presenza dell'acqua. Sull'acqua così rappresentata cominciò, con l'aiuto di Mulot, a piazzare i campioni del pozzo nell'ordine inverso alla loro estrazione



11. Charles Gosshelf Kind

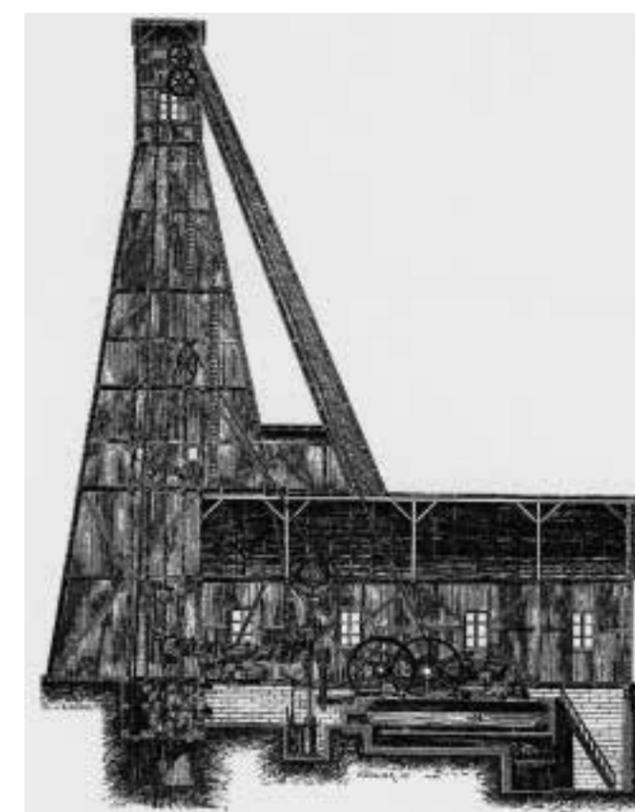
secondo spessori proporzionali ai valori indicati nelle note di Mulot e verificati dal professor Jean-Baptiste Élie de Beaumont (fig. 8). Dal basso verso l'alto, i materiali mostravano perciò la seguente successione: 1) sabbie verdi costituenti l'acquifero; 2) argille sabbiose; 3) formazione del Cretacico; 4) sabbia. Questo curioso e fragile monumento meritava di essere immortalato da un'incisione, che fu effettivamente realizzata e che può essere osservata ridotta nella fig. 9.

Poiché le sabbie verdi cominciavano a 547 metri e la sonda vi era penetrata per 1 metro, possiamo valutare a 548 metri la profondità del pozzo di Grenelle. L'acqua aveva una temperatura di 27,7 °C e fu riconosciuta da Peluze, che ne fece l'analisi chimica immediatamente dopo la sua venuta a giorno, di purezza superiore all'acqua della Senna. La portata del pozzo in superficie prima del tubaggio definitivo superava i 100.000 litri per ora.

La notizia fece il giro del mondo. D'altra parte, durante i lavori di perforazione del pozzo l'opinione pubblica si era occupata molto dell'evento e ne aveva seguito le fasi con la più viva curiosità. Il fisico cattedratico di Francia François Arago non aveva mai smesso di dubitare che sarebbe stata trovata l'acqua come nei pozzi di Elbeuf, secondo lui alimentati dalla stessa falda di Grenelle. Anche l'illustre geologo Élie de Beaumont non cessò mai di prodigare consigli e incoraggiamenti alle persone incaricate di questo lavoro. Si può anzi affermare che l'opera ebbe successo grazie anche ai perseveranti interessamenti di questi due scienziati. Il pozzo di Grenelle ha rappresentato per anni il più brillante e meritato successo per la geologia e l'idraulica.

La posa della colonna definitiva cominciò il 29 giugno 1841, ma l'operazione fu ritardata da diversi accidenti. I tubi, spessi 3 millimetri, erano in rame e formavano una colonna di tre diametri differenti (18, 22 e 25 centimetri) pesante 10 tonnellate.

Il 30 novembre 1842, cioè dopo nove anni, i lavori terminarono del tutto. La perforazione in senso stretto aveva avuto un costo di 262.375 franchi, il tubaggio 100.057 (divisi in 37.000



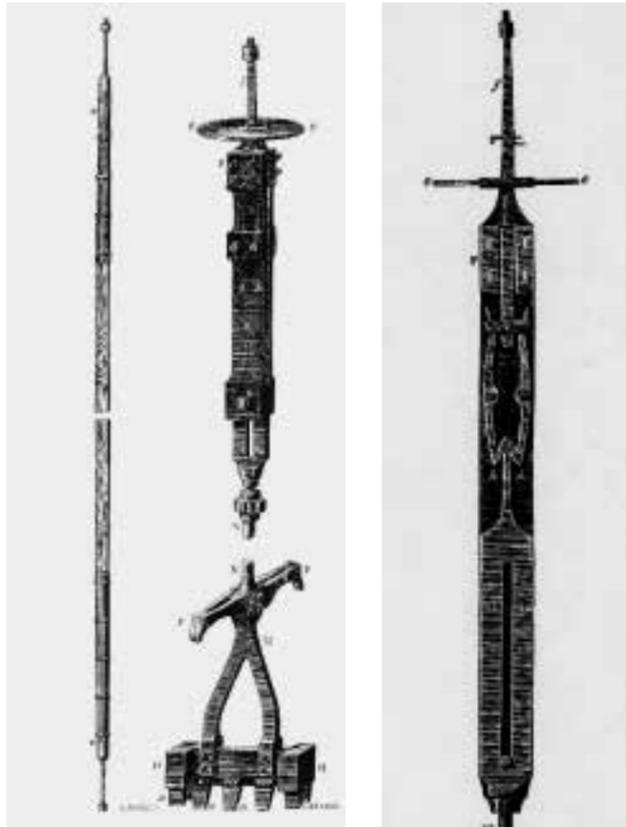
12. Impianto di perforazione a vapore ideato da Kind e utilizzato per l'esecuzione del pozzo parigino di Passy

per il tubo in rame e 63.057 per il tubo in lamiera galvanizzata e la sua messa in opera). Il prezzo totale per l'esecuzione del pozzo di Grenelle fu dunque di 362.432 franchi-oro.

Dopo la fine dei lavori, l'acqua era rimasta chiara. La portata del pozzo era di 2200 litri per minuto alla superficie del suolo e della metà circa all'altezza di 32,5 metri. L'acqua zampillante, anziché lasciata sgorgare liberamente molti metri al di sopra del suolo, fu forzata a risalire all'interno di un tubo verticale di 34 metri di lunghezza che terminava in un serbatoio. Grazie a questa disposizione, l'intervento di pompe per distribuire l'acqua anche negli altri quartieri risultava inutile: l'acqua scendeva dal serbatoio attraverso un secondo tubo ed era distribuita, con una pressione sufficiente, nei quartieri situati più in basso. In tal modo, essa raggiungeva e colmava i serbatoi di piazza del Panthéon, dai quali veniva distribuita nelle fontane pubbliche e private. Come riconoscimento del lavoro svolto, l'Amministrazione municipale di Parigi assegnò a Mulot un vitalizio di 3000 franchi.

Un monumento d'aspetto elegante malgrado le sue vaste proporzioni – una colonna esagonale di 42,85 metri di altezza – fu eretto nella piazza Breteuil per segnalare la presenza del pozzo artesiano (fig. 10). La colonna presentava un basamento in pietra lavorato a forma di bacino, nel quale confluivano 96 getti d'acqua provenienti da quattro vasche poste ad altezze differenti lungo la colonna medesima. Una scalinata a giorno portava dalla base alla sommità del monumento, dove si stagliava una lanterna coronata da una cupola. Autore di quest'opera fu Constant Delaperche (1790-1842).

L'acqua del pozzo era potabile e di rimarchevole purezza, tanto che l'ambasciatore di Turchia, lusingando molto gli abitanti del quartiere di Grenelle, ogni due giorni inviava al pozzo uno dei suoi domestici con l'incarico di portargli in ambasciata un orecchio d'acqua. L'analisi chimica confermò che essa era adatta per tutti gli usi domestici e industriali, per sciogliere il sapone,



13. Sistema Kind: asta di sgancio dello scalpello

14. Sistema Kind: asta e scalpello

per la tintura delle stoffe e per la cucina dei legumi. L'assenza di sostanze particolari e lo scarso contenuto di calcio la rendevano altresì particolarmente preziosa per le caldaie delle macchine a vapore.

Il pozzo parigino di Passy

A questo punto è interessante ripercorrere la storia del pozzo di Passy, realizzato con un sistema differente da quello di Grenelle.

Sull'onda dell'entusiasmo suscitato dall'opera di Mulot, fu pensato di scavare un nuovo pozzo in prossimità del parco del Bois de Boulogne per realizzarvi giochi d'acqua con laghi, fiumi e cascate.

L'ingegnere sassone Charles Gosshelf Kind (fig. 11), inventore di un nuovo sistema di perforazione, si offrì di eseguire questo lavoro a condizioni molto vantaggiose per la città. A un prezzo di 350.000 franchi, egli prometteva di scavare nell'arco di un anno un pozzo quattro-cinque volte più largo di quello di Grenelle. Il suo metodo consisteva nell'impiegare barre di legno al posto delle aste di ferro, nonché un sistema a percussione consistente in uno scalpello che di volta in volta veniva sganciato dall'alto.

Ottenuto il parere favorevole di una commissione di scienziati e ingegneri, Kind iniziò i lavori nel quartiere di Passy il 15 settembre 1855. I primi mesi furono impiegati nella costruzione di numerosi capannoni, uno dei quali munito di torre, e nell'installazione di una macchina a vapore a due cilindri e della forza di 25-30 cavalli sul fondo di uno scavo profondo 11 metri (fig. 12).

L'asta di uno dei due pistoni della macchina a vapore era collegata a un'estremità di un enorme bilanciere in legno rivestito di ferro, l'altra sommità del quale sosteneva la sonda tramite una grossa catena. Agendo sul pistone, il vapore alzava il bilanciere che a sua volta sollevava la sonda fino a che l'ingresso del vapore

nel cilindro non veniva chiuso, e a quel punto la sonda cadeva per il proprio peso. La sonda consisteva, come sempre, di una serie di aste terminanti con uno scalpello, però questa volta le aste erano in legno. Al di sopra dello scalpello, pezzo fondamentale del sistema, era presente il meccanismo di sgancio (fig. 13).

Le aste in legno di abete (fig. 14), a sezione quadrata di 9-10 centimetri di lato e lunghe 10 metri, erano assemblate per mezzo di ghiera in ferro avvitata le une con le altre e solidamente fissate con coppiglie. Grazie al loro limitato peso, che non superava di molto quello dell'acqua contenuta nel foro e proveniente dalle infiltrazioni superficiali, le aste era come se in qualche modo galleggiassero all'interno del pozzo. Così portata per così dire dall'acqua, la sonda non era più un ostacolo per il suo peso e non di meno la forza necessaria a sollevare la sonda aumentava in minor proporzione rispetto alla profondità del pozzo: un vantaggio che non era possibile con le aste in ferro. Nel sistema Kind, insomma, la caduta dello scalpello era indipendente rispetto a quella delle aste, per cui si evitavano gli inconvenienti legati alle sonde rigide specialmente a grandi profondità.

Lo scalpello pesava 1800 chilogrammi, era dotato di orecchie laterali ed era armato di sette denti in acciaio fuso fissati per mezzo di perni in ferro: cosa che permetteva di sostituirli facilmente nel momento in cui diventavano troppo usurati o si rompevano. Ciascun dente era lungo 25 centimetri e pesava 8 chili. Affinché lo scalpello, che negli intervalli fra le sue cadute girava su se stesso, attaccasse il terreno nella maniera più completa e uniforme, i denti erano irregolarmente distribuiti nella sua massa, per cui rompevano la roccia in direzioni ogni volta differenti. Sollevato fino a un'altezza di 60 centimetri, lo scalpello era fatto ricadere lungo guide e il terreno veniva attaccato a ogni oscillazione del bilanciere della macchina a vapore. Nessuna roccia avrebbe potuto resistere a questi colpi, esercitati molte volte al minuto.

Il meccanismo ideato da Kind era innovativo e segnava un indubbio progresso rispetto a quello di Mulot; tuttavia non era privo di difetti. Esso, infatti, risultava molto efficace per i terreni compatti, ma lasciava a desiderare per i livelli più teneri, dove il rammollimento dell'acqua lungo le pareti del foro provocava l'allargamento di esso in tale misura che l'acqua, potendo trovare un passaggio fra lo strumento e le pareti stesse, cessava di esercitare la pressione sufficiente per sollevarlo e aprire la pinza di sgancio. Comunque sia, Degoussée e Laurent, gli altri due migliori tecnici di perforazione dell'epoca – autori fra l'altro del volume *Guide du sondeur*, che per decenni ha rappresentato la più importante pubblicazione sull'argomento – perfezionarono il sistema di sgancio di Kind con ottimi risultati.

Durante la perforazione due operai posizionati sulla plancia di manovra erano occupati, dopo ogni colpo, uno a girare verso l'alto la vite che sosteneva la sonda al fine di aumentare la lunghezza delle aste della misura necessaria per far approfondire il pozzo, l'altro a far girare la stessa asta di un ottavo di circonferenza agendo sull'asta trasversale, così che i denti dello scalpello non batterebbero sempre nello stesso punto della roccia.

La quantità di lavoro svolto nel pozzo in questione dall'utensile perforatore dipendeva dalla natura degli strati attraversati. Durante i primi quattro mesi ogni ciclo di battuta, la cui durata era di circa sei ore, produceva un avanzamento medio di 1,28 metri; in certi giorni perforava anche 1,5 metri o addirittura 2.

Dopo che lo scalpello aveva lavorato per sette-otto ore, il foro di perforazione doveva essere ripulito dal detrito da esso prodotto; perciò occorreva ritirate dal foro stesso tutte le aste e lo scalpello per introdurre una cucchiaia o un cilindro a valvola. Questa doppia operazione veniva eseguita con l'aiuto di cavi piatti passanti su due pulegge situate alla sommità della torre del capannone principale, i quali si arrotolavano su un argano mosso dal secondo cilindro a vapore. Le fasi del lavoro erano le seguenti: terminate le battute, si staccava la catena del bilanciere

15. Sistema Kind: cucchiaia per il recupero dei detriti di perforazione



e si riportava questo indietro nel mezzo del rullo, poi si faceva scendere alternativamente ciascuno dei cavi piatti per prendere una lunghezza delle aste che non era minore di 30 metri. Questa misura corrispondeva precisamente all'altezza della torre, sulla quale c'era un uomo occupato a staccare il cavo dopo ogni ascensione e a mettere le aste di lato via via che salivano. Quando lo scalpello era giunto a bocca pozzo veniva posto in un carrello mobile su rotaie in ferro predisposti allo scopo e momentaneamente scaricato.

La cucchiaia impiegata per pulire il foro consisteva in un tubo di lamiera alto un metro e del diametro di 80 centimetri munito, nella sua parte inferiore, di due valvole che si aprivano da fuori in dentro (fig. 15). Questa veniva posizionata a bocca pozzo come lo scalpello, attraverso il carrello su rotaia, quindi ancorata all'estremità con un cavo rotondo di 4 centimetri di diametro che passava su una puleggia e andava ad arrotolarsi su un argano messo in movimento dal secondo cilindro a vapore. La cucchiaia scendeva in virtù del proprio peso. Sul fondo del pozzo le valvole si aprivano per la resistenza dell'acqua, il cilindro si riempiva di detrito e al momento di risalire le valvole si richiudevano per il peso esercitato dalla terra raccolta. La cucchiaia, dopo aver raggiunto il bocca pozzo, veniva condotta dal carrello al di sopra di un canale di scarico e svuotata.

Innovativo e interessante, il sistema Kind sembrava dare ogni garanzia di rispettare i tempi previsti dal contratto, che fissava il termine dei lavori al 18 luglio 1856. Non erano però state sufficientemente considerate le difficoltà di scavo degli strati che franavano al di sopra della formazione principale. Tanti furono gli ostacoli creati dalle sabbie, e soprattutto dalle argille, che solo il 24 settembre 1861 a mezzogiorno, cioè dopo ben sei anni di lavoro, furono incontrate alla profondità di 586 metri le sabbie verdi contenenti la falda in pressione. Al primo colpo di sonda uscirono in ventiquattr'ore 15.000 m³ d'acqua. Ben presto il volume dell'acqua aumentò giorno per giorno fino a un massimo di 20.000 m³; dopo le operazioni di completamento, comunque, la portata si ridusse notevolmente sino a 8.000 m³ giornalieri. L'acqua sgorgava alla temperatura di 28 °C e risultava perfettamente limpida per tutti gli usi domestici. Le analisi chimiche diedero esiti praticamente identici a quelli del pozzo di Grenelle, confermando così che si trattava della medesima falda. La fig. 16 mostra la fontana con l'acqua che fuoriesce dal pozzo artesiano di Passy.

Il cronista dell'epoca si domanda come si sia potuta verificare una differenza di portata così evidente tra quella rinvenuta al



16. Fontana di Passy

momento della perforazione e quella poi effettivamente emunta, tanto da farlo dubitare della buona costruzione del pozzo, o meglio del suo completamento. Rimane infine un'ultima curiosità, anche se non certo fondamentale, della quale il suddetto cronista non parla: non avendo Kind rispettato i tempi previsti dal suo contratto con la città di Parigi, vi furono per lui sanzioni pecuniarie? E, se sì, di quale entità?

Altri pozzi storici di Francia e del resto d'Europa

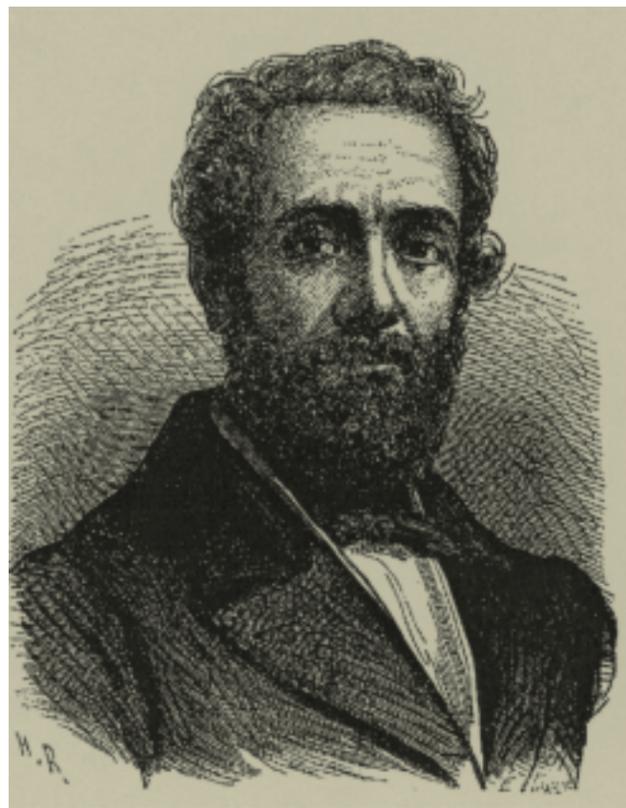
Dopo quelli parigini di Grenelle e di Passy, nella seconda metà del XIX secolo numerosi pozzi per l'acqua furono scavati in differenti regioni d'Europa: dalla Francia all'Inghilterra, dal Belgio alla Germania e all'Italia. Di là dall'oceano Atlantico, invece, gli Stati Uniti d'America sembravano rimasti più indietro nelle tecniche di perforazione, malgrado in quegli stessi anni avessero iniziato ad attingere ai giacimenti di petrolio (il primo pozzo petrolifero fu realizzato a Titusville in Pennsylvania tra il 1857 e il 1859 dal conduttore ferroviario Edwin Drake).

È stato anche grazie allo svilupparsi della ricerca mineraria che furono scoperte falde acquifere importanti. Nella Senna inferiore, nel corso di ricerche di carbone eseguite nei pressi di Saint Nicolas d'Alhiermont, a 15 chilometri da Dieppe, furono scoperte sette falde artesiane, delle quali la più profonda era a 333 metri sotto il livello del suolo. La loro abbondanza era tale che in trentasei ore tutti gli scavi della miniera furono inondati.

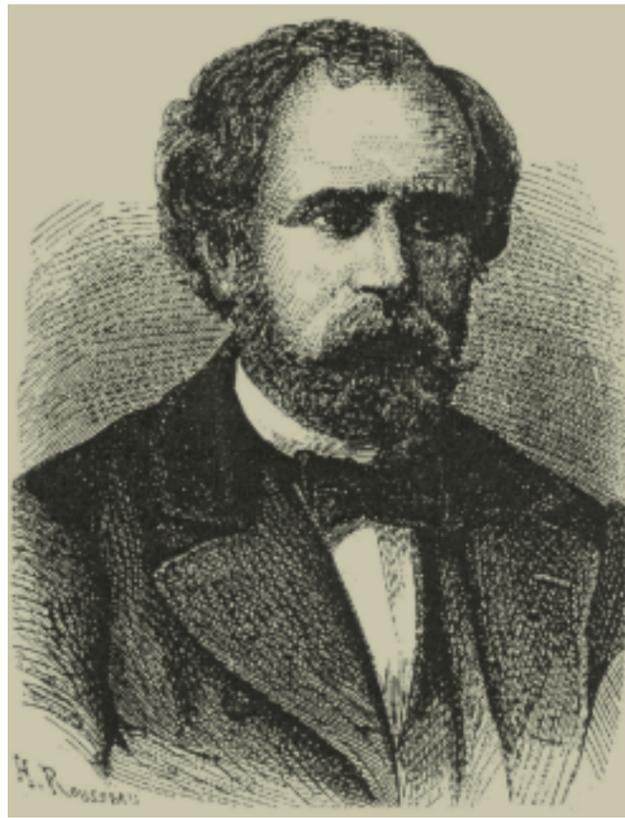
A Sotteville, nei pressi di Rouen, Degoussée (fig. 17) e Charles Laurent (fig. 18) scavarono un pozzo profondo 320 metri. A 254 metri, essi incontrarono una falda d'acqua salata assai abbondante della temperatura di 25 °C, che sgorgò al di sopra del suolo. Ma la città di Rouen, non avendo voluto utilizzare l'acqua per realizzare bagni pubblici, fece chiudere il pozzo.

A Tours e dintorni, tra il 1830 e il 1837 Degoussée e Laurent eseguirono sedici sondaggi della profondità media di 150 metri. Il pozzo di Ville-aux-Dames, profondo solo 105 metri, fornì la ragguardevole portata di 5000 litri al minuto. Un altro pozzo a Tours, scavato da Mulot verso il 1839 e profondo 213 metri, forniva 4000 litri d'acqua al minuto che venivano impiegati per far girare una ruota idraulica. Sempre Degoussée e Laurent realizzarono nel 1833 un pozzo profondo 203 metri nella proprietà del Marchese di Boisgelin. Presso il castello di Saint-Fargeau, il sondaggio incontrò due falde nelle sabbie verdi inferiori, mentre nel parco della Pépinière de Moulins acque sulfuree zampillarono dalla profondità di 66 metri.

Dopo il 1850, un gran numero di sondaggi furono eseguiti nel dipartimento della Mosella dalle tre principali imprese dell'epoca



17. Joseph Marie-Anne Degoussée (1795-1862)



18. Charles Auguste Laurent

– Mulot, Kind e Degoussée & Laurent – per conoscere il prolungamento del bacino carbonifero della Saar. Tali sondaggi raggiunsero la profondità di 400-500 metri e quasi tutti incontrarono falde freatiche, che però intralciarono i lavori di ricerca del carbone creando pesanti difficoltà.

Come in Francia, anche in Inghilterra furono numerosi gli scavi di pozzi artesiani. Uno dei più importanti, con riferimento alla portata, fu quello all'interno della fabbrica di rame di Merton, nella Contea di Surrey, con portata di 900 l/m. Un altro situato nel parco del duca di Northumberland a Chewick zampillava acqua da 189 metri di profondità per più di un metro sul piano di campagna.

A Mondorff in Lussemburgo, da un pozzo perforato da Kind profondo 730 metri uscì una grande quantità d'acqua minerale in pressione che poi venne utilizzata per uno stabilimento termale. Lo spessore della falda era considerevole, circa 220 metri, poiché l'acqua era presente da 502 fino a 720 metri. Fu il pozzo più profondo fino ad allora conosciuto. Un altro pozzo molto profondo, realizzato in Westphalia, raggiunse i 644 metri fornendo 1.683 l/min di un'acqua contenente il 4% di sale.

Per i bagni di Amburgo in Germania, Degoussée e Laurent fecero sette sondaggi che portarono alla scoperta di quattro falde di acque termali: solforosa, ferruginosa, salmastra e d'acqua dolce, con l'ultima alla profondità di 448 metri.

Vi furono perforazioni anche nell'Africa coloniale francese, dove Laurent – che in proposito scriverà anche un'interessante memoria dal titolo *Sondaggi artesiani del Sahara* (fig. 19) – fu accompagnato dal generale Desvaux. A seguito degli studi dello stesso, nel 1856 ebbero inizio sondaggi a Tamerna nel Ouadi R'ir, in Algeria. Dopo quaranta giorni di lavoro, un pozzo di 60 metri raggiunse una falda artesianica enorme, tale da fornire 4500 l/min. La scoperta entusiasmò talmente le popolazioni locali da rendere a esse più accetti i loro invasori: tant'è che alla fonte costruita sul pozzo citato fu dato il nome di fontana della Pace. Dopo questo pozzo ne furono realizzati altri in tutta

l'Africa nord-occidentale, seppure di profondità minori rispetto a quelli europei.

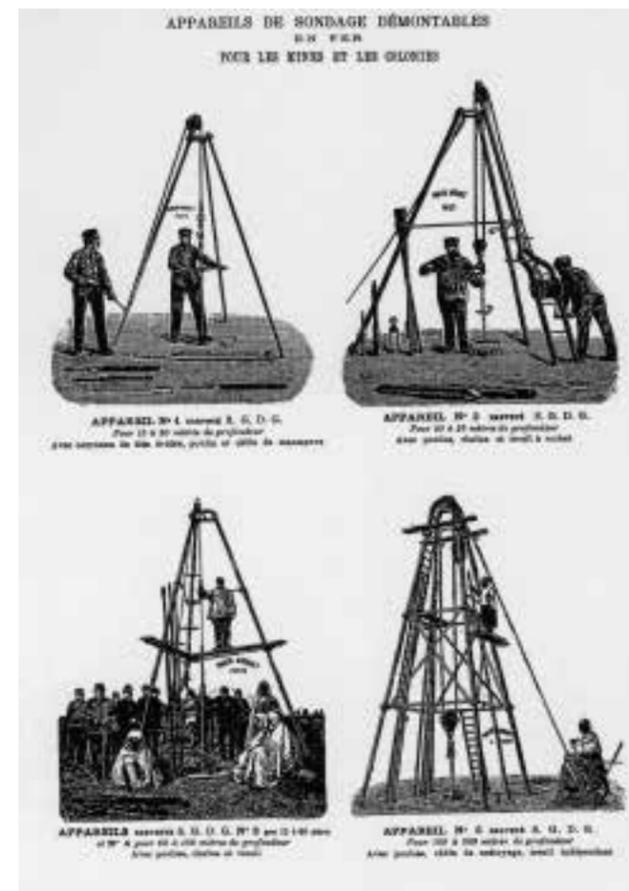
In Italia furono eseguite perforazioni a Napoli, Bologna, Modena, Reggio Emilia, Venezia e in altri centri minori. L'esecuzione dei due sondaggi di Napoli, iniziati nel 1851 e destinati entrambi all'uso e al diletto della monarchia, fu coronata da pieno successo. Il primo, che fu eseguito nel giardino del Palazzo Reale raggiungendo la profondità di 465 metri, incontrò due falde: una a 265 metri e l'altra a fondo foro, notevolmente ricca di calcio e dotata di maggior pressione della precedente. L'acqua affluiva nella bella fontana situata in mezzo al giardino con una portata di circa 2000 l/min. L'altro pozzo, realizzato nel piazzale della Villa Reale e profondo 281,5 metri, riceveva acqua sotto pressione fino a 2,5 metri sul suolo con una temperatura di 20°C. Il re in persona, molto interessato alle invenzioni, il 21 settembre fece visita al cantiere e dopo aver lungamente discusso con i membri di una Commissione speciale tutte le questioni sia fisiche sia geologiche riguardanti l'acqua rinvenuta, ordinò la costruzione immediata di un canale sotterraneo che permettesse di utilizzare la risorsa scoperta per una parte della Villa Reale. Il canale fu terminato nel mese di dicembre.

A Venezia fino al 1844 l'approvvigionamento di acqua potabile era costituito solamente dalle acque piovane che venivano raccolte in più di duemila cisterne pubbliche o private e per mezzo del canale d'acqua dolce Seriosa, affluente del Brenta. Tra 1815 e il 1830 il governo austriaco aveva effettuato numerosi tentativi di eseguire pozzi, ma sempre con esito negativo. Quando ormai sembrava non esserci più speranza Degoussée, forte dei suoi studi, accettò dal Comune di Venezia – con un contratto firmato il primo febbraio 1846 – l'incarico di realizzare un pozzo a suo rischio e pericolo. I lavori iniziarono in campo Santa Maria Formosa nel mese di agosto. Dopo sei mesi fu incontrata una falda alla profondità di 61 metri e con acqua in pressione sopra il livello del mare. Qualche tempo dopo, in un'altra perforazione eseguita in

campo San Polo, alla stessa profondità, si ottenne una portata di 250 l/min con acqua a pressione fino a 4 metri di altezza. Molti altri pozzi artesiani furono realizzati con successo, tanto che in breve tempo i veneziani poterono disporre di ben 1656 m³ d'acqua giornalieri.

Per avere un panorama completo della storia occorre comunque tener conto anche degli insuccessi, sui quali si hanno meno notizie, ma che in ogni caso non devono essere stati pochi. Ed è appunto di un'esperienza negativa che tratta Guido Agosti nella sua monografia relativa al pozzo Ferrari-Corbelli di Rivaltella (Reggio Emilia), eseguito tra il 1856 e il 1862. Luigi Ferrari-Corbelli, latifondista colto e di larghe vedute, avendo sempre più bisogno di acqua per l'irrigazione delle sue numerose proprietà ed essendosi entusiasmato per i notevoli successi che si erano avuti con l'escavazione di pozzi in Francia e in altre regioni italiane, decise di effettuare una perforazione profonda nella sua proprietà. Acquistò dunque da Kind un impianto completo e assoldò due tecnici: l'ingegner Giacomo Couy e il capo-sonda Nicola Knein. I lavori di perforazione a Rivaltella iniziarono il 16 novembre 1856, ma ben presto si verificarono inconvenienti, compreso un grave incidente che costò la morte al capo sonda Knein. Alla fine del 1860, a circa 300 metri di profondità, fu incontrata una sacca di metano che, esplodendo, distrusse parte della copertura della sonda. Tra 500 e 600 metri fu poi rinvenuta acqua salata. A 677,5 metri la forza motrice umana non fu più sufficiente, per cui Corbelli fece interrompere i lavori e ordinò in Belgio due motori a vapore. Dopo sedici mesi, il 15 novembre 1861 il lavoro continuò con i motori a vapore e grazie a questi il pozzo, nel gennaio del 1862, raggiunse la profondità massima di 682 metri; ma poiché il foro non teneva più ed era difficile installarvi tubazioni di contenimento, dopo altri 128 giorni di lavoro senza incontrare acqua fu deciso di abbandonare l'impresa. Con ogni probabilità, l'acqua era presente a meno di 100 metri più in basso. Pietro Doderlein, valente professore di geologia e scienze naturali dell'Università di Modena, forse anche a causa di un certo suo risentimento dovuto al fatto di non essere stato interpellato, così si espresse riguardo al fallimento dell'opera: "La mala riuscita di questo importante tentativo dipese principalmente dal non essere state valutate a dovere le condizioni geognostiche e topografiche dei vicini monti. Lesimio proprietario si accinse ad una problematica impresa senza aver consultato verun geologo, e dietro semplici dati ed eccitamenti di esteri imprenditori." Ciò nonostante l'opera ha fornito una stratigrafia precisa, per una profondità impensabile a quel tempo, consentita grazie alla donazione, da parte di Ferrari-Corbelli al Civico Museo di Reggio Emilia, di tutti i documenti relativi alla perforazione eseguita.

A questo proposito vale la pena citare nuovamente Doderlein: "Questo gigantesco tentativo che disgraziatamente andò fallito dal lato industriale, riuscì però profittevole alla scienza, dappoiché rese palesi i terreni, e le condizioni stratigrafiche che



19. Impianti di perforazione smontabili, in ferro, per ricerche minerarie e per la ricerca d'acqua nelle colonie francesi d'Africa

dominano nelle pianure dell'Emilia". Queste parole di un dotto dell'Ottocento ci devono far riflettere sul fatto che ancora oggi, agli inizi del terzo millennio, malgrado l'evoluzione tecnologica degli ultimi centocinquanta anni ci abbia messo in condizione di eseguire in poco tempo pozzi di grande diametro e di assai elevate profondità, non sempre gli approcci alle perforazioni mostrano di essere ottimali. Nell'epoca attuale, come hanno dimostrato eventi disastrosi quali l'incidente del pozzo Macondo e l'esplosione della piattaforma petrolifera Deepwater Horizon verificatisi il 20 aprile 2010 nel Golfo del Messico, il controllo costante della buona realizzazione dell'opera appare più che mai fondamentale. Oggi molto più di ieri è necessario, per ogni pozzo da eseguire, svilupparne con la massima cura ogni aspetto relativo alla progettazione, alla costruzione, all'utilizzo, al substrato e all'ambiente in cui si pensa di inserirlo.

Testi consultati

Agosti G. (1970) - *Il pozzo Ferrari-Corbelli di Rivaltella (1856-62)*. Bollettino Storico Reggiano, Anno III (6).
Bonariva A. (1884) - *Le perforazioni Artesiane e loro utilità ed applicabilità nell'Agricoltura, nelle Arti ed Industrie*. Il Politecnico-Giorn. dell'ingegnere

architetto civile ed industriale, 16 (1-2).
Caioli L. (1951) - *Tecnologia della perforazione ricerca e coltivazione dei fluidi*. Hoepli, Milano.
Degoussée M.J. et Laurent C. (1847) - *Guide du sondeur*. Laglois & Leclercq, Paris.
Élie de Beaumont J.B. & Sainte-Claire Deville C. (1862) - *Note sur un forage artésien exécuté à Naples*.

Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris.
Figuier L. (1860) - *Les merveilles de la science ou description populaire des inventions modernes*. Jouvett et C^e Editeurs, Paris.
Vissière I. & Vissière J.-L. (a cura di) (2008) - *Lettere edificanti e curiose di missionari gesuiti dalla Cina (1702-1776)*. Guanda, Milano.

Contaminanti organici persistenti in pesci edibili: un problema per l'uomo e per l'ambiente

Simonetta Corsolini

Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze Ambientali, via P.A. Mattioli 4 - 53100 Siena
simonetta.corsolini@unisi.it

Introduzione

La "salute ambientale" è collegata quella dell'uomo e richiama alla mente il concetto di benessere. Secondo la definizione datane dall'Organizzazione Mondiale per la Salute (*World Health Organization*), infatti, il benessere include tutti quei fattori interni ed esterni alla persona (psicologici, fisici, chimici e biologici) che sono suscettibili di influire sulla vita e sul comportamento. Esso, quindi, implica anche la necessità di creare ambienti favorevoli a una vita sana. La salute umana, insomma, non può prescindere dalla qualità dell'ambiente.

In questa prospettiva, data la capacità di diffondersi di molti contaminanti legati agli odierni stili di vita, è importante conoscere lo stato di "salute ambientale" anche di aree remote quali l'Antartide e l'oceano Meridionale. Queste aree, del resto, si sono da molto tempo rivelate di importanza cruciale per l'intero nostro pianeta, con riferimento ai cambiamenti climatici, al bilancio delle acque dolci e all'equilibrio globale degli ecosistemi. Al medesimo tempo, è dimostrato che gli ecosistemi antartici sono molto fragili e con assai scarsa capacità di resilienza o autoriparazione, per cui qualsiasi loro minima alterazione può amplificarsi in conseguenze drammatiche e spesso addirittura irreversibili.

La contaminazione dell'Antartide e dell'oceano Meridionale

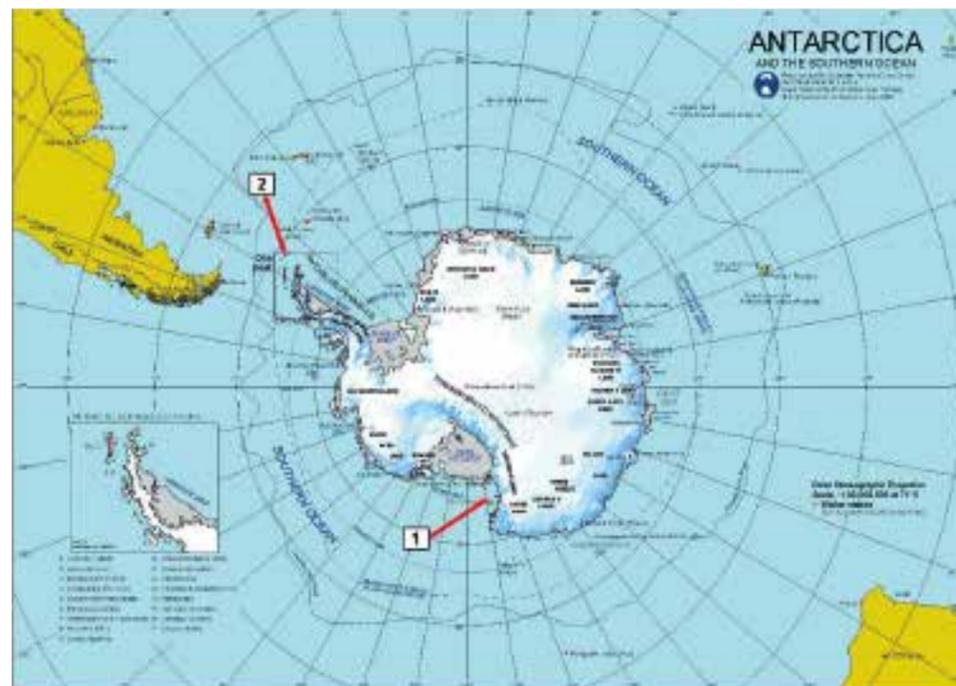
Coperto di neve e ghiacci perenni, l'Antartide è un continente circondato dall'oceano Meridionale, che lo isola dalle altre terre emerse (fig. 1-2); a sua volta, questo oceano ha un vero e proprio confine geografico che lo delimita e lo separa dagli altri: la Corrente Circumpolare Antartica (*Antarctic Circumpolar Current*,

ACC). L'isolamento geografico e il clima estremo dell'Antartide sono responsabili della sua tardiva scoperta, ufficialmente avvenuta nel 1820, nonché dell'irreperibilità nel medesimo di qualsiasi traccia umana, fatta esclusione per le successive e oggi ormai numerose stazioni di ricerca scientifica.

Malgrado la sua ubicazione remota e inospitale, anche l'Antartide è stata raggiunta da inquinanti come quelli definiti "contaminanti organici persistenti" (*Persistent Organic Pollutants*, POPs). Tale contaminazione è stata dimostrata a partire dal 1966 e da allora vi è stato un crescente interesse per il monitoraggio e lo studio di essa. Tale interesse è cresciuto durante gli ultimi anni, dopo che è stato evidenziato che l'Artide si comporta da serbatoio finale per molti POPs (si veda www.amap.no).

Poiché, come si è detto, la ACC isola l'oceano Meridionale dagli altri oceani, l'apporto di acqua da parte di questi ultimi è ritenuto limitato. D'altra parte, la Corrente Nord Atlantica Profonda (*North Atlantic Deep Water*, NADW) scorre a circa 2000 metri di profondità in direzione sud raggiungendo l'oceano Meridionale, dove si miscela con la AAC; e poiché la NADW trasporta acque dall'emisfero settentrionale, dove i POPs sono e sono stati largamente prodotti e utilizzati, è facilmente ipotizzabile che la stessa corrente trasporti verso l'emisfero australe contaminanti prodotti nell'emisfero boreale almeno due anni prima.

Diversamente da quelli liquidi, i POPs volatili e semivolatili possono essere trasportati verso l'oceano e il continente antartico tramite le masse d'aria. Come meccanismi di trasporto sono stati proposti la condensazione fredda e il frazionamento globale. La Terra e l'atmosfera che la circonda funzionerebbero come un grande distillatore, dove i contaminanti si spostano dalle



1. L'Antartide e l'oceano Meridionale; le frecce indicano le due aree di studio: 1 = Baia Terra Nova nel mare di Ross, 2 = Elephant Island nel mare di Weddell

2. Un panorama antartico



basse alle alte latitudini mediante processi di evaporazione e condensazione, più o meno velocemente a seconda delle loro proprietà chimico-fisiche e della temperatura dell'aria (fig. 3).

Una volta raggiunte le latitudini polari, i POPs rimangono intrappolati nei ghiacci. A causa del freddo estremo e del lungo buio invernale, la loro degradazione avviene con molta lentezza. Poi, al subentrare della stagione estiva, lo scioglimento dei ghiacci marini (fig. 4) provoca il loro rilascio nelle acque oceaniche e, di conseguenza, dà a essi la possibilità di bioaccumularsi e biomagnificarsi nei tessuti degli organismi (fig. 5).

Va considerato che le reti trofiche antartiche sono abbastanza semplici, brevi e con pochi livelli: gli organismi predatori, essenzialmente mammiferi e uccelli, dipendono come fonte primaria di cibo da poche specie, quali il pesce *Plauragramma antarcticum* e il gamberetto pelagico *Euphausia superba* (il cosiddetto "krill") (fig. 6). Il declino di una popolazione di queste specie-chiave può dunque avere effetti imprevedibili e devastanti sugli ecosistemi marini. D'altra parte, date le differenti caratteristiche ambientali ed ecologiche, non è detto che la quantità e il tipo di contaminanti accumulati dagli organismi antartici mostrino i medesimi profili rilevati nelle aree temperate e tropicali del pianeta.

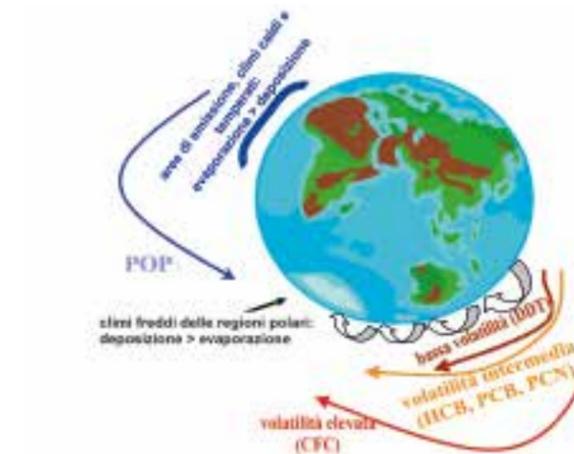
I contaminanti organici persistenti (POPs)

Trattandosi di idrocarburi alogenati difficilmente degradabili e metabolizzabili, per di più spesso prodotti su scala industriale, i contaminanti organici persistenti (*Persistent Organic Pollutants*, POPs; <http://chm.pops.int/Home/tabid/2121/Default.aspx>) possono inquinare l'ambiente e risultare tossici per gli organismi, uomo incluso. Molti di essi sono largamente impiegati nell'industria, nell'agricoltura e nelle consuete attività quotidiane. In alcuni casi possono formarsi come prodotti industriali indesiderati o secondari, presentando caratteristiche di tossicità simili a quelle dei desiderati finali.

I POPs includono diversi gruppi di composti con struttura e proprietà fisico-chimiche simili, che perciò provocano gli stessi effetti tossici. Essi sono stati e continuano a essere usati ampiamente e universalmente nell'agricoltura (come pesticidi: ad esempio l'aldrina, i clordani, il diclorodifeniltricloroetano o DDT, la dieldina, l'endrina, l'esaclorobenzene o HCB, il mirex, l'epetacoloro, i toxafeni), nell'industria (ad esempio i policlorobifenili o PCB, i difenileteri

polibromurati o PBDE) e nei presidi sanitari (ad esempio il perfluorotanosulfonato o PFOS; fig. 7). Tutte queste sostanze sono idrofobiche, cioè insolubili nell'acqua, presentano un potenziale di trasporto a lungo raggio, persistono nel suolo e nei sedimenti e hanno un tempo di dimezzamento nell'ambiente che può essere misurato in anni o molte decadi. Sono inoltre poco volatili, cioè evaporano con difficoltà dal suolo e dalle acque, e rivelano un'elevata stabilità termica e chimica. A causa della loro resistenza alla biodegradazione, sono anche chiamati xenobiotici, cioè "estranei alla vita" (dal greco: *xenos* = straniero, *bios* = vita).

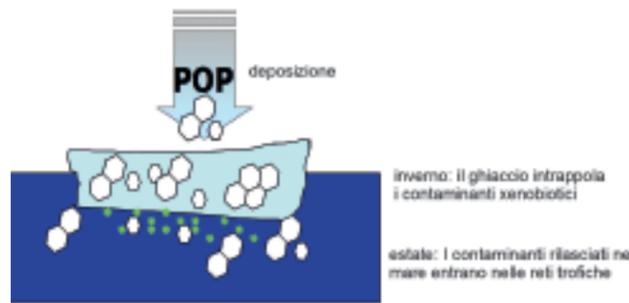
Mentre negli organismi terrestri l'assunzione dei POPs avviene attraverso la dieta, in quelli acquatici giocano un ruolo importante anche la respirazione (bioconcentrazione) e il contatto. Non essendo in grado di metabolizzarli, gli organismi accumulano i POPs nella componente lipidica dei loro tessuti (fenomeno denominato "bioaccumulo"). In seguito a ingestione e re-ingestione, le concentrazioni diventano poi sempre più elevate via via che si passa dai produttori primari ai consumatori apicali delle reti trofiche (fenomeno denominato "biomagnificazione").



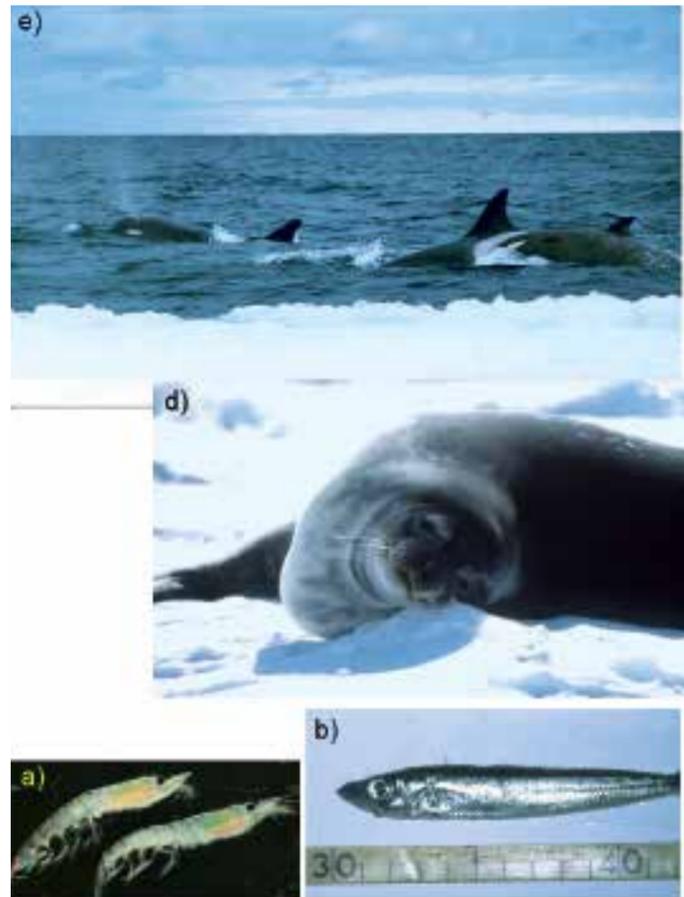
3. Trasporto globale dei contaminanti; in blu: aree calde e temperate di emissione (evaporazione>deposizione); in marrone: bassa volatilità (DDT); in arancione: volatilità intermedia (HCB, PCB, PCN); in rosso: alta volatilità (CFC); in nero: climi freddi delle regioni polari (deposizioni>evaporazione)



4. Scioglimento del ghiaccio marino all'inizio dell'estate polare



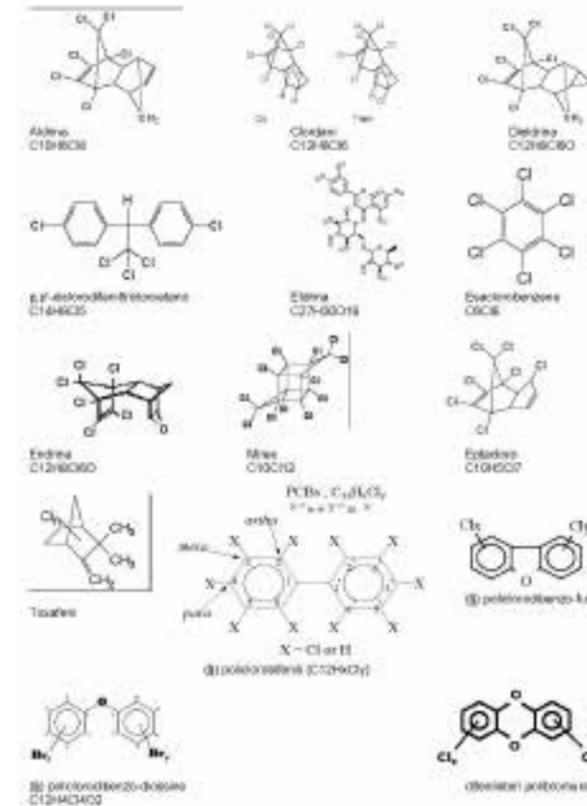
5. Rilascio dei POPs dal ghiaccio marino al mare durante l'estate polare



6. Schema di una rete trofica antartica: (a) krill *Euphausia superba*; (b) *Pleuragramma antarcticum*; (c) pinguino imperatore (*Aptenodytes forsteri*); (d) foca di Weddell (*Leptonychotes weddellii*); (e) orca (*Orcinus orca*) (foto a: www.unisi.mna.it; foto b, c, d, e: S. Corsolini)

Dagli anni sessanta, allorché emersero le prime evidenze della tossicità dei POPs nei confronti degli organismi, sono stati pubblicati migliaia di articoli scientifici in proposito. Oggi sappiamo che alcuni di essi – come il PCB, le policlorodibenzo-diossine (PCDD, conosciuti anche con il termine generico di “diossine”), i policlorodibenzo-furani (PCDF, conosciuti anche con il termine generico di “furani”), il PBDE e altri idrocarburi alogenati spesso usati come pesticidi (fig. 7) – agiscono come distruttori endocrini (ED), cioè interferiscono con il funzionamento dei sistemi endocrini alterandone gli equilibri omeostatici. I più tossici sono le PCDD e i PCDF, composti secondari non intenzionali strutturalmente simili derivanti dalla produzione di molte miscele tecniche di altri composti alogenati, pesticidi inclusi. Possono anche formarsi nei trasformatori elettrici di vecchia generazione, nonché essere rilasciati durante i processi dello sbiancamento della carta, dell'incenerimento di rifiuti urbani e industriali, della produzione di metalli e della combustione sia di carburanti fossili che di legno.

Tra le diossine e i furani, la 2,3,7,8-TCDD è considerata il composto più tossico. Nel 1997, l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) l'ha classificata come carcinogeno di classe 1, cioè interessante l'uomo, e questa conclusione è stata successivamente confermata anche dalla *Environmental Protection Agency* (EPA, www.epa.gov). A livello cellulare, l'azione della TCDD sul materiale genetico (fig. 8) comporta conseguenze, di differente livello di gravità per l'organismo contaminato, strettamente legate all'effetto sommatorio dell'accumulo. Trattandosi infatti di contaminanti persistenti, questi vengono accumulati per tutta la vita e, una volta superati determinati livelli di soglia, possono causare tumori, alterazioni ai processi di sviluppo e riproduttivi (come un basso peso alla nascita, squilibri ormonali, un



7. Alcune famiglie di POP (S = isostereoisomeri)

basso quoziente di intelligenza o problemi emotivi), alterazioni al sistema immunitario (ad esempio una diminuzione dell'abilità a combattere tumori e infezioni), alterazioni al sistema endocrino (soprattutto tiroide e ormoni sessuali), danni al sistema nervoso centrale e periferico, danni epatici, malattie della pelle e degli occhi, morte (per una rassegna cfr. Corsolini 2007).

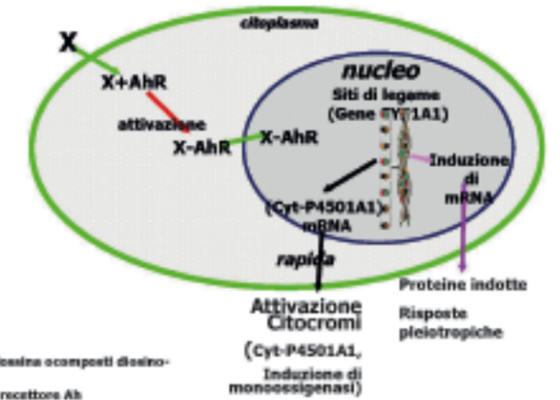
Oltre alla TCDD, molti altri contaminanti più o meno stereoisomeri con essa causano i medesimi problemi di salute. Tra questi, altri congeneri di PCDD e di PCDF che hanno un atomo di cloro sostituito nelle posizioni 2, 3, 7, 8 della molecola (composti diossino-simili: CDS), nonché alcuni PCB e altri composti isostereoisomeri della TCDD (fig. 7).

Il potenziale tossico di un composto diossino-simile è valutato mediante l'uso dei Fattori di Equivalenza Tossica (TEF), che esprimono la tossicità di un composto in rapporto a quella della 2,3,7,8-TCDD. Il TEF è un numero adimensionale ed è uguale a 1 per la 2,3,7,8-TCDD; di conseguenza, i TEF degli altri composti saranno minori di 1. Per valutare il potenziale tossico (Tossici Equivalenti, TEQ) di uno o più CDS si moltiplica la concentrazione di un contaminante rilevata in un campione per il suo TEF, ottenendo un valore di concentrazione che esprime la tossicità di quel contaminante se fosse la 2,3,7,8-TCDD; la tossicità totale dovuta a tutti i CDS presenti in un campione si calcola sommando i TEQ di ogni contaminante identificato, secondo la formula:

$$TEQ = Sn1[PCDD_i \times TEF_i] + Sn2[PCDF_i \times TEF_i] + Sn3[PCBi \times TEF_i]$$

dove PCDD_i, PCDF_i e PCB_i sono le concentrazioni di ogni congenero, TEF_i è il valore TEF di ogni congenero e Sn1-3 sono le somme dei TEQ per ogni classe di contaminanti.

Il calcolo dei TEQ è molto importante perché permette di valutare il rischio per organismi nei cui tessuti siano stati identificati e quantificati contaminanti diossino-simili. È molto importante



8. Meccanismo d'azione della 2,3,7,8-TCDD e dei composti diossino-simili: il contaminante (X) entra nella cellula attraversando la membrana plasmatica; nel citoplasma può incontrare il recettore Ah specifico e formare un complesso attivato X-Ah in grado di entrare nel nucleo e qui interagire con il DNA a livello dei geni regolatori della diossina, inducendo così la produzione di mRNA per la sintesi di citocromi o di altre proteine a risposta pleiotropica, che portano ad alterazioni dello stato di salute

anche perché permette di valutare il rischio cui si espone l'uomo quando specie contaminate siano da lui usate come alimento. Esiste infatti una normativa europea che stabilisce la concentrazione massima di TEQ che può essere ingerita con la dieta e che è definita Dose Tollerabile Settimanale (*Tolerable Weekly Intake*, TWI). Tale dose è pari a 14 pg di TEQ per kg di peso corporeo alla settimana; di conseguenza, prendendo ad esempio una donna di 50 kg e un uomo di 70 kg, la TWI sarà rispettivamente 50 x 14 = 700 pg_{TEQ} e 70 x 14 = 980 pg_{TEQ}; concentrazioni che corrispondono alla quantità di TCDD, o di composti diossino-simili, che può essere assunta con la dieta senza rischi per la salute (Van Leeuwen *et al.* 2000).

Il pesce *Dissostichus mawsoni* quale base di monitoraggio dei POPs

Commercialmente noto con i nomi volgari di dentice antartico (*Antarctic Toothfish*) presso le aziende proprietarie dei pescherecci e di spigola cilena presso i mercati statunitensi e asiatici, il pesce *Dissostichus mawsoni* (Norman 1937) è una specie endemica polare pelagica, reperibile tra 45°-78°S, 18°-180°W (www.fishbase.org) e distribuita fino a 1600 metri di profondità (Miller 1993). La lunghezza massima registrata nel maschio è di 250 centimetri e l'età massima riportata è di 48 anni (Sullivan *et al.* 2005). Le popolazioni del mare di Ross sembrano raggiungere taglie maggiori rispetto alle altre (www.lastocean.org).

Molto importante dal punto di vista ecologico, il dentice antartico ha una dieta basata principalmente su *Pleuragramma antarcticum* e, in minor misura, su *Trematomus eulepidotus* e su adulti di “krill” (Pakhomov & Pankratov 1992). In base a studi sulla dieta, il suo livello trofico è valutato corrispondente a 4,45 (www.fishbase.org), per cui è considerato un predatore, soprattutto di *P. antarcticum* nelle acque del mare di Ross e dell'oceano Meridionale in generale (Eastman 1993; La Mesa & Vacchi 2001). È invece oggetto di preda da parte di foche di Weddell, capodogli, calamari giganti e una specie di orca, *Orcinus orca* tipo C, che si nutre quasi esclusivamente di esso.

Come molte specie di pesci antartici, il dentice antartico controlla il suo galleggiamento mediante accumuli di lipidi nei tessuti muscolari e cardiaco, in particolare triacilgliceroli, che possono essere usati anche come fonte energetica (Grove & Sidell 2004). Poiché il filetto grasso di questa specie risulta gradevole ai consumatori, in particolare negli Stati Uniti e in Asia, essa viene pescata –



9. Un esemplare di *D. mawsoni* (foto www.unisi.mna.it)

sia legalmente che illegalmente – per fini alimentari (Agnew 2000; CCAMLR Report 2008), entrando nel mercato. Gli Stati Uniti importano circa il 20% del quantitativo interessato dal mercato mondiale, pari a 10.000 tonnellate (www.nmfs.noaa.gov/trade/chile.pdf). La pesca è regolamentata dalla Convenzione per la conservazione delle risorse marine viventi in Antartide (*Convention for the Conservation of Marine Living Resources*, CCAMLR, Conservation Measure 170/XVIII, www.ccamlr.org). La pesca illegale sta seriamente minacciando le due specie *D. mawsoni* e *D. eleginoides*; nonostante ciò, non sono ancora inserite nella Red List delle specie a rischio della *International Union for Conservation of Nature and Natural Resources* (www.iucnredlist.org).

Gli obiettivi generali di questo studio includevano l'analisi qualitativa e quantitativa di alcune famiglie di contaminanti organici persistenti in una specie ittica dell'oceano Meridionale edibile e di rilevanza commerciale. Gli obiettivi specifici riguardavano il dentice antartico e includevano: la determinazione delle concentrazioni di PCB, PCDD, PCDF, PBDE nelle parti edibili (muscoli) di questa specie; la valutazione della potenziale tossicità della medesima (TEQ); la valutazione della dose settimanale tollerabile (TWI) e della dieta giornaliera priva di rischio (EDI).

Reperimento dei campioni

I campioni di *D. mawsoni* provenienti dal mare di Ross sono stati raccolti durante la XVIII spedizione italiana in Antartide (2002-2003), nell'ambito del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA). Gli esemplari (n = 12: 5 femmine e 7 maschi; fig. 9) sono stati pescati mediante palamito nei pressi della Baia Terra Nova (BTN: lat. 74°40.931 S, long. 164° 05.585 E; fig. 10), usando calamari come esca, a una profondità di 264-268 metri. La lunghezza media totale degli individui era di 123±16 centimetri e il peso medio di 26±12 chilogrammi.

I campioni della medesima specie ittica provenienti dal mare di Weddell sono stati raccolti durante la spedizione ANTXXIII/8, a bordo della RNR *Polarstern* durante l'estate australe 2006-2007, nell'ambito di una collaborazione tra il PNRA e l'Alfred Wegener Institut (Bremenhaven, Germania). Gli esemplari (n = 12) sono stati pescati tramite rete a strascico nei pressi di Elephant Island (EI: lat. 60°50,04-61°51,58 S; long. 54°35,39-56°1,68 W; fig. 11), a una profondità di 112-482 metri. La lunghezza totale media degli esemplari era di 46±13 centimetri e il loro peso medio di 1,2±0,7 chilogrammi.

Subito dopo essere stati pescati, gli esemplari sono stati misurati, pesati e dissezionati in laboratorio. Un'aliquota di tessuto muscolare di circa 10-15 grammi è stata conservata a -20°C entro sacchetti di polietilene fino al momento delle analisi.

Analisi di laboratorio

La procedura di laboratorio utilizzata per la determinazione dei contaminanti organici aloogenati ha seguito il metodo di estrazione descritto da Corsolini *et al.* (2005). In breve, aliquote di campione fresco di circa 5-10 grammi sono state disidratate e omogeneizzate in un mortaio con 100 grammi di sodio solfato anidro granuloso; i campioni sono stati quindi sottoposti a estrazione

in Soxhlet per dodici ore con diclorometano e n-esano in rapporto 3:1. È stato aggiunto uno standard interno (10 ppb di PCB30 e 10 ppb di PCB209) per il calcolo finale del recupero. L'estratto è stato poi concentrato, trasferito in esano e sottoposto a purificazione tramite il sistema Power-Prep™ (*Fluid Management Systems Inc.*) secondo il metodo descritto da Pirard *et al.* (2002). Tale sistema di purificazione automatizzato si basa sull'utilizzo in sequenza di colonne pre-impaccate di silice, allumina e carbone (PX-21). L'intero sistema è sotto il controllo del software DMS 6000. Il contenuto lipidico dei campioni è stato valutato mediante il metodo gravimetrico.

Analisi gascromatografiche

La determinazione qualitativa e quantitativa dei PCB non planari e dei pesticidi clorurati è stata effettuata utilizzando un gascromatografo *Perkin Elmer* modello Autosystem XL GC, con rivelatore a cattura di elettroni (ECD) al ⁶³Ni con colonna capillare di silice fusa a fase legata del tipo SPB-5 (Supelco Inc.) lunga 30 metri (spessore del film: 0,25 µm; diametro interno: 0,2 mm).

La determinazione qualitativa e quantitativa dei PCB coplanari, delle PCDD e dei PCDF è stata effettuata utilizzando uno spettrometro di massa GCQ Plus dotato di trappola ionica (*Thermo Finnigan*, modello Trace™ GC 2000/Polaris) in modalità MS/MS con una colonna capillare Rtx-5MS (Restek) lunga 30 metri (spessore del film: 0,25 µm; diametro interno: 0,25 mm). Per la determinazione dei PBDE è stata usata una colonna capillare SPB-5 (Supelco Inc.) lunga 30 metri (spessore del film: 0,25 µm; diametro interno: 0,25 mm) con modalità di iniezione *splitless*. Il limite di rivelabilità di ogni singola molecola (LOD) è stato determinato calcolando la media di 3 bianchi±3D.S.

Controlli di qualità e prove di recupero sono stati effettuati con l'uso di materiale certificato per i composti organoalogenati (CARP-2, *Cyprinus carpio*, *National Council Institute for National Measurement Standards*) e l'errore era inferiore al 10%. I recuperi sono stati anche calcolati mediante l'utilizzo di quantità note di standard su ogni campione prima dell'estrazione ed erano superiori al 90%. Per ogni set di campioni sono stati fatti dei *blank* con le stesse modalità di estrazione; l'eventuale valore del *blank* è stato sottratto da quello ottenuto per il campione.

I gascromatografi sono collegati a un sistema *client-server* tramite un'interfaccia Link600N. I computer sono dotati del software *Total Chrom Navigator* (*Perkin Elmer Corporation*). I dati ottenuti sono stati elaborati con i seguenti programmi: OpenOffice.org 3.3.0, Statistica 7.1 (StatSoft Italia); nei calcoli, per le concentrazioni <LOD si è usato il valore numerico LOD/2.

I risultati sono espressi come ng/g o pg/g peso fresco, dove non specificato diversamente; i congeneri di PCB e PBDE sono denominati in base alla nomenclatura della *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC, <http://www.iupac.org/>).

Fattori tossici di equivalenza della 2,3,7,8 TCDD

I valori degli equivalenti tossici della 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (*Toxic Equivalents*, TEQ) sono stati valutati per i composti diossino-simili (PCDD, PCDF, PCB). Le concentrazioni dei TEQ sono state determinate utilizzando i valori dei TEF proposti da Van den Berg *et al.* (2005). Per concentrazioni <LOD stati utilizzati valori pari a LOD/2.

Concentrazione dei POPs

La tab. 1 mostra i risultati ottenuti dall'analisi gascromatografica dei campioni di muscolo di *D. mawsoni* provenienti dalle due aree di studio: la Baia Terra Nova (BTN) nel mare di Ross e l'Elephant Island (EI) nel mare di Weddell. Policlorobifenili (PCB), inclusi diossino-simili, e difenileteri polibromurati (PBDE) sono stati identificati in tutti i campioni analizzati, mentre le diossine (PCDD) e i furani (PCDF) erano inferiori al limite di rivelabilità

10. Baia Terra Nova



11. Elephant Island



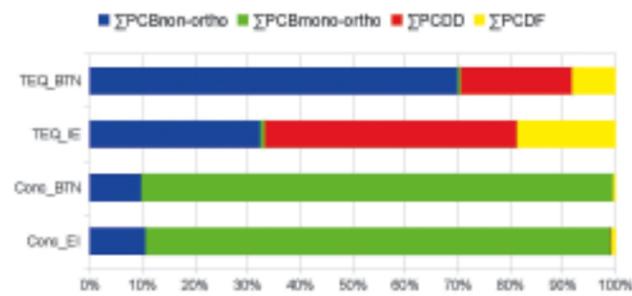
di ogni singola molecola. Le concentrazioni medie dei PCB (somma di 47 congeneri = ΣPCB) e dei PBDE (somma di 23 congeneri = ΣPBDE) risultavano significativamente più elevate negli esemplari provenienti dal mare di Ross (p<0,05; t=-5,839).

Le concentrazioni rilevate negli esemplari di BTN (11±3 ng/g) e di EI (4±2 ng/g) erano rispettivamente inferiori e superiori rispetto a quelle rilevate in altri studi, ad esempio da Corsolini *et al.* (2005) nella stessa specie di BTN (5,2 ng/g p.f.). Nonostante la scarsa presenza di dati nella letteratura scientifica per questa specie e per la sua principale preda, il *P. antarcticum*, le concentrazioni di PCB e altri contaminanti risultano essere maggiori in *D. mawsoni* rispetto a *P. antarcticum* (0,06-0,3 ng/g peso fresco: Subramanian, 1983; 3,51±3,03: Corsolini *et al.* 2003), quando le analisi vengano effettuate su campioni pescati contemporaneamente. Tale andamento è probabilmente in relazione alla più alta longevità di *D. mawsoni*, che consente un maggiore bioaccumulo con l'età, e ai processi di biomagnificazione dovuti alla sua posizione di predatore nelle reti trofiche antartiche.

Il contenuto lipidico del muscolo negli esemplari provenienti dalle due aree di studio risultava maggiore in quelli del mare di Weddell (16,77%, rispetto al 9,35% degli esemplari del mare di Ross) e non era statisticamente correlato alla concentrazione di PCB (p > 0,05). È probabile che questa differenza tra le due aree sia dovuta alla maggiore taglia degli esemplari raccolti a BTN

(lunghezza 123±16 centimetri) rispetto a quelli di EI (lunghezza 40±45 centimetri).

Le concentrazioni dei POPs con tossicità diossino-simile, cioè PCB con atomi di cloro sostituiti nelle posizioni mono- e non-ortho (fig. 7), diossine e furani sono mostrate in tab. 2. Congeneri con sostituzioni in posizione non-ortho (PCB n. 77, 81, 126 e 169) sono stati quantificati nel 98% dei campioni analizzati; il congenere PCB81 era <LOD in tutti gli esemplari di *D. mawsoni*. Le concentrazioni di questi PCB risultavano simili in entrambe le aree antartiche e inferiori rispetto a quelle riportate da Corsolini *et al.* (2005) in esemplari della stessa specie prelevati in precedenza a BTN. Le concentrazioni di PCDD erano <LOD, con l'eccezione di un campione pescato a EI, in cui è stata rilevata la presenza della 1,2,3,6,7,8-HxCDD (2,2 pg/g p.f.) e di due campioni pescati a BTN in cui la 1,2,3,7,8-PeCDD era 5,35 pg/g p.f. e la 1,2,3,6,7,8-HxCDD era 36,14 pg/g p.f. Ciò sarebbe in accordo con quanto riportato da alcuni autori, secondo cui i congeneri più spesso identificati negli organismi acquatici sarebbero la 2,3,7,8-TCDD, la 1,2,3,7,8-peCDD e l'1,2,3,4,7,8-esaCDD (Kumar *et al.* 2002; Wan *et al.* 2005). Questo andamento è in accordo con precedenti studi condotti sulla stessa specie proveniente dalla stessa area (Corsolini *et al.* 2005). Le concentrazioni di composti diossino-simili rilevate in *D. mawsoni* erano comunque inferiori rispetto a quelle riportate per altre specie di pesci in altre aree della Terra (Ruus *et al.* 2006;



12. Contributo percentuale di PCB, PCDD e PCDF alla concertazione dei CDS e alla STEQ

Corsolini *et al.* 1995). Le stazioni di ricerca presenti lungo le coste antartiche potrebbero contribuire alla contaminazione da PCDD attraverso le attività di incenerimento (Corsolini 2009), anche se il trasporto atmosferico a lungo raggio costituisce la principale sorgente di POP nell'area antartica.

La concentrazione di PBDE era 4 ± 6 nei *D. mawsoni* dell'EI e 15 ± 25 pg/g in quelli della BTN (tab. 1) e tale differenza nelle due aree era statisticamente significativa ($p < 0,05$). La letteratura scientifica non riporta dati sulla presenza di PBDE in questa specie. Le concentrazioni erano più elevate rispetto a quelle riportate per altre specie antartiche, come nel krill e in *Trematomus bernacchii* del mare di Ross (esempio: Corsolini *et al.* 2006) e inferiori a quelle rilevate in tre specie di pinguini antartici (Corsolini *et al.* 2007). I valori osservati in questo studio risultavano inferiori a quelli rilevati in altre specie di pesci che vivono in zone della Terra maggiormente contaminate (vedi, ad esempio, Boon *et al.* 2002). Le concentrazioni di PBDE in pesci e invertebrati vicino al canale di scarico della stazione scientifica di McMurdo nel mare di Ross erano simili a quelle delle aree urbane del Nord America e tendevano a diminuire con la distanza dalla stazione (Hale *et al.* 2008). Tali risultati evidenziano che le acque di scarico non depurate possono essere fonte di contaminanti anche in aree remote.

Studi effettuati su altre specie testimoniano la presenza di PBDE in organismi che vivono in aree remote (ad esempio, De Boer *et al.* 2004) riportavano un incremento nelle concentrazioni del PBDE209 dal 1975 al 2001 in uova di falco raccolte in Svezia. Un incremento delle concentrazioni di PBDE dagli anni ottanta al 2000 è stato riportato in organismi artici (Ikononou *et al.* 2002; Lebeuf *et al.* 2004).

In futuro, a causa di una redistribuzione a livello globale di questi contaminanti, si ipotizza un aumento dei livelli dei PBDE nella regione antartica (AMAP 2005).

Il rischio per l'uomo e per l'ambiente: tossicità dei composti diossino-simili (PCB, PCDD, PCDF) e dei PBDE

Le concentrazioni dei POPs con tossicità diossino-simile, ovvero policlorobifenili (PCB) con atomi di cloro sostituiti nelle posizioni mono- e non-ortho, diossine (PCDD) e furani (PCDF) sono state utilizzate per valutare la tossicità totale espressa come Potenziale Tossico Equivalente (TEQ); i risultati sono mostrati nella tab. 2. Nei calcoli sono stati esclusi i valori outlier dei tre campioni in cui erano stati identificati alcuni congeneri di diossine e furani. Negli esemplari di *D. mawsoni* provenienti dalle due aree antartiche la tossicità totale (STEQ) era pari rispettivamente a 2,29 e 5,16 pg/g peso fresco negli esemplari del mare di Weddell e del mare di Ross. Tali valori erano bassi se paragonati a quelli valutati in alcune specie ittiche mediterranee (Corsolini *et al.* 2005). A titolo di esempio, i valori di TEQ, relativi solo ai PCB, in filetti di pescespada e di tonno rosso mediterraneo erano pari a 3,689 pg/g e 17,119 pg/g peso fresco (Corsolini: dati non pubblicati). È importante notare che recentemente *D. mawsoni* è stato posto allo stesso livello trofico del tonno rosso (Pinkerton *et al.* 2007). Le concentra-

zioni dei TEQ in esemplari di *D. mawsoni* provenienti dal mare di Ross e pubblicati in uno studio precedente erano 0,113 pg/g peso fresco (Corsolini *et al.* 2005) e quindi apparentemente inferiori; in realtà questo valore non tiene conto dell'apporto di PCDD e PCDF, ovvero dei composti più tossici. Come si può notare nella tab. 2, i valori dei TEQ di PCDD e PCDF erano superiori a quelli dei PCB con sostituzioni in posizioni mono-ortho, nonostante la loro concentrazione inferiore; il loro contributo alla tossicità totale (STEQ) risulta invece maggiore (fig. 12). PCDD+PCDF contribuiscono per oltre l'80% alla STEQ. Ciò è dovuto al loro potenziale tossico, superiore a quello dei PCB.

La concentrazione della STEQ può essere utilizzata per calcolare la dose settimanale tollerabile (TWI) per donne e uomini, assumendo un consumo di 222,6 g di pesce/settimana (Turrini *et al.* 2001). Nel caso del *D. mawsoni*, la TWI variava da 510 a 1149 pg_TEQ/settimana, valori che sono inferiori e superiori ai 700 pg_TEQ e 980 pg_TEQ considerati senza rischio per donne e uomini. Questo risultato ha l'importante significato di mettere in evidenza come il consumo di pesce di grossa taglia (esemplari del mare di Ross) costituisca un rischio anche nel caso di risorse ittiche provenienti da aree incontaminate come l'oceano Meridionale. Il consumo di 200 grammi di filetto di pescespada e tonno rosso mediterraneo comporterebbe l'assunzione di 738 e 3424 pg_TEQ (Corsolini: dati non pubblicati).

I difenileteri polibromurati (PBDE) sono responsabili di effetti tossici acuti; l'esposizione prolungata può alterare il funzionamento della tiroide, causare disordini allo sviluppo neurologico e alterazioni a livello estrogenico ed epatico nel ratto (ASTDR 2004). Inoltre, non può essere escluso un effetto sinergico con composti diossino-simili o altri POPs. Per tale ragione è stata calcolata la quantità di PBDE ingeribili tramite la dieta giornaliera priva di rischio per la salute, detta *Estimated Daily Intake* (EDI), nel caso del consumo di filetti di *D. mawsoni*. Il livello di rischio minimo (*Minimal Risk Level*, MRL) per l'esposizione a PBDE valutato dall'U.S. *Department of Health and Human Services* è 0,007 mg_PBDE/kg peso corporeo/die (Pohl & Bosch 2003).

L'EDI è stato valutato per la popolazione italiana (Turrini *et al.* 2001) assumendo che filetti di *D. mawsoni* costituissero l'unica fonte di pesce. L'EDI_PBDE era di 127 pg/die per filetti di esemplari del mare di Weddell e 477 pg/die per quelli del mare di Ross; tali valori sono inferiori di vari ordini di grandezza a quelli valutati per le popolazioni di vari paesi europei (Corsolini *et al.* 2008). Sulla base di questi risultati, il consumo di 31,8 g/die di filetto di *D. mawsoni* implicherebbe un'ingestione quotidiana di 0,006-0,02 ng_PBDE/kg peso corporeo/die nella donna (peso corporeo ipotizzato = 50 kg) e 0,01-0,03 ng_PBDE/kg peso corporeo/die nell'uomo (peso corporeo ipotizzato = 70 kg). Questi valori sono inferiori di molti ordini di grandezza rispetto all'MRL di 0,007 mg/kg/ peso corporeo/die.

Il calcolo di TEQ, TWI e EDI ha la duplice funzione di permettere la valutazione dei rischi per la specie studiata (TEQ in *D. mawsoni*) e per il consumatore (TWI, EDI). Per esempio, la schiusa delle uova nella trota *Salvelinus namaycush* è compromessa quando la concentrazione di TCDD è superiore a 226 ppt e lo sviluppo embrionale è compromesso in vario modo con concentrazioni di 34-302 ppt (Walker *et al.* 1991). Purtroppo non si conoscono i livelli soglia per *D. mawsoni*.

Conclusioni

L'impatto umano dovuto da una parte alla pesca e dall'altra all'immissione di sostanze tossiche nell'ambiente può costituire un rischio per le popolazioni ittiche e per i predatori. I pesci possono essere sensibili alla contaminazione e quindi sviluppare patologie (Walker *et al.* 1991); l'attività estrogenica dei POPs è già stata documentata sia nei pesci (Fossi *et al.* 2007) sia nell'uomo (ATSDR 2002). Le conseguenze riguardano i predatori, uomo incluso, che

si nutrono di pesci contaminati e che quindi possono a loro volta accumulare composti tossici nei loro tessuti e sviluppare patologie di gravità variabile, in relazione alle quantità accumulate.

Lo studio dei livelli di contaminanti tossici nei pesci è importante perché i predatori come il *D. mawsoni* antartico o il tonno rosso mediterraneo tendono ad accumularne quantità elevate. Gli effetti tossici dovuti all'ingestione di pesce possono essere dovuti, oltre che a quelli ora descritti, anche a molti altri contaminanti conosciuti o sconosciuti; gli effetti sinergici sono difficilmente prevedibili e valutabili. Inoltre, *D. mawsoni* è allo stesso livello trofico

Ringraziamenti

Il Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (PNRA) ha finanziato questa ricerca. Si ringraziano Marino Vacchi (ISPR) per il reperimento dei campioni nel mare di Ross, Marzia Umani per aver raccolto i campioni nel mare di Weddell, Julian Gutt, responsabile scientifico a bordo della RV *Polarstern*, per la collaborazione e ospitalità, Costanza Burroni per le analisi di laboratorio.

Testi citati

Agnew D.J. (2000) - *The illegal and unregulated fishery for toothfish in the Southern Ocean, and the CCAMLR catch documentation scheme*. Mar. Pollut. Bull, 24: 361-374.

AMAP, Arctic Monitoring and Assessment Programme (2005) - *AMAP and Arctic Council Action Plan to eliminate pollution of the Arctic (ACAP): Fact sheet: Brominated Flames retardants in the Arctic*. (www.amap.no).

ATSDR (2002). *Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for DDT, DDE, and DDD. Update*. Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Available at www.atsdr.cdc.gov.

ATSDR (2004) - *Toxicological profile for polybrominated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services. Available at www.atsdr.cdc.gov.

Boon J.P., Lewis W.E., Tjoen-a-choy M.R., Allchin C.R., Law R.J., De Boer J., Ten Hallers-Tjabbes C.C. & Zegers B.N. (2002) - *Levels of polybrominated diphenyl ether (PBDE) flame retardants in animals representing different trophic levels of the North Sea food web*. Environ. Sci. Technol., 36: 4025-4032.

CCAMLR Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources (2008) - *Fishery Reort: exploratory fishery for Dissostichus spp. in division 58.4.1. Appendix D*.

Corsolini S., Focardi S., Kannan K., Tanabe S., Borrell A. & Tatsukawa R. (1995) - *Congener profile and toxicity assessment of polychlorinated biphenyls in dolphins, sharks and tuna collected from Italian coastal waters*. Mar. Environ. Res. 40 (1): 33-53.

Corsolini S., Ademollo N., Romeo T., Olmastroni S. & Focardi S. (2003) - *Persistent organic pollutants in key-species of a Ross sea pelagic trophic web*. Antarctic Sci., 15: 95-104.

Corsolini S., Ademollo N., Romeo T., Greco S. & Focardi S. (2005) - *Persistent organic pollutants in edible fish: a human and environmental health problem*. Microchem., J., 79: 115-123.

Corsolini S., Covaci A., Ademollo N., Focardi S. & Schepens P. (2006) - *Occurrence of organochlorine pesticides (OCPs) and their enantiomeric signatures, and concentrations of polybrominated diphe-*

nyl ethers (PBDEs) in the Adelie penguin food web, Antarctica. Environ. Pollut., 140 (2): 371-382.

Corsolini S. (2007) - *Non-pesticide endocrine disruptors and reproductive health*, in: *Reproductive Health and the Environment*. Series: *Environmental Science and Technology Library*, vol. 22. Nicolopoulou-Stamati P., Hens L. & Howard C.V. Eds. Springer, Dordrecht (NL), pp. 161-186.

Corsolini S., Guerranti C., Perra G. & Focardi S. (2008) - *Polybrominated Diphenyl Ethers, Perfluorinated Compounds and Chlorinated Pesticides in Swordfish (Xiphias gladius) from the Mediterranean Sea*. Environ. Sci. Technol., 42 (12): 4344 - 4349.

Corsolini S. (2009) - *Industrial contaminants in Antarctic biota*. J. Chromat. A, 1216: 598-612.

De Boer J., Leslie L.A., Leonards P.E.G., Bersuder P., Morris S. & Allchin C.R. (2004) - *Screening and time trend study of decabromodiphenylether and hexabromocyclododecane in birds*, in: *Proceedings of the Third International Workshop on Brominated Flame Retardants BFR2004*. Toronto, Canada, pp. 125-128.

Eastman J.T. (1993) - *Antarctic fish biology: evolution in unique environment*. Academic Press, San Diego, California.

Fossi M.C., Casini S., Marsili L. (2007) - *Potential toxicological hazard due to endocrine-disrupting chemicals on Mediterranean top predators: State of art, gender differences and methodological tools*. Environ. Res., (104): 174-182.

Grove T.J. & Sidell B.D. (2004) - *Fatty acid CoA synthetase from Antarctic notothenioid fishes may influence substrate specificity of fat oxidation*. Compar. Biochem. Physiol. Part B, 139: 53-63.

Hale R.C., Kim S.L., Harvey E., La Guardia M.J., Mainor T.M., Bush E.O. & Jacobs E.M. (2008) - *Antarctic Research Bases: Local Sources of Polybrominated Diphenyl Ether (PBDE) Flame Retardants*. Environ. Sci. Technol., 42: 1452-1457.

Kumar K.S., Kannan K., Corsolini S., Evans T., Giesy J.P., Nakanishi J. & Masunaga S. (2002) - *Polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans and polychlorinated biphenyls in polar bear, penguin and south polar skua*. Environ. Pollut. 119: 151-161.

La Mesa M., Vacchi M. (2001) - *Age and growth of high Antarctic notothenioid fish*. Antarctic Sci., 13: 227-235.

Pakhomov E.A. & Pankratov S.A. (1992) - *Feeding of juvenile notothenioid fishes of the Indian Ocean sector of the Antarctic*. J. Ichthyol., 32 (1): 28-37.

Pinkerton M.H., Bury S., Hanchet S.M. & Thompson D. (2007) - *Stable isotope analysis of southern ocean fish tissue samples to investigate trophic linkages of Antarctic toothfish (Dissostichus mawsoni)*. CCAMLR Document WG-EMM07/19 (www.ccamlr.org).

Pirard C., Focant J.F. & De Pauw E. (2002) - *An*

del tonno rosso (Pinkerton *et al.* 2007) e quindi è un predatore apicale. Ciò implica che se visse in un ambiente più contaminato potrebbe accumulare quantità elevate di contaminanti.

Il consumo di *D. mawsoni*, comune in alcuni paesi, non costituisce con probabilità un rischio per l'uomo se inserito in una dieta povera di POPs; la preoccupazione è maggiore per la specie che è minacciata da impatti antropici di vario tipo (pressione della pesca, contaminazione); inoltre, non si conoscono i processi metabolici e i livelli di soglia per i contaminanti, così come scarse sono le informazioni su aspetti della sua biologia ed ecologia.

improved clean-up strategy for simultaneous analysis of polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD), polychlorinated dibenzofurans (PCDF), and polychlorinated biphenyl (PCB) in fatty food samples. Bioanal. Chemosphere, 372: 373-381.

Pohl H. & Bosch S. (2003) - *ATSDR's guidance values for polybrominated diphenylethers (PBDEs) - Update*. Organohalogen Compounds, 67: 2507-2509.

Ruus A., Berge J.A., Bergstad O.A., Knutsen J.A. & Hylland K. (2006) - *Disposition of polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and polychlorinated dibenzofurans (PCDFs) in two Norwegian epibenthic marine food webs*. Chemosphere, 62: 1856-1868.

Subramanian B.R. (1983) - *DDTs and PCB isomers and congeners in antarctic fish*. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 12: 621-626.

Sullivan K.J., Smith N.W.McL. & Waugh S. (2005) - *Report from the Mid-Year Fishery Assessment Plenary, November 2005: stock assessments and yield estimates*. Unpublished report held at NIWA, Greta Point library, Wellington, New Zealand, pp. 62

Turrini A., Saba A., Perrone D., Cialfa E. & D'Amicis A. (2001) - *Food Consumption patterns in Italy: the INN-CA Study 1994-1996*. European J. Clinical Nutr. 55: 571-588.

Van den Berg M., Birnbaum L.S., Denison M., De Vito M., Farland W. *et al.* (2006) - *The 2005 World Health Organization Reevaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-Like Compounds*. Toxicological Sci. 93 (2): 223-241.

Van Leeuwen F.X., Feeley M., Schrenk D., Larsen J.C., Farland W. & Younes M. (2000) - *Dioxins: WHO's tolerable daily intake (TDI) revisited*. Chemosphere, 40: 1095-1011.

Walker M.K., Spitsbergen J.M., Olson J.R. & Peterson R.E. (1991) - *2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) Toxicity during Early Life Stage Development of Lake Trout (Salvelinus namaycush)*. Canadian J. Fish. Aquatic Sci., 48 (5): 875-883.

Wan Y., Hu J., Yang M., An L., An W., Jin X., Hattori T. & Itoh M. (2005) - *Characterization of trophic transfer for polychlorinated dibenzo-p-dioxins, dibenzofurans, non- and mono-ortho polychlorinated biphenyls in the marine food web of Bohai Bay, North China*. Environ. Sci. Technol. 39 (8): 2417-2425.

Riferimenti internet citati

www.amap.org
www.atsdr.cdc.gov/
www.ccamlr.org
http://chm.pops.int/Home/tabid/2121/Default.aspx
www.epa.gov/
www.fishbase.org
www.iucnredlist.org
http://www.iupac.org/
www.lastocean.org
http://www.nmfs.noaa.gov
http://www.who.int/en/

I rinoceronti del Pleistocene europeo

Roberto Fondi

Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze della Terra, via Laterina 8 - 53100 Siena

Introduzione

Un monumento alquanto impressionante, situato nella piazza del mercato della città di Klagenfurt in Austria e costruito verso la fine del XVI secolo, rappresenta un gigante nudo nell'atto di uccidere un drago con una grossa clava appuntita (fig. 1). Il corpo del drago somiglia a quello di un coccodrillo avente ali di pipistrello ed è scolpito nell'atto di sputare furiosamente contro il gigante. Poiché il monumento è anche una fontana, il fuoco della leggenda si è trasformato in acqua. Il cranio del drago, comunque, non è quello di un coccodrillo e ricalca grossolanamente, a parte le assurde orecchie a sventola, quello di un grosso mammifero estinto – il rinoceronte lanoso – che durante il Pleistocene europeo conviveva insieme al mammut con i più antichi rappresentanti della nostra specie. I cronisti, in effetti, asseriscono che circa una trentina di anni prima della costruzione del monumento, un cranio di "drago" fossile fu trovato nei dintorni di Klagenfurt e che tale cranio, collocato ed esposto nel municipio della città, fu adoperato come modello dallo scultore della fontana. Proprio come i cinesi, che ancora oggi chiamano qualsiasi fossile, a meno che non si tratti di denti, osso di drago, nel medioevo gli europei credevano che tutti gli scheletri fossili non attribuibili a giganteschi esseri umani appartenessero a draghi, e coloro che finanziarono ed eseguirono la costruzione della fontana di Klagenfurt rappresentano la più evidente conferma di questa credenza. Per dare un compagno al drago, infatti, fu inventato anche un gigante destinato a ucciderlo: due creature mitiche il cui rapporto, codificato anche da antiche saghe quali quelle di Sigfrido e di Beowulf, era caratteristico della cultura nord-europea di quel tempo.

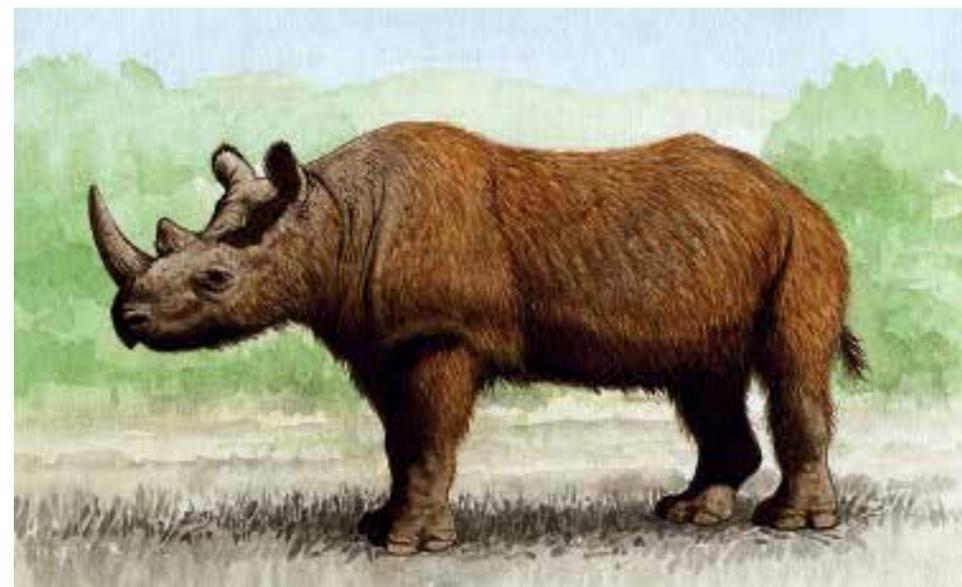
Nell'ambito dei mammiferi ungulati, i perissodattili formano un gruppo distinto in cui il peso corporeo viene scaricato sul terzo dito degli arti, ossia quello medio o centrale, che perciò risulta essere più robusto di quelli laterali. Comparsi nell'Eocene, essi raggiunsero il loro apogeo durante i periodi successivi del Terziario presentandosi differenziati in un gran numero di famiglie. Di queste ultime, comunque, nell'Europa del Plio-



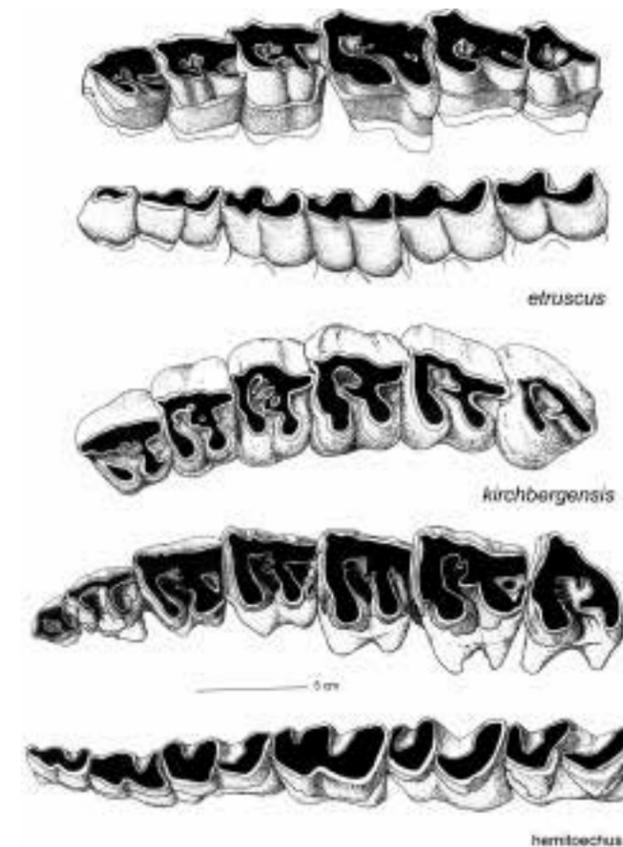
1. La Fontana del Lindwurm, o del Dragone, nella piazza del mercato di Klagenfurt: il monumento fu realizzato nel 1593 da uno scultore tuttora non precisato (per lungo tempo si è creduto che fosse Ulrich Vogelsang), il quale si ispirò per la testa del drago a un cranio di rinoceronte lanoso rinvenuto nel 1535 nelle vicinanze della città e conservato nel municipio di quest'ultima

Pleistocene erano presenti unicamente le tre tuttora esistenti dei tapiridi, dei rinocerotidi e degli equidi.

La famiglia dei rinocerotidi – che attualmente consiste di soli quattro generi, suddivisi in due specie africane (il rinoceronte bianco o camuso, *Cerathotherium simum*, e il rinoceronte nero o bicolore, *Diceros bicornis*) e in tre specie asiatiche (il rinoceronte corazzato indiano, *Rhinoceros unicornis*, i praticamente ormai estinti rinoceronte di Giava o della Sonda, *Rhinoceros sondaicus*, e rinoceronte semicorazzato di Sumatra, *Didymoceros sumatrensis*) – riunisce forme dalla corporatura massiccia e dalla testa armata con uno o due corni. Questi sono costituiti da fasci di fibre simili a peli e da tubi di sostanza cornea strettamente cementati tra loro e avvolti da una guaina della stessa materia, nonché in grado di ricrescere ogni volta che accidentalmente vengano spezzati.

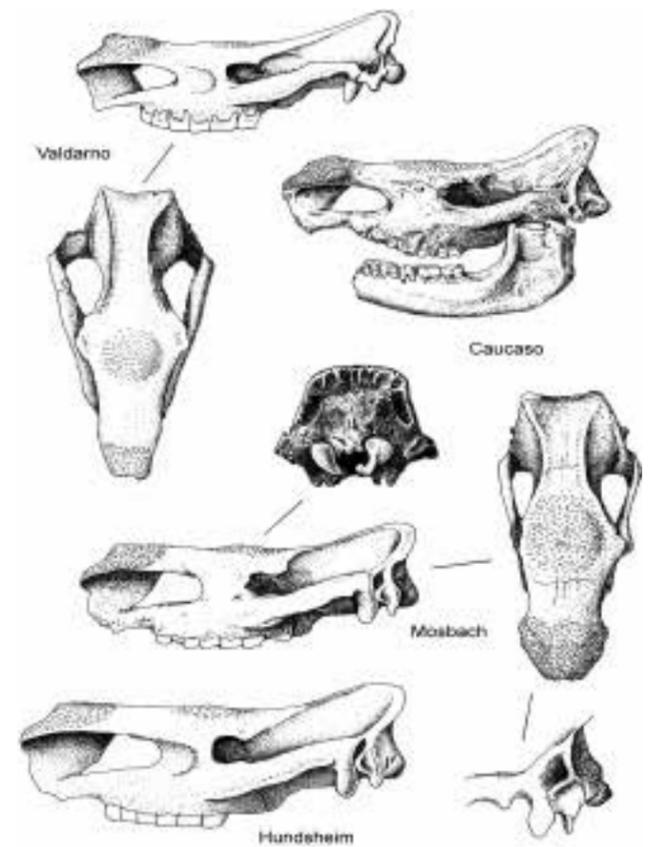


2. Come doveva presentarsi il rinoceronte plio-pleistocenico *Stephanorhinus leptorhinus* (Cuvier, 1822). Ricostruzione di Valter Fogato



3. File dentarie del rinoceronte plio-pleistocenico *Stephanorhinus leptorhinus* (Cuvier, 1822) (denominazione provvisoria) in tre dei suoi differenti morfotipi o ecofenotipi (ef.); le superfici di dentina sono state annerite per meglio metterle in evidenza i caratteristici disegni a fiocco; in alto: file dentarie mascellare e mandibolare dell'ef. *etruscus*; al centro: fila dentaria mascellare dell'ef. *kirchbergensis*; in basso: file dentarie mascellare e mandibolare dell'ef. *hemitoechus* (modif. da Bouchud 1966)

In generale il cranio di questi animali è voluminoso, massiccio e pneumatizzato, di lunghezza variabile a seconda della specie, innalzato nella parte posteriore, con la regione neurale relativamente corta e la splancnica assai sviluppata. Il muso è affilato e termina con una fronte concava che si eleva all'indietro. I nasali, assai robusti, si saldano precocemente tra di loro e formano nel piano sagittale un arco la cui parte mediana, orientata in avanti, presenta un cuscinio a superficie scabra sul quale si inserisce il corno principale. Nelle forme dotate di due corni si ha una superficie scabra anche nella parte anteriore dei frontali. La mandibola ha rami ascendenti corti in rapporto alla lunghezza di quelli orizzontali e rigonfi all'indietro al di sotto dei condili. La dentatura ha come formula 0-2 I. 0 C. 3-4 P. 3 M / 2. 0. 3-4. 3 (I = incisivi; C = canini; P = premolari; M = molari; / = piano di separazione tra la dentatura superiore o mascellare e quella inferiore o mandibolare) ed è composta di elementi radicati. Gli incisivi, ridotti soprattutto superiormente, sono leggermente conici e si obliterano negli individui di età avanzata. L'assenza di canini determina un lungo diastema o tratto di separazione fra gli incisivi e i premolari. Di questi ultimi, i P1 sono semplici e spesso mancano, mentre i P2 e i P3 sono più voluminosi e tendono a rassomigliare ai molari. I tubercoli di cui si compongono i denti laterali o giugali sono uniti da creste il cui disegno, a forma di fiocco (condizione cosiddetta lofodonte), si modifica continuamente e considerevolmente con l'usura (fig. 3). Più in particolare, i premolari e i molari superiori sono bordati sul lato labiale da una *muraglia* o *ectolofo* risultante dalla fusione dei due tubercoli esterni, di cui l'anteriore è separato dal posteriore mediante una



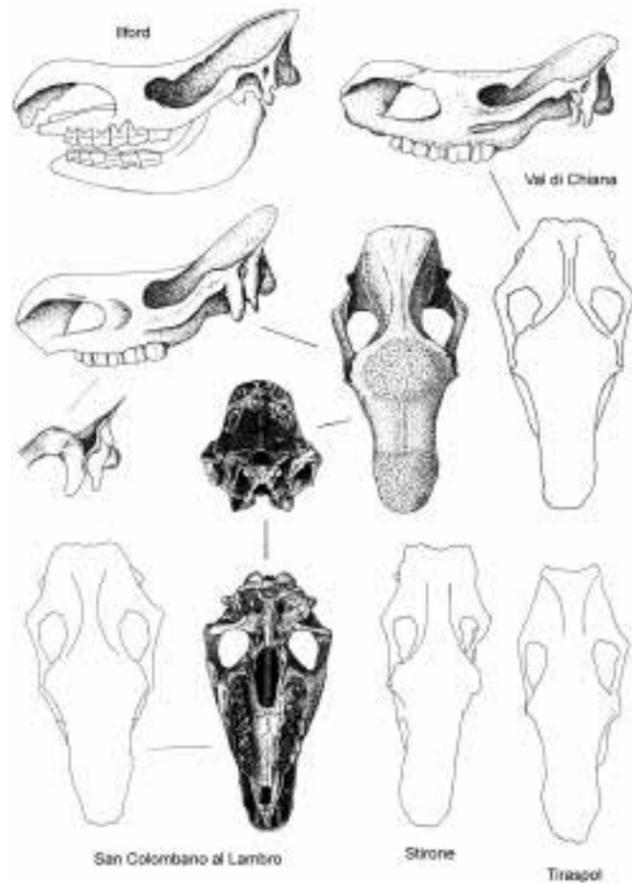
4. Crani provenienti da quattro differenti località europee e riconducibili agli ef. *etruscus* e *hundsheimensis* di *S. leptorhinus*; i crani sono visibili sempre in norma laterale, in due casi anche in norma dorsale, in un caso anche in norma occipitale e con un particolare della regione tipanica (ridis. da vari autori)

piccola depressione. Alla muraglia si attaccano un *protofo* e un *metalofo* disposti trasversalmente in senso obliquo. All'estremità di questi, un protocono e un ipocono sono spesso ben identificabili. Negli individui più giovani si può osservare la presenza di un *crochet* sul metalofo, di un *antecrochet* sul protofo e di una *crista* sul bordo interno dell'ectolofo; questi diversi elementi, tuttavia, hanno sviluppo assai variabile a seconda delle specie, cambiano aspetto a seconda dell'usura e possono anche scomparire completamente nei soggetti di età avanzata.

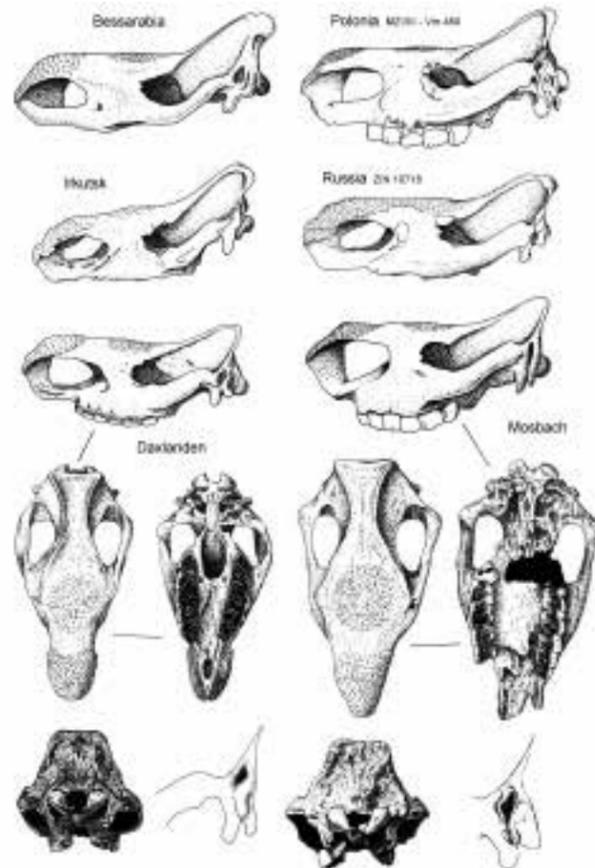
Sebbene risultino tutte a doppio corno e abbastanza simili all'attuale genere *Rhinoceros*, le forme rinocerontine del Plio-Pleistocene europeo vengono assegnate ai generi estinti *Stephanorhinus* e *Coelodonta*. Nell'ambito del primo di questi generi, che include rinoceronti privi di incisivi funzionali, con cranio dal setto nasale solo parzialmente ossificato e con dentizione ectolofodonte, a tutt'oggi sono state distinte almeno sette specie:

- *S. leptorhinus* (Cuvier, 1822)
- *S. kirchbergensis* (Jäger, 1839)
- *S. etruscus* (Falconer, 1868)
- *S. hemitoechus* (Falconer, 1868)
- *S. hundsheimensis* (Toula, 1902)
- *S. jeanvireti* (Guérin, 1972)
- *S. miguelcrusafonti* (Guérin & Santafé, 1978)

È comunque opinione di chi scrive che quelle sopra elencate non siano affatto reali specie naturali, ma soltanto differenti ecofenotipi (ef.) di un unico *taxon* specifico, che pertanto – per rispetto alla legge di priorità vigente nella nomenclatura – dovrebbe portare il nome della diagnosi o descrizione sistematica più anticamente effettuata. Per sola praticità e in via del tutto



5. Crani provenienti da cinque differenti località europee e riconducibili all'ef. *hemitoechus* di *S. leptorhinus*; sono date raffigurazioni in norma laterale, dorsale e palatale, talvolta con un particolare della regione timpanica (ridis. da vari autori)



6. Crani provenienti da sei differenti località eurasiatiche e riconducibili all'ef. *kirchbergensis* di *S. leptorhinus*; come nella figura precedente, sono date raffigurazioni in norma laterale, dorsale e palatale, talvolta con un particolare della regione timpanica (ridis. da vari autori)

provvisoria, denomineremo questo *taxon* con il nome utilizzato da Georges Dagobert de Cuvier nel 1822.

Il Rinoceronte di Cuvier: *Stephanorhinus leptorhinus* (Cuvier, 1822)

Diffuso in Europa dal Rusciniano (se non addirittura dal Miocene) fino all'inizio dell'ultima glaciazione, il rinoceronte di Cuvier (figg. 2-3) manifestò nel tempo e nello spazio grande polimorfismo e notevoli variazioni di taglia.

Le forme del Rusciniano [ef. *leptorhinus*; sinonimo: *megarhinus* (De Christol 1834)] avevano un cranio dal profilo non uniformemente concavo e dal setto nasale non ossificato o con ossificazione molto ridotta, P¹ spesso presenti e molari con valli aperte e cuspidi linguali rigonfie, nonché incisivi inferiori rudimentali. Data la struttura piuttosto fragile della loro regione nasale, che difficilmente avrebbe potuto tollerare colpi assestati con troppa violenza, è supponibile che questi rinoceronti usassero i corni più come mezzo per procurarsi il cibo (inserendo i rami tra i corni stessi e scuotendo e ruotando la testa fino a spezzarli) che non come vere e proprie armi di difesa-offesa. D'altra parte, è anche pensabile che il contesto ecologico nel quale questo animale viveva non richiedesse frequenti operazioni di difesa nei confronti di predatori, in quanto la flora del Rusciniano era a carattere soprattutto forestale e fu solo con l'avvento del Villafranchiano che iniziarono a diffondersi praterie battute da predatori temibili quali la iena lunense e l'omoterio.

In effetti, a partire dal Villafranchiano inferiore il rinoceronte di Cuvier subì una riduzione di taglia (lunghezza 2,5 metri; altezza al garrese 1,5 metri) e acquisì arti più snelli a causa di un sensibile

allungamento dei metapodi, mentre il suo setto nasale divenne maggiormente ossificato (ef. *jeanvireti-etruscus*; fig. 6). Nella dentizione, gli incisivi mandibolari divennero più o meno obliterati, i P¹ scomparvero e i molari superiori si ridussero di dimensioni fino a un punto tale da potersi facilmente distinguere da quelli di tutti gli altri rinoceronti del Pleistocene europeo. Il cranio assunse un profilo concavo perlopiù unicamente nel tratto compreso tra la rugosità cornuale posteriore e la cresta sopraoccipitale, mentre le arcate zigomatiche e le cavità orbitarie si spostarono più in alto e le file dentarie più in avanti. Nell'arco di tutto il Villafranchiano, i più congeniali ambienti di vita del rinoceronte di Cuvier furono sicuramente la foresta decidua aperta e la savana alberata, caratterizzate da terreni sufficientemente umidi e soffici da spiegare anche la particolare conformazione adattativa dei suoi autopodi dalle dita alquanto divaricate. La dentatura, priva per lo più degli incisivi inferiori e composta da elementi brachiodonti non sprovvisti di notevoli capacità di taglio, suggerisce ugualmente habitat di foresta aperta o con vegetazione di altezza intermedia. Con ogni evidenza, quindi, il rinoceronte di Cuvier, pur non disdegnando erbe e graminacee, doveva prevalentemente brucare vegetali coriacei, ma a basso contenuto di silice quali foglie, rami e cortecce. Inoltre la sua corporatura non può che far pensare a un animale agile e capace di corse veloci seppure non prolungate.

Al termine del Villafranchiano si individuò nel rinoceronte di Cuvier una certa tendenza a presentare un cranio più schiacciato e allungato, con arcate zigomatiche più strette, ossa e incisive nasali particolarmente pronunciate, distanze tra le incisive stesse e i bordi anteriori delle orbite più corte e occipite trapezoidale, nonché una dentatura più voluminosa e talvolta più ipsodonte e

7. Come doveva presentarsi il rinoceronte pleistocenico *Coelodonta antiquitatis* (Blumenbach, 1799). Disegno dell'autore



ossa degli arti più robuste (ef. *hundsheimensis*). Questo tipo morfologico – che per altro sembra essersi già annunciato nel Villafranchiano iniziale – persistette, aumentando di taglia, fino al Pleistocene medio terminale.

Con l'avvento del Galeriano diviene riconoscibile nel nostro continente un ecofenotipo che, rispetto a quelli che lo avevano preceduto, mostrava una corporatura più massiccia, arti sensibilmente più corti e molari più grandi e meno brachiodonti, saltuariamente provvisti di cemento e con lo smalto relativamente ruvido, nonché – nel caso dei superiori – con *cingula* e P¹ fluttuanti, stili e pieghe più netti e ingresso delle valli più stretto (ef. *hemitoechus*; fig. 4). Più esattamente, i premolari si fecero piuttosto bassi e ridotti, mentre i molari, e soprattutto gli ultimi, si svilupparono e divennero molto alti. In norma laterale, il cranio di questa sottospecie tendeva a mostrare un profilo più a sella di quello dei suoi predecessori, con un innalzamento soprattutto a livello dei parietali, ma anche dei nasali. In norma dorsale, i nasali divennero stretti anche se spesso anteriormente espansi a "punta di freccia", mentre le creste temporali tendevano frequentemente a ravvicinarsi. Fino al tardo Pleistocene medio e all'ultimo interglaciale, l'*hemitoechus* divenne comune in tutta Europa, dall'Inghilterra alla Russia e dalla Penisola Iberica al Vicino Oriente (Libano, Siria, Israele). Durante l'ultima glaciazione, una sua popolazione si spinse a Sud fino a raggiungere addirittura il Maghreb africano. Era un brucatore esclusivamente interglaciale o interstadiale, però in connessione con biotopi ancora più aperti e a vegetazione ancora più bassa di quelli abitati dai suoi predecessori villafranchiani: ossia tendenti per lo più allo stepposo e perciò legati a climi da temperati a temperato-freddi come quelli immediatamente precedenti o seguenti gli episodi glaciali (nella grotta britannica di Joint Minor, ad esempio, *hemitoechus* era associato, oltre che all'elefante antico, al bisonte e al cervo gigante).

Un'altra forma evoluta, infine, era caratterizzata da dimensioni nettamente maggiori della precedente, da arti lunghi con giunture più arcuate e da una morfologia craniale e dentaria praticamente identiche a quelle delle più antiche forme arcaiche di rinoceronte di Cuvier [ef. *kirchbergensis*; sinonimo: *mercki* (Kaup 1841); fig. 5]. A differenza di quelli dell'*hemitoechus*, infatti, i denti sono molto brachiodonti e mostrano con linguali spiccatamente bulbosi e rigonfi. Presente in Asia già nel tardo Villafranchiano, con l'avvento del Galeriano questa sottospecie si diffuse anche nel nostro continente permanendovi, per lo più in associazione con l'elefante antico, fino all'inizio dell'ultima glaciazione. Seppure morfologicamente molto

simile a quello dell'*etruscus*, il cranio del *kirchbergensis* presentava tuttavia un profilo laterale più rettilineo tra i nasali e i frontali, mentre le arcate zigomatiche erano spostate più in basso, le file dentarie si trovavano in posizione più arretrata e le incisive nasali si spingevano meno all'indietro. Animale tipicamente interglaciale, il *kirchbergensis* è stato spesso definito "di foresta" soprattutto dagli autori anglosassoni, per distinguerlo dall'*hemitoechus* o "di steppa"; la definizione, comunque, non appare del tutto appropriata in quanto la forma in questione, sebbene caratterizzasse per lo più habitat di savana alberata, poteva occasionalmente frequentare anche ambienti sia di foresta decidua che di steppa. Nella documentazione fossile, il *kirchbergensis* risulta sempre meno comune rispetto all'*hemitoechus*: fatto che può essere attribuito alla sua nicchia ecologica scarsamente favorevole alla fossilizzazione, al suo essere intimamente legato a un tipo di copertura vegetale che nel paesaggio del Pleistocene europeo non occupò mai molto territorio, oppure a incompatibilità di natura etologica o ecologica con l'altra forma.

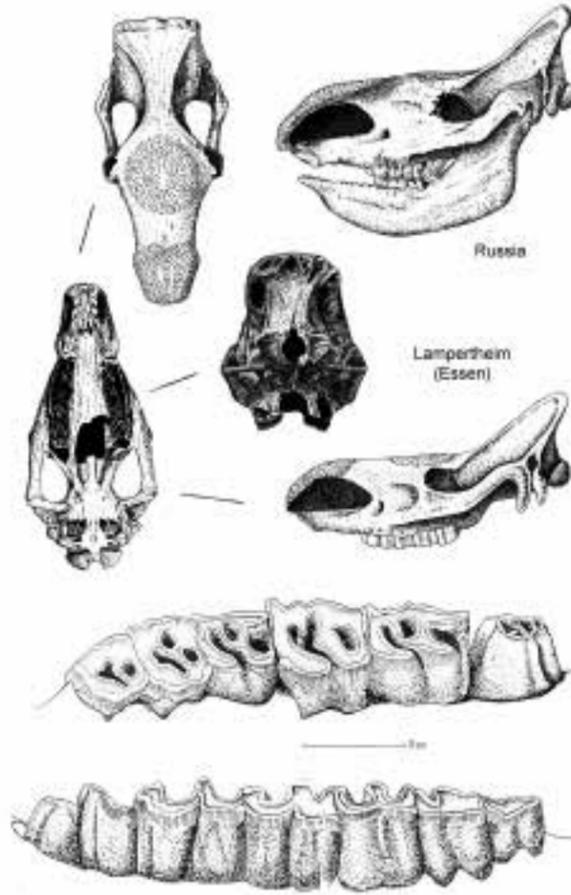
Il Rinoceronte lanoso: *Coelodonta antiquitatis* (Blumenbach, 1799)

Appartenente a un genere del Pliocene asiatico già adattato ad ambienti freddi (regione di Zanda nell'Himalaya tibetano), *C. antiquitatis* era una specie di taglia superiore a quella precedentemente descritta (altezza al garrese 1,85 metri; lunghezza 4 metri; peso superiore anche a 2 tonnellate). Diffusa nella Cina settentrionale all'inizio del Pleistocene, essa raggiunse l'Europa circa 500.000 anni fa, all'inizio della terzultima glaciazione (Mindel/Elster), rimanendovi fino al termine dell'ultima glaciazione come tipica forma di fauna fredda generalmente associata alla renna (*Rangifer tarandus*) e al mammoth (*Mammuthus primigenius*). Sebbene un certo rivestimento di pelame fosse probabilmente presente in tutti i rinoceronti pleistocenici europei, pure in questa specie esso era particolarmente sviluppato, com'è dimostrato dagli esemplari rinvenuti congelati in Siberia e nelle ozoceriti (depositi di silt impregnato di sale e petrolio) di Starunia in Galizia, al confine tra la Polonia e la Russia. La pelliccia, bruno-rossastra o bionda e molto folta, era spesso da 10 a 15 centimetri in tutto il corpo, mentre sul dorso si allungava ulteriormente a formare una sorta di criniera bruno-scura (fig. 7). Armato di due corni assai potenti, notevolmente distanziati l'uno dall'altro e di lunghezza differente (1,3 metri l'anteriore e 0,9 metri il posteriore), il rinoceronte lanoso aveva il cranio molto allungato, in cui le cavità orbitarie scarsamente sviluppate e i nasali completamente ossificati, provvisti di una rugosità assai estesa e incurvati in avanti a costituire una



8. Cranio di rinoceronte lanoso rinvenuto intorno al 1480 nei pressi di Klagenfurt (Austria)

sorta di robustissimo becco o rostro (fig. 8), sembrano presentarsi come ulteriori adattamenti al clima artico. Oltre che come formidabile strumento di offesa e di difesa (com'è testimoniato dalle cicatrici esistenti sui fianchi di un esemplare rinvenuto a Starunia), non è infatti improbabile che il lungo corno anteriore dalla superficie ventrale carenata venisse anche usato – allo stesso modo delle difese del mammoth lanoso – come spazzaneve per mettere allo scoperto licheni con i quali nutrirsi durante l'inverno. I denti, marcatamente ipsodonti, erano privi di *cingulum*, presentavano abbondante cemento e mostravano spesso nelle mascelle caratteristici isolotti di smalto, mentre nelle mandibole erano stretti e incurvati (fig. 9). Animale essenzialmente di tundra e soggetto a migrazioni stagionali, il rinoceronte lanoso viveva in gruppi familiari composti da una decina di individui, alimentandosi durante l'estate di licheni, graminacee e composite e durante l'inverno di rami di salice e di ontano. Malgrado la vastità della sua area di diffusione, che in Eurasia era più o meno equivalente a quella del mammoth lanoso tipico, a differenza di quest'ultimo e della renna non riuscì però a spingersi oltre l'Alaska.



9. Rinoceronte lanoso: in alto, crani provenienti da due differenti località europee; in basso, file dentarie mascellare e mandibolare di un esemplare proveniente da Sjarosso-gol (Cina) (Bouchud 1966)

Testi di riferimento

Billia E.M.E. & Petronio C. (2009) - *Selected records of Stephanorhinus kirchbergensis* (Jäger, 1839) (Mammalia, Rhinocerotidae) in Italy. Bollettino della Società Paleontologica Italiana, 48 (1): 21-32.

Bouchud J. (1966) - *Les Rhinocéros*. In: *Faunes et flores préhistoriques de l'Europe Occidentale* (Lavocat R., ed.): 174-193. Atlas de Préhistoire, Tome III, Boubée.

Borsuk-Bialynika M. (1973) - *Studies on the Pleistocene Rhinoceros Coelodonta antiquitatis*

(Blumenbach). *Palaeontologia Polonica*, 29.

Fortelius M., Mazza P. & Sala B. (1993) - *Stephanorhinus* (Mammalia: Rhinocerotidae) of the Western European Pleistocene, with a revision of *S. etruscus* (Falconer, 1868). *Palaeontographia Italica*, 80: 63-155.

Guérin C. (1980) - *Les Rhinocéros* (Mammalia, Perissodactyla) du Miocène Terminal au Pléistocène Supérieur en Europe Occidentale - Comparaison avec les espèces actuelles. Thèse Doctorat d'Etat et Sciences, Univ. Lyon I. Documents des Laboratoires de Géologie, 79 (1-2-3): 1-1185.

Heissig K. (1981) - *Probleme bei der cladistischen Analyse einer Gruppe mit wenigen eindeutigen Apomorphien Rhinocerotidae*. *Paläontologische Zeitschrift*, 55 (1): 117-123.

Kurtén B. (1968) - *Pleistocene Mammals of Europe*. Weidenfeld & Nicolson, London.

Loose H.K. (1975) - *Pleistocene Rhinocerotidae of Western Europe with Reference to the Recent Two-Horned Species of Africa and S.E. Asia*. *Scripta Geologica*, 33:1-59.

Piveteau J. (1958) - *Traité de Paléontologie*, VI, 2. Masson, Paris.

Il punto della situazione

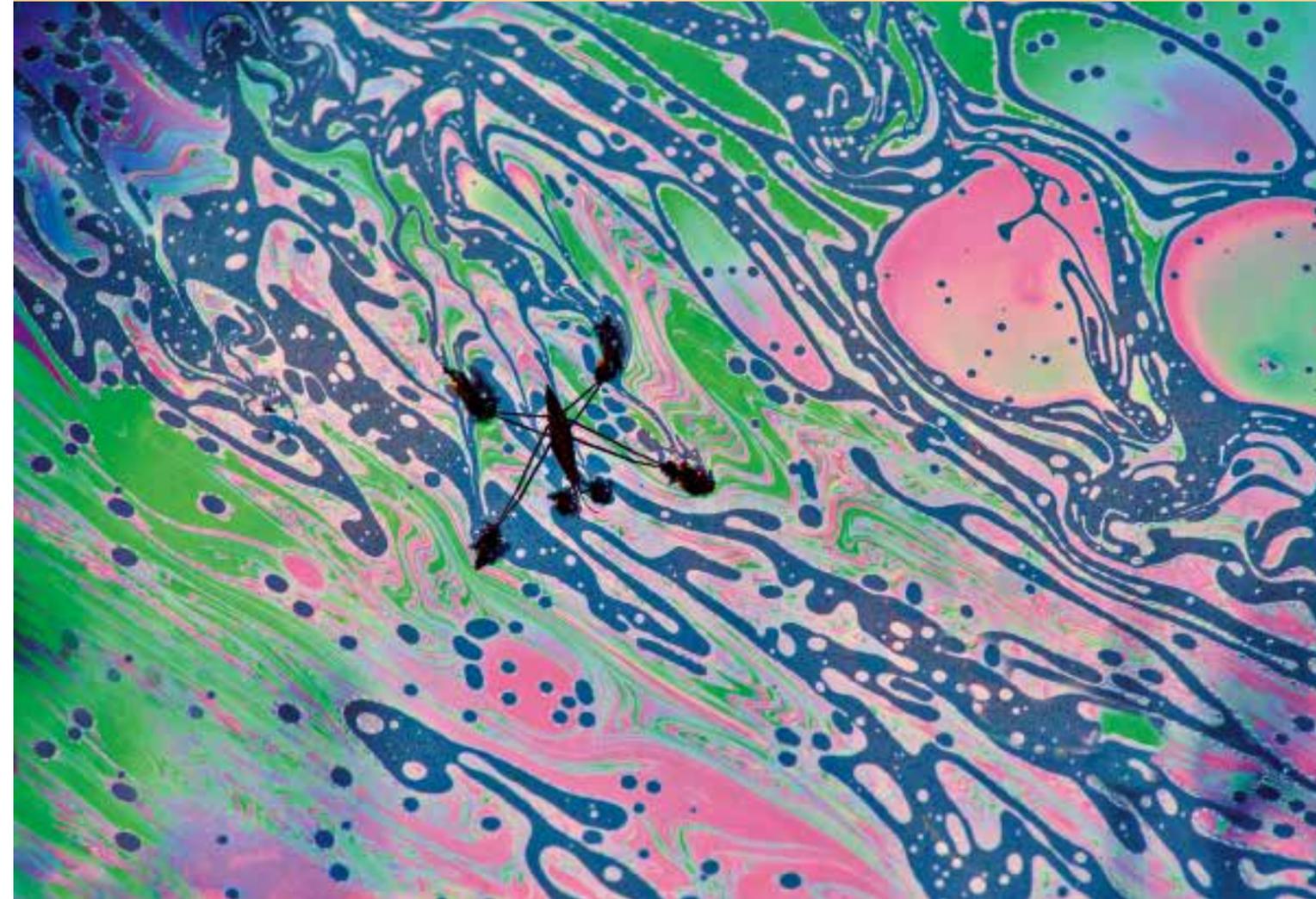


Foto di Giovanni Bencini.
Follonica (GR)

La questione OGM: un braccio di ferro che dura da molto, con alterne vicende

Giovanni Monastra

Dirigente U.O. Progetti Europei e Pianificazione Ambientale, Dipartimento Ambiente di Roma Capitale, Circonvallazione Ostiense 191 - 00154 Roma
g.monastra@gmail.com

L'intervista che segue, apparsa on line nel marzo 2010, è stata rilasciata sull'onda dell'allarme diffuso dalla decisione della Commissione Europea di autorizzare la coltivazione della patata geneticamente modificata "Amflora", prodotta dalla multinazionale tedesca BASF. Malgrado siano passati più di due anni, l'intervista, al di là del motivo contingente che l'ha stimolata, mantiene pienamente il suo valore. In particolare in essa vengono proposti alcuni criteri per affrontare il discorso Organismi Geneticamente Modificati (OGM) in modo razionale, senza ideologismi e preconcetti in un senso o nell'altro, ma basandosi solo su fatti e dati. Dal 2010 a oggi la diffusione degli OGM è lentamente continuata a livello mondiale, ma senza modifiche sostanziali rispetto al quadro delineato nell'intervista. Piuttosto va evidenziata la strategia di giganti biotech di espandersi nelle nazioni del cosiddetto Terzo Mondo, deboli dal punto di vista politico-economico e quindi più facilmente penetrabili. Questi parziali (e facili) successi si contrappongono al fallimento in Europa, dove la situazione ha visto un lievissimo aumento nel 2011, ma sempre con colture di estensione molto limitata, di poco inferiori ai 115.000 ettari totali di mais transgenico, cioè mais Bt (la stessa Spagna, capofila europea nel settore, non supera da tempo gli 80.000 ettari di mais Bt). Nel complesso, analizzando gli ultimi anni, nel nostro continente le colture GM ristagnano, con aumenti e diminuzioni annue che globalmente si compensano (ricordiamo che in Italia tali colture non esistono in quanto vietate). Piuttosto va rilevato che la BASF, viste le negative analisi di mercato, nel gennaio 2012 ha reso nota la propria rinuncia allo sviluppo e alla commercializzazione di nuovi OGM nell'Unione Europea. Spiegando i motivi della decisione, Stefan Marcinowski, membro del direttorio dell'azienda tedesca, ha dichiarato (<http://www3.lastampa.it/ambiente/sezioni/news/articolo/lstp/438544>) che le colture transgeniche "non sono abbastanza accettate in numerose regioni dell'Europa dalla maggioranza dei consumatori, degli agricoltori e dei responsabili politici", per cui "non ha più senso a livello economico continuare a investire in prodotti che devono essere esclusivamente coltivati in questi mercati". Da tale decisione è derivato anche l'abbandono della produzione della summenzionata patata "Amflora" autorizzata in Europa dal 2010: iniziativa fallita già fin dagli inizi, nonostante il grande impegno di pubblicità e le pressioni politiche esercitate per farla accettare. In ultimo va segnalato, sempre su questa linea di "ripiegamento", che a fine gennaio anche la Monsanto ha annunciato la propria rinuncia a far coltivare in Francia il mais transgenico MON 810 a causa dell'opposizione ricevuta da agricoltori e consumatori.

La patata "Amflora" e la fine dell'embargo europeo sugli OGM

Partiamo dalla notizia che di recente ha "cambiato" il rapporto fra Europa e OGM. La Commissione Europea ha autorizzato la coltivazione della patata geneticamente modificata "Amflora", prodotta da una nota multinazionale. In questo modo è stata sancita la fine dell'embargo sugli OGM, che nell'Unione europea resisteva dall'ottobre del 1998. Cos'è successo? Si è aperta una breccia all'interno dell'Europa?

Andiamo con ordine, chiarendo cosa è successo e quali sono i "controllori": da poco si è insediata la nuova Commissione UE e il maltese John Dalli (fig. 1) è il nuovo commissario alla Salute e alla Politica dei consumatori, mentre all'Ambiente si è insediato lo sloveno Janez Potočnik (fig. 2). La decisione di costoro, favorevole alla coltivazione della patata "Amflora" (fig. 3), ha segnato un inizio assai discutibile, rovesciando la precedente linea di cautela e prudenza seguita da Stavros Dimas (fig. 4), commissario per l'Ambiente prima di Potočnik. Considerata l'incredibile velocità con la quale i due commissari hanno dato il via libera, già poco dopo il loro insediamento, nascondendosi dietro un nuovo parere favorevole dell'Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare Authority (EFSA), inevitabilmente sono sorti diversi dubbi sull'affidabilità e sulle vere motivazioni del giudizio (tra l'altro, insieme a questa autorizzazione è stata anche approvata la commercializzazione di tre mais GM). Non si capisce come mai un prodotto come "Amflora", prima bloccato, sia stato autorizzato in gran fretta. E qui è opportuno ricordare bene i termini del precedente contenzioso tra l'azienda produttrice di "Amflora" e gli organi decisori europei.

Quali sono le caratteristiche di questo tubero? Ci sono altri casi di patate GM?

Rispetto al normale tubero questo OGM (la sua sigla di riconoscimento è EH92-527-1) è molto più ricco di amilopectina,

na, uno dei due polisaccaridi che costituiscono l'amido insieme all'amilosio. Ciò è stato ottenuto inattivando il gene che sovrintende alla formazione dell'amilosio. L'amilopectina si usa nella produzione di carta, tessuti, cosmetici eccetera. I suoi sostenitori ne vantano pregi di tipo ambientale (ad esempio, minore uso di solventi per estrarre l'amilopectina) ed economico per i produttori: i primi sono da dimostrare nei fatti rispetto al contesto generale (e lo si verificherà), sui secondi non ho dubbi.

Quanto alla sua seconda domanda, le rispondo che in commercio non ci sono altri tuberi ingegnerizzati. Andrebbe invece ricordato che esistono già patate non GM con alte concentrazioni di amilopectina. Mi chiedo: come mai sono così poco considerate? Forse perché non sono coperte da lucrosi brevetti e quindi attraggono molto meno per il loro profitto?

Quest'approvazione limita l'utilizzo del tubero esclusivamente a livello industriale. O quasi. Infatti le patate OGM serviranno sì alla produzione di fecola finalizzata all'uso nell'industria della carta, ma è anche vero che gli eventuali residui della produzione potranno essere utilizzati nella preparazione di mangimi per animali. Animali che o faranno parte della nostre tavole, o produrranno derivati sempre finalizzati al nostro sostentamento. A questo punto viene da chiedersi: secondo lei qualcuno ha stimato cosa s'intenda per "eventuali residui"?

È vero. È stato autorizzato anche l'uso degli scarti delle lavorazioni di "Amflora" come mangime per il bestiame. Ma vediamo meglio nello specifico i punti problematici del nuovo OGM. Mi dovrò dilungare un po', ma credo sia utile per fare chiarezza.

In primo luogo osservo che è sconsigliabile trasformare prodotti commestibili, assai comuni nella dieta dell'uomo, facendoli diventare prodotti di uso industriale con alterato profilo nutrizionale, anche perché la patata in oggetto è indistinguibile da quella tradizionale (è quindi meglio trasformare le parti non edibili, come si è deciso di fare per ottenere vaccini da piante geneticamente modificate). Inoltre questo nuovo OGM

contiene il gene marker nptII per la resistenza agli antibiotici kanamicina e neomicina, che fanno parte della categoria degli antibiotici aminoglicosidici, attivi contro i microrganismi Gram positivi e su molti Gram negativi (nella stessa classe troviamo anche gentamicina, tobramicina, amikacina, netilmicina, paromomicina eccetera). Ciò è in contrasto con la normativa europea (Direttiva 2001/18/CE del 12 marzo 2001) sull'emissione deliberata nell'ambiente di organismi geneticamente modificati, la quale nel 2001 ha stabilito che: "[...] Gli Stati membri e la Commissione si assicurano che gli OGM che contengono geni che esprimono una resistenza agli antibiotici utilizzati per trattamenti medici o veterinari siano presi in particolare considerazione, al momento della valutazione del rischio ambientale, per individuare ed eliminare gradualmente negli OGM i marcatori di resistenza agli antibiotici che possono avere effetti negativi sulla salute umana e sull'ambiente. Questa eliminazione graduale avverrà entro il 31 dicembre 2004 per gli OGM immessi in commercio [...]" (art. 4, par. 2).

Commercializzare e diffondere prodotti che di fatto resistono agli antibiotici in uso non contrasta con necessità terapeutiche dell'essere umano?

Diffondere geni portatori del carattere della resistenza ad antibiotici ancora in uso comporta gravi problemi per la salute umana: con tutta evidenza ciò riduce il numero dei farmaci efficaci contro le infezioni batteriche (problema già grave anche per altri motivi). In coerenza con quanto ben noto e con la legislazione comunitaria, l'European Medicines Agency (EMA) circa tre anni fa aveva criticato i pareri dell'European Food Safety Authority (EFSA; fig. 5), che in un primo tempo, citando la kanamicina, aveva asserito che questo antibiotico "non ha nessuna importanza terapeutica, o ha solo una rilevanza minore". L'EMA ha dichiarato che la presenza del gene marker per la resistenza alla kanamicina e alla neomicina presenta significative ripercussioni negative sull'efficacia terapeutica di tutti gli altri antibiotici aminoglicosidici (tra l'altro anche per l'Organizzazione Mondiale della Sanità kanamicina e farmaci affini, nonostante siano ritenuti "vecchi", hanno ancora un importante futuro in campo medico). Questa dichiarazione di allarme rende operativo il soprannominato art. 4 par. 2 della Direttiva 2001/18/CE. L'aumento del già grave fenomeno della resistenza agli antibiotici (in questo caso verso quelli aminoglicosidici) potrebbe avvenire per effetto del possibile, anche se non molto frequente, trasferimento orizzontale di geni tra batteri: per tale via il carattere per la resistenza alla kanamicina e alla neomicina, ma anche agli altri farmaci della stessa classe, potrebbe passare nei batteri patogeni.

Secondo il ciclo biologico, se un bovino si nutre di questo mangime, l'uomo a sua volta dovrebbe, per così dire, "assimilarlo". È così?

Questi problemi potrebbero sorgere maggiormente in caso di consumo accidentale di "Amflora" da parte dell'uomo, ma potrebbero anche aversi attraverso la mediazione degli animali, in particolare i bovini (ricchi nel ruminare di flora batterica), alimentati con gli scarti di questo OGM: è un'ipotesi che andrebbe verificata analizzando i prodotti lattiero-caseari. A tutte queste obiezioni, molto sensate, che avevano bloccato per alcuni anni l'iter di approvazione dell'"Amflora", ha preteso di dare risposta un recentissimo nuovo parere dell'EFSA, sbrigativo e rassicurante in modo ambiguo. In concreto l'agenzia (per altro senza l'accordo totale tra i membri che hanno analizzato la questione) ha definito "improbabile" qualsiasi passaggio del carattere "resistenza agli antibiotici" dall'OGM ai batteri patogeni per la salute umana. Da qui la precipitosa approvazione.



1. Il politico maltese John Dalli, dal 2010 commissario europeo per la Salute e la Politica dei Consumatori



2. Il politico sloveno Janez Potočnik, attuale commissario europeo per l'Ambiente

Fino a che punto sono affidabili l'EFSA europea e la FDA nordamericana?

Come si è mossa l'EFSA, l'Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare?

Circa l'affidabilità dell'EFSA va detto che quando gli scienziati di questa agenzia emettono un giudizio su un nuovo OGM, non si basano su studi condotti da laboratori pubblici indipendenti, ma valutano solamente la letteratura scientifica (non sempre sufficiente) e i lavori presentati dalle singole aziende produttrici. Con tutto il rispetto, ritengo sia un metodo discutibile (tra l'altro trovo allarmante che a Bruxelles si vogliano emettere nuove linee guida per l'EFSA addirittura ancora meno restrittive delle attuali!). Sono tanti gli aspetti che andrebbero approfonditi, non solo quello degli "eventuali residui". In conclusione, senza fare allarmismi, penso che questa decisione vada ripensata. Per fortuna esiste la "clausola di salvaguardia" per la varie nazione dell'UE.

Quali dovrebbero essere i criteri in merito all'approvazione dei prodotti OGM?

Per quel che riguarda i controlli sui nuovi OGM da approvare molti convergono sulla necessità che l'Unione Europea finanzia una ricerca imparziale e libera da condizionamenti.



3. La patata "Amflora", indistinguibile da quella normale (www.biotechnologie.de)

menti di sorta, analizzando gli impatti sia sulla salute umana, sia sull'ambiente. Tale ricerca andrebbe affidata a scienziati di vario orientamento sul tema del transgenico, in modo che esista un controllo incrociato reciproco. Alla fine degli studi, un gruppo qualificato, possibilmente composto da figure di alto profilo scientifico internazionale, dovrebbe analizzare e valutare i lavori, emettendo un giudizio definitivo sugli eventuali effetti negativi (se ci sono).

C'è chi invece consiglia di avere come esempio l'americana FDA.

Vorrei suggerire molta cautela a chi in Italia propone come modello di serietà da imitare l'americana Food and Drug Administration (FDA), cioè l'agenzia che rilascia le autorizzazioni per l'immissione in commercio negli Stati Uniti di alimenti, quindi OGM, e farmaci: la reputazione e la credibilità della FDA è stata abbondantemente demolita da alcuni anni, con critiche puntuali basate sui fatti (fig. 6). Ricordo, tra le altre, quelle espresse nel 2004 da un insigne scienziato americano, l'epidemiologo David Graham (fig. 7), che è anche un alto funzionario proprio della FDA: "Per come è costruita oggi, la Food and Drug Administration non è in grado di proteggere gli Stati Uniti [...] il Paese è virtualmente senza difesa" nel campo della sicurezza farmaceutica e alimentare. Più chiaro di così...

Un braccio di ferro che dura da molto tempo, con alterne vicende

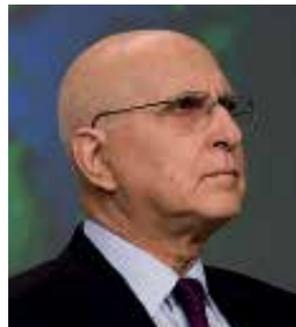
Non si corre il rischio che questo provvedimento si trasformi in una sorta di cavallo di Troia nato per introdurre progressivamente altre colture OGM sui campi europei?

La mia posizione in proposito è del tutto scevra da ideologismi o prevenzioni di qualsiasi segno, in quanto basata sui dati della ricerca scientifica, sull'esperienza delle colture commerciali nelle varie aree del pianeta e su quello che chiamerei, senza tante ipocrisie, l'interesse nazionale italiano in campo agricolo (che è ben diverso dagli interessi della Monsanto e di certi ricercatori di ingegneria genetica assai poco obiettivi perché preoccupati solo del loro lavoro). Ritengo che trasparenza e informazione corretta siano gli strumenti da adottare: cittadini informati e in grado di controllare, attraverso i mezzi opportuni, sono molto più temibili di certi attivisti in servizio permanente. Per rispondere in particolare alla sua domanda, dico che non porrei la questione in termini allarmistici. Non condivido infatti il catastrofismo di alcuni. Non lo condivido per ragioni sia di merito, sia di metodo. Esiste infatti un pericolo agendo così: si può indurre nel pubblico l'errata sensazione che la situazione sia già compromessa in modo definitivo e che ormai bisogna rassegnarsi alla realtà dei fatti. Invece in questo settore mai nulla è del tutto compromesso.

Escludiamo allora che sia un cavallo di Troia.

Non è una "breccia" né un "cavallo di Troia"; piuttosto ci troviamo davanti a un braccio di ferro che dura da molto, con alterne vicende. Da tempo i consumatori di moltissime nazioni sono sottoposti a un lavaggio del cervello, spesso accompagnato da ricatti morali un po' subdoli, del tipo: "Se sei contro gli OGM dimostri un cinico disinteresse per i problemi della fame nel mondo". Addirittura già dagli anni novanta in alcuni fumetti per bambini si esaltavano le capacità miracolose delle colture transgeniche. Ricordo, ad esempio, una storia pubblicata su "Topolino" nel 1994 dove questi prodotti venivano presentati in modo accattivante, per la loro (presunta) notevole sostenibilità ambientale: un esempio di propaganda volta a

4. Il politico greco Stavros Dimas, commissario europeo per l'Ambiente dal 2004 al 2009



condizionare i giudizi. Insomma, per la serie: "Come ti erudisco il pupo!"

Un bell'esempio di propaganda...

Infatti... Tra l'altro noto che in questi ultimi mesi assistiamo, di nuovo, al proliferare di improbabili "esperti" in ingegneria genetica, laureati in filosofia o in fisica, tutti pro-OGM, ma con argomentazioni scientificamente inconsistenti.

Ancora: sulla stampa troviamo appelli e proclami dei soliti due o tre biotecnologi che, scordatisi della prudenza che dovrebbe caratterizzare un vero scienziato, si trasformano in propagandisti, vaneggiando di risultati mirabolanti ottenuti con gli OGM, che sarebbero già in uso per produrre nuovi vaccini e meraviglie del genere! Ma non esiste alcun riscontro reale a tali affermazioni. Il che è molto grave.

Ancora: rilevo titoli di giornale enfatici e ultimativi, ma falsi. Uno per tutti: "Ve lo garantisco. Mangiate già OGM". Così vengono ignorati i dati, molto chiari e rassicuranti, del Ministero della Salute (è disponibile la relazione per il 2008) e si fa finta che l'uso di mangimi in parte GM sia la stessa cosa che avere nella filiera alimentare umana cibi transgenici (infatti quali reazioni allergiche può provocarci il consumo di prodotti da allevamento, dato che gli animali fanno, per così dire, da "filtro" fra l'OGM e il nostro organismo? Eppure i fanatici del transgenico continuano a portare argomentazioni del genere, in questo inconsciamente aiutati anche da alcuni talebani "verdi"...).

Spesso le informazioni che passano potrebbero indurre i consumatori a confondersi?

Certo non aiutano a fare chiarezza dichiarazioni incredibili come quelle di Paola Testori Coggi (fig. 8), biologa appartenente all'alta burocrazia di Bruxelles, che ha detto: "Oggi l'85% della soia utilizzata è di origine OGM. Lo stesso vale per il mais, al 60%". Si tratta di un'affermazione priva di qualsiasi fondamento. Infatti tutte le statistiche – ad esempio i dati forniti dal ben noto International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA) – riportano che, sul totale mondiale di ciascuna coltura, la soia GM raggiunge il 77%, mentre il mais GM si ferma al 26% (ben lontano dal 60% dato dalla Testori Coggi!)².

Seppur contro ogni evidenza, alcuni desiderano far credere ai consumatori che ormai tutto è transgenico, cercando così di indurre rassegnazione e acquiescenza di fronte all'apertura indiscriminata verso gli OGM.

Però c'è anche chi sostiene che gli OGM godano del beneplacito della Santa Sede...

Spesso si tratta di notizie strumentali, montate ad arte per far credere a presunti pronunciamenti del Vaticano in favore degli

OGM, pronunciamenti che poi vengono regolarmente smentiti dalle fonti ufficiali della Chiesa. Circa quest'opera di intossicazione delle menti, ricordo anche le notizie fornite da certa stampa compiacente che propaganda incredibili aumenti di produzione del mais ingegnerizzato, tutti sconfessati dai fatti. In particolare, va evidenziato che il mais Bt, se viene confrontato con un mais convenzionale coltivato secondo le buone pratiche agricole e protetto contro insetti fitofagi quali la piralide, nella migliore delle ipotesi dà un aumento di produttività del 2-3%, mentre alcuni parlano di incrementi del 43%! Addirittura c'è chi afferma che il mais Bt elimina tutti i tipi di micotossine (molecole dannose per la salute), quando invece si sa bene che questo mais GM è efficace solo contro particolari micotossine, le fumonisine, ma non contro le ben più pericolose aflatossine, che anni fa provocarono gravi danni e pericoli per la salute, essendo state trovate in alte dosi nel latte in Lombardia.

Gli OGM non riducono l'impiego di erbicidi né aiutano a combattere la fame nel mondo

È vero che gli OGM riducono l'impiego di prodotti agrochimici?

Un recente studio, basato su dati inoppugnabili, smentisce categoricamente questa affermazione. Infatti, nel lungo periodo, le colture transgeniche di piante tolleranti un determinato erbicida causano l'effetto contrario. Molto significativo è l'esempio americano. Nei tredici anni dall'inizio di tali colture l'uso degli erbicidi negli Stati Uniti è aumentato considerevolmente. Lo afferma, sulla base di dati ufficiali del Dipartimento dell'Agricoltura USA e della sua agenzia per le rilevazioni statistiche (NASS), il terzo rapporto su colture GM e uso dei pesticidi steso da Charles Benbrook (fig. 9), eminente agronomo già direttore della commissione Agricoltura dell'Accademia Nazionale delle Scienze e oggi responsabile scientifico dell'Organic Center. Secondo il rapporto, tra il 1996 e il 2008 le colture geneticamente modificate resistenti agli erbicidi (soia, mais e cotone) hanno incrementato l'uso di tali sostanze di 173.275 tonnellate. Il 46% dell'aumento totale di erbicidi si è avuto nel biennio 2007-2008. La causa risiede nella diffusione di piante infestanti che hanno acquisito la tolleranza al glifosato (principio attivo dell'erbicida Roundup, il cui uso è abbinato alla quasi totalità delle piante GM aventi il carattere della tolleranza all'erbicida; fig. 10). Tale fenomeno (prevedibile!) deriva dal fatto che gli agricoltori per molti anni hanno irrorato questo tipo di colture GM sempre e solamente con il glifosato, cioè hanno usato un unico agente di controllo degli organismi nocivi invece di variare il tipo di molecole ad azione erbicida.

Ma in questo modo le piante infestanti non hanno sviluppato una sorta di "tolleranza"?

Certo! Questa "monotonia" ha creato le condizioni ideali per l'insorgere e la diffusione della tolleranza nelle erbacce (ma lo si sarebbe dovuto prevedere già all'inizio). Di fronte a infestanti non più sensibili al glifosato, gli agricoltori hanno prima aumentato pericolosamente le dosi di questo pesticida, poi sono dovuti passare all'applicazione di erbicidi aggiuntivi e più tossici, come il paraquat e il 2,4D. Ecco spiegato il consumo elevato di prodotti agrochimici. Preoccupa, per il futuro, che l'industria del biotech non preveda altro che un potenziamento della stessa fallimentare strategia, ovvero lo sviluppo di piante geneticamente modificate per tollerare dosi più elevate di glifosato, per resistere a un numero più elevato di erbicidi o entrambe le cose. Il rapporto segna la fine del mito della maggiore sostenibilità ambientale delle colture GM anche presso il grande pubblico.



5. Sede centrale dell'Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare (EFSA) a Parma

D'altro canto, c'è chi sostiene che gli OGM siano una strada fondamentale da intraprendere per contrastare la lotta alla fame nel mondo. Un elemento quanto meno discutibile. Voglio dire: la nostra società spreca di tutto, dall'energia al cibo, e – quel che è peggio – è che lo spreco fa gioco al mercato. Qual è la sua opinione?

Una prima annotazione: le colture GM esistono già a livello commerciale (e si sono via via diffuse) da quattordici anni (dal 1996) e intanto in questo periodo il numero delle persone affamate è aumentato paurosamente di centinaia di milioni. Almeno finora sembra che abbiano prevalentemente fatto arricchire chi stava già bene. Nello specifico non è vero che gli attuali OGM producano di più o siano adatti per ambienti ostili (aridi eccetera). Anzi, con molta onestà, di recente, Martin Taylor (fig. 11), presidente della multinazionale biotech Syngenta e già membro del Consiglio per la Scienza e la Tecnologia del governo britannico, ha ammesso che le industrie, finora, hanno dovuto puntare alla commercializzazione di un pacchetto di prodotti ingegnerizzati altamente lucrativo, ma dagli "scarsi benefici ambientali". Il presidente della Syngenta ha riconosciuto che le varietà di colture GM esistenti sono state sviluppate in larga parte per il clima e il tipo di agricoltura propri dell'emisfero settentrionale, mentre sono poco idonee per i paesi in via di sviluppo. Taylor ha dichiarato che ci vorranno almeno vent'anni prima che le nuove varietà destinate ai paesi del sud del globo siano sviluppate e testate. Mi sembrano dichiarazioni molto esplicite e prive di ambiguità, che smentiscono tutti i proclami trionfalistici dei fanatici pro-OGM. Inoltre, ricordo la produttività deludente della soia GM rispetto a quella convenzionale e i modestissimi incrementi del mais GM confrontato con quello non-GM. E non cito le altre colture transgeniche oggi in commercio, dato che non hanno alcuna rilevanza per l'argomento che stiamo trattando. Piuttosto dico con chiarezza e senza alcuna ambiguità che la via per risolvere il problema della fame nel mondo passa attraverso la lotta alla povertà, alla corruzione,



6. Due vignette di Dan Berger disegnate per il giornalista freelance Mike Adams, "the Health Ranger", particolarmente critico nei confronti della FDA (www.naturalnews.com)

alle guerre che affliggono i paesi del cosiddetto Terzo Mondo. Gli OGM forse potranno dare un contributo in futuro, ma solo dopo aver risolto in gran parte questi gravi problemi.

I sogni a occhi aperti e la dura realtà

Lei parla dell'attuale trionfalismo sugli OGM. Ma quando iniziarono le colture commerciali, qual era il "clima" in proposito?

Non sarà male fare un po' di storia per capire bene quante illusioni siano state alimentate, così da essere un po' smaliziati.

Nel 1996 l'oligarchia del transgenico sognava a occhi aperti una veloce diffusione di colture commerciali di OGM sempre nuovi e con caratteri innovativi, contando di ottenere così profitti incredibili (si veda C. James & A.F. Krattiger. 1996. *Global Review of the Field Testing and Commercialization of Transgenic Plants, 1986 to 1995: The First Decade of Crop Biotechnology*. ISAAA Briefs No. 1. ISAAA: Ithaca, NY. pp. 29-30). Infatti costoro pensavano che tra il 1996 e gli inizi degli anni duemila si sarebbe completato lo sviluppo degli OGM di prima generazione, caratterizzati da "tratti agronomici" nuovi (tolleranza agli erbicidi, resistenza agli insetti e alle malattie, maturazione ritardata del frutto eccetera).

La seconda generazione era previsto si sviluppasse e giungesse a maturità tra la fine degli anni novanta e il 2005 circa. Doveva migliorare radicalmente i prodotti usati dall'industria agroalimentare (maggiore quantità di amido, saccarosio, acidi grassi e produzione di aromi, conservanti eccetera).

La terza generazione avrebbe dovuto abbracciare un arco di tempo circa dal 2003 al 2008. Avremmo dovuto ottenere vaccini, anticorpi, farmaci ricombinanti. Infine si prevedeva che la quarta generazione, dal 2007 circa in avanti, ci fornisse prodotti utili per l'industria chimica (monomeri e polimeri vari).

Bei sogni! Ma la dura realtà è che dopo quattordici anni non c'è traccia in commercio di questi risultati strabilianti, se non solo per gli ormai vecchi prodotti di prima generazione, caratterizzati da "tratti agronomici". Insomma, uno sfoggio di ottimismo gratuito e interessato, misto a un preoccupante delirio di onnipotenza in una cronologia del tutto autoreferenziale.

Un enorme business

"A pensar male si fa peccato, ma s'indovina quasi sempre". Il mercato si concentra ovunque si trovi una ragionevole fonte di business. Così, chi prima produceva pesticidi, oggi si rifà producendo anche sementi OGM, in modo tale da coprire tutto il mercato. Oltretutto, poiché le sementi OGM non vengono riprodotte dalle stesse colture, queste devono essere necessariamente acquistate sempre da un produttore al prezzo stabilito. Messa così, dov'è la convenienza per chi acquista?

L'attuale fatturato delle aziende impegnate nella produzione di sementi transgeniche è stato valutato dall'ISAAA intorno ai 10,5 miliardi di dollari (comprendente il prezzo di vendita dei semi GM e le royalties sulla tecnologia), con un aumento del 17% rispetto all'anno precedente (a fronte di un incremento delle superfici coltivate con OGM del solo 7%). Questo importo grava per un buon 30% sui circa 34 miliardi di dollari del mercato mondiale di sementi. L'effetto moltiplicatore è notevole, dato che viene raggiunto il 30% del mercato pur avendo solo il 9% della terra arabile coltivata con OGM! Come si vede è un enorme business. La convenienza per gli agricoltori può esserci laddove esistono proprietà di grandi estensioni e una tipologia standardizzata di agricoltura (come negli Stati Uniti). Non è certo il caso dell'Italia, dove è prevalente la piccola proprietà fondiaria (siamo sulla media di 5-6 ettari), spesso tra l'altro anche frazionata, e dove esiste una produzione di alta qualità, molto differenziata e specifica, ricca di tipicità. A margine vorrei precisare che le piante GM non sono sterili, per cui gli agricoltori potrebbero usare le sementi ottenute dalle loro colture; ma il problema dell'acquisto ogni anno di nuove sementi diviene obbligatorio per la presenza della copertura brevettuale.

Sostenendo gli OGM, insomma, si sostengono le multinazionali, verso cui si rischia di diventare sempre più dipendenti perdendo poco alla volta cose come identità, autonomia e sovranità alimentare. Da questo punto di vista, la cultura dell'OGM non rischierebbe di mettere a repentaglio le realtà locali e le piccole imprese territoriali?

Questo timore è reale. Ma quando si parla di realtà locali, di piccoli imprenditori, di distretti della qualità, i soliti

sponsor degli OGM accusano i loro critici di "nostalgia" e di "passatismo". Sono con tutta evidenza critiche strumentali e infondate, che ignorano il valore aggiunto, anche economico, del "territorio" identitario e profondamente radicato nelle sue tradizioni, che non vanno confuse con la cieca e sterile conservazione sclerotizzata, anzi sono l'esatto contrario. Infatti solo una forte identità dinamica consente, anzi richiede, il cambiamento nel tempo, che però deve essere equilibrato e armonico come avviene in ogni organismo sano, caratterizzato dal "divenire" e non dalla "cristallizzazione". Per questo voglio rimarcare la mia lontananza da ogni nostalgia bucolica e arcadica e da ogni retorica superficiale sulla bontà a priori dei "cibi naturali" (che possono essere dannosi come quelli artefatti, si pensi ai vari tipi di microrganismi produttori di tossine molto pericolose per l'uomo). Va detto che gli stessi cibi creduti "tradizionali" da secoli spesso hanno una origine recente. Quindi va fatta molta attenzione alle argomentazioni usate.

V'è poi un altro aspetto preoccupante, vale a dire il rischio che tali colture rovinino di fatto i campi. Non tutti ne parlano, ma negli Stati Uniti – ad esempio – le multinazionali hanno già perso le prime class action nei confronti degli agricoltori americani...

È vero. Ad esempio due distinte sentenze di tribunali USA hanno obbligato la Bayer CropScience a pagare 3,5 milioni di dollari ad agricoltori statunitensi che hanno avuto inquinamenti da transgenico nelle loro colture. Esiste il pericolo di un enorme carico di sanzioni pecuniarie, una vera e propria voragine che potrebbe penalizzare i comportamenti più sconsiderati delle multinazionali. Qui bisogna essere chiari: quando si citano esempi di "inquinamento" da OGM si tratta di fatti reversibili, per cui non è il caso di drammatizzare. L'importante è non varcare la soglia del "non-ritorno": attualmente è un pericolo inesistente. Un domani non so. Certo che la strategia imperialista di multinazionali come la Monsanto o la Syngenta, che cercano di colonizzare il mondo e realizzare un oligopolio dei brevetti sulle principali e più redditizie colture alimentari, non lascia ben sperare. Anche per tali motivi ritengo che le ricerche sugli OGM in questo settore dovrebbero essere in gran parte pubbliche, in modo da escludere il "profitto" e quindi poter procedere con la giusta cautela, senza l'ossessione di dover recuperare velocemente gli investimenti fatti. Ma mi rendo conto che questa via attualmente potrebbe essere perseguita in pochi casi, considerato lo stato della ricerca pubblica, non solo in Italia.

Quella di "OGM = progresso" è un'equazione apologetica, ingenua, generica e massificante

Perché siamo arrivati a confondere la parola "OGM" con il termine "progresso"? Ci può essere vero progresso senza OGM?

Secondo me è più corretto parlare in termini plurali, quindi non "progresso" come mito totalizzante, ideologico, ma "progressi": questo significa rifiutare un approccio apologetico, ingenuo, generico e massificante per seguire un approccio attento, disincentato, razionale, differenziato e differenziante. Contro l'ideologia mercatista della lobby OGM, non dobbiamo abbracciarne una opposta e contraria, pauperista e regressiva, inevitabilmente perdente, ma dobbiamo uscire da questa soffocante logica a due "valori" omogenei per scegliere modalità, termini, aspetti e tempi dei "progressi". Dobbiamo infatti analizzarne e valutarne i contenuti reali (e non propagandistici), fondamentalmente in relazione al benessere della nostra comunità nazionale. E questo evidentemente vale per tutti i popoli. Facendo un esempio tratto da un ambito economico e lavorativo: che "progresso" è quello che provoca un aumento dei profitti delle aziende e un parallelo au-

7. L'epidemiologo statunitense David Graham, direttore associato dell'Office of Drug Safety della FDA



8. L'ecotossicologa Paola Testori Coggi, dal 2010 direttore generale presso la Direzione Generale per la Salute e i Consumatori della Commissione Europea



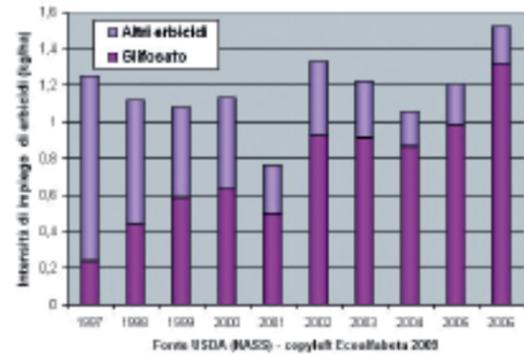
9. Charles M. Benbrook, già direttore esecutivo del National Academy of Science (NAS) Board on Agriculture e attualmente Chief Scientist dell'Organic Center nell'Oregon



mento della disoccupazione, come è avvenuto più volte in alcune nazioni afflitte da una sfrenata logica liberista? Di questo "progresso" per pochi, puramente tecnologico, finanziario eccetera ne facciamo volentieri a meno...

Quanto lei sta dicendo mi spinge ad approfondire il tema. Infatti il progresso è strettamente connesso al mondo della scienza moderna, quindi le chiedo il suo parere su quanto affermano alcuni, cioè che la maggioranza dei cittadini italiani si pone contro gli OGM perché esiste nel nostro paese un generale "pregiudizio antiscientifico", che si manifesta in tanti NO: al nucleare, all'alta velocità eccetera, per arrivare agli OGM.

L'argomentazione risulta credibile solo in apparenza: intanto direi che in Italia, più che un "pregiudizio antiscientifico", è un po' diffuso un altro tipo di pregiudizio, quello "antitecnologico", in particolare nei confronti delle megatecnologie (non certo contro computer e telefonini!), ben diverso dal pregiudizio "antiscientifico". Al di là di questa precisazione, è sufficiente guardarsi intorno, senza lo sconsolante provincialismo di certi "commentatori", per smentire la presunta consequenzialità tra il NO al nucleare o all'alta velocità e quello agli OGM. Infatti se ciò fosse vero, in nazioni come la Francia, la Germania o la Gran Bretagna, piene di centrali nucleari, treni ad alta velocità e megatecnologie avanzate di tutti i generi, dovremmo trovare un'estrema disponibilità verso gli OGM. Ma la realtà ci dice l'esatto contrario. I cittadini in questi paesi hanno lo stesso atteggiamento critico



10. Incremento progressivo dell'utilizzo di glifosato nelle coltivazioni statunitensi di soia dal 1997 al 2006 (<http://ecoalfabeta.blogspot.it>)

verso gli alimenti transgenici al pari degli italiani. Come si vede, le argomentazioni polemiche della lobby pro-OGM sono deboli e spesso inconsistenti sotto il profilo della logica e dei fatti.

Interessante questo aspetto. E cosa sta avvenendo in Europa con le colture transgeniche?

Per rispondere mi baso sui dati forniti da poco dall'ISAAA sul recente andamento di tali colture nelle nazioni europee. Nel 2009, rispetto al 2008, si è verificato un vero e proprio crollo del 12% dei terreni seminati con OGM, già per altro di estensione assai modesta: si è passati dai 107.719 ettari del 2008 ai 94.750 ettari del 2009, 76.057 dei quali coltivati dalla Spagna che, se pur in decremento del 4%, è la nazione con maggior presenza di colture transgeniche. Solo in Portogallo c'è stato un aumento (+5 % corrispondenti a 5.093 ettari), la Polonia è stazionaria (3.000 ettari), mentre in tutte le altre nazioni si sono verificate riduzioni a due cifre: -23% per la Repubblica Ceca (6.480 ettari), -47 % per la Romania (3.245 ettari), -55 % per la Slovacchia (875 ettari), in Germania poi il calo è stato del 100% e quindi non esistono più coltivazioni GM. Da notare che pure in Francia e Gran Bretagna non sono presenti colture di OGM. Quindi si può ribadire che le nazioni europee più scientificamente e tecnologicamente evolute non sono "transgeniche".

Eppure i sostenitori degli OGM dicono che da sempre l'uomo cerca di potenziare e rendere più efficienti le sue coltivazioni e quindi la natura...

Naturalmente tutti siamo d'accordo che la natura vada "potenziata" e "perfezionata", come dice anche la Chiesa, ma se pensiamo al significato delle parole appare evidente che la via del transgenico vero e proprio (cioè il trasferimento di geni tra organismi geneticamente molto lontani tra loro e che in natura mai potrebbero dare luogo a un accoppiamento con discendenza) pone non pochi problemi: rompendo le barriere naturali che esistono tra i gruppi biologici non si perfeziona la natura, in quanto si esce dalle sue linee di sviluppo evolutivo, piuttosto la si altera, la si manipola sostituendosi all'azione di Dio o dell'evoluzione (a seconda delle proprie convinzioni). Ovviamente non si tratta di negare a priori questa strada per motivi ideologici, ma almeno si abbia l'onestà di non parlare di "potenziamento" e "perfezionamento". Esiste una differenza qualitativa tra l'aumento artificiale del tasso di mutazione in un organismo (procedura molto seguita in passato, ad esempio, per il miglioramento della produttività del frumento) e l'inserimento di geni del tutto estranei: nel primo caso si accetta un'idea

organica e sistemica del vivente che si autoregola nel cambiamento attraverso un bilanciamento e un'interazione tra vari livelli, non solo genici; nel secondo l'approccio è meccanicista e atomista: si sommano, in modo forzoso, pezzi di Dna esogeno al genoma di un organismo. Almeno andrebbero migliorate le tecniche che ancora sono grossolane: non sappiamo, ad esempio, quante copie del gene vengono introdotte e dove si vanno a posizionare. Sono aspetti molto importanti, a cui si aggiungono le recenti acquisizioni della ricerca, che hanno dimostrato come nel tempo il patrimonio genetico degli OGM vada incontro a un riarrangiamento.

Nel 2008, in un lavoro pubblicato sull'importante rivista "Plant Molecular Biology", è stato dimostrato che il gene per la proteina Bt (molecola tossica per alcuni insetti), inserito nel mais MON810, ha "spezzato" un gene già esistente nella pianta. L'operazione di transgenesi, inoltre, ha determinato la formazione di segmenti di Rna in origine assenti: in pratica questo Rna è frutto della "copiatura" di una parte del gene "spezzato", prima menzionato, e di una parte del gene inserito. Ciò può determinare la sintesi di proteine nuove con effetti del tutto ignoti. Questo non è il solo caso, dato che altri laboratori hanno ottenuto risultati analoghi analizzando la soia transgenica, tollerante il glifosato, o altri tipi di mais GM. A seguito di una di queste scoperte (sulla mancanza nell'OGM di un pezzo della sequenza teorica del Dna inserito), la stessa Monsanto alcuni anni fa ha dovuto modificare già una volta il brevetto di un suo prodotto ingegnerizzato.

Lei ha appena parlato di "sintesi di nuove proteine con effetti del tutto ignoti". Siamo entrati in un settore molto controverso: il rapporto OGM-salute. Il consumatore chiede: "C'è da fidarsi?"

Ovviamente nessun ricercatore pensa che gli OGM in commercio siano gravemente dannosi per la salute (d'altra parte – osservano alcuni – certi fenomeni patologici possono apparire dopo molto tempo e in seguito a un consumo prolungato e rilevante), ma è altrettanto vero che esistono dati sperimentali che dovrebbero spingere a condurre ulteriori ricerche circa l'eventuale impatto sulla salute di alcuni alimenti ingegnerizzati, migliorando così anche la batteria di test a cui sottoporre ogni nuovo evento transgenico in attesa di autorizzazione (faccio riferimento agli studi condotti in vari enti e università italiane ed estere da esperti come Infascelli, Malatesta, Bertheau, Magaña-Gómez, Kiliç, Séralini, Velimirov, Carrasco eccetera). Chissà perché scarseggiano i finanziamenti per questi approfondimenti sperimentali!

Altre possibili vie di "progresso", differenti da quella degli OGM

Ho sentito parlare di vie tecnologicamente molto evolute, ma che non richiedono l'uso della transgenesi. Esistono e possono conseguire buoni risultati?

11. L'affarista Martin Taylor, già direttore esecutivo della Barclays Bank e attualmente Chairman della multinazionale Syngenta AG



Si, esistono e sono assai interessanti. Alcuni si "dimenticano" di evidenziare che la scienza e la tecnologia oggi disponibili possono fornire anche vie differenti da quella degli OGM per conseguire moltissimi risultati analoghi. Così viene ignorato, ad esempio, il *breeding by design*, che rappresenta appunto un'alternativa alle piante transgeniche. Questo metodo costituisce una fase estremamente avanzata ed efficace delle tecniche di incrocio e selezione varietale: è una nuova e sofisticata tecnologia che permette di ottenere risultati precisi e rapidi. Come scrivono due esperti del settore, Johan D. Peleman e Jeroen Rouppe van der Voort, "il *breeding by design* possiede le stesse potenzialità degli OGM per il miglioramento delle colture, ma richiede meno investimenti e inoltre non si pone in contrasto con l'opinione pubblica". Pochi sanno che dal 2000 a oggi almeno ventisette varietà vegetali sono state migliorate con l'uso della selezione operata mediante maker molecolari, ottenendo risultati molto soddisfacenti: tanto che sono state immesse sul mercato e utilizzate in diversi paesi, anche in via di sviluppo. Andrebbe anche citato il riso Nerica, dall'elevata produttività e resistenza agli stress ambientali, che è stato il risultato, ottenuto senza transgenesi, della ricerca autoctona di scienziati africani (fig. 12). Con questo voglio dire che non bisogna confondere il campo molto ampio e differenziato delle biotecnologie, che presenta molteplici aspetti interessanti e promettenti, con quello più ristretto dell'ingegneria genetica e, ancora di più, della transgenesi in senso specifico: questi ultimi due settori fanno parte dell'ambito biotecnologico, ma non lo esauriscono affatto. Tutt'altro!

Quindi si può essere perplessi verso gli alimenti transgenici, senza per questo negare le grandi potenzialità positive di altri settori della biologia molecolare. E sottolineo tutto ciò per smentire ancora una volta l'interessata menzogna di chi accusa tutti i critici degli OGM di essere annebbiati dal pregiudizio antiscientifico. Sono loro a essere "annebbiati" da interessi spesso poco limpidi.

In conclusione?

In conclusione – voglio ribadirlo – credo che la posizione più corretta nel campo degli alimenti e più in generale dello colture transgeniche sia quello di evitare posizioni ideologiche di

12. Il riso Nerica (acronimo di "New Rice for the Africa") creato nel 1996 dal genetista africano Monty Jones, vincitore nel 2004 del World Food Prize (www.ogigia.com)



qualsiasi tipo e valutare gli OGM caso per caso, naturalmente anche con particolare attenzione al contesto ambientale, culturale, sociale ed economico delle nazioni dove coltivarli. Per una corretta valutazione andrebbero analizzati in modo differenziato i diversi metodi e risultati inseriti nel vasto e composito ambito delle biotecnologie, quindi evitando ogni approccio totalizzante, sia pro sia anti-OGM. Inoltre particolare attenzione andrebbe riservata al problema dei brevetti, attraverso i quali poche aziende potrebbero detenere di fatto un enorme potere su un settore così vitale e importante come quello dell'alimentazione. La sovranità alimentare dei popoli, di tutti i popoli, è intoccabile, indiscutibile. Per questo sarebbe molto utile una ricerca in biotecnologie prevalentemente e realmente pubblica. Comunque risulta per lo meno imprescindibile un reale controllo, da parte di laboratori sperimentali pubblici, sui nuovi OGM prima di dare l'autorizzazione alla loro immissione nel mercato. Questi, a mio parere, sono alcuni punti fermi da tenere presente.

Biologo, ricercatore e saggista, Giovanni Monastra è stato dall'ottobre 2005 al settembre 2009 direttore generale dell'Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione (INRAN) di Roma, dove fino ad allora aveva svolto le mansioni di coordinatore scientifico, organizzando e seguendo lo sviluppo e la realizzazione di vari progetti dell'istituto tra cui, in particolare, il piano di biosicurezza sugli Organismi Geneticamente Modificati: Progetto-Quadro OGM in agricoltura (MIPAF 2003). Attualmente lavora come dirigente presso il Dipartimento dell'Ambiente del Comune di Roma.

¹ Percentuali del 2010.

² Per il 2011 l'ISAA fornisce i seguenti dati: soia 47%, mais 32%, cotone 15%, colza 5%.

I terremoti in Emilia del maggio 2012: alcune evidenze sulla situazione presismica

Marcello Viti, Nicola Cenni, Daniele Babbucci, Enzo Mantovani

Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Scienze della Terra, via Laterina 8 - 53100 Siena
enzo.mantovani@unisi.it, marcello.viti@unisi.it

A partire dal 20 maggio 2012, due terremoti di magnitudo (M) 5.9 e 5.8 e una serie di scosse minori hanno colpito una zona della Pianura Padana (fig. 1a-b). È largamente riconosciuto che tali scosse sono state generate dall'attivazione di faglie inverse al fronte esterno del sistema strutturale sepolto, noto come Pieghe Ferraresi, che costituisce la parte più avanzata della catena appenninica al di sotto della coltre sedimentaria padana (fig. 1c). Numerose e differenti evidenze indicano che la sequenza sismica in oggetto si è sviluppata nell'ambito di un regime di deformazione compressionale. Ciò in quanto:

- l'analisi di dati sismologici e geodetici indica che lo scorrimento sismico nelle due scosse principali è avvenuto lungo faglie inverse, con andamento est-ovest e asse principale di raccorciamento orientato sud-nord (fig. 1c). La profondità ipocentrale stimata (6-10 chilometri) colloca tali eventi nella parte più superficiale della crosta, al contatto tra elementi della catena appenninica e la copertura sedimentaria della placca adriatica;

- la distribuzione degli spostamenti orizzontali cosismici, misurati con stazioni GPS permanenti attorno alla zona epicentrale, mostra che durante le scosse principali si sono verificati raccorciamenti di 5-6 centimetri della zona interessata, in direzione nord-sud;

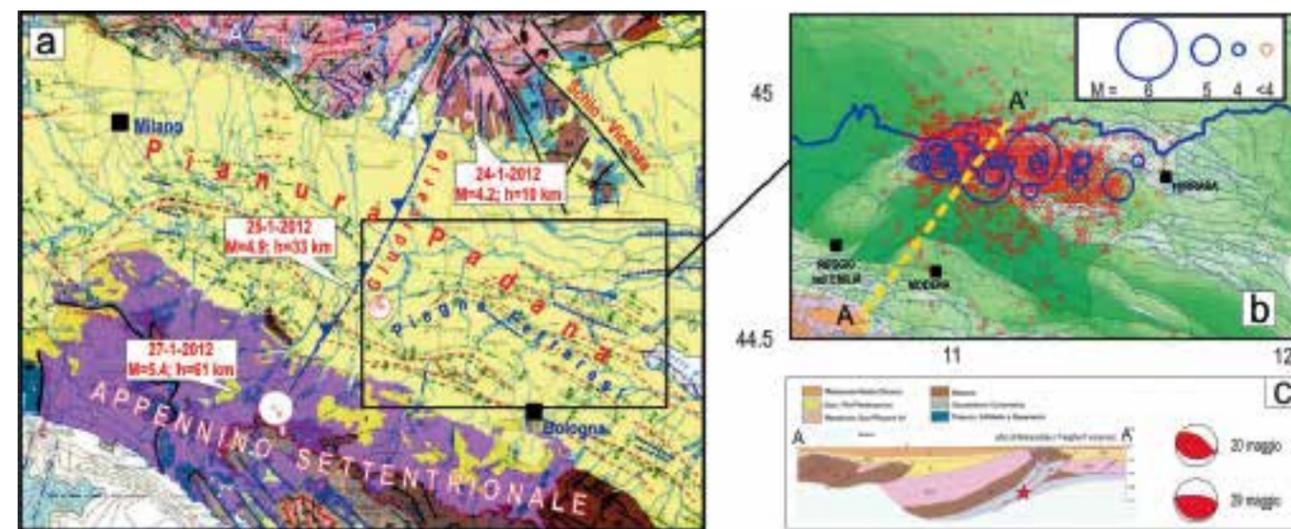
- durante la scossa sono stati osservati, a Finale Emilia e zone limitrofe, sollevamenti di una decina di centimetri. Questa rilevazione è stata poi confermata dall'analisi dei dati GPS, che nella zona epicentrale documentano la presenza di un innalzamento cosmico di circa 10-15 centimetri. Ulteriori conferme di questo fenomeno sono state fornite dall'interferometria radar satellitare (www.sigris.it). Complessivamente, le misure geodetiche delineano una deformazione del suolo compatibile con l'attivazione di faglie inverse sepolte;

- la presenza di un regime compressionale è altresì suggerita dalla risalita di acque sotterranee in numerosi pozzi della zona colpita (comunicazione personale del dottor Marco Marcaccio dell'ARPA Emilia Romagna), chiara conseguenza di uno schiacciamento orizzontale degli acquiferi.

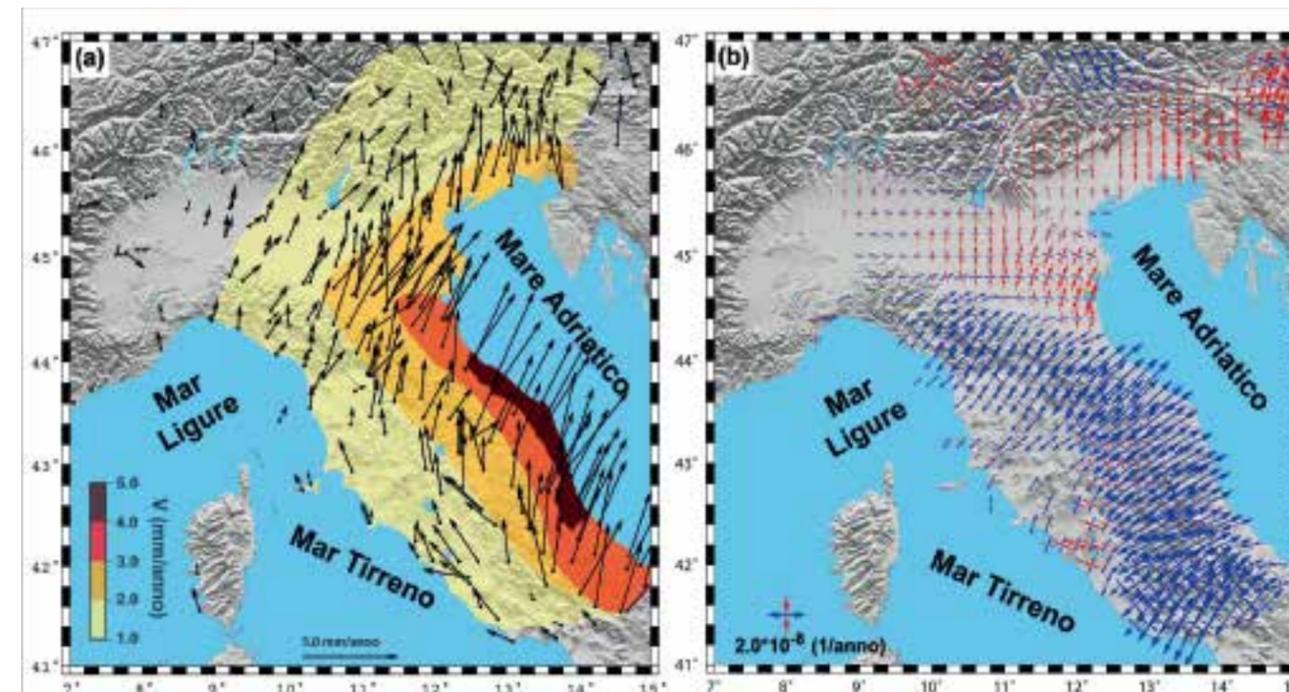
Questo breve articolo vuole porre l'accento su alcune evidenze concernenti la situazione che ha preceduto le scosse, allo scopo non tanto di fornire materiale per improponibili previsioni a posteriori, quanto piuttosto per sottolineare la coerenza tra le fratture che si sono sviluppate e le caratteristiche tettoniche.

Il campo di velocità (fig. 2a) e il relativo campo di deformazione (fig. 2b), ottenuti da dati GPS acquisiti nel periodo 2001-2012, indicano la presenza nella Pianura Padana di un regime compressionale con asse principale di raccorciamento orientato sud-nord. Come già rilevato in lavori precedenti (Viti *et al.* 2006; Mantovani *et al.* 2009; Cenni *et al.* 2012), l'analisi delle deformazioni geologiche quaternarie dimostra che l'Appennino settentrionale tende a muoversi verso nord-est rispetto alle zone circostanti, in buon accordo con il quadro cinematico attuale delineato dalle misure geodetiche (fig. 2a). Questa migrazione dell'Appennino settentrionale induce un regime compressionale nella zona padana antistante (fig. 2b) e uno estensionale nella parte interna della catena, come effetto della sua separazione dalla zona toscana. In tale contesto, le scosse verificatesi in Emilia possono quindi essere considerate una conseguenza della progressiva estrusione dell'Appennino settentrionale verso il dominio padano-adriatico.

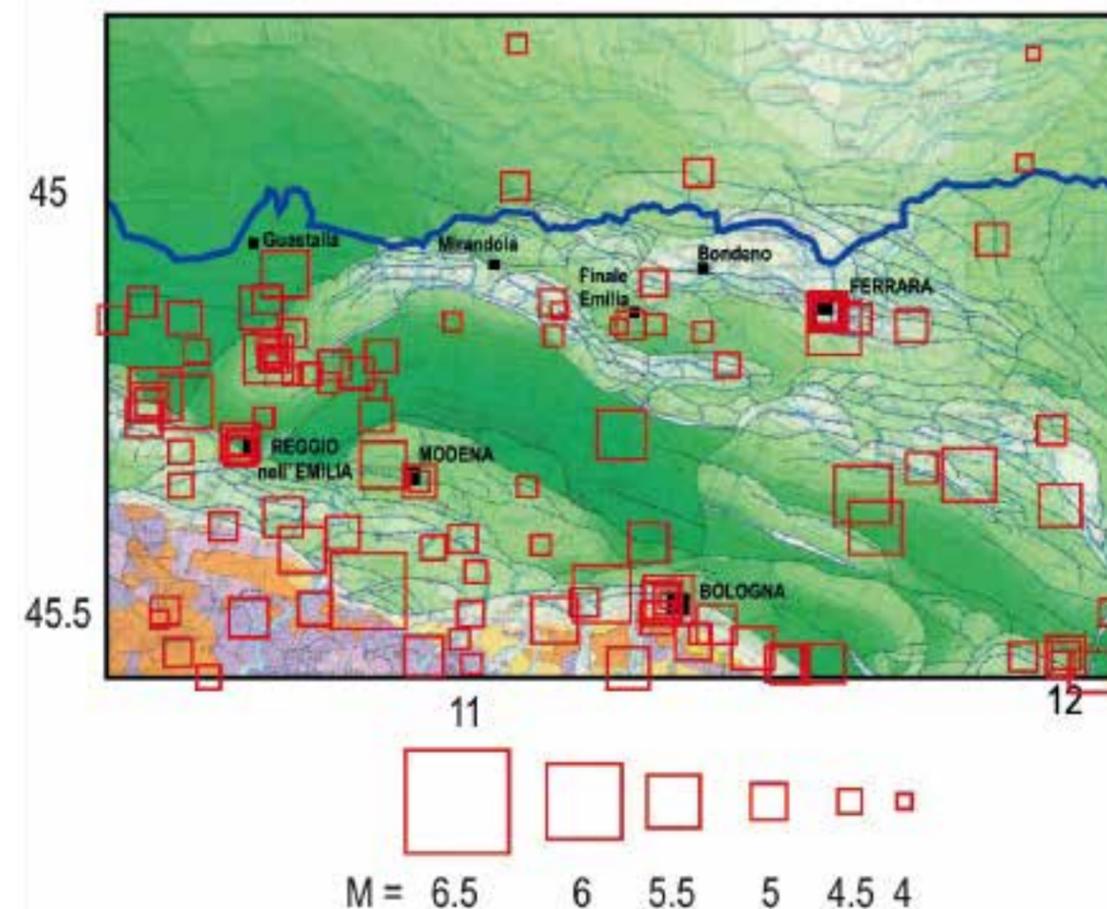
La distribuzione dei terremoti storici principali (1000-2012) lungo l'arco delle Pieghe Ferraresi e zone adiacenti (fig. 3) denota che il settore colpito nel maggio 2012 (dorsale di Mirandola) era l'unico che risultava ancora privo di scosse significative (M>5.0).



1. a) Carta tettonica della Pianura Padana e catene circostanti (da Funicello *et al.* 1981) con gli epicentri (cerchi bianchi) delle scosse avvenute dal 24 al 27 gennaio 2012 (da ISIDE Working Group, INGV 2010). La linea dentata indica la traccia superficiale della discontinuità litosferica delle Giudicarie. b) Epicentri delle scosse più intense (cerchi blu) e della sismicità minore (punti rossi) avvenute dal 20 maggio 2012, riportati sulla Carta Strutturale d'Italia (Bigi *et al.* 1990). L'intensità del colore verde aumenta con lo spessore dei sedimenti plio-quaternari che ricoprono la placca adriatica. Le zone chiare identificano le dorsali sepolte delle Pieghe Ferraresi. c) Sezione sismogeologica attraverso la dorsale di Mirandola, con indicato il possibile ipocentro del terremoto del 20 maggio (stella rossa) e i meccanismi focali delle due scosse principali (<http://www.ingv.it>)



2. Campo della velocità orizzontale rispetto all'Eurasia (a) e relativo campo di deformazione (b), dedotti dai dati acquisiti dal 2001 mediante una fitta rete di stazioni GPS permanenti nell'Italia centro-settentrionale (Cenni *et al.* 2012). Le aree colorate in (a) evidenziano, in accordo con la scala cromatica riportata a fianco, le zone caratterizzate da velocità uniforme. Ciò rivela che il campo di velocità geodetica è compatibile con il quadro cinematico a lungo termine dedotto dall'analisi delle deformazioni quaternarie (Mantovani *et al.* 2009; Cenni *et al.* 2012). In (b) le frecce rosse convergenti e le frecce blu divergenti indicano rispettivamente gli assi principali di raccorciamento e di allungamento



3. Distribuzione dei terremoti principali (quadrati rossi) verificatisi dall'anno 1000 al 19 maggio 2012 nella zona padana orientale (catalogo CPT11, Rovida *et al.* 2011) e riportati sulla Carta Strutturale d'Italia (Bigi *et al.* 1990). Si può notare che la zona colpita nel maggio 2012 non era stata precedentemente interessata da scosse forti (M>5.0)

Ciò sembrerebbe suggerire che tutto il sistema delle Pieghe Ferraresi tende a sviluppare il suo sovrascorrimento sulla zona padana antistante nell'arco di tempi piuttosto lunghi, dell'ordine di parecchie centinaia di anni. Questa ipotesi potrebbe fornire significative informazioni sul comportamento sismico futuro delle zone in oggetto.

La localizzazione delle scosse minori avvenute in precedenza nel settore centrale delle Pieghe Ferraresi (fig. 3) fa supporre che anche in passato la parte più mobile di questa struttura sia stata quella che si è mossa (in modo più accentuato) durante la recente sequenza sismica (fig. 1).

Nel luglio 2011 si sono verificate nel margine padano a nord delle Pieghe Ferraresi alcune scosse di magnitudo compresa tra 2.8 e 4.7. Quest'attività potrebbe essere un indizio del fatto che il regime compressionale in atto ha cominciato a produrre sovrascorrimenti delle strutture stesse sulla zona padana antistante alcuni mesi prima delle scosse del maggio 2012.

La placca adriatica settentrionale tende a muoversi verso nord-ovest come effetto della convergenza delle placche circostanti (Mantovani *et al.* 2009, 2012; Viti *et al.* 2011). Questo movimento però, può svilupparsi solo quando si verificano forti terremoti di disaccoppiamento lungo le guide laterali trascorrenti della placca suddetta (sistema di faglie nelle Dinaridi settentrionali, lungo il bordo orientale, e faglia Schio-Vicenza, lungo quello occidentale). Siccome in entrambe le zone mancano da quasi un secolo terremoti di $M > 5.5$ (Mantovani *et al.* 2012), si può supporre che nell'attuale situazione il settore adriatico padano, essendo solidale con la placca adriatica principale, sia sollecitato da una spinta più intensa rispetto alle fasi precedenti. Ciò implicherebbe un'accentuazione dell'attività sismica nella fascia tettonica delle Giudicarie (fig. 1a) sin dal tardo Miocene divenuta zona di sottoscorrimento litosferico. Un indizio di que-

sto effetto presunto potrebbe essere riconosciuto nel fatto che scosse significative si sono verificate quasi contemporaneamente (24-27 gennaio 2012) in zone lontane tra loro, ma dislocate lungo il medesimo sistema tettonico (fig. 1a): Veronese ($M = 4.2$, nella crosta superiore), Reggiano ($M = 4.9$, alla profondità di circa 30 chilometri) e Appennino parmense ($M = 5.4$, alla profondità di circa 60 chilometri). La distribuzione sia orizzontale che verticale di quest'attività sismica e il regime compressionale cui essa è associata (meccanismi focali reperibili su www.ingv.it o www.usgs.gov) è consistente con l'interpretazione tettonica sopra delineata.

Le evidenze descritte offrono l'occasione per ribadire alcune considerazioni sul contributo che la comunità scientifica può dare per rendere più efficace la difesa dai terremoti in Italia.

Il fatto che un precursore affidabile che preceda in modo sistematico le scosse sismiche pericolose non sia ancora stato individuato indica in modo inequivocabile che una previsione a breve e medio termine non è al momento possibile. La strategia di difesa dai terremoti deve quindi concentrarsi su obiettivi "praticabili", come, ad esempio, quello di cercare di ridurre gli effetti di queste calamità naturali. La soluzione del problema sarebbe relativamente semplice se il nostro paese disponesse di risorse sufficienti per mettere in sicurezza tutti gli edifici ubicati in zone pericolose. Non esistendo però questa disponibilità, l'unica strada per tentare di risolvere, o per lo meno attenuare, il problema è cercare di individuare un numero limitato di zone prioritarie dove concentrare le risorse nel breve termine. Un approccio di questo tipo è stato appunto elaborato dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Siena in collaborazione con la Regione Toscana (Mantovani *et al.* 2012), relativamente a un settore dell'Appennino per il quale sono state riconosciute le zone sismiche più esposte alle prossime scosse forti.

Testi citati

Bigi G., Cosentino D., Parotto M., Sartori R. & Scandone P. (1990) - *Structural Model of Italy, Scale 1:500000, Sheet n. 1*. Consiglio Nazionale delle Ricerche - Progetto Finalizzato Geodinamica, SELCA, Firenze.

Cenni N., Mantovani E., Baldi P. & Viti M. (2012) - *Present kinematics of central and northern Italy from continuous GPS measurements*. J. Geodynamics, 58, 62-72, doi: 10.1016/j.jog.2012.02.004.

Funiciello R., Parotto M. & Pratlurion A. (1981) - *Carta Tettonica d'Italia, scala 1:1500000*. C.N.R. - Progetto Finalizzato Geodinamica, Pubbl. n. 269, Grafica Editoriale Cartografica, Roma.

ISIDe Working Group (INGV, 2010) - *Italian Seismological Instrumental and parametric database* (<http://iside.rm.ingv.it>).

Mantovani E., Babucci D., Tamburelli C. & Viti M. (2009) - *A review on the driving mechanism of the Tyrrhenian-Appennines system: Implications for the present seismotectonic setting in the Central-Northern Apennines*. Tectonophysics, 476, 22-40, doi: 10.1016/j.tecto.2008.10.032.

Mantovani E., Viti M., Babucci D., Cenni N., Tamburelli C., Vannucchi A., Falciani F., Fianchisti G., Baglione M., D'Intinosante V. & Fabbroni P. (2012) - *Potenzialità sismica della Toscana e definizione di criteri per interventi di prevenzione*. Regione Toscana, Centro stampa

Regione Toscana, Firenze, pagg. 140 (www.regione.toscana.it).

Rovida A., Camassi R., Gasperini P. & Stucchi M. (Eds.) (2011) - *CPT111, the 2011 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes*. Milano-Bologna (<http://emidius.mi.ingv.it/CPT1>).

Viti M., Mantovani E., Babucci D. & Tamburelli C. (2006) - *Quaternary geodynamics and deformation pattern in the Southern Apennines: implications for seismic activity*. Boll. Soc. Geol. It., 125, 273-291.

Viti M., Mantovani E., Babucci D. & Tamburelli C. (2011) - *Plate kinematics and geodynamics in the central Mediterranean*. J. Geodynamics, 51, 190-204, doi: 10.1016/j.jog.2010.02.006.

Orizzonti



Foto di Giovanni Bencini.
Follonica (GR)

La "Casa dei Pesci" è il futuro del mare

Lucio Sabbadini

Comitato per la Casa dei Pesci - Associazione Onlus
lacasadeipesci@gmail.com

Nel 2006 su queste pagine (v. EN III/06, *Il mare della Maremma rimane privo di difesa?*), Paolo Fanciulli, pescatore e ambientalista (www.paoloilpescatore.it), illustrava la necessità di affrancare il nostro mare (fig. 1) dal principale fattore di degrado delle biocenosi: la pesca a strascico demersale illegale, ahimè esercitata costantemente – nell'indifferenza dell'opinione pubblica – nel piano marino infralitorale lungo le coste rocciose e le spiagge di tutta Italia.

Questo perché il mare nel nostro immaginario è "altro", "estraneo", e non un mondo meraviglioso in cui immergersi per farne la scoperta. I mezzi di comunicazione spingono la nostra emotività per i cetacei piaggiati o gli uccelli agonizzanti a causa degli sversamenti di petrolio, per i rifiuti gettati in mare e rinvenuti sulle spiagge; le stesse campagne ambientali portano a soffermarsi sull'erosione costiera o le piante di *Posidonia oceanica* strappate dalle ancore dei diportisti, ma pochi hanno sentito denunciare i dati della Commissione Europea che registrano nel Mediterraneo un calo della popolazione ittica del 90% in cinquant'anni o che ogni anno vengono inutilmente distrutte più di 800.000 tonnellate di specie ittiche, pescate e rigettate morte in mare perché prive di valore commerciale, a causa dell'uso di attrezzi da pesca non selettivi. Del pari, non "passa", come dicono i giornalisti, che

le coste italiane sono quotidianamente saccheggiate dalla pesca illegale, in particolare dalla pratica diffusa della pesca a strascico sotto costa, all'interno dei limiti di divieto, e che una rete a strascico è come una ruspa: estirpa e raccoglie ogni alga o animale che incontra distruggendo biocenosi vitali per la protezione delle coste dall'erosione e che necessitano di decenni per ripristinarsi.

In questo quadro, Paolo Fanciulli, con la sua attività di guida ambientale ha da sempre cercato di coinvolgere empaticamente centinaia e centinaia di persone a "guardare nel mare" e scoprire che vi è tanta natura e bellezza che normalmente trascuriamo in quanto invisibile.

Nel 2006, quando la Regione Toscana, con una nuova sensibilità al futuro del mare, attivò l'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Toscana (ARPAT) e la Provincia di Grosseto per attuare la messa in mare, rispettivamente, di dissuasori della pesca illegale e di barriere di ripopolamento ittico, Paolo comprese subito che la dotazione finanziaria non era sufficiente per attuare una protezione completa, ma solo per creare alcune fasce di protezione. Allora, alla guida del Consorzio Piccola Pesca Monte Argentario, intervenne ottenendo il coinvolgimento di AGCI Agrital, di WWF Italia, della Federazione Italiana Pesca Sportiva



1. Panorama del mare della Maremma (foto Giuseppe Anselmi)



a



b

2a-b. Paolo Fanciulli presenta alla stampa il progetto della "Casa dei Pesci" (foto Vanni Belli)

ed Attività Subacquee (FIPSAS), del comune di Orbetello, di molte imprese e associazioni locali, di tantissimi turisti italiani e stranieri, riuscendo a finanziare la messa in mare, con il consenso di ARPAT, di un numero triplo di dissuasori nell'area di fronte ai monti dell'Uccellina. In sintesi, riuscendo a creare un'area in cui qualsiasi azione di pesca illegale è impossibile, come riportato su queste pagine nel 2007 (v. EN IV/07, *Se si vuole, si può: ecco come*

sono stati fermati il saccheggio e lo scempio del mare della Maremma).

Ora sono passati sei anni e la natura ha ripreso il sopravvento sulla distruzione. Questo dà forza al sogno di ampliare l'area di protezione e ricostruire gli anfratti che offrono riparo ai pesci, ma anche di trovare nuovi percorsi per spingere sempre più i turisti balneari a "mettere la testa sott'acqua", ad appropriarsi culturalmente del modo marino.



3. Massimo Catalani inizia la prima scultura del progetto (foto Vanni Belli)

Il nuovo progetto di Paolo (fig. 2a-b) è quello di arricchire “la Casa dei Pesci” con opere artistiche capaci di attrarre e creare nuove prospettive di sviluppo sostenibile, capaci di contrastare il dilagare del cemento, insomma di creare nel mare della Maremma uno spazio di sostenibilità tra natura e pesca, tra bellezza naturale e arte, tra protezione e fruibilità.

Intorno al progetto della “Casa dei Pesci” è nato negli ultimi mesi un movimento importante di società civile (www.lacasadeipesci.org) che ha trovato il supporto delle Amministrazioni – Regione Toscana, Provincia di Grosseto, comuni di Orbetello, Magliano in Toscana e Grosseto –, di tanti amici del mare e di artisti di fama internazionale che condividono, con tutti coloro che vorranno aggregarsi, la volontà di realizzare un percorso culturale mare-terra e terra-mare che si differenzia dalle iniziative già poste in essere nel 2006 in quest’area e successivamente in altre zone dell’Italia, per il coinvolgimento del mondo dell’arte, perché la bellezza è baluardo contro ogni barbarie e gli artisti hanno il dono di saper comunicare al mondo l’impellenza di proteggere la natura.

Il progetto si propone di realizzare, in tre anni, un intervento unitario il cui filo d’Arianna sarà l’arte, creando:

- un migliore ripopolamento ittico con blocchi di marmo donati da Franco Barattini, presidente delle Cave Michelangelo di Carrara, anche scolpiti da artisti amanti del luogo, come Giorgio Butini, Massimo Catalani, Massimo Lippi e gli altri che si uniranno;
- percorsi didattico-ambientali per una fruizione intelligente dei tratti più belli della costa, a cura di Marevivo;
- un originale giardino marino dell’arte, che prevede nelle zone di balneazione l’inserimento di sculture degli artisti famosi che, grazie alle *art manager* Alessandra Lancellotti e Mariella Poli, hanno aderito al progetto: Beverly Pepper, Girolamo Ciulla, Luciano Massari, Emanuele De Reggi.

Il 29 giugno, nella splendida cornice di Talamone e con l’abbraccio commosso tra Fulco Pratesi e Paolo Fanciulli, è stata scolpita la prima pietra (fig. 3) ed è stata lanciata la campagna di adesione al progetto: un progetto da seguire.

Io, il lettore



Foto di Giovanni Bencini.
Follonica (GR)

Il "Follonica Trekking Club" compie vent'anni

Follonica Trekking Club

www.follonicatekkingclub.it

L'escursionismo, spesso indicato con il termine inglese di *trekking* o *hiking* (il primo termine deriva dal verbo *to trek* che significa camminare lentamente o anche fare un lungo viaggio, il secondo dal verbo *to hike* che vuol dire camminare), non può essere considerato solo come una forma di attività motoria; sarebbe veramente riduttivo. Esso va al di là della semplice definizione fisica, in quanto rappresenta un'occasione per le persone di vivere in una dimensione diversa da quella stereotipata del quotidiano. Camminare in un bosco, su un sentiero di montagna, di collina o in pianura, essere immerso in un ambiente naturale per ammirarne le bellezze con attenzione e senza fretta induce a sentirsi bene e a stare in pace con se stessi. Il contatto con la natura dai mille profumi e colori, il silenzio, la soddisfazione di riuscire a percorrere un certo numero di chilometri o a salire più o meno ampi dislivelli costituiscono importanti fonti di benessere. Significativa, in questo senso, è l'opportunità offerta dal *trekking* di camminare "insieme agli altri" che, molto spesso, si traduce in un'occasione per condividere aspetti importanti del giorno, della società e della vita. In altre parole l'escursionismo, che è alla portata di tutti e che può essere svolto ovunque e in qualsiasi stagione, apporta a tutti coloro che lo praticano numerosi benefici fisici e psicologici.

L'escursionista è portato anche alla conoscenza del patrimonio naturale che attraversa e al suo rispetto. Il territorio diviene così un libro da leggere e da salvaguardare. Tenuto conto della realtà in cui viviamo, questo aspetto culturale-educativo non è di secondaria importanza. In *Farfalle* Hermann Hesse induce a una riflessione in tal senso: "Tutto il visibile è espressione, tutta la natura è immagine, è linguaggio e colorato geroglifico. Nonostante una scienza della natura molto evoluta, oggi non siamo affatto ben preparati, né educati a una corretta osservazione e, rispetto alla natura, ci troviamo piuttosto sul piede di guerra".

La "non adeguatezza" dell'uomo nei confronti della natura è espressa dalle più o meno profonde "ferite" che questa mostra. Pur non addentrandosi in merito perché esula dall'argomento, si rileva che testimonianze di incuria o addirittura di incivile comportamento umano sono spesso evidenti nell'ambito delle escursioni. Esse contrastano immensamente con il "modo di essere e di sentire" dell'escursionista, suscitano forti disagi e spingono a una loro correzione. Educare una persona all'escursionismo può essere quindi visto non solo come una crescita individuale, ma anche come un impegno che la società si deve porre per rendersi più sana ed evoluta in un mondo aperto al futuro.

A Follonica, caratteristica e viva città della costa maremmana toscana, da vent'anni esiste un gruppo, il Follonica Trekking Club, che con zaino in spalla si è riappropriato di un'azione tanto naturale quanto poco esercitata come il camminare (fig. 1). Cogliamo l'opportunità offerta da *Etrurianatura* proprio per ricordare questo anniversario come un evento che testimonia quanto sostenuto sopra e molto di più. Già qualche anno fa la rivista (*Etrurianatura* 2006) ospitò nella sua rubrica *Io, il lettore* l'articolo *Trekking... che passione! (la natura con i "sei" sensi)* presentato da una componente del gruppo follonichese. Vorremmo riportare le frasi conclusive di questo articolo perché ben si prestano a coronare i sentimenti e l'amore acquisito in questi vent'anni per la natura: "La natura è veramente da 'guardare', 'odorare', 'gustare', 'toccare', 'ascoltare' e, soprattutto, 'penetrare' nella sua essenza in un rapporto quasi simbiotico, così da poterla completamente capire, amare e rispettare. Solo in questo modo potremo sentirci

parte integrante del bene immenso che essa rappresenta e che gratuitamente e totalmente offre a noi".

Il Follonica Trekking Club è nato dall'incontro di uomini e donne, giovani e meno giovani, che avevano in comune l'emozione di vivere la natura. Nella palestra di Antonio Vella, una persona molto nota nel territorio per la sua attività in campo sportivo e ambientale, sono state effettuate le prime riunioni per organizzare il gruppo e le escursioni della domenica. Il luogo di ritrovo al mattino era piazza XXV Aprile; in seguito esso è stato spostato per comodità al parcheggio di fronte al vecchio ippodromo, che ancora oggi funge allo scopo. Il territorio "calpestato" dai componenti dell'associazione (con una media di 15-20 escursioni all'anno ne sono state realizzate da 300 a 400) non è stato sempre e solamente quello delle Colline Metallifere e della Maremma Toscana, anche se ovviamente ha prevalso (figg. 2-8); talvolta ha riguardato le Apuane, il monte Amiata e le colline circostanti, i tratti alpini della Corsica, l'Appennino toscano-emiliano, quello abruzzese-molisano, il Mugello, i monti Pisani, la Montagnola Senese, le zone costiere da Livorno all'Argentario, quelle liguri delle Cinque Terre, le isole dell'Arcipelago Toscano, le Tremiti eccetera (figg. 9-14). Quanto di più vario e bello può essere offerto a un'escursionista, questo è stato cercato nei diversi programmi annuali. Numerose sono le persone che per più anni hanno partecipato all'associazione non solo di Follonica, ma anche di Grosseto, Piombino, Massa Marittima, Gavorrano. Il "camminare insieme" di questi vent'anni costituisce un'esperienza significativa della vita, un'esperienza che ha lasciato il segno non solo nelle "gambe", ma anche nel cuore di ciascuno di noi. Quando per vari motivi qualcuno non viene più a camminare, l'amicizia che unisce il gruppo continua a durare nel tempo. E questo rappresenta il patrimonio più grande conservato dal Follonica Trekking Club.

In linea con un anniversario così importante, vogliamo concludere con lo scritto sentito e accorato, quasi poetico, di una componente dell'associazione, Nadia Pagni, che continua a esprimere quel "molto di più" del semplice camminare. In particolare esso gira intorno a Maria, una sorprendente figura di escursionista che rappresenta un raro esempio e un permanente riferimento per tutto il gruppo.

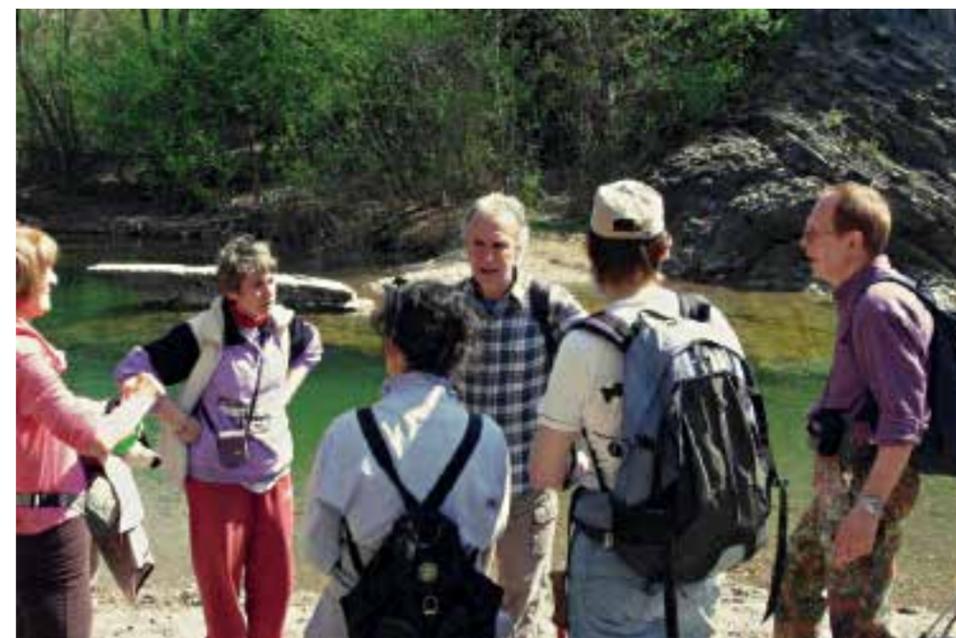


1. Camminare insieme

2. a) Discussione sul fiume Farma, nei pressi di Iesa (Siena), relativamente al guado da farsi; b) modalità di guado



a.



b.

In caso di paradiso (non fiscale)

"Esiste il paradiso?"

"Oh! Sì, certamente."

"Dov'è?"

"Laggiù, non tanto lontano"

"Chi sa la strada?"

"La conosce Maria."

Decidiamo per una domenica di aprile, la prima; chiediamo una bella giornata, ce ne viene data una straordinaria: il cielo di pervinca puro e morbido.

Non occorrono tante persone, né che siano tutte amiche per la pelle; né poche né tante, il giusto numero che permetta il silenzio e il dialogo: quindici.

L'avamposto per lasciarci alle spalle l'ybris¹ è Travale, e non a caso. Il paese è sul cucuzzolo come tanti, ma a differenza degli altri s'interrompe sulla cima come un trampolino.

Scendiamo per la strada bianca, la macchia è rada, il castagneto spelacchiato e muto, i tronchi costellati da perfette orbite buie di nidi di picchi². Ma l'inverno mostra le corde.

Dopo il ponte sul Cecina, via fino al podere Austino.

Il paese si allontana finché, salendo, lo guardiamo di nuovo vicino, a pari quota, ma con la valle a dividere.

Intorno è un puntinismo di gialli decisi, di bianchi vaporosi e sospesi: l'elleboro alto e piccino (*Helleborus foetidus*, *H. viridis*)³, la primula a una e a più corolle (*Primula vulgaris*, *P. elatior*)⁴, la viola mammola, più viola men viola, il ciclamino, pervinche (*Vinca major*)⁵ grandi come piattini da caffè ci fanno fermare a chiamarle: "Le pervinche!", "Il tarassaco!". "No, non è tarassaco. È...", dice Mario, l'assistente giovane di Maria. Agli umani piace chiamare e richiamare le cose coi loro nomi, anche se i nomi sono ovvi e risaputi, lo fanno per sfogare una letizia arcaica per niente banale né pedante, per celebrare l'inizio dei tempi quando furono battezzate e perciò create.

"Guarda quante margheritine!"

"Che belle le pervinche!"

"È un ciliegio quello?"

"Sì, è un ciliegio."

"Ecco il biancospino in fiore."



3. La fatica che si fa sentire in una salita delle colline del parco di Montioni (Follonica, Grosseto)



4. Sosta pranzo al lato di una cascata nei pressi di Volterra (Pistoia)

“No, è il pruno.”⁶

Già, tra poco meno di un mese partorerà famiglie di prugnoli. Alberto s’imbatte in un serpente bastone, ma si è troppo avvicinato e quello scappa: se lo facesse arrabbiare sarebbe capace di frustare, di mordere e di vomitare addosso al seccatore la sua ultima preda indigerita.

Passiamo molti ruderi di antichi poderi, poi a destra la strada poco battuta per Sarripoli: tutta la zona si chiama Brezzano.

Ci rincuora la vista delle lenzuola alla finestra del podere Al Fango. Ci vive gente felice, se ha avuto la bontà di salvare uno dei poderi più belli.

Una famiglia di tussilago⁷ (fig. 15) è presa di mira e mietuta da Nadia: ne verrà uno sciroppo per la tosse per il prossimo inverno.

Podere Nuovo. Ecco un bel lavatoio dove potrebbe nuotare il tritone⁸. Il troppopieno ci bagna i piedi e inzuppa il prato.

Una sosta per mangiare una banana al podere Nacchi. La cannella anni cinquanta ha imbrigliato la fonte e l’amministra una rotella d’ottone.

Maria beve. Fin’ora non ha aperto bocca, cammina lottando

contro gli anni che le intorpidiscono le gambe. La salita la mette alla prova e ha già detto due volte: “Ma chi me l’ha fatto fare?": non per scoraggiamento lo dice, solo per scaramanzia. Letà la vorrebbe a casa, in pantofole e plantari a far girare uncinetti e aghi. Ma lei non è così; Maria è nata da queste parti, qui ci sono i suoi lari, i penati, gli spiriti famigliari. Lei li sente, in silenzio li chiama, gli spiriti le regalano un’energia nuova che noi ammiriamo con sbigottimento.

“Chissà se a me toccherà la fortuna di camminare così a ottant’anni?“, pensa Ennio, sempre per scaramanzia.

Camilla è qui per la prima volta, dice solo: “Ci metterei la firma”.

“Come vanno i piedi, Maria?”

“Ho messo una pomata stamattina“, risponde.

Unguento magico perché non sta indietro un passo, anzi: “Mi metto un po’ avanti” dice quando qualcuno si ferma a guardare la pania e Mario schiaccia la bacca giallo-pallido per estrarne il lattice che un tempo serviva per fare colla. Lei è già avanti, sopra di noi e ci aspetta.

“Anche questo tornante è fatto“, pensa.



a.

5. a) Escursione nella “terra che fuma” di Monterotondo Marittimo (Grosseto); b) “sauna” dei partecipanti

Giriamo bruscamente a destra. La salita si fa sentire, nessuno parla più. Il sole non ci ha dato tregua, ma l’aria è mite come un agnellino. Tracce di scavi di cinghiali⁹ e raspate di caprioli¹⁰, qualche giovane tronco scortecciato dalla fame degli animali che in inverno non hanno trovato cibo.

Fiorella s’imbatte in un piccolo nido vuoto: la madre raccolse dei peli di cinghiale e ne fece un minuscolo tappeto per suoi piccoli. Fiorella lo porterà ai suoi bambini.

Linda e Sandra confabulano. Sentiamo che dicono:

“Secondo te si dice gli agriturismi o gli agriturismo?”.

Insegnano tedesco, non sono tenute a saperlo.

“Domani ci informiamo”.

Guadagniamo la cima. Il taglio del bosco è terminato, metà del cono collinare è sfoltito e ci permette un ampio sguardo su spazi aperti.

Il biancore della Rocca Sillana s’impone e lontano, più lontano, la neve degli Appennini. Sotto si disegnano tavolozze monocrome: verdi severi o timidi, gialli acidi o zolferini, arativi sfumanti in grigio, gote paffute di probabili meli, peri, ciliegi e qualche rosa di pesco poco vistosa per la distanza.

Questa è terra che respira: gli sbuffi del suo fiato si alzano qua e là lattei, vaporosi.

Anqua è ai nostri piedi, ordinata, solare, intatta come nell’anno Mille. Volterra sfuma nel sole. Roberto ci indica una cima, la chiama la “Punta del viperaio”: “Ci sono più vipere là che pietre”, dice.

La bellezza non è cercandola che si trova. La bellezza è un insieme di apparizione e di disposizione (d’animo), di epifania e di cuore: è uno scambio alla pari. La bellezza si dà a chi ha occhi, se no resta celata, segreta, bastanta a se stessa.

Il gruppo è silenzioso e complice. È uno splendore, una completa bellezza. È questa la terra che ci è dato abitare? Com’è inaspettatamente bella! E che mai abbiamo fatto per meritarsela? La dovremmo riscattare un tanto al palmo, perché ciò che ci è regalato quasi sempre spregiamo.



b.

Là è Solaio, San Dalmazio, Pomarance, Monteguidi, Casole d’Elsa, là dietro Radicondoli, avvolti in un’organza d’oro.

“Che peccato che non ci siano Stella e Fernanda!”

Esattamente un anno fa percorrevamo le Carline sotto la neve, imprevedenti e infreddoliti. Roberto ce lo ricorda.

Riprendiamo la strada su sentieri inanellati. Sorgente dell’Acero.

Ci fermiamo per il pasto. Il rumore dell’acqua che scorre riempie i silenzi della fame.

Maria ha impastato uova, burro, farina, zucchero e pinoli. Franca fa le parti, parsimoniosa ed equa. Ennio ripete la memorabile battuta che ci fa sempre ridere: “Maria, t’è venuta male. Riprova!”, e addenta la seconda porzione. Ormai siamo diventati semplici e ingenui come i fanciulli.

Dopo i ruderi del podere Prataccio, ammiriamo il castagneto perfetto, un’opera d’arte. Tutto è in ordine: i giganti puliti e levigati, il terreno lindo, come incerato, non un ramo fuori



6. Escursione nei boschi di Prata (Grosseto)



7. Comoda sosta pranzo durante un'escursione nelle Colline Metallifere Toscane

posto, non uno stelo più alto dell'altro. Non è forse dell'artista lavorare e poi a un certo punto fermarsi e dire: "Ora è a posto. Ora è compiuto". Allora non è anche questa arte? Direi di sì.

Stiamo aggirando la cima Torricella e il Terminuzzo¹¹. La collina non arriva a mille metri, ma trabocca d'acqua, zampilla, tracima, imbeve la strada, scava ruscelletti giù per le pendenze e li convoglia nel Rimaggio.

In enormi pozzanghere, minuscole creature reagiscono al nostro passo con tuffi sincronici: sono le rane, quelle nate quest'anno. Mario ne individua una che vorrebbe nascondersi nel fango.

"Occorre bagnarsi la mano per acchiappare le rane; soffrono se gli si secca il mantello".

"È un ululone dal ventre giallo?"¹², chiede Benito.

"No, questa volta no".

Ma la ranetta non sopporta l'analisi e guadagna il suo mondo alzando onde di fanghiglia.

Francesca e Tonino hanno raccolto la melissa e la portano con tutto il riguardo, come recassero i pomi delle Esperidi¹³.

Boschi di ornielli¹⁴, di pini marittimi¹⁵, un tasso¹⁶, dei "crognoli"¹⁷. Passiamo oltre. Bivio per la capanna del Partigiano. La XXIII Brigata "Garibaldi" aveva il comando non lontano, al

8. Il caratteristico "bar" del gruppo



podere Belcaro scegliendo le Carline per l'abbondanza d'acqua. Altra salita, nuova fatica. Ci si ferma, ci si alleggerisce, si beve. I visi sono accesi, gli occhi brillano.

La capanna è aperta, spoglia, con un grande camino.

Gigi racconta: "Guido Radi detto 'Boscaglia' morì in un'imbo-scata insieme ad Alvaro Betti detto il 'Ciocco'¹⁸. Fu una spiata. Radi cadde subito e lì rimase tutta la notte, i suoi compagni in fuga lo credettero morto. Il giorno dopo i tedeschi tornarono sul posto e gli intimarono di rivelare il nascondiglio dei compagni. Lui ebbe la forza di agguantare il mitra e di fare fuoco. Fu finito. L'altro ferito, Alvaro, scappò e si rifugiò alla Brezza. Morì il giorno dopo".

Maria continua: "Arduino Marconi era un falegname di Travale, era un po' anziano quindi non era nei partigiani, ma era in comunicazione con loro. Cercava delle tavole per fare la cassa al partigiano Alvaro. Quel falegname venne a casa nostra e domandò degli uomini: per una cosa così si cercava gli uomini. Gli uomini non c'erano. C'era la mi' mamma. Noi si faceva il pane e si faceva lievitare per poi cuocerlo in forno. La mamma disse: 'Ma io ora di tavole...



9. Verso la cima del Pania della Croce sulle Alpi Apuane



10. Uno degli "anfiteatri" di Pania della Croce



11. Sulle pendici del monte Amiata (Grosseto)



12. Escursione sul monte Rondinaio (Appennino tosco-emiliano)



13. Discesa dalla cima del monte Rondinaio

C'è una tettoia giù nella stalla dove si mette i carri, se ci fosse un uomo... Ma io che tavole vi do? Se non vi do la tavola del pane¹⁹ non so che tavola darvi... però lo devo informare'. Sopra la bocca del forno che era sulla loggia, c'era una tavola dove ci si teneva la pala, l'attrezzo per attizzare il fuoco, il fruzzico per tirare la brace su una parte e cuocere il pane. Arduino vide quella che era più grande della tavola del pane e prese quella. Non gli sarebbe bastata di certo; andò allora a Butiglioni per cercarne altre. C'era da stare attenti anche dove veniva fatta questa cassa perché c'erano le spie".

Ci si ferma intorno alla pietra che ricorda il partigiano "Pedro"²⁰.

Poi via, giù per le Cetinelle, fino alla strada che porta a Sarripoli. Ci fermiamo davanti al rudere. Un tempo, non tanto lontano, la casa era abitata come tutti i poderi. Le voci risuonavano di giorno, di notte i silenzi del riposo. Ora al posto del forno c'è una cisterna d'acqua della Comunità Montana. Tutto era un giardino, i campi di grano, il frutteto col pero uccellino e il pero bugiardo.

"Non si deve pensare che la collina fosse come si vede oggi, tutta un bosco e una macchia, c'erano campi coltivati, pascoli, orti, il bosco era poco. Oggi il bosco si è ripreso tutto", dice Maria.

Passiamo a fianco del laghetto dove abbeveravano le bestie. Prendiamo per il prato e a capofitto nel bosco. Maria si ferma accanto alla quercia dove fu seppellito Alvaro, prima che gli fosse fatta la cassa. Si guarda intorno: sente, riconosce. Ogni sasso parla, lei intende, noi, sordi, ascoltiamo. Solo lei è adulta, noi in questo bosco siamo bambini, non sappiamo niente, non riconosciamo niente. Ci mortifica questa ignoranza, forse un po' è colpa nostra.

Lamenità del fosso Brotone (o Botrone) ci arresta. Ci piacerebbe bagnarci i piedi, ma ci accontentiamo di metterci gli scarponi. Le rocce bianche e levigate, l'acqua pura fanno cascatelle degne della reggia di Caserta. Un abitante del fosso ha impastato la sabbia con la sua saliva e si è costruito una cannuccia dove s'è infilato e con le zampette di fuori sta alla finestra della casetta, nuota e se la tira dietro.

14. Lungo un sentiero dei dintorni del lago Santo (Appennino tosco-emiliano)



Scendiamo, scendiamo, ma debolmente: è il vecchio viottolo della Casa d'Elci che va a Travale, Maria lo segue, noi vediamo solo tracce indistinte.

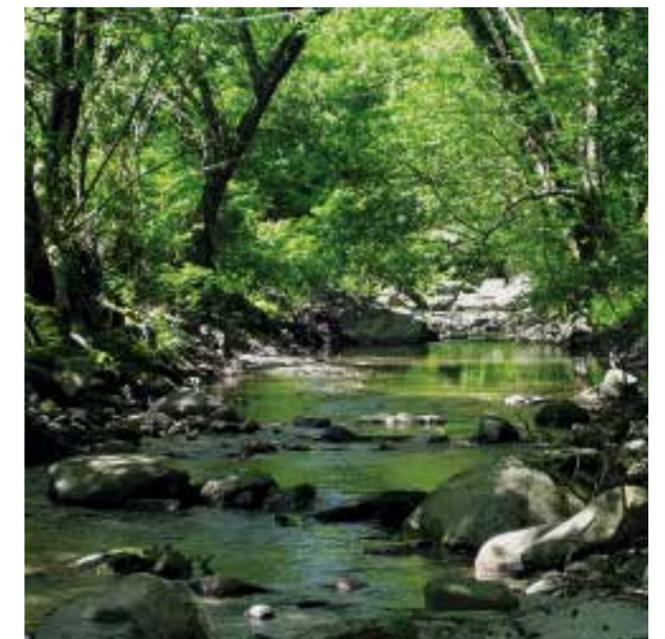
Un altro guado, poi il magnifico cerreto²¹, perfettamente a bolla, il salotto buono delle Carline, ma assomiglia più a una cattedrale gotica. Chi è l'architetto che ha alzato tali campate, queste ardite trifore per far entrare la luce, prima creazione del Divino? E la luce irradia, ma mitigata dalle vetrate delle foglioline nuove.

Il Cecina (fig. 16) sotto di noi scorre dalla parte "sbagliata",

contraria alla sua fine: farà un giro vizioso per arrivare al mare. Ci offre tre guadi, facili enigmi da risolvere in tre balzelli, fino al mulino di Travale ancora abitato da fedeli irriducibili vecchi che allevano pecore e capretti, fanno formaggi e coltivano l'orto. Mettiamo la testa nella stalla, un presepe cui mancano bue e asinello, pieno di belanti capretti che ci implorano per la prossima Pasqua: "Che ne sarà di noi? Che ne sarà di noi?".
"Non abbiate paura, questo è il paradiso. Almeno per oggi siamo immortali".



15. Esemplari di *Tussilago farfara*



16. Il fiume Cecina nei pressi di Travale

¹ Il termine greco *ybris* è traducibile con insolenza, tracotanza, violenza, prepotenza. Il suo significato filosofico riguarda, più precisamente, il superamento della misura, la sfrenata insensatezza, l'agire non soltanto contro gli dèi, ma anche contro il *lògos*, la ragione.

² I picchi sono ben conosciuti per la loro tecnica di martellare il tronco degli alberi con il becco, sia per alimentarsi con larve di insetti sia per creare cavità dove nidificare. Il martellamento ha anche una funzione territoriale, per segnalare la propria presenza a possibili rivali.

³ Appartenente alla famiglia delle Ranunculaceae, l'*elleboro* significa, nel linguaggio dei fiori, calunnia. Nella Grecia antica era usato per curare la pazzia, mentre in età medioevale si credeva che polverizzato avesse il potere di rendere invisibili ed era perciò utilizzato nei riti di stregoneria e nei sabba. Secondo Marsilio Ficino, precettore di Lorenzo il Magnifico, esso aveva la proprietà di mantenere giovani più a lungo e di ringiovanire i vecchi. Nella cultura rurale serviva per predire la qualità del raccolto. Ancora oggi in India c'è l'usanza di bruciare questa pianta vicino a una partoriente per accelerarne il parto.

⁴ Le foglie di primula si usano da sole o assieme ad altri tipi di verdura, sia in insalata che lessate e condite o per fare minestre. Con i fiori si preparano dolci e marmellate oppure si può aromatizzare l'aceto di vino. Il rizoma serve per aromatizzare la birra. La radice e il rizoma sono ricchi di saponine triterpeniche (es. la primulina), le quali conferiscono alla pianta proprietà espettoranti e mucolitiche. I fiori contengono derivati terpenici come la primaverina e la primulaverina (derivate dall'acido salicilico), con proprietà analgesiche, antinfiammatorie e antireumatiche; in essi si trovano inoltre flavonoidi e carotene (provitamina A), che nell'organismo svolgono attività antiossidante.

⁵ Il nome del genere dal latino *vincire* = legare, perché i lunghi stoloni striscianti si intrecciano, fin quasi a legarsi fra loro e, giusto intrecciati, nell'antichità se ne facevano ghirlande.

⁶ *Prunus spinosa*. Trattandosi di specie assai pollonifera, forma cespuglietti molto fitti e impenetrabili a causa delle innumerevoli spine; questo permette a moltissimi animali, in particolare agli uccelli, di trovarvi sicuro rifugio. Questa impenetrabilità dava in passato alla pianta proprietà magiche, rappresentava allegoricamente sia protezione sia insidia, la lotta tra il bene e il male. Veniva impiantata nei pressi delle case perché si pensava che proteggesse dal fuoco e dalle saette. Era in uso costruire con il suo legno bastoni da passeggio, in quanto si ritenevano efficaci per tenere lontano le forze del male. Il durissimo legno un tempo era utilizzato anche per gli attrezzi del

gioco della "lippa" (conosciuto dai ragazzi di tutta Europa, consiste nel far saltare un bastoncino durissimo a forma di fuso e poi colpirlo al volo per lanciarlo alla distanza maggiore possibile). Spesso nelle immediate vicinanze del pruno possiamo trovare un fungo molto ricercato dagli affezionati estimatori: la *Calocybe gambosa*, chiamato comunemente prugnolo.

⁷ *Tussilago farfara* (tussis, tosse; ago, agire su). L'antico nome latino della pianta era *Filius ante patrem*, nome che fa riferimento al fatto che le foglie vi compaiono solo dopo che i fiori sono appassiti. Gli steli sono ricchi di alcaloidi pirrolizidini. Fino a non troppo tempo fa a Parigi si usava dipingere fiori di tussilago sopra la porta delle farmacie.

⁸ *Lissotriton vulgaris*. Fra le curiosità tipiche dei tritoni si ricorda che il corteggiamento e la fecondazione avvengono in acqua e si articolano in un rituale piuttosto complesso.

⁹ *Sus scrofa majori* (cinghiale maremmano).

¹⁰ *Capreolus capreolus*, il più piccolo tra i cervidi europei.

¹¹ Il nome deriva dal fatto che vi convergono i limiti di tre provincie: Siena, Grosseto e Pisa.

¹² *Bombina pachypus*. Il suo nome volgare deriva, oltre che dal colore del ventre, dal tipico canto che emette nel periodo riproduttivo, costituito da un "uuh... uuh... uuh...", ripetuto anche più di quaranta volte al minuto.

¹³ Il mito narra che oltre i confini della terra abitata, le Esperidi possedevano un meraviglioso giardino ove avevano il compito di custodire il prezioso albero che dava mele d'oro, dono di Gea per le nozze di Zeus con Era. Per maggior sicurezza, affinché le stesse Esperidi non cogliessero le prodigiose mele, Era aveva ordinato al serpente Ladone dalle cento teste di presiedere alla guardia, stando costantemente arrotolato attorno al tronco dell'albero. Per conquistare le preziose mele come da volontà del re Euristeo, Eracle dovette ricorrere all'aiuto di Atlante e sostituirlo temporaneamente nel custodire i pilastri del cielo e portare il mondo sulle spalle. Ma il maggiore ostacolo era costituito da Ladone, che custodiva i pomi d'oro per volontà di Era. Non c'è accordo tra i mitografi sul fatto che Eracle abbia dovuto abbattere questa creatura che non chiudeva mai gli occhi, perché alcuni parlano di una consegna 'pacifica' dei frutti da parte di Atlante o delle stesse Esperidi.

¹⁴ *Fraxinus ornus*. Il suo legno ha caratteri e proprietà simili a quelle del frassino e viene usato per le medesime destinazioni (attrezzi sportivi, mobili, cerchi da botte eccetera), con le limitazioni poste dalle minori dimensioni. Alcune varietà di orniello vengono coltivate nell'Italia meridionale per la produzione della manna, sostanza zucche-

rina che si ricava dalla linfa secreta dai tronchi.

¹⁵ *Pinus pinaster*. Per la sua grande resistenza alla salsedine, il pino marittimo assolve una funzione importante nella costituzione dei boschi litoranei e delle fasce frangivento a protezione delle più suscettibili pinete di pino domestico (*Pinus pinea*) e delle colture agrarie.

¹⁶ *Taxus baccata*. Albero affascinante, anche di grandi dimensioni, estremamente longevo (alcuni esemplari superano i mille anni e si avvicinano forse ai duemila), dal tronco tipicamente squamoso e contorto. Spesso da tronchi apparentemente morti spuntano nuovi alberelli. Forse per questo, o per il colore scuro e quasi nero, o per le sue straordinarie proprietà venefiche, gli antichi dedicavano quest'albero a Ecate, dea degli inferi; esso è anche legato alla stregoneria e ai culti druidici. La pianta è tossica, soprattutto i suoi semi. Secondo Shakespeare, il padre di Amleto sarebbe stato assassinato dal fratello per avergli versato succo di tasso nell'orecchio; comunque, il termine *hebenon* usato da Shakespeare potrebbe indicare il tasso (*hebona*), ma anche il giusquiamo (*henbane*), altra pianta molto velenosa. In passato la pianta era usata anche come abortivo, nonostante la forte tossicità. Di tasso erano altresì i flessibili e resistentissimi archi degli arcieri inglesi.

¹⁷ *Cornus mas* (*cornus*, per il legno lucido come il corno dei buoi; *mas*, maschio, per la durezza del legno). La pianta, dalle proprietà tintorie e dai frutti di colore rosso commestibili a perfetta maturazione, ha un legno particolarmente duro e resistente usato per la fabbricazione di articoli soggetti a forte usura.

¹⁸ 8 maggio 1944.

¹⁹ Questo episodio dà il titolo al libro *La tavola del pane* di Pier Giuseppe Martufi, storia della XXIII Brigata Garibaldi "Guido Bosaglia". Arduino racconta l'episodio, ma non ricorda in quale podere prese la tavola del pane. Maria aggiunge un frammento al puzzle della storia perché chi diede la tavola fu la sua mamma e lei dodicenne era presente. Allora abitava con la famiglia al podere Casa d'Elci.

²⁰ Nome di battaglia di Pierino Fornaciari. Nel 2008 aveva compiuto novant'anni. Il 13 aprile 2009 era entrato nel seggio elettorale gridando: "Accidenti a Berlusconi!" e commentava a chi gli diceva che era vietato, c'era l'arresto eccetera: "Non me ne importa nulla, ho novant'anni, voglio vedere cosa mi fanno!". Le sue ceneri sono sparse al vento sul prato del capanno dei Partigiani nel podere delle Cetinelle.

²¹ *Quercus cerris*. Albero alto fino a 35 metri, il cerro ha un legno di color roseo e molto duro, che veniva usato per fabbricare oggetti come traverse ferroviarie, doghe da botte e raggi di ruote.

La parola all'immagine



Foto di Giovanni Bencini.
Follonica (GR)

Il verdone e la sua lotta quotidiana per il cibo

Un esempio di caparbia litigiosità del verdone (*Carduelis chloris*) per il possesso del cibo, non soltanto contro altre specie come il passero (*Passer domesticus*), il verzellino (*Serinus serinus*) e la cinciallegra (*Parus major*), ma anche contro i suoi conspecifici e... senza alcun riguardo al sesso.

Giovanni Bencini
viale Europa, comparto "I Pini" 42 - 58022 Follonica (GR)









Schede naturalistiche



Foto di Giovanni Bencini.
Follonica (GR)

Anfibi di Toscana

Rossana Brizzi*, Annamaria Nistri**, Stefano Vanni**

* Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Biologia Evoluzionistica "Leo Pardi", via Romana 17 - 50125 Firenze
rossana.brizzi@unifi.it

** Università degli Studi di Firenze, Museo di Storia Naturale sezione di Zoologia, via Romana 17 - 50125 Firenze

Fra gli obiettivi primari della sua politica, la Regione Toscana ha da tempo inserito la protezione e la valorizzazione del patrimonio naturale inerente al suo territorio. A partire dal 1975, anno di istituzione del primo parco regionale, quello della Maremma, le iniziative di tutela hanno portato alla realizzazione di numerose altre aree protette. Questo programma, cui la provincia di Siena ha dato un notevole contributo (Anselmi 2001; Piazzini *et al.* 2005 e 2010), è culminato nella Legge Regionale n. 56/2000 *Norme per la conservazione e la tutela degli habitat naturali e semi-naturali, della flora e della fauna selvatiche* e ha fatto sì che a tutt'oggi le aree protette superino un'estensione complessiva di 220.000 ettari, vale a dire pari a quasi il 10% della superficie regionale.

Inserendosi nell'ottica del suddetto programma, il presente contributo fa riferimento all'*Atlante degli anfibi e dei rettili della Toscana* di Vanni & Nistri (2006), rispetto al quale si propone di fornire una "mappatura" delle differenti specie assai più sintetica, ma egualmente esauriente dal punto di vista scientifico-divulgativo. Il tutto è basato su ricerche bibliografiche, museali e soprattutto originali sul campo. Vi sono inoltre riportati i cambiamenti di nomenclatura delle specie verificatisi in campo sistematico dal 2006 a oggi. Il lettore potrà così disporre delle informazioni di base essenziali a soddisfare i suoi interessi, che auspichiamo siano dettati da passione naturalistica e da intenti di salvaguardia. A tale proposito, infatti, ricordiamo che gli anfibi svolgono un ruolo assai importante nell'ambito delle catene ecologiche e che pertanto la loro protezione è fondamentale per il mantenimento degli ecosistemi naturali di cui fanno parte. Per ogni approfondimento relativo a status, conservazione e cause di minaccia degli anfibi in Toscana si rimanda in ogni caso al sopra citato *Atlante*.

La classe degli anfibi è rappresentata in Toscana da venti specie, delle quali otto annoverabili a due famiglie (*Salamandridae* e *Plethodontidae*) dell'ordine dei caudati, e dodici (di cui una – la rana toro – introdotta e naturalizzata) a cinque famiglie di Anuri (*Bombinatoridae*, *Alytidae*, *Bufo* *idae*, *Hylidae* e *Ranidae*) dell'ordine degli Anuri.



1. *Salamandra salamandra* (passo degli Acquiptuli, Prato; foto S. Cianfanelli)

CAUDATA - Salamandridae Goldfuss, 1820

Salamandra salamandra (Linnaeus, 1758)

SALAMANDRA PEZZATA O SALAMANDRA GIALLA E NERA (fig. 1)

Gli esemplari metamorfosati sono riconoscibili per i loro colori giallo e nero vistosamente contrastanti. Il maschio differisce dalla femmina per la regione cloacale più rigonfia. Le larve hanno parti dorsali bruno-grigiastre o nerastre con una tipica macchietta giallastra nella parte prossimale superiore dei quattro arti. Verso la fine dello sviluppo, al termine del quale raggiungono i 4-7 centimetri, esse assumono gradualmente la colorazione gialla e nera. La lunghezza totale degli adulti arriva fino a 25-30 centimetri, ma di solito è compresa fra 10 e 20 centimetri.

Ampiamente distribuita nell'Europa occidentale, centrale e meridionale fino all'area anatolico-caucasica, in Italia è presente, oltre che nella Sicilia nord-orientale, in tutto l'arco alpino e lungo la catena appenninica. In Toscana è diffusa lungo l'Appennino, mentre nella parte centro-meridionale della regione risulta più scarsa e localizzata.

Pur essendo legata soprattutto ai boschi di latifoglie decidue, la salamandra pezzata è comunque reperibile anche in quelli di conifere. L'incontro fra i sessi avviene a terra e prevede un complesso rituale di corteggiamento da parte del maschio, culminante nel rilascio di una spermatoforesca poi raccolta dalla cloaca della femmina. Le uova fecondate si sviluppano nelle vie genitali della femmina e da questa vengono poi rilasciate in acqua (torrenti, fontanili eccetera) allo stadio di larve (in media 20-40). La specie è soprattutto crepuscolare e notturna ed esce dai rifugi anche in pieno giorno solo in giornate fresche e piovose, soprattutto in autunno e in primavera.

Salamandrina perspicillata (Savi, 1821)

SALAMANDRINA DAGLI OCCHIALI SETTENTRIONALE (fig. 2)

Nell'adulto la parte superiore è bruno-nerastra e ha sulla testa un disegno biancastro, giallastro o bruno-rossiccio a forma di V o di triangolo (da cui il nome italiano "dagli occhiali"), mentre la parte inferiore del corpo mostra un'alternanza di aree rosse, bian-



2. *Salamandrina perspicillata* (torrente Carigiola, Prato; foto S. Cianfanelli)

che e nere. Fra i generi di Caudati italiani, *Salamandrina* è l'unico con piede caratterizzato da sole quattro dita. I sessi sono fra loro poco distinguibili nella morfologia esterna. Le larve, lunghe fino a 3,5 centimetri, hanno le parti dorsali da rosato-giallastre a bruno punteggiate di più scuro, mentre quelle ventrali di solito più chiare. La lunghezza totale degli adulti varia di solito da 7 a 10 centimetri, di rado fino a 13.

Il genere *Salamandrina*, esclusivo del territorio italiano e ritenuto in passato monospecifico, è attualmente distinto in due specie: *S. perspicillata* (Savi 1821), endemica dell'Italia peninsulare settentrionale e centrale, diffusa dalla Liguria centrale e dal Piemonte sud-orientale alla Campania settentrionale e al Molise (in Toscana è presente nelle aree collinari e basso e medio-montane di buona parte della regione, isole escluse: Vanni 1981); e *S. terdigitata* (Lacépède 1788) della Campania centro-meridionale, della Basilicata e della Calabria e della restante parte dell'areale (Nascetti *et al.* 2005; Romano *et al.* 2005).

La salamandrina dagli occhiali settentrionale vive soprattutto nei boschi di latifoglie, ma talora anche in ambienti più aperti. Di giorno si rifugia sotto pietre o in anfratti del terreno ed esce all'aperto solo al crepuscolo e di notte; di giorno è attiva soltanto con tempo fresco e umido, per lo più in primavera e in autunno. Nei mesi più freddi e più caldi si rifugia nel suolo o in cavità sotterranee. I rituali di corteggiamento e fecondazione si svolgono a terra; solo le femmine tornano all'acqua per l'ovodeposizione, che avviene per lo più tra fine febbraio e maggio. Le uova, di solito 30-50 per ogni femmina, sono attaccate a materiali sommersi in acque qualitativamente ottimali. Lo sviluppo larvale dura 2-5 mesi. Se disturbata, la salamandrina può mostrare una reazione che ricorda l'*Unkenreflex* dell'ululone, nel corso della quale le zampe sono leggermente sollevate da terra, mentre la coda è posta ad angolo retto rispetto al corpo o arrotolata sul dorso, ciò che evidenzia la vivace colorazione delle parti ventrali.

Lissotriton vulgaris (Linnaeus, 1758)

TRITONE COMUNE O TRITONE PUNTEGGIATO (fig. 3)

È la più piccola fra le tre specie di tritoni presenti in Toscana, con una lunghezza totale di solito compresa fra 6 e 8 centimetri, talvolta fino a 11. In ambedue i sessi, le parti dorsali hanno toni del bruno o grigiastro con macchiette più scure del fondo, mentre quelle ventrali sono biancastre o giallastre ai lati e da giallo chiaro a rosso-aranciato nella parte centrale, con punti e macchiette bruno-nerastri. La gola è chiara, con macchiette simili a quelle del ventre. Nei maschi, il margine libero della cresta dorsale è intero o appena ondulato. Una modesta cresta dorsale è presente anche nelle femmine. I maschi in fase riproduttiva hanno le dita



3. *Lissotriton vulgaris* (laghetto dell'Eremo di Camaldoli, Arezzo; foto F. Barbagli)

delle zampe posteriori lobate, la cresta dorsale più sviluppata, la parte inferiore della coda celeste e arancio, l'apice caudale quasi filamentoso, la regione cloacale rigonfia e la testa con strie scure maggiormente evidenti. Le larve hanno le parti superiori di tonalità bruno-giallastre, bruno-rossicce o bruno-olivacee spesso con lungo i fianchi macchiette tondeggianti più chiare del fondo, mentre la regione ventrale è bianchiccia. Gli individui neoteni sono simili a grosse larve o a una versione più "sbiadita" dei metamorfosati.

L. vulgaris è distribuito in Europa, eccettuata la parte sud-occidentale del continente, e nell'Asia centro-occidentale. La sottospecie *L. v. meridionalis* (Boulenger 1882), talmente differenziata da quella nominale da poter essere considerata come specie a sé stante (cfr. Pellarini & Lapini 2000), è distribuita nel Canton Ticino, in parte della Slovenia e nell'Italia centro-settentrionale (tranne una porzione del Friuli-Venezia Giulia nord-orientale dove è presente solo *L. v. vulgaris*), spingendosi a sud fino a una linea immaginaria che congiunge Ancona al Gran Sasso e questo a Terracina (Latina), sebbene qualche popolazione sia presente anche in Campania settentrionale. In Toscana è diffuso in tutta la regione, isole escluse.

Durante la fase riproduttiva anche i metamorfosati frequentano pozze, laghetti, abbeveratoi e fontanili. A terra si rifugiano sotto pietre e tronchi caduti o nelle fessure e cavità del suolo. Come per tutti i tritoni, il corteggiamento e la fecondazione avvengono in acqua, estrinsecandosi in un complesso rituale in cui l'invio di stimoli di tipo olfattivo e visivo da parte del maschio culmina con l'emissione di una spermatoforesca che la femmina raccoglie con la propria cloaca. I siti e i periodi riproduttivi sono gli stessi del tritone carnefice, tanto che le due specie spesso convivono nel medesimo corpo d'acqua e talora anche con il tritone alpestre. La femmina depone da 60 a 300 uova che vengono attaccate, singolarmente o a piccoli gruppi, su foglie di piante acquatiche poi ripiegate su di esse a scopo protettivo. Il fenomeno della neotenia è più frequente che nel tritone carnefice, ma assai più raro che in quello alpestre.

Mesotriton alpestris (Laurenti, 1768)

TRITONE ALPESTRE O TRITONE ALPINO (fig. 4)

Nelle sue parti ventrali, questa specie è di colore dal giallo-uo-vo all'arancio-rosso, generalmente senza macchie scure; però nella sottospecie *apuanus*, cioè quella presente in Toscana, la gola è, salvo rare eccezioni, in tutto o in parte punteggiata di nerastro. Il maschio metamorfosato ha la cresta dorsale gialla e nera e le parti superiori grigio-brunastre o grigio-nerastre, soffuse di azzurro durante la fase riproduttiva. I fianchi sono percorsi da una ban-



4. *Mesotriton alpestris* (laghetto dell'Eremo di Camaldoli, Arezzo; foto F. Barbagli)

da bianco-argentata punteggiata di nero, sotto la quale è presente un'altra stretta banda celeste. La femmina metamorfosata è priva di cresta vertebrale e ha nelle parti dorsali toni bruno-grigi o marroni, spesso marmorizzati di più scuro. Le larve hanno la parte dorsale giallastra o marrone chiaro con macchiette più scure e la parte ventrale biancastra. Gli individui neotenici, abbastanza numerosi in questa specie, mantengono branchie esterne più o meno estese anche se già maturi sessualmente e sono simili alle larve a fine sviluppo. La lunghezza totale degli adulti arriva ai 12 centimetri.

Specie centro-sud-europea, nella porzione meridionale del suo areale, il tritone alpestre ha distribuzione prevalentemente montana. In Italia esso annovera tre diverse sottospecie: *M. a. alpestris*, delle regioni alpine e prealpine, a ovest fino alla Val d'Ossola e alla Valle d'Aosta nord-occidentale; *M. a. apuanus* (Bonaparte, 1839), diffuso dalle Basses-Alpes alla Toscana attraverso le Alpi marittime, le Alpi liguri e l'Appennino settentrionale, è presente anche con una popolazione relitta sui monti della Laga (Appennino laziale) e una naturalizzata su "La Collina" di Torino; *M. a. inexpectatus* (Dubois & Breuil 1983), della Catena Costiera (Cosenza). È tuttavia probabile che *M. alpestris* vada in realtà riferito a una specie a sé stante (cfr. Andreone 1999 e Vanni *et al.* 2003). In Toscana è diffuso sulle Alpi Apuane e sulla catena appenninica fino alla provincia di Pistoia, più localizzato sull'Appennino fiorentino e aretino. Popolazioni isolate della specie si trovano anche in una zona ristretta della parte centrale della regione, che interessa le province di Firenze, Siena e Grosseto.

Fra le specie congeneri presenti in Toscana, il tritone alpestre è quella più legata all'acqua, nella quale le popolazioni neotniche sono obbligate a vivere costantemente. Le modalità riproduttive sono identiche a quelle degli altri due congeneri. L'ovodeposizione si ha di regola in primavera, con l'emissione di 100-300 uova che la femmina attacca alla vegetazione acquatica o a materiali sommersi.



5. *Triturus carnifex* (dintorni di Pratolino, Firenze; foto S. Vanni)

Triturus carnifex (Laurenti, 1768)

TRITONE CARNEFICE O TRITONE CRESTATO ITALIANO (fig. 5)

Fra le quattro specie di tritoni presenti in Italia è quella di maggiori dimensioni: la lunghezza totale, infatti, pur essendo compresa generalmente fra i 10 e i 15 centimetri, nelle femmine può arrivare fino a circa 21. Durante la fase acquatica, il colore delle parti dorsali presenta in entrambi i sessi varie tonalità di grigio, bruno o nerastro con macchie tondeggianti più scure del fondo. La gola è bruno-nerastra punteggiata di chiaro, mentre la regione ventrale varia nei toni del giallo, arancio o rosso-arancio con macchie brune, grigiastre o nerastre. Il maschio, soprattutto durante la fase riproduttiva, presenta un'evidente cresta dorsale dentellata – di regola assente nelle femmine – e ai lati della coda una banda biancastra. Nelle femmine e nei subadulti la linea vertebrale dorsale e sopracaudale presenta toni dal giallo-verdastro all'arancio. Durante la fase terrestre le parti superiori degli adulti sono di un più uniforme bruno scuro o bruno-nerastro. Le larve hanno parti dorsali grigio-giallastre o bruno chiare, con macchiette più scure e con membrane caudali trasparenti, a grosse macchie nerastre. Nelle larve inoltre la coda termina con un lungo filamento e, in certi stadi dello sviluppo, le dita sono molto lunghe e sottili.

Attualmente considerato specie distinta da *T. cristatus* (Laurenti 1768) (diffuso oltralpe nell'Europa centro-settentrionale e orientale), al quale in passato era riferito come sottospecie, il tritone carnefice è presente in gran parte dell'Italia peninsulare fino al 39° parallelo circa, nella Svizzera meridionale, in Austria, in parte dell'Ungheria orientale, nella Repubblica Ceca meridionale, in Slovenia e nella Croazia nord-occidentale. In Toscana è segnalato in tutto il territorio regionale, isole escluse.

La riproduzione ha luogo fra la metà dell'inverno e l'inizio dell'estate in raccolte d'acqua di vario tipo, sia di ambiente boschivo sia aperto. Ogni femmina depone 200-300 uova, che sono attaccate singolarmente alla vegetazione acquatica o ad altro materiale sommerso.



6. *Speleomantes italicus* (grotta delle Molina del Trebbio, Lucca; foto S. Cianfanelli)

CAUDATA - Plethodontidae Gray, 1850 *Speleomantes italicus* (Dunn, 1923)

GEOTRITONE ITALIANO (fig. 6)

Il geotritone italiano ha caratteri generali simili a quelli degli altri geotritoni continentali europei nei quali le zampe recano una parziale ma evidente palmatura e la coda, a differenza di quanto avviene nei tritoni, è a sezione rotondeggiante e priva di creste. È tipico anche un sottile solco, visibile con una lente, che va dalla narice al labbro superiore. Il maschio adulto si distingue dalla femmina per un'area biancastra sotto il mento (corpo ghiandolare mentoniero). I giovani sono simili agli adulti, a parte la colorazione un po' più uniforme.

In Toscana vi sono tre specie di *Speleomantes* o geotritoni, però il loro riconoscimento è reso difficoltoso dalla forte variabilità della loro ornamentazione dorsale. Per l'attribuzione specifica degli esemplari, quindi, la migliore soluzione è quella di riferirsi alla località in cui sono stati rinvenuti.

In entrambi i sessi di questa specie le parti superiori sono bruno-scure o nerastre con macchie giallo-ocra, rossastre o rosso-scure, mentre quelle inferiori sono vermicolate o marmorizzate di biancastro, grigio o bruno-scuro. La lunghezza totale è generalmente compresa fra 7 e 10 centimetri, ma può arrivare anche a 12.

La specie è endemica dell'Italia appenninica centro-settentrionale, con areale compreso fra le province di Lucca e Reggio Emilia e quella di Pescara. In Toscana è diffusa nelle aree montane e collinari delle province di Lucca, Pistoia, Prato, Firenze e Arezzo, mentre manca a sud dell'Arno. Nella maggior parte delle popolazioni della provincia di Lucca, la specie ha il genoma introgresso (parzialmente mescolato) con geni di geotritone di ambrosi, animale con cui forma una stretta fascia di ibridazione in corrispondenza delle Alpi Apuane. Nel 1983 esemplari di geotritone italiano provenienti dai dintorni di Fiesole (Firenze), assieme ad altri di geotritone di ambrosi, sono stati introdotti in una grotta della Montagnola Senese per verificare se le due specie fossero capaci di ibridarsi in condizioni "naturali".

In tutti i geotritoni, che sono privi di polmoni, gli scambi respiratori avvengono attraverso la pelle. Si tratta di anfibi a costumi in prevalenza notturni e tipicamente rupicoli, spesso reperibili entro cavità sotterranee naturali e artificiali, ma, in

adatte condizioni termo-igrometriche, frequenti anche sotto le pietre, nelle fessure delle rocce o anche all'aperto, soprattutto di notte e con il tempo umido e fresco. Durante il corteggiamento, che come tutte le altre fasi vitali si svolge a terra, il maschio pratica sul dorso della femmina con i denti mascellari alcune scarificazioni, sulle quali poi soffre il secreto afrodisiaco della ghiandola mentoniera. La riproduzione avviene di regola per mezzo di uova, eccezionalmente forse anche per viviparità. Le uova, di solito 4-10, sono deposte in anfratti umidi dell'ambiente sotterraneo e sono protette dalla femmina fino alla schiusa, che ha luogo dopo 10-12 mesi.

Speleomantes ambrosii (Lanza, 1955)

GEOTRITONE DI AMBROSI

Il geotritone di ambrosi ha un aspetto del tutto simile a quello del geotritone italiano. Le popolazioni toscane si differenziano da quelle liguri della medesima specie, oltre che a livello genetico, soprattutto per il disegno dorsale. Le parti superiori sono infatti brunastre scure o nerastre con macchiette giallo ocra od ocra-rossastro, che di rado si allineano a formare due bande laterali, come spesso avviene invece nelle popolazioni liguri. Le parti ventrali sono vermicolate di biancastro, grigiastro o brunastro scuro. La lunghezza corporea oscilla di regola fra 7 e 10 centimetri, ma può arrivare fino a 12.

È presente esclusivamente nella Liguria orientale (provincia di La Spezia) e nella Toscana nord-occidentale (buona parte delle Alpi Apuane situate in provincia di Massa-Carrara). Fra le popolazioni liguri e quelle toscane vi è un discreto differenziamento genetico, tanto che esse sono riferite a due diverse sottospecie: *S. a. ambrosii* a ovest del fiume Magra e *S. a. bianchii* (Lanza, Cimmaruta, Forti, Bullini & Nascetti 2005) a est di esso. La presenza del geotritone di ambrosi in una grotta della Montagnola Senese è dovuta a introduzione, nel 1983, di esemplari di *S. a. ambrosii* provenienti dai dintorni di Pegazzano (La Spezia), allo scopo di verificare la fecondità degli eventuali ibridi con *S. italicus*. In Toscana è presente solo in parte delle Alpi Apuane massesi-carraresi.

Leco-etologia del geotritone di ambrosi è del tutto simile a quella del geotritone italiano. Simili sono pure le modalità riproduttive.

***Speleomantes strinatii* (Aellen, 1958)**

GEOTRITONE DI STRINATI

Anche in questo caso l'aspetto è del tutto simile a quello del geotritone italiano. Le parti superiori sono bruno-nerastre, con una serie di macchiette e aree nei toni del giallo fino al bruno-giallastro chiaro, talora tendenti a formare verso i lati del dorso e sui fianchi due irregolari bande longitudinali. Non di rado compare sul dorso un sottile disegno a "liscia di pesce" più scuro del colore di fondo e più o meno regolare e completo. Le parti inferiori sono vermicolate di chiaro e scuro. La taglia è la stessa delle due specie precedentemente descritte.

Il geotritone di Strinati è diffuso dalla Francia sud-orientale all'estrema Toscana nord-occidentale, attraverso il Piemonte meridionale, la Liguria centro-occidentale e l'Emilia occidentale. In Toscana è presente solo in una ristretta zona della parte nord-occidentale della provincia di Massa Carrara, appartenente ai comuni di Pontremoli e di Zeri.

Le sue caratteristiche ecobiologiche sono simili a quelle del geotritone italiano.

ANURA - Bombinatoridae Gray, 1825

***Bombina pachypus* (Bonaparte, 1838)**

ULULONE DAL VENTRE GIALLO O ULULONE APPENNINICO (fig. 7)

Di aspetto complessivamente simile a quello di un piccolo rospo, l'ululone dal ventre giallo ha le parti superiori verrucose e di colore variabile dal grigio al brunastro con macchie più scure del fondo, più costanti e regolari sulle zampe, mentre le parti ventrali sono gialle o giallo-arancio brillante con macchie grigio-bluastré o nerastre. Tipiche sono due macchiette gialle sub-rottondegianti nella regione pettorale. Le pupille hanno forma di cuore o di triangolo rovesciato. La lunghezza totale (dalla punta del muso all'estremità del tronco) è in genere compresa fra 3 e 5 centimetri, ma può arrivare fino a 6. Il maschio differisce dalla femmina per la presenza di escrescenze nerastre, più evidenti durante il periodo degli amori, sulla parte inferiore dell'avambraccio e su alcune dita delle zampe anteriori e posteriori. I giovani sono simili agli adulti, ma se ne distinguono per il colore della parte ventrale meno vivace. Le larve hanno le parti dorsali brunastre reticolate di scuro e quelle inferiori biancastre. Le membrane caudali sono spesso macchiate di brunastro.

Endemica dell'Italia peninsulare, la specie è diffusa dalla Liguria centrale alla Calabria meridionale. La sua presenza nella Sicilia nord-orientale non è stata confermata. In Toscana è diffusa in tutto il territorio regionale, isole escluse, sebbene localizzato e quasi ovunque in forte diminuzione.



7. *Bombina pachypus* (torrente Scesta, Lucca; foto F. Giachi)

L'ululone dal ventre giallo è capace di tollerare una vasta gamma di temperature. Prevalentemente diurno, frequenta piccole raccolte d'acqua poco profonde e quasi stagnanti, talora anche di mediocre qualità, in ambienti sia aperti sia boschivi. Gli adulti si recano in acqua all'inizio della primavera e possono rimanervi fino a metà autunno. Caratteristico è il canto del maschio durante il periodo degli amori, che ricorda l'abbaiare in lontananza di un cagnolino. Fra metà primavera e fine estate si hanno di solito due o tre accoppiamenti e ogni volta la femmina depone da 40 a 100 uova, che vengono attaccate, singole o a piccoli gruppi, alla vegetazione o a materiali sommersi. La metamorfosi ha luogo dopo 2-3 mesi. Tipica è la reazione dell'ululone (*Unkenreflex* o riflesso-ululone) – molto probabilmente di tipo aposematico, cioè come avvertimento nei confronti di possibili predatori – quando viene disturbato: oltre a emettere una secrezione cutanea biancastra e irritante per le mucose, l'animale inarca il dorso e solleva le zampe, evidenziando la sua vivace colorazione ventrale.

ANURA - Alytidae Fitzinger, 1843

***Discoglossus sardus* (Tschudi, 1837)**

DISCOGLOSSO SARDO (fig. 8)

Sebbene nell'aspetto generale si presenti come una rana rossa, questa specie si distingue da tutti i ranidi per la forma della pupilla, a cuore o a goccia rovesciata anziché orizzontalmente ellittica, e per la conformazione del margine libero della lingua: intero e curvilineo anziché bilobato, da cui appunto il nome discoglossa ("lingua discoidale"). Le parti superiori hanno toni dal bruno al grigio, con macchie più scure del colore di fondo e spesso un'area subtriangolare più chiara nella regione scapolare. Le parti ventrali sono giallastre chiare o biancastre e in prevalenza uniformi. Il maschio adulto si distingue dalla femmina per la presenza di callosità nerastre sul tubercolo metacarpale delle due prime dita della mano e lungo la mandibola, nonché per le granulose spiniformi diffuse su ventre, cosce e in altre zone delle zampe posteriori. I giovani hanno colorazione più o meno simile a quella degli adulti. La lunghezza è generalmente compresa fra 4 e 6 centimetri, ma può raggiungere i 7-7,5. Le larve hanno la parte superiore da grigio chiaro a bruno scuro reticolata di più scuro e la parte inferiore grigio chiara o biancastra.

Il discoglossa sardo è un anfibio endemico mediterraneo, presente unicamente nelle Isole di Hyères orientali (Francia meridionale), in Corsica (compresa l'isola di Lavezzi), in Sardegna (comprese le isole di Spargi, La Maddalena, Caprera, Asinara e San Pietro), nell'Arcipelago toscano (isole del Giglio e di Montecristo) e nel promontorio – "isola fossile" – del monte Argentario.



8. *Discoglossus sardus* (isola di Montecristo, Livorno; foto S. Cianfanelli)

La specie frequenta vari tipi di ambienti acquatici, comprese le raccolte d'acqua temporanee, e sopporta abbastanza bene anche acque debolmente salmastre. In condizioni ambientali idonee è attivo per buona parte dell'anno sia di giorno sia di notte, ma durante i mesi più caldi preferisce muoversi al crepuscolo o di notte. La riproduzione avviene più volte all'anno, dall'inverno all'autunno inoltrato, senza vincoli a precisi periodi stagionali. La femmina emette 300-1500 uova, anche se parte di queste non vengono fecondate per la scarsa mobilità dei giganteschi spermatozoi, lunghi fino a 2,5 millimetri. Le uova sono attaccate, isolate o a piccoli gruppi, a pietre o a vegetazione sommersa. La schiusa avviene nel giro di 1-6 giorni (in genere 3) e la metamorfosi si compie di solito in un mese o un mese e mezzo.

ANURA - Bufonidae Gray, 1825

***Bufo bufo* (Linnaeus, 1758)**

ROSPO COMUNE O ROSPO BRUNO (fig. 9)

In Toscana è il più grosso fra gli anuri autoctoni. Gli individui metamorfosati hanno le parti dorsali verrucose e di colore da grigiastro a bruno-verdastro o marrone, di solito con mazzature più scure del fondo, e le parti ventrali biancastre, grigiastre o brunastre chiare, talora con macchie e mazzature più scure. Liride è di colore arancio o rosso-rame. Le ghiandole parotoidi sono ben sviluppate e tipicamente divergenti tra loro nella parte posteriore. I giovani sono simili agli adulti, ma un po' meno verrucosi e spesso con toni rossicci nelle parti dorsali. I maschi sono privi di sacchi vocali e durante il periodo degli amori hanno gli avambracci assai più robusti di quelli delle femmine, nonché le prime tre dita e il tubercolo carpale interno dell'arto anteriore provvisti di escrescenze cornee di colore nerastro. I maschi, inoltre, non superano i 10 centimetri di lunghezza, mentre le femmine, sebbene misurino di solito fra i 10 e i 15 centimetri, possono raggiungere anche i 20. Le uova, di colore nerastro, sono contenute in tipici cordoni trasparenti lunghi fino a 4-5 metri e larghi circa 1,5 centimetri. Le larve sono grigio-nerastre o bruno-nerastre.

Rispetto al rospo smeraldino, i caratteri per una sicura distinzione specifica, a parte la differente ornamentazione, sono: la colorazione dell'iride (rosso-rame o aranciata anziché giallo-verde), i tubercoli sottoarticolari delle dita del piede (doppi anziché singoli) e la posizione delle ghiandole parotoidi (divergenti nella metà posteriore anziché subparallele).

Il rospo comune è diffuso in gran parte dell'Europa, nell'Asia paleartica e nell'Africa nord-occidentale. In Italia è distribuito in tutta la penisola, in Sicilia e nell'Isola d'Elba (non nelle altre isole dell'Arcipelago toscano). In Toscana, dove lo si può trovare più o meno dovunque, esso è generalmente riferito alla sottospecie *B.*



9. *Bufo bufo* (dintorni di Artimino, Prato; foto F. Cianferoni)

b. spinosus (Daudin 1803), la cui effettiva distribuzione e validità sono però ancora controverse.

La specie frequenta sia ambienti aperti sia aree boschive o coltivate. Nella fase riproduttiva, che di regola cade fra gennaio e giugno, si reca nei siti prescelti per la deposizione delle uova effettuando talora migrazioni collettive di decine o centinaia di esemplari, durante le quali un numero spesso rilevante di individui resta vittima del traffico veicolare. L'accoppiamento è di tipo ascellare e non di rado più maschi si aggrappano al dorso di un'unica femmina. Il maschio fa udire il suo tipico canto solo in questo periodo. Ogni femmina depone 4000-6000 uova. Lo sviluppo richiede 2-3 mesi. Al di fuori del periodo riproduttivo il rospo comune è una specie soprattutto terrestre. Durante i mesi più caldi e quelli più freddi si rifugia entro cavità del suolo, sotto pietre, cataste di legna eccetera. È soprattutto crepuscolare e notturno. Se disturbato, può emettere un liquido trasparente dalla cloaca e una secrezione biancastra dalle ghiandole cutanee, soprattutto dalle parotoidi, assai irritante per le mucose e velenosa per i predatori.

***Pseudepidalea viridis* (Laurenti, 1768)**

ROSPO SMERALDINO O ROSPO VERDE (fig. 10)

La specie ha forme generalmente simili a quelle del rospo comune, ma di regola un po' meno tozze. Le parti dorsali presentano macchie irregolari verdi di differente tonalità, di solito marginate di scuro, su uno sfondo variabile dal biancastro al rosato e al grigio chiaro. Spesso sono presenti anche macchiette o punti rossi. Le parti ventrali sono invece biancastre immacolate o con irregolari macchie più scure. Gli occhi hanno un'iride giallo-dorata e verde, fittamente vermicolata e venata di nerastro, e una pupilla orizzontalmente ellittica come nel rospo comune. I maschi, provvisti di sacco vocale golare, sono più piccoli delle femmine: la loro lunghezza totale oscilla di solito intorno ai 6-8 centimetri, non oltrepassando comunque i 10, mentre le femmine sono lunghe di norma 8-10 centimetri e possono raggiungere i 14. Nel periodo riproduttivo i maschi hanno avambracci più robusti ed escrescenze cornee nerastre sul lato interno delle prime tre dita e sul tubercolo carpale interno delle zampe anteriori, nonché una più estesa palmatura agli arti inferiori. I giovani hanno colori e ornamentazione simili a quelli degli adulti. Le larve sono come quelle del rospo comune, ma di norma hanno le parti dorsali bruno/grigio-olivacee macchiettate di scuro, anziché bruno-nerastre; inoltre la cresta caudale è bianco-grigiastro invece che grigio-bruno-nerastra.

In Europa il rospo smeraldino è distribuito, oltre che nelle Isole Baleari, dalla Francia nord-orientale alla Russia e al Caucaso at-



10. *Pseudepidalea viridis* (foto S. Vanni)



11. *Hyla intermedia* (Piano di Castelvocchio, Lucca; foto M. Biaggini)

traverso la Svizzera, l'Italia e la Penisola Balcanica; è diffuso anche in Africa settentrionale e in gran parte dell'Asia occidentale. In Toscana è presente soprattutto nell'area costiera in località sia collinari sia di pianura (è stato confermato anche per l'Isola d'Elba), mentre risulta assente sulle Alpi Apuane e nelle zone montane più elevate.

Rispetto a quello comune, il rospo smeraldino predilige ambienti più aperti e non evita le aree ad agricoltura intensiva e quelle urbanizzate, dove frequenta rive di corsi d'acqua, parchi, giardini e orti. Tra gli anfibi italiani è forse quello che sopporta meglio l'aridità. Nei mesi più caldi ha costumi in prevalenza notturni e crepuscolari e di giorno si ripara in cavità del terreno, sotto tronchi morti, mucchi di vegetali marcescenti eccetera. Negli altri periodi è attivo anche nelle ore di luce. La riproduzione avviene fra marzo e la prima metà dell'estate, con picco in aprile-maggio. L'ovodeposizione ha luogo di solito in corpi d'acqua, anche salmastri o termali, ampi e poco profondi. Il maschio resta in acqua più a lungo del rospo comune, in certi casi anche più di tre mesi dopo l'accoppiamento. Il canto, emesso soprattutto al crepuscolo o nelle prime ore notturne, è un peculiare trillo sonoro che ricorda quello del grillotalpa. Le femmine producono da 5000 a 13.000 uova di colore nerastro uniforme, contenute in lunghi cordoni gelatinosi spessi circa un centimetro. Le larve schiudono dopo una settimana e, a seconda della temperatura, giungono alla metamorfosi da un mese e mezzo a tre mesi più tardi. Se disturbato, emette dalle ghiandole cutanee dorsali una secrezione biancastra velenosa dall'odore di aglio, irritante per le mucose.

ANURA - Hylidae Gray, 1825

Hyla intermedia (Boulenger, 1882)

RAGANELLA ITALIANA (fig. 11)

Negli esemplari metamorfosati di raganella italiana, le parti dorsali si presentano di colore verde a differente tonalità, di rado

grigie o brune, e con una stria scura superiormente marginata di bianco o di giallo chiaro che va dalla narice – lungo i fianchi – fino all'inguine, ove piega nettamente verso l'alto. Le parti inferiori sono biancastre e di norma prive di macchie. Nell'occhio l'iride è giallo oca o brunastro e la pupilla è orizzontale. I maschi sono dotati di un sacco vocale golare che durante il canto forma come una sorta di palloncino. Nella stagione riproduttiva i maschi presentano piccoli granuli cornei incolori sul primo dito delle zampe anteriori. Caratteristica distintiva di tutte le specie del genere *Hyla* sono pure le estremità delle dita, espanse a forma di dischetto. Le larve hanno una cresta dorsale che inizia quasi all'altezza degli occhi, parti dorsali bruno/grigio-olivacee con punti scuri e macchiette dorate e parti ventrali biancastre con riflessi perlacei, dorati o argentati; gli occhi sono laterali e ben visibili anche osservando gli esemplari dal loro lato ventrale. Gli adulti misurano 4-5 centimetri; i maschi sono in media leggermente più piccoli delle femmine.

Specie endemica del nostro paese e del Canton Ticino (Svizzera), la raganella italiana è risultata distinguersi su basi biochimiche dall'affine *Hyla arborea* (Linnaeus 1756), cui prima veniva riferita (Nascetti *et al.* 1995). Essa abita gran parte dell'Italia continentale (tranne una piccola porzione del nord-est, ove è diffusa *Hyla arborea*) e la Sicilia. In Toscana è diffusa dappertutto, tranne che nelle isole.

Grazie ai dischi adesivi all'estremità delle dita, la raganella italiana si arrampica agevolmente sulla vegetazione palustre e sugli alberi e cespugli presenti nei suoi ambienti vitali. Il periodo riproduttivo è compreso fra marzo e l'inizio dell'estate. Gli adulti frequentano corpi d'acqua ferma o debolmente corrente di vario tipo, ma sempre con vegetazione riparia. Nel periodo riproduttivo i maschi emettono in coro un tipico canto serale, udibile pure a qualche chilometro di distanza. Cori di più breve durata si hanno comunque fino all'inizio dell'autunno, anche nelle ore

diurne. Ogni femmina depone da 500 a 1500 uova, suddivise in gruppetti, che vengono ancorate alle vegetazione sommersa o cadono sul fondo. Le larve giungono alla metamorfosi da un mese e mezzo a 3 mesi dopo la schiusa delle uova. Nei periodi di quiescenza estiva e invernale i metamorfosati si rifugiano in cavità del suolo, sotto mucchi di vegetali marcescenti, spesso non lontano dai siti riproduttivi.

Hyla sarda (De Betta, 1857)

RAGANELLA TIRRENICA O RAGANELLA SARDA (fig. 12)

Gli individui metamorfosati sono simili a quelli della raganella italiana, però hanno il colore delle parti dorsali più vario, con diverse tonalità di verde, beige o grigio e non di rado con macchie scure (spesso verdi o brunastre) presenti pure sugli arti; inoltre mostrano una linea scura laterale meno netta, che per lo più si interrompe nella zona lombare e manca dell'appendice diretta verso l'alto. Le parti ventrali sono biancastre o giallastre. Le larve, sebbene simili a quelle della specie congenere, sono però provviste di una cresta dorsale che inizia circa all'altezza dello spiracolo. Gli adulti hanno generalmente una lunghezza pari a 3-4 centimetri. Anche in questo caso i maschi risultano in media un po' più piccoli delle femmine e presentano rispetto a queste ultime differenze morfologiche analoghe a quelle descritte per la specie precedente.

La raganella tirrenica vive esclusivamente nell'Arcipelago toscano (isole d'Elba e di Capraia), in Sardegna, in Corsica e in alcune delle loro isole. Essa è attualmente considerata specie a sé stante (Lanza 1983; Nascetti *et al.* 1983), mentre in passato era ritenuta una sottospecie di *Hyla arborea* in senso lato.

Le sue caratteristiche eco-biologiche sono molto simili a quelle della raganella italiana. Rispetto a quest'ultima, però, sembra più legata all'acqua (spesso permane presso i luoghi di riproduzione anche dopo la stagione degli amori) e maggiormente a suo agio negli ambienti lievemente salmastri.

ANURA - Ranidae Gray, 1825

Lithobates catesbeianus (Shaw, 1802)

RANA TORO (fig. 13)

Sebbene non autoctono, è il più grosso fra gli anuri presenti in Toscana, raggiungendo i 20 centimetri di lunghezza e il peso di 1,6 chilogrammi. Oltre che per le dimensioni, si distingue dalle rane autoctone del territorio regionale per l'assenza delle pliche latero-dorsali; inoltre il diametro del suo timpano è superiore a quello dell'occhio. Le parti dorsali degli adulti e dei subadulti variano nei toni di colore dal verde al bruno con o senza macchie e reticolature più scure, mentre quelle ventrali sono biancastre



12. *Hyla sarda* (isola di Capraia, Livorno; foto S. Vanni)

uniformi o marmorizzate di grigio. L'iride è gialla, con sfumature verdi e sottili reticolature scure. Il maschio adulto si distingue dalla femmina per il timpano molto più grande, gli avambracci più robusti e il primo dito della zampa anteriore, nel periodo riproduttivo, rigonfio e fornito di una fine granulazione. Le larve hanno le parti superiori verde/bruno-olivacee con macchiette nerastre e le parti inferiori da biancastre a gialle con o senza macchie scure; a fine sviluppo possono raggiungere i 15 centimetri di lunghezza e i 200 grammi di peso.

Originaria dell'America nord-orientale a est delle Montagne Rocciose, la rana toro è stata introdotta in varie parti del mondo, compresi alcuni stati dell'Europa occidentale, soprattutto a fini gastronomici. In Italia è attualmente presente in buona parte della Pianura Padana, ove è stata introdotta fra il 1932 e il 1937 nelle acque di Corte Brusca, in provincia di Mantova; ed è appunto da esemplari importati passivamente da Castel d'Ario (Mantova) nel 1974 che sono derivate le popolazioni oggi presenti nel Lazio, nell'area sud-occidentale della provincia di Roma. Immissioni indipendenti da quelle del nord Italia si sono invece avute in Toscana all'inizio degli anni settanta, quando alcuni giovani provenienti dagli Stati Uniti d'America sono stati introdotti nel Fosso Vermiglia presso Quarrata (Pistoia). Nel 1976-1977 la rana toro risultava già essersi estesa nel torrente Stella, sempre nel territorio comunale di Quarrata, nel fosso Tozzinga, situato nel limitrofo comune di Campi Bisenzio (Firenze) e nei pressi di Comeana nel comune di Carmignano (Prato): tutte località comprese nel bacino dell'Ombrone Pistoiese. Nel 1979 adulti, giovani e larve erano presenti nei pressi de La Catena, al confine tra i comuni di Quarrata e di Poggio a Caiano (Prato). Nel lavoro riassuntivo di Albertini & Lanza (1988) sulla distribuzione della specie in Italia, questa è citata anche in una pozza artificiale presso Castelletti (Signa, Firenze), presso Castelnuovo (Prato), nel Padule dell'Osmannoro (dintorni di Peretola, Firenze) e nella Tenuta di San Rossore (Pisa).

La rana toro si riproduce di regola nella tarda primavera, previo accoppiamento con amplesso di tipo ascellare. Ogni femmina depone fino a 20.000 uova in un unico gruppo allargato sulla superficie dell'acqua. Lo sviluppo larvale è assai lento, richiedendo da 1 a 3 anni per arrivare alla metamorfosi. I metamorfosati prediligono soprattutto i corpi d'acqua aperti e piuttosto ampi. Il canto notturno del maschio è simile al mugugno di un bovino, da cui il nome volgare della specie; anche la femmina è capace di emettere un verso, pur meno forte rispetto al maschio. I metamorfosati trascorrono i mesi più freddi nell'acqua, nel fango o fra i detriti del fondo, ma anche a terra in ripari di vario tipo. È una specie assai attiva e vorace.



13. *Lithobates catesbeianus* (Piana Fiorentina; foto B. Lanza)



14. *Pelophylax esculentus* complex (Piano di Castelvecchio, Lucca; foto S. Vanni)

***Pelophylax lessonae* (Camerano, 1882)**
***Pelophylax* kl. *esculentus* (Linnaeus, 1758)**

RANE VERDI (fig. 14)

Con il termine generico di “rane verdi” è designato l’insieme di due forme – una non-ibrida (cioè corrispondente a un vero *taxon* specifico naturale) e una ibrida (*kl.* sta appunto per *klepton*, cioè una collettività ugualmente naturale, ma ibridogenica) – abbastanza difficilmente distinguibili tra loro. Entrambe hanno le parti superiori colorate con differenti tonalità dal verde fino al bruno chiaro, di regola con macchie scure di varia forma e dimensione. In alcuni esemplari, soprattutto di *P. lessonae*, è presente anche una linea chiara longitudinale al centro del dorso. Le regioni inferiori di entrambe le forme sono biancastre o grigiastre chiare, senza macchie oppure macchiate o marmorizzate di scuro. Negli adulti la parte posteriore della coscia è marmorizzata di bruno scuro o nerastro su un colore di fondo da giallo a giallo-aranciato in *lessonae* e da giallo spento a giallastro o verdastro in *esculentus*. Il maschio è distinguibile dalla femmina per gli avambracci più robusti, per la presenza di un sacco vocale estroflettibile dietro ciascun angolo della bocca e, nella fase riproduttiva, per un cuscinetto grigio alla base del primo dito della zampa anteriore. La lunghezza massima delle femmine è di 8,5 centimetri in *lessonae* e di 11,5 centimetri in *esculentus*; quella dei maschi è rispettivamente di 7 e 9 centimetri. Le larve di ambedue le forme hanno le parti dorsali bruno/grigio-olivastre più o meno fortemente variegiate di più scuro e le parti inferiori biancastre con riflessi madreperlacei. Caratteri “empirici”, ma abbastanza attendibili, per distinguere in natura le due “rane verdi” toscane sono il colore della parte esterna della coscia (di un giallo più vivace in *lessonae*) e la lunghezza delle zampe posteriori, di solito più corte in *lessonae* (se piegate e poste ad angolo retto rispetto all’asse del corpo, i calcagni si sfiorano o quasi in *esculentus*, mentre non si toccano

in *lessonae*); inoltre i sacchi vocali del maschio, quando vengono estroflessi, si presentano in *lessonae* di un bianco più puro, cioè senza sfumature grigie.

Da vari anni è in corso fra gli studiosi un vivace dibattito sull’attribuzione specifica e la distribuzione delle diverse “rane verdi” e ancora oggi risulta poco chiaro quante e quali specie non-ibride e ibride siano presenti nel nostro paese. Alcuni erpetologi riferiscono le popolazioni dell’Italia peninsulare e della Sicilia alla specie endemica *Pelophylax bergeri* (Günther 1985) e al suo ibrido *Pelophylax* kl. *hispanicus* (Bonaparte 1839), altri assegnano invece la specie non-ibrida a *lessonae* e quella ibrida a *esculentus*, entrambe di ampia diffusione europea. Le “rane verdi” sono diffuse e molto comuni in tutta Italia, Sicilia e Isola d’Elba comprese. In Toscana sono quasi ovunque molto comuni. Nell’Arcipelago sono presenti soltanto all’Elba (la loro esistenza a Giannutri, dovuta comunque a introduzione da parte dell’uomo, non è stata confermata).

In natura le “rane verdi” sono rappresentate sia da popolazioni pure della specie non-ibrida (in questo caso *lessonae*), sia da popolazioni miste della specie non-ibrida e di quella ibrida (in questo caso, rispettivamente, *lessonae* ed *esculentus*). Nella forma non-ibrida la modalità riproduttiva è analoga a quella di tutte le altre specie di anuri presenti in Italia, mentre per quella ibrida è indispensabile la presenza dell’altra entità, nei confronti della quale si comporta quindi da autentico “parassita sessuale”. Dall’incrocio *esculentus-lessonae*, per il particolare fenomeno biologico detto ibridogenesi, derivano infatti solo *esculentus*, mentre l’accoppiamento fra esemplari di *esculentus* non genera di regola prole feconda. Sia la forma non-ibrida sia quella ibrida sono presenti in ambienti acquatici della più diversa natura, tanto in zone aperte quanto boschive, anche se *lessonae* è più esigente di *esculentus* per la qualità delle acque e più sensibile agli stress ecologi-



15. *Rana dalmatina* (dintorni di Luriano, Siena; foto A. Nistri)

ci. Entrambe queste rane sono attive sia di giorno sia di notte, in particolare dalla tarda primavera all’estate, quando cade la stagione degli amori. In tale periodo sono assai intensi i cori prodotti dai maschi, udibili anche da centinaia di metri di distanza. Ogni femmina depone 500-10.000 uova (di solito da 800 a 2000 in *lessonae*), suddivise in masse rotondeggianti composte da alcune centinaia di unità. Lo sviluppo larvale dura 2-4 mesi, ma in certi casi si ha lo svernamento in acqua.

***Rana dalmatina* (Fitzinger, 1838)**

RANA DALMATINA O RANA AGILE (fig. 15)

In questa specie i colori delle parti dorsali mostrano sfumature dal grigio al bruno o al rossastro con o senza macchiette scure; spesso vi è anche presente, nella regione infrascapolare, una sottile stria scura a forma di V rovesciato; inoltre vi è una più cospicua banda scura fra l’occhio e l’angolo della bocca, nella regione temporale. Le parti inferiori sono di colore biancastro o crema, con la gola immacolata o tutt’al più con qualche macchietta lungo il margine mandibolare o qualche punto sparso. La parte interna della coscia e l’inguine sono, negli adulti, di un vivace colore giallo. L’aspetto generale è slanciato e le zampe posteriori sono assai lunghe. Quest’ultimo carattere distingue chiaramente la rana dalmatina dalla rana temporaria: nella prima, infatti, stendendo l’arto in avanti lungo il corpo, l’articolazione tibio-tarsica supera nettamente la punta del muso, mentre nella seconda arriva di solito al timpano o all’occhio o, più di rado, all’apice del muso. Il maschio ha gli avambracci più sviluppati e, durante il periodo degli amori, ha un evidente cuscinetto nerastro o grigiastro sulla parte basale del primo dito della zampa anteriore. La lunghezza degli adulti è di solito compresa fra 5 e 7 centimetri, potendo comunque arrivare fino a 9 (un po’ meno nei maschi). Le larve hanno le parti dorsali bruno-grigiastro/rossastre, macchiate e re-

ticolate di bruno o nerastro, e le parti ventrali generalmente biancastre con sparse macchiette madreperlacee e argenteo-dorate.

La rana dalmatina è diffusa in buona parte dell’Europa centro-meridionale e nell’Anatolia nord-occidentale. È segnalata in gran parte dell’Italia continentale e peninsulare; sembra invece da escludere la sua presenza in Sicilia, per la quale è stata citata in passato. In Toscana è distribuita in tutto il territorio regionale, isole escluse.

È il più agile degli anuri di Toscana e può compiere balzi anche di un paio di metri. A parte il breve periodo riproduttivo acquatico, per il resto frequenta soprattutto ambienti boschivi e a cespugli. È attiva al crepuscolo e di notte; di giorno soltanto con tempo fresco e umido. In condizioni ambientali non idonee si rifugia in anfratti del terreno, fra vegetali marcescenti eccetera. La stagione riproduttiva cade fra gennaio e maggio. Il canto, abbastanza sommesso per la mancanza di sacchi vocali esterni, è emesso dal maschio di regola solo nel periodo riproduttivo, talora anche sott’acqua. L’amplesso è di tipo ascellare. La deposizione avviene in stagni, acquitrini, canali a lento corso eccetera. Ogni femmina rilascia 600-2000 uova riunite in masse gelatinose rotondeggianti e spesso galleggianti.

***Rana italica* (Dubois, 1987)**

RANA APPENNINICA O RANA ITALICA (fig. 16)

La rana appenninica ricorda nell’aspetto generale e nella colorazione sia la rana dalmatina sia i subadulti della rana temporaria. Oltre che per le forme un po’ meno snelle e il timpano più piccolo, questa specie si distingue però facilmente dalla rana dalmatina per l’ornamentazione della gola, che anziché praticamente immacolata è fittamente macchiata di nerastro o bruno scuro, con o senza una linea chiara centrale. Meno facile è la distinzione dai subadulti della rana temporaria, che comunque in Toscana ha



16. *Rana italica* (Cascina di Spedaletto, Prato; foto A. Nistri)

una distribuzione di tipo montano. Il carattere più evidente è la diversa lunghezza nelle due specie degli arti posteriori: se distesi in avanti lungo il corpo, nella rana appenninica l'articolazione tibio-tarsica supera più o meno nettamente la punta del muso, mentre nella temporaria giunge al timpano o all'occhio e solo di rado raggiunge l'apice del muso. Gli adulti della temporaria, inoltre, hanno dimensioni nettamente maggiori.

Le parti superiori della rana appenninica sono di tonalità variabili dal giallastro al bruno, al marrone o al grigio, di regola con macchiette più scure del fondo e con alcune sparse macchiette biancastre soffuse di bruno, oca o rosato. Le parti inferiori sono biancastre con la gola e, talora, parte del petto più o meno fortemente macchiate di scuro. La banda temporale è di solito abbastanza evidente. Il maschio è distinguibile dalla femmina per gli avambracci più robusti e un cuscinetto grigio-nerastro sul primo dito della zampa anteriore, più evidente nella fase riproduttiva. La lunghezza massima è di 6 centimetri nei maschi e di 6,5 centimetri nelle femmine, ma in genere è compresa fra 4 e 5 centimetri. Le larve sono bruno-grigiastre.

Specie endemica dell'Italia appenninica, distribuita fra la Liguria centrale e l'Aspromonte, in Toscana è diffusa in quasi tutte le zone collinari e in parte di quelle montane del territorio regionale, escludendovi la componente insulare.

La rana appenninica frequenta soprattutto torrenti e ruscelli limpidi di aree boschive o alberate, ma è reperibile anche in fontanili, in acque sorgive e, non di rado, nella prima parte di cavità sotterranee. A differenza della rana dalmatina, è attiva sulle rive dei corpi d'acqua anche fuori del periodo riproduttivo, che è compreso tra febbraio e maggio. Ogni femmina depone 150-250 uova riunite in masse che aderiscono a pietre sommerse o si adagiano sul fondo. Lo sviluppo larvale dura 2-3 mesi, ma talora anche più. Non infrequente è lo svernamento delle larve in acqua, con metamorfosi nella primavera successiva. L'attività dei metamorfosati è in gran parte diurna. La stasi invernale può svolgersi sia a terra sia in acqua ed è abbastanza breve o addirittura assente; spesso gli esemplari si trovano in acqua anche con temperature di poco superiori a 0°C. Il maschio emette suoni solo di rado, soprattutto quando viene catturato da un predatore o nelle competizioni con altri esemplari.

***Rana temporaria* (Linnaeus, 1758)**

RANA TEMPORARIA O RANA MONTANA (fig. 17)

Questa specie ha le parti superiori bruno/bruno-rossastre, aranciate, rosa o grigie, di regola con diffuse macchie scure e talora con macchiette arancioni, rossastre o biancastre. Le par-



17. *Rana temporaria* (monte Falterona, Firenze; foto F. Cianferoni)

ti inferiori sono bianco-giallastre, macchiate di grigio o bruno scuro nel maschio e di bruno, rossiccio o arancione nella femmina, di solito più fittamente sotto la gola. Nel maschio in fregola la regione della gola assume una colorazione azzurra e anche le parti dorsali prendono sfumature simili. A parte le suddette differenze di colorazione, il maschio si distingue dalla femmina per la presenza di due sacchi vocali interni nella parte laterale della gola, per gli arti anteriori più robusti e per un cuscinetto sul primo dito della mano che diviene più evidente e scuro durante la stagione degli amori. È la rana rossa più grossa e massiccia fra quelle toscane, avendo una lunghezza totale generalmente di 7-8 centimetri, ma talvolta raggiungente anche i 10,5. Si distingue dalla rana agile e dalla rana appenninica soprattutto per gli arti anteriori più brevi. La rana agile, inoltre, ha le parti golari e ventrali prive di macchie, l'inguine soffuso di giallo e il timpano almeno dello stesso. A parte le zampe più lunghe e le dimensioni minori, la rana appenninica risulta più simile, però la confusione è possibile solo in una porzione dell'Appennino, in quanto l'areale toscano della rana temporaria è abbastanza limitato e nettamente montano. Le larve hanno le parti dorsali bruno scure o bruno-nerastre con macchiette a lucentezza metallica e le parti ventrali grigie, anch'esse con punteggiature a riflessi metallici.

Diffusa dalla Spagna settentrionale a gran parte dell'Europa e all'estrema Asia centro-occidentale, la specie è assente nella Penisola Balcanica meridionale e in gran parte dell'Italia peninsulare. Presente in tutto l'arco alpino e prealpino, si spinge nell'Appennino settentrionale fino alle province di Firenze, Arezzo e Forlì-Cesena. In Toscana è diffusa soprattutto nell'area appenninica compresa nelle province di Massa Carrara, Lucca e Pistoia, risultando più scarsa e localizzata nell'Appennino aretino e fiorentino; la sua presenza sui monti del Pratomagno non è certa. Sicuramente non si trova sulle Alpi Apuane.

Fuori dal periodo riproduttivo la rana temporaria conduce vita prevalentemente terrestre. Frequenta vari tipi di ambienti acquatici solo durante la fregola, che può aver luogo tra fine inverno e inizio estate. L'accoppiamento avviene spesso di notte e ogni femmina depone da 700 a 4000 uova nerastre, raccolte in grosse masse galleggianti quasi a pelo d'acqua. Spesso le ovodeposizioni di più femmine si raccolgono assieme in enormi aggregati gelatinosi. I maschi giungono all'acqua di solito per primi e vi si trattengono più a lungo, accoppiandosi con più femmine. Il canto, piuttosto debole, è emesso di solito in acqua, nelle ore pomeridiane e crepuscolari. Le larve metamorfosano 2-3 mesi dopo la schiusa, ma talora svernano in acqua e metamorfosano l'anno successivo.

Testi di riferimento

Albertini G. & Lanza B. (1988) - *Rana catesbeiana Shaw, 1802 in Italy*. Alytes, 6 (3-4): 117-129.

Andreone F. (1999) - *Triturus alpestris alpestris (Laurenti, 1768). Tritone alpestre, Triturus alpestris, apuanus (Bonaparte, 1839) - Tritone appenninico*, in: Andreone F. & Sindaco R. (eds). Erpetologia del Piemonte e della Valle d'Aosta: 162-163.

Anselmi B. (2001) - *Le riserve naturali della Provincia di Siena*. Amministrazione Provinciale di Siena, Siena & Editrice Le Balze, Montepulciano (Siena); 173 pp., num. ff., 1 carta f.t.

Lanza B., Andreone F., Bologna M.A., Corti C. & Razzetti E. (eds) - *Fauna d'Italia. XLII. Amphibia*. Calderini, Bologna; XI+537 pp., 111 ff., tt. I-XLI n.t.

Lanza B., Nistri A. & Vanni S. (2009) - *Anfibi d'Italia. Quaderni di Conservazione della Natura*, 29. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma & Grandi & Grandi Editori, Savignano sul Panaro (Modena); 450+[6] pp., 94 ff., 45 tt. a colori, 45 cartine, 1 CD bilingue [tavole di U. Catalano].

Mattocchia M., Romano A. & Sbordoni V. (2005) - *Mitochondrial DNA sequence analysis of the spectacled salamander, Salamandrina terdigitata*

(*Urodela: Salamandridae*), supports the existence of two distinct species. Zootaxa, 995: 1-19.

Nascetti G., Lanza B. & Bullini L. (1995) - *Genetic data support the specific status of the Italian tree frog (Amphibia: Anura: Hylidae)*. Amphibia-Reptilia, 16 (3): 215-227.

Nascetti G., Capula M., Lanza B. & Bullini L. (1983) - *Electrophoretic studies on Mediterranean species of the genus Hyla (Amphibia, Salientia, Hylidae)*, in: Colloque intern. Vertébrés Terrestres et Dulcaquicoles des Iles Méditerranéennes. Evisa (Corsica), 10-16.X.1983; Résumés: 15.

Nascetti G., Zangari F. & Canestrelli D. (2005) - *The spectacled salamanders, Salamandrina terdigitata (Lacépède, 1788) and S. perspicillata (Savi, 1821): 1) genetic differentiation and evolutionary history*. Rend. Fis. Acc. Lincei, (9) 16: 159-169.

Pellarini P. & Lapini L. (2000) - *Differenze etologiche e morfologiche tra Triturus vulgaris vulgaris (Linnaeus, 1758) e Triturus vulgaris meridionalis (Boulenger, 1882)*, in: Giacoma C. (ed.) - *Atti I Congresso Nazionale della Societas Herpetologica Italica*. Torino, 2-6 ottobre 1996, Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino: 347-351.

Piazzini S., Favilli L. & Manganelli G. (2005) - *Atlante degli Anfibi della Provincia di Siena (1999-2004)*. Sistema delle Riserve Naturali della

Provincia di Siena. Quaderni naturalistici, 1; 112 pp., num. ff.

Piazzini S., Favilli L. & Manganelli G. (2010) - *Atlante dei Rettili della Provincia di Siena (2000-2009)*. Sistema delle Riserve Naturali della Provincia di Siena. Quaderni naturalistici, 2; 112 pp., num. ff.

Scalera R. (2003) - *Anfibi e Rettili italiani. Elementi di tutela e conservazione*, Collana Verde, 104. Ministero delle Politiche Agricole e Forestali, Roma; 223 pp., num. ff.

Scoccianti C. (2001) - *Amphibia: aspetti di ecologia della conservazione. Amphibia: Aspects of Conservation Ecology*. World Wildlife Fund Italia - Sezione Toscana, Firenze; XII+[III]+428+[2] pp., 70 ff.

Vanni S. (1981) - *Note sulla salamandrina dagli occhiali [Salamandrina terdigitata (Lacépède, 1788)] in Toscana (Amphibia Salamandridae)*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., (B) 87 [1980]: 135-159.

Vanni S. & Nistri A. (2006) - *Atlante degli Anfibi e dei Rettili della Toscana*. Regione Toscana, Firenze; 379 pp., num. ff.

Vanni S., Nistri A. & Lanza B. (2003) - *Nuovi dati sulla distribuzione di Triturus alpestris apuanus (Bonaparte, 1839) in Toscana (Amphibia, Salamandridae)*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., (B) 109 [2002]: 81-87.

Viaggiando per musei



Foto di Giovanni Bencini.
Follonica (GR)

L'ecomuseo del Chianti, primi passi e strategie per il futuro

Donatella Murtas, Ilaria Testa

Se vuoi costruire una nave, non radunare gli uomini per raccogliere il legname e distribuire i compiti, ma insegna loro la meraviglia del mare ampio e infinito.

Antoine de Saint-Exupery

Quando nella primavera del 1971 il museologo Georges Henri Riviere e l'allora direttore dell'ICOM (International Council of Museums) Hugues De Varine si ritrovarono per un pranzo di lavoro in un ristorante parigino alla presenza di Serge Antoine, consigliere per il ministro francese dell'Ambiente Robert Poujade, le loro idee su che cosa fosse necessario e sarebbe stato utile fare per aprire a un nuovo modo di essere museo erano chiare: cultura, natura, economia e aspetti sociali dovevano essere coinvolti in misura uguale nei nuovi progetti museali; il museo non poteva più tralasciare di rapportarsi al territorio in cui era collocato, anzi in esso trovava la linfa vitale utile a dare autorevolezza al proprio agire; il coinvolgimento delle comunità locali sarebbe stato imprescindibile data l'impostazione inclusiva del nuovo modo di intendere la museologia.

Così, tra discorsi e parole che ritmavano in crescendo l'entusiasmo che accompagna l'origine di nuove idee, in un momento che ormai è diventato quasi più leggenda che realtà, venne coniato un nuovo termine che avrebbe cambiato il modo di guardare al mondo che ci circonda: ecomuseo. Non più discorsi frammentati e monotematici, ma l'impegno a ridare la meritata attenzione all'insieme, all'approccio multidisciplinare, ai legami che mettono in relazione tra di loro le cose e le persone, alla dimensione presente e futura, oltre che passata, a tutto ciò che contribuisce a esprimere il carattere di un luogo. "Eco" come *oikos*, casa, una casa che è di tutti e per questo dovrebbe essere da tutti curata e compresa, gestita e migliorata.

A distanza di più di quarant'anni il concetto ecomuseale e le sue concrete applicazioni continuano a esercitare un grande fascino e a essere di grande attualità in un mondo in cui è



1. Il castello di Albola (foto Bruno Bruchi)

sempre più compresa l'importanza della diversità, dell'aspetto dinamico ed evolutivo della realtà, del patrimonio locale quale motore di sviluppo locale, della gestione sostenibile delle risorse. Anche l'Italia, sebbene in ritardo rispetto ad altre nazioni del mondo, si è dimostrata sensibile e interessata a tale tema esprimendo in questi anni – nonostante la mancanza di un riconoscimento e di un sostegno da parte del governo centrale – percorsi ecomuseali esemplari per la loro coerenza con l'enunciato teorico. Alcuni sono ecomusei istituiti in base a leggi regionali appositamente dedicate – prima la Regione Piemonte nel 1995, poi la Provincia Autonoma di Trento nel 2000, quindi la Regione Friuli Venezia Giulia e la Regione Sardegna nel 2006, la Regione Lombardia e la Regione Umbria nel 2007, la Regione Molise nel 2008, la Regione Puglia nel 2011 e da ultima, nel 2012, la Regione Veneto –, altri sono invece espressione di un forte volere locale che ha individuato nel modello ecomuseale l'impostazione più adatta per poter criticamente raccontare se stessa e per sperimentare forme innovative di gestione del patrimonio locale.

In tale ottica si inserisce una nuova fase del progetto di ecomuseo del Chianti, promossa e sostenuta dalla Fondazione Musei Senesi in stretta collaborazione con l'Opificio Chianti, le amministrazioni dei comuni di Castellina in Chianti, Gaiole in Chianti, Radda in Chianti, Castelnuovo Berardenga e con tutti gli attori territoriali coinvolti. L'avvio formale di questo nuovo percorso avviene in occasione di un significativo incontro internazionale tenutosi in Chianti a fine novembre 2010. Tra i relatori due nomi che oggi, nel mondo, sono sinonimo di serietà e autorevolezza in campo ecomuseale: Hugues de Varine e Peter Davis. Entrambi contribuirono a evidenziare il ruolo potenzialmente innovativo che gli ecomusei possono apportare al territorio dove operano, sottolineando l'importanza della ricerca da loro svolta ai fini del rafforzamento del significato dei luoghi, e ricordando che gli ecomusei nascono prima di tutto *per* la comunità locale e di questa diventano espressione prima ancora che essere strumento di attrattività turistica.

Che cosa significa dunque oggi, nel 2012, parlare di Chianti, quali sono le necessità locali, quali sono i percorsi per una costruzione condivisa di futuro, di che cosa è fatto il valore del territorio, come è possibile organizzarlo concretamente per il bene di tutti, in modo sostenibile e coerente, evitando di adottare politiche banalizzanti o di esclusivo sfruttamento? Sono queste le domande a cui si ripropone di dare risposta, nel tempo, l'ecomuseo del Chianti scegliendo *in primis* di porsi in ascolto del territorio e dei suoi abitanti, impegnandosi a destrutturare quei *cliché* che nel tempo hanno trasformato i luoghi in cartoline, analizzando i cambiamenti in atto e il sentire, il paesaggio percepito, narrando un luogo ricco di saperi e conoscenze che non sono solo quelle degli anziani, ma anche quelle dei più giovani e di chi vorrebbe continuare a vivere in un luogo non costretto a essere ciò che non è più o non è mai stato.

Già in occasione del convegno del 2010 si era introdotto il concetto di "Mappa di Comunità" quale laboratorio per il riconoscimento consapevole del patrimonio locale, metodo di educazione alla conoscenza condivisa e alla partecipazione. E dalle mappe di comunità è quindi partita l'operatività



2. Paesaggio chiantigiano (foto Bruno Bruchi)



3. La fortezza di Castellina in Chianti, sede del Museo Archeologico del Chianti senese (foto Bruno Bruchi)

dell'ecomuseo del Chianti, prima organizzando un momento di formazione destinato ai facilitatori delle mappe, poi individuando quattro referenti, uno per ogni comune, con il compito di seguire le varie fasi, dalla formazione del gruppo di lavoro all'individuazione e motivazione degli elementi selezionati, alla loro schedatura e rappresentazione finale. Questo



4. Vendemmia in Chianti (foto Bruno Bruchi)

primo momento cognitivo, avviato a maggio 2011, è ora ai suoi ultimi ritocchi che consentiranno di dar vita a quattro mappe cartacee per ogni luogo prescelto all'interno dei confini dei quattro comuni principali e a una mappa on-line (suddivisa anch'essa nei quattro ambiti territoriali) che presto sarà raggiungibile all'indirizzo www.ecomuseochianti.org e che permetterà di dare maggiore visibilità alla ricerca e alla sua implementazione nel tempo.

Ora l'ambizione è quella di fare tesoro dei risultati emersi per agire concretamente sul territorio, organizzando occasioni di riscoperta dei luoghi, la loro fruibilità, la loro interconnessione spaziale e narrativa perché si avvii così un processo virtuoso di ispirazione e motivazione che evidenzii il fatto che il territorio è costituito non solo da oggetti ed edifici importanti, ma soprattutto da saperi, dalla cultura diffusa e dalla sensibilità dei propri abitanti. Non risultato scontato di una semplice addizione matematica, statica e perennemente identica a se stessa, ma trame di dettagli e relazioni che mutano nel tempo, determinando così sempre nuovi valori e nuove scelte strategie per il futuro.

Valorizzare le risorse del territorio di Monticiano

Valentina Lusini

Il progetto *Ecomuseo della Val di Merse* si inserisce nell'ambito del piano di rilancio strategico dei servizi museali provinciali, promosso dalla Fondazione Musei Senesi per il triennio 2010-2012, che si pone l'obiettivo di programmare e realizzare percorsi e iniziative che permettano di integrare il processo di valorizzazione delle dotazioni culturali con le infrastrutture e gli altri settori produttivi del territorio.

Al fine di provare l'efficacia dell'impianto concettuale e verificare il riscontro delle comunità interessate, prima di sviluppare la ricerca nell'intera area della Val di Merse, si è scelto di inaugurare il percorso con una sperimentazione che ha coinvolto inizialmente il territorio del solo comune di Monticiano, caratterizzato dalla presenza di siti di rilevante valore ambientale, oltre che da importanti testimonianze archeologiche, artistiche, storiche e demoetnoantropologiche.

Al fine di provare l'efficacia dell'impianto concettuale e verificare il riscontro delle comunità interessate, prima di sviluppare la ricerca nell'intera area della Val di Merse, si è scelto di inaugurare il percorso con una sperimentazione che ha coinvolto inizialmente il territorio del solo comune di Monticiano, caratterizzato dalla presenza di siti di rilevante valore ambientale, oltre che da importanti testimonianze archeologiche, arti-



1. Monticiano, piazza Sant'Agostino: Remo Fiorentini con il carro trainato dai buoi, 1962 (collezione privata Remo Fiorentini)



2. San Lorenzo a Merse al crepuscolo (foto di Valerio Vignoli)

stiche, storiche e demoetnoantropologiche. Il progetto è stato supportato dall'Amministrazione comunale di Monticiano e dal sindaco promotore dell'iniziativa, Sandra Becucci. L'obiettivo di questa fase della ricerca è stato quello di ottenere una prima parziale rilevazione delle specificità dell'area, evidenziando il rapporto della popolazione con il proprio territorio, declinato non solo negli aspetti più strettamente naturalistici, ma anche in quelli sociali, culturali, produttivi e storici.

Le fasi di realizzazione del progetto sono state essenzialmente tre:

- organizzazione metodologica e operativa;
- ricerca qualitativa e compilazione delle schede di segnalazione dei beni patrimoniali;
- raccolta e organizzazione dei materiali accessori.

Prima di iniziare la ricerca bibliografica, archivistica ed etnografica vera e propria, il gruppo di lavoro ha discusso le modalità di organizzazione e realizzazione delle schede di segnalazione dei luoghi di interesse paesaggistico, dei siti archeologici, dei beni monumentali, architettonici e artistici, delle specificità storiche e antropologiche, identificando gli informatori da coinvolgere per la realizzazione di interviste e i collaboratori locali che avevano le caratteristiche necessarie rispetto alla partecipazione e avevano dimostrato interesse nei confronti della ricerca.

Nell'ottica della tutela dinamica e sostenibile delle peculiarità locali si è data speciale importanza al recupero e all'interpretazione della testimonianza orale quale fonte primaria di individuazione di luoghi, fatti e personaggi nei quali la comunità si riconosce conservando memoria del proprio divenire. Dal punto di vista operativo, quindi, i ricercatori hanno lavorato sia attraverso l'analisi della bibliografia esistente e la ricerca di archivio, sia prendendo contatti diretti con il territorio e i suoi abitanti. In particolare, lo studio ha preso avvio dal materiale già pubblicato e si è poi estesa attraverso la raccolta di alcune interviste, che si sono affiancate ai dati presenti nelle altre fonti di storia locale (archivi, biblioteche) e a materiali accessori come fotografie, brevi documenti audio e video, scansioni di testi, tabelle e trascrizioni. Per il reperimento di alcune fonti documentarie e delle schede inventariali ICCD sono state inoltre contattate e coinvolte la Fondazione Monte dei Paschi di Siena, la Soprintendenza per i Beni Storici Artistici ed Etnoantropologici, la Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici e l'ufficio competente della Curia arcivescovile.



3. Castello di Tocchi, corte interna (foto di Giulia Vivi, 2012)



4. Processione per le vie di Monticiano durante il passaggio della statua del Cristo morto (collezione privata Elisabetta Trebeschi)



6. Esemplare adulto di raganella (*Hyla intermedia* - Boulenger 1882) (foto di Valerio Vignoli)

Le verifiche sono state condotte *in itinere* dagli operatori coinvolti in riunioni intermedie di valutazione, in cui sono state discusse le questioni relative al rapporto con gli informatori sul campo ed esaminate le problematiche emerse nel reperimento delle risorse documentarie.

La ricerca ha confermato l'importanza del coinvolgimento delle comunità interessate nel recupero della memoria e nella valorizzazione di specificità trascurate dai tradizionali percorsi di promozione territoriale, evidenziando le potenzialità testimoniali delle fonti archivistiche, bibliografiche ed etnografiche e consentendo di riflettere sulle importanti ricadute che la conservazione delle risorse patrimoniali, trasferita sul ter-



5. Il seccatoio di Monticiano, attualmente attivo, situato sul monte Quoio (foto di Vittorio Ciompi, 2006)



7. Cascatella tra i massi dei "Canaloni" nel Farma (collezione privata Sandro Fracasso)

ritorio attraverso l'uso delle tecnologie digitali, può avere nel miglioramento della competitività culturale del sistema locale. Come detto, infatti, i risultati dello studio potranno essere fruiti online sul sito www.ecomuseovaldimerse.org attraverso una formula collaborativa che offrirà agli utenti la possibilità non solo di commentare e discutere i contenuti presentati, ma anche di proporre nuovi contributi e integrazioni, condividere documenti audiovisivi e aprire spazi di riflessione imprevisti. Ci auguriamo dunque che il risultato, oltre a essere altamente visibile e replicabile sull'area provinciale, confermi il ruolo sociale di questo modo di comunicare il patrimonio culturale e fare comunità.

NORME PER GLI AUTORI

La rivista si articola nelle seguenti parti:

LA PAGINA DELL'ACCADEMIA

Riservata a tutto quanto concerne l'Accademia delle Scienze di Siena detta dei Fisiocritici.

CONTRIBUTI

Comprende articoli sui più svariati aspetti del patrimonio naturale, con particolare riferimento a quello della Toscana meridionale.

IL PUNTO DELLA SITUAZIONE

Ospita articoli che fanno il punto su qualsiasi iniziativa riguardante la conoscenza, la tutela, la valorizzazione e la gestione del patrimonio naturale.

ORIZZONTI

Ospita idee, progetti e interventi su argomenti relativi al patrimonio naturale che meritano di essere spiegati e approfonditi.

IO, IL LETTORE

Spazio aperto per opinioni, domande, critiche ecc.

LA PAROLA ALL'IMMAGINE

Spazio riservato a illustrazioni fotografiche su uno specifico tema di carattere naturalistico, di volta in volta indicato dal periodico.

SCHEDE NATURALISTICHE

Articoli dedicati a specifici elementi del patrimonio naturale: ad es. una specie minerale, vegetale o animale, un bosco, un ghiacciaio, un bacino fluviale ecc.

VIAGGIANDO PER MUSEI

Sezione riservata alla Fondazione Musei Senesi e specificamente rivolta ai musei di carattere scientifico naturalistico.

ETRURI@NATURA

Spazio aperto ad argomenti relativi al patrimonio naturale con riferimento al web.

Tutti gli articoli, completi di illustrazioni e didascalie, devono essere redatti secondo le seguenti modalità:

- titolo generale: font Helvetica, grassetto, corpo 12;
- nome dell'autore/i: sotto al titolo in font Helvetica, corsivo,
- corpo 12;

- recapito ed eventuale e-mail dell'autore/i: sotto al nome/i in font Helvetica, tondo, corpo 12;
- il testo va caratterizzato in font Helvetica, corpo 12, interlinea 13, capoversi con rientro, titoli dei capitoli in grassetto staccati dal testo successivo, titoli dei sotto-capitoli in maiuscolo non staccati dal testo successivo;
- il testo può essere fatto precedere da un flash introduttivo (non un riassunto) che ne faccia emergere il contesto di origine: scritto che dovrà essere in font Helvetica, corpo 12, interlinea 13 e indicato in colore;
- eventuali note vanno messe a fine documento prima delle citazioni bibliografiche;
- i riferimenti bibliografici nel testo vanno scritti tra parentesi con il solo cognome dell'autore/i seguito dall'anno di pubblicazione, es.: (Rossi 1982); (Rossi & Bianchi 1991); quando gli autori sono più di due: (Rossi et al. 1994, 1998);
- le citazioni bibliografiche per esteso – presentate, a seconda dei casi, come “Testi citati”, “Testi consultati” o “Testi di riferimento e approfondimento” – devono essere poste alla fine del documento. Esempi: Raup D.M. & Stanley S.M. (1971) - Principles of Paleontology. Freeman, New York; Longo G. (2007) - The Tunguska Event. Comet/Asteroid Impacts and Human Society (Bobrowsky P.T. & Rickman H., eds.), 303-330, Springer, Berlin/Heidelberg; Del Zanna P. (1899) - I fenomeni carsici nel bacino dell'Elsa. Boll. Soc. Geol. Ital., 18: 315-323; Galassi S., Rossi M. & Provini A. (1993) - Metalli pesanti e microinquinanti organici nei sedimenti e negli organismi del Po. Acqua Aria, 23 (2): 619-625. Quando i testi sono pubblicati in riviste, i titoli di queste vanno messi in tondo; seguono il numero del volume, il numero tra parentesi dell'eventuale fascicolo di volume e, dopo due punti, la pagina iniziale e finale dell'articolo collegate da una lineetta;
- le illustrazioni dovranno avere una risoluzione non inferiore a 300 dpi ed essere collocate in file separati da quelli del testo e delle loro didascalie.

Gli articoli, trasferiti su CD e accompagnati a una loro copia cartacea, dovranno essere inviati a: **Etruria*natura***, Accademia dei Fisiocritici, piazzetta Silvio Gigli, 2 - 53100 Siena (tel./fax 0577.47002; e-mail: etrurianatura@unisi.it).

Il Comitato editoriale si riserva ogni facoltà di accettarli e, senza alterarne in alcun modo i contenuti, di apportarvi eventuali modifiche per armonizzarli con il carattere della rivista. In ogni caso, prima di essere pubblicati i testi saranno trasmessi via e-mail agli autori per la loro ultima revisione e approvazione.



Silvana Editoriale Spa

via Margherita De Vizzi, 86
20092 Cinisello Balsamo, Milano
tel. 02 61 83 63 37
fax 02 61 72 464
www.silvanaeditoriale.it

Le riproduzioni, la stampa e la rilegatura sono state eseguite presso lo stabilimento Arti Grafiche Amilcare Pizzi Spa Cinisello Balsamo, Milano

Finito di stampare
nel mese di aprile 2013

Etruria *natura*

